(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3810106号

(P3810106)

(45)発行日　平成18年8月16日(2006.8.16)　(24)登録日　平成18年6月2日(2006.6.2)

(51)Int.Cl.		F I		
G02B 13/04	(2006.01)	G02B	13/04	D
G02B 13/18	(2006.01)	G02B	13/18	

請求項の数 4　(全 39 頁)

(21)出願番号　特願平7-121635
(22)出願日　平成7年5月19日(1995.5.19)
(65)公開番号　特開平8-313804
(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)
審判番号　不服2004-30(P2004-30/J1)
審判請求日　平成16年1月5日(2004.1.5)

(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　100095120
弁理士　内田　亘彦
(74)代理人　100095980
弁理士　菅井　英雄
(74)代理人　100094787
弁理士　青木　健二

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、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つのレンズ群によって構成し、

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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとを有し、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を有し、

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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとからなり、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からなり、

前記レンズ群の何れかに非球面を使用し、かつ、

下記条件式を満足することを特徴とする広角レンズ。

$$-1.0 > f_1 / f_2 > -12 \quad \cdots (1)$$

$$0.8 < |f_3 / f_2| < 8 \quad \cdots (2)$$

$$0.2 < |D_1 / f| < 3.0 \quad \cdots (3)$$

ただし、f_1：第１レンズ群の焦点距離、

f_2：第２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、

D_1：第１レンズ群と第２レンズ群の間隔、

である。
【請求項２】
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と空気レンズを隔てて正レンズとを配置し、第２レンズ群は１組の負レンズと正レンズの接合レンズを有す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】
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を有し、第２レンズ群は１組の負レンズと正レンズの接合レンズを有することを特徴とする請求項１記載の広角レンズ。
【請求項４】
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レンズ群は正レンズと２枚の負レンズの接合レンズを有す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、画角が１０７°程度まで包括し、口径比が１；２．８～３．５程度の対称型の広角レンズに関する。
【０００２】
【従来の技術】
画角が９０°程度以上の一眼レフレックスカメラ用の超広角レンズは、ミラー可動空間を設けるためのバックフォーカスが確保できる非対称型の逆望遠タイプによって構成することが知られている。更に広角化をするに従って前群の負レンズ群によって歪曲収差を補正するために、レンズ構成が非常に複雑化する傾向にある。
【０００３】
一方で、レンジファイダーを有するカメラ等ではバックフォーカスの制限が緩く、収差補正上で有利な対称型広角レンズが米国特許第２，７２１，４９９号や米国特許第２，７８１，６９５号において提案されている。さらに、画角が１２０°程度で口径比が１：８の超広角レンズとして著名な提案が米国特許第３，６６１，４４７号においてなされた。
【０００４】
これらの提案は、写真レンズに限らず航空測量用に応用される場合があり、構成は逆望遠タイプと比べて簡単であるが、画角が増すと口径比が小さくなるという欠点を有していた。また、フォーカシングは全系を移動する方法が一般的であり、収差変動が残留し、有限遠距離での性能低下に結び付いていた。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
本発明はこのような従来技術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機器用光学系を対象とし、従来の対称型レンズ系、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た広角レンズにおいて、開口効率向上とサジタル像面の性能改善を狙いながら、簡単なレンズ構成で、画角が１０７°程度まで包括し、かつ、口径比が１：２．８～３．５程度という超広角大口径比のレンズ系を提供することであり、さらに、有限遠性能の向上を考慮したフォーカシング方式を提供することも目的とする。
【０００６】
【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、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つのレンズ群によって構成し、
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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとを有し、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を有し、

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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとからなり、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からなり、
前記レンズ群の何れかに非球面を使用し、かつ、
下記条件式を満足することを特徴とするものである。

$-1.0 > f_1 / f_2 > -12$　　・・・（１）
$0.8 < | f_3 / f_2 | < 8$　　・・・（２）
$0.2 < | D_1 / f | < 3.0$　　・・・（３）

ただし、f_1：第１レンズ群の焦点距離、
f_2：第２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、
D_1：第１レンズ群と第２レンズ群の間隔、
である。

【０００９】
【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メニスカスレンズ群を有する。この光学系は、収差補正上から考えれば非常にバランズが良く、広角系に顕著となり球面のみを使用した光学系において補正が困難とされるサジタルコマ収差の補正を容易にし、画角の関数として展開される歪曲収差も、光学系の対称性のために比較的に容易に補正することができるものである。
【００１０】
そこで、本発明では、より広画角化と大口径比化を簡単な構成で実現する可能性を追求し、その実現性を見出したものである。これには、非球面の効果的な使用が必要である。
【００１１】
もう一方では、写真レンズ等のように、無限遠物体から近接撮影までの広いレンジで使用されるレンズ系においては、全系移動によるフォーカシングでは中心最良像面と軸外最良像面の移動速度が異なり、性能低下に結び付くという欠点を有していた。また、重量の大きいレンズの移動と全長の変化により、必ずしも俊敏なピント合わせも実現し得なかったと言える。一方、レンズ系の構成については、要求される画角や口径比により、第１レンズ群の構成枚数や第２レンズ群の構成が支配される傾向にあった。
【００１２】
本発明においては、対称型広角レンズを簡単な構成で実現し、非球面により面屈折力を制御している。この光学系における上記問題点を解決するために、以下の構成が有効であることが明らかとなった。
【００１３】
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、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つのレンズ群によって構成し、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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとを有し、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を有し、前記レンズ群の何れかに非球面を使用し、かつ、下記条件式を満足することを特徴とするものである。

$-1.0 > f_1 / f_2 > -12$　　・・・（１）
$0.8 < | f_3 / f_2 | < 8$　　・・・（２）
$0.2 < | D_1 / f | < 3.0$　　・・・（３）

ただし、f_1：第１レンズ群の焦点距離、
f_2：第２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、

D_1 ：第１レンズ群と第２レンズ群の間隔、
である。
【００１４】
上記のように、本発明のレンズ系は、極めて簡単な構成で、超広角レンズを実現し、かつ、大口径比を得ることができる。この理由について以下に説明する。
これまで、一般に、超広角レンズにおいて特に補正が困難とされたのは、歪曲収差や倍率色収差である。これらの収差は、第２レンズ群を構成する接合レンズ群に対して対称的に負メニスカスレンズを配置することで、画角の増大に対しても収差補正への大きな能力を維持する。
【００１５】
また、第２レンズ群の構成を接合レンズ群に限定することで、全長の短縮が可能となり、開口効率を改善するときにレンズ系が大型化することが防止できる。
また、大口径比化に伴うサジタルコマフレアの増加は、第１レンズ群への非球面の使用で改善することが可能である。その非球面のレンズ中心から周辺部にかけての形状に関しては、例えば凸面では面の屈折力が弱まるように構成され、一方、凹面に使用するときには発散性を強めるような形状に構成する。
【００１６】
また、球面収差に関しては、第２レンズ群の収斂系による補正が重要である。また、軸外像面の平坦性については、第３レンズ群の配置が極めて重要であり、非球面化することでこの能力を高めることが可能である。
【００１７】
次に、近軸屈折力配置について、条件式の意味を説明する。
前記条件式（１）は、第１レンズ群と第２レンズ群の屈折力の比を規定するものである。条件式（１）の上限値－１．０を越えるときに、第１レンズ群の相対屈折力が大きくなり、小型化には良いが、収差の発生量、特に歪曲収差やサジタルコマ収差の発生が大きくなり、好ましくない。また、下限値－１２を越えるときに、軸外収差補正上では望ましいが、第１レンズ群が大型化するので、結果として望ましくない。
【００１８】
条件式（２）は、第３レンズ群と第２レンズ群の屈折力の比を規定するものである。すなわち、収斂性の第２レンズ群の屈折力が決定されたときに、第３レンズ群の屈折力を規定する。条件式の下限値０．８を越えるときに、第３レンズ群の相対屈折力が大きくなり、後群の小型化には良いが、像面湾曲収差や倍率色収差の悪化に繋がるので、好ましくない。また、上限値８を越えるとき、像面湾曲収差等の軸外収差補正上は有利であるが、バックフォーカスの余裕が少なくなり、第３レンズ群の外径が増し、レンズ鏡胴部の肥大化に繋がり、望ましい結果とならない。
【００１９】
条件式（３）は、第１レンズ群と第２レンズ群の軸上距離を規定するものである。下限値の０．２を越えるとき、全長の小型化に直接関係するが、主点間隔の縮小にもなり、第１レンズ群若しくは第２レンズ群の屈折力が大きくならざるを得ないので、収差補正上で問題が発生する。上限値３．０を越えるとき、第１レンズ群から入射瞳までの距離が大きくなることを意味するので、自ずと大型化する。また、無理に小型化すると、開口絞りを基準に見たときに非対称となりやすく、非球面量が非常に大きい非球面の採用を余儀なくされることがあるので、本発明の趣旨から逸脱することになる。
【００２０】
次に、本発明のレンズ系の構成について説明する。このレンズ系の画角は１０７°で、口径比が１：２．８の光学系である。具体的には、後記する実施例１に示すレンズ系や実施例６のより簡単なレンズ系がある。前者のレンズ断面図を図１に、より詳細な光路図を図１６に示す。また、後者のレンズ断面図を図３に、また、より詳細な光路図を図１７に示す。
【００２１】

実施例１のレンズ断面図及び光路図を図１６に示す。ここで、図１６に破線で示すのは基準球面である。第１レンズ群Ｇ１の第１レンズは負メニスカスレンズであり、特に凸面の非球面形状は顕著であり、サジタルコマ収差と歪曲収差の補正に効果が大きい。ここでは、レンズ周辺部の面の屈折力が極めて強くなっていることが分かる。また、このレンズの後面である凹面は、やはり周辺光束に対して効果があるように、面の屈折力が強くなっている。これらの面の作用により、周辺光束の入射面に対する対称性が高まり、サジタルコマ収差の改善が成立する。また、歪曲収差の補正についても、同様にバランスし得る。

【００２２】

また、第２レンズ群Ｇ２の最も像側の面に使用される非球面の効果も、軸外のコマ収差や非点収差の補正に効果があり、非球面量は小さくなるが、レンズの周辺部で面の屈折力が弱くなる形状になっている。さらに、第３レンズ群Ｇ３の像側の面に使用される非球面は、最終的に像面の補正や歪曲収差の補正を行う。この非球面は、レンズの周辺部になると面の屈折力が弱まる形状となっている。実施例６についても基本的に同様である。

【００２３】

実施例１の収差係数値を以下の表１に示す。これに基づき、レンズ系の収差補正状況を説明する。

表１

k	SA_3	SA_5	CM_3	CM_5	SCM	AS_3	DT_3	PT_3
1	-0.0107	0.00031	0.30298	-0.01733	-3.63196	-1.03305	8.26372	-0.13872
2	0.03506	0.00083	-0.60453	0.00117	4.81464	1.38632	-12.17958	0.40535
3	-0.00359	-0.00033	-0.048	-0.00018	0.09803	-0.07124	-0.58539	-0.06025
4	0.00025	0.00005	0.01411	0.00113	-0.17469	0.08827	1.46987	-0.00996
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	-0.10559	-0.01645	-0.6041	-0.03656	0.45373	-0.38403	-1.69093	-0.50262
7	0.04081	0.01116	0.13272	0.02873	-0.07907	0.04796	0.12437	0.06676
8	0.01936	-0.02226	0.58007	-0.15985	-1.27063	-0.2018	1.03678	-0.0916
9	0.03878	0.00441	0.2241	0.02264	-0.06274	0.14388	1.59928	0.68643
10	-0.01051	-0.00044	0.02099	0.00651	0.18583	0.08508	0.98037	-0.40597
G_1	0.02101	0.00086	-0.33544	-0.01522	1.10603	0.37029	-3.03138	0.19642
G_2	-0.04543	-0.02755	0.10868	-0.16768	-0.89597	-0.53787	-0.52979	-0.52747
G_3	0.02827	0.00398	0.24509	0.02916	0.12309	0.22896	2.57965	0.28046
Σ	0.00385	-0.02271	0.01833	-0.16374	0.33315	0.06138	-0.98152	-0.05059

【００２４】

ここで、ｋは面番号、ＳＡは球面収差係数、ＣＭはコマ収差係数、ＳＣＭはサジタル関係のコマ収差係数、ＡＳは非点収差係数、ＤＴは歪曲収差係数、ＰＴは像面湾曲収差係数を表し、添字の３と５は各々が３次収差係数及び５次収差係数であることを意味する。また、G_1、G_2、G_3は各々第１レンズ群Ｇ１、第２レンズ群Ｇ２及び第３レンズ群Ｇ３に関する収差係数の総和であり、Σは全系の総和を表す。

【００２５】
球面収差に関しては、屈折力配置によって作用が関係するところの負屈折力の第１レンズ群Ｇ１と第３レンズ群Ｇ３では、発散性光束に起因する過剰補正作用、正屈折力の第２レンズ群Ｇ２による収斂作用により補正不足の作用が、低次の収差係数である３次収差係数において支配している。第１レンズ群Ｇ１の球面収差に対する作用は、残る系に比べれば小さく、第２レンズ群Ｇ２では強い正屈折力の作用があり、第１レンズ群Ｇ１で発生する補正過剰の球面収差を補正している。さらに、第３レンズ群Ｇ３の発散性作用により、全系のバランスが取り得る。
【００２６】
コマ収差においては、第１レンズ群Ｇ１の負メニスカスレンズの補正作用が比較的大きく、サジタルコマ収差については、特に補正作用の多くを担う。ただし、実際のコマ収差の発生は、収斂系である第２レンズ群Ｇ２で大きく、３次と５次収差係数で補償する関係にある。
【００２７】
非点収差は、第１レンズ群Ｇ１の物体側に配置される負メニスカスレンズの作用が大きく、高次収差係数の発生量も大きい。この面には非球面を使用して、補正の効果を得ることが望ましい。像面の補正作用という点では、第３レンズ群Ｇ３により、負に変位し物体側に曲がる像面を引き起こす作用を持っている。
【００２８】
歪曲収差については、非点収差と同様に、第１レンズ群Ｇ１の負メニスカスレンズによる収差発生量が顕著である。このため、非球面の使用の効果もまた大きい。３次収差係数によれば、第３レンズ群Ｇ３によって負の歪曲収差を補正していることが分かる。
【００２９】
像面湾曲については、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２による残存収差を第３レンズ群Ｇ３により補正していることが分かる。
ここで、第１レンズ群Ｇ１を負メニスカスレンズと正レンズで構成することによる利点は、倍率色収差の補正を第１レンズ群Ｇ１内で行い、諸収差の補正につていも第１レンズ群Ｇ１内で細部の補正が行い得るので、より望ましいということが言える。
【００３０】
以上のことから、球面収差の補正には、第２レンズ群の収斂作用を持つレンズ面への非球面の使用が望ましい。このことは、大口径比化の際に要求されることである。また、軸外収差であるコマ収差の補正には、必ずしも特定化することはできないが、非球面の何れの群への使用でも効果は期待できるが、第１レンズ群の前面や第２レンズ群の像側の面あるいは第３レンズ群への使用による効果が期待できる。もちろん、第１レンズ群に使用することでサジタルコマ収差の補正に効果が大きいことは、表１のＳＣＭの振る舞いで分かる。非点収差、歪曲収差については、特に第１レンズ群のメニスカスレンズへの非球面の適用により、非常に大きな効果が期待できる。
【００３１】
また、具体的なレンズ系の構成は、以下のようにすると、超広角化を簡単なレンズ構成にて実現できる。すなわち、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と空気レンズを隔てて正レンズを配置し、第２レンズ群は、１組の負レンズと正レンズの接合レンズを有し、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にて構成する。
【００３２】
第１レンズ群の構成は、上記の通りの効果を持たせ得ることに特徴があり、硝材選択の範囲を拡げる効果にも結びつく。また、基本的に、コマ収差補正上から、第１レンズ群内の最初の負レンズはメニスカスレンズとなる。第２レンズ群が貼り合わせであることは、レンズ群としての収差補正の面では、色収差はもちろんであるが、像面補正上ではペッツバール和の補正にとって最低条件と考えられる。特に大口径比化を意図する本発明にとっては、このことは必要である。しかしながら、口径比の大きさによっては、接合によらずエ

アスペースを有するダブレットであってもよい。しかし、第２レンズ群を単レンズにて構成すると、大口径比化の要求に応えられないのは事実であるが、口径比の大きさによっては実現し得ることは言うまでもない。

【００３３】

また、第３レンズ群は、像面補正の効果を有するために、単体の負メニスカスレンズで実現できる。像面までの距離を十分に確保すると両凹レンズになることは事実であるが、コマ収差等の補正には非球面を採用することが周辺部の収差補正に効果が大きい。当然、第３レンズ群を複数枚の構成にすることは可能である。

【００３４】

また、より簡単化すれば、本発明の広角レンズは、以下のレンズ構成になる。すなわち、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を有し、第２レンズ群は１組の負レンズと正レンズの接合レンズを有し、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にて構成する。この場合には、第１レンズ群の構成を負メニスカスレンズのみとすることにより実現することが、前記の構成との違いである。さらに、第２レンズ群に通常の接合レンズ以外の付加的構成要素を設けることにより、収差補正上の効果が期待し得る。すなわち、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レンズ群は２枚の負レンズと１枚の正レンズを有し、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にて構成する。これは、第２レンズ群を、例えば負レンズ、正レンズ及び負レンズの３枚接合レンズあるいは１組の接合レンズと１枚の負レンズにて構成し、相互の間に空気間隔がある場合等であり、ペッツバール和の補正や球面収差補正に効果が得られる。

【００３５】

次に、本発明のフォーカシングの方法とその収差変動の抑制について説明する。具体的には、上記のレンズ系、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、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つのレンズ群によって構成し、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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとを有し、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を有するレンズ系において、無限遠より近距離物体へのフォーカシングの際には、全系を物体側に移動させると共に、レンズ群間隔又はレンズ群内の部分系の間隔を変化させることにより収差変動を抑止するようにする。

【００３６】

また、より特定すれば、無限遠より近距離物体へのフォーカシングの際には、全系を物体側に移動させると共に、第１レンズ群内の空気レンズの間隔及び第２レンズ群と第３レンズ群のレンズ群間隔を変化させるか、あるいは、全系を物体側に移動させると共に、第１レンズ群と第２レンズ群のレンズ群間隔及び第２レンズ群と第３レンズ群のレンズ群間隔を変化させるか、さらには、全系を物体側に移動させると共に、第１レンズ群と第２レンズ群のレンズ群間隔のみを変化させるものである。

【００３７】

これにつていは、具体例を示して説明する。後記する実施例１における軸上間隔を＋０．１ｍｍを変化させた時に、収差変化量を示したのが次の表２である。

表２

k		Ｂｆ	ＳＡ	ＤＳ	ＤＭ
1		-0.0039	-0.0002	0.0069	0.0706
2		-0.0217	-0.0016	0.0136	0.0407
3		-0.0071	-0.0007	0.0113	0.0381
4		-0.008	-0.001	0.0282	0.092
5	（絞り）	-0.008	-0.001	0.0276	0.092
6		-0.1363	-0.0264	0.0132	0.0932
7		-0.0636	-0.0041	0.023	0.1185
8		-0.1669	-0.0102	0.0003	0.0474
9		-0.0319	0.0012	0.0083	0.0381

【００３８】

ここで、ｋは間隔番号、Ｂｆはバックフォーカス、ＳＡは輪帯球面収差、ＤＳ及びＤＭは像高比０．７のサジタルとメリディオナルの非点収差である。間隔番号２は、第１レンズ群Ｇ１内の負メニスカスレンズと正レンズの間隔である。また、間隔番号８は、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔である（図１６参照）。これら２つの間隔の傾向としては、符号は同じであり、フォーカシング時に異なる方向に移動させる機構を設けることにより、収差変動の抑制が可能である。また、その移動量は、補正量により異なるようにするとより良い。

【００３９】

次に、実施例６について説明する。間隔２と間隔６がおのおのレンズ群間のフォーカシング時の可変間隔である（図１７参照）。これらの間隔は同一の変化量に対して球面収差とメリディオナル方向の非点収差の変化量が逆符号を持つために、全系繰り出しによっては、フォーカシングによる収差変動が発生するわけである。これを抑制するために、各々のレンズ群間を異なる量あるいは異なる方向に移動することで収差変動の抑制を実現することができる。このときの間隔誤差０．１ｍｍに対する諸パラメータの変化量を次の表３に示す。

【００４０】

表３

k		Ｂｆ	ＳＡ	ＤＳ	ＤＭ
1		-0.0017	-0.0001	0.0016	0.0611
2		-0.0243	-0.0021	0.0183	0.0625
3	（絞り）	-0.0243	-0.0021	0.0179	0.0559
4		-0.1419	-0.0438	0.0156	0.0938
5		-0.0551	-0.0129	0.0308	0.1286
6		-0.1363	-0.0042	-0.0017	0.0207
7		-0.0376	0.0011	0.0014	0.0073

また、フォーカシングの方式としては、第２レンズ群のみを移動することによるインナーフォーカシング方式によって実現することも可能である。

【００４１】

【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。
ここに示すのは、超広角レンズであって、かつ、口径比が１：２．８又は１：３．５程度の仕様を満足するものである。また、結像性能は後で説明する収差図に示す通り、良好になし得る。
【００４２】
実施例１から実施例５のレンズ構成は、第１レンズ群Ｇ１が負メニスカスレンズと正レンズの２枚構成、第２レンズ群Ｇ２が１組の接合レンズ、第３レンズ群Ｇ３が負メニスカスレンズ１枚の全体で５成分の構成である。
【００４３】
実施例６から実施例９のレンズ構成は、第１レンズ群Ｇ１が負メニスカスレンズ、第２レンズ群Ｇ２が１組の接合レンズ、第３レンズ群Ｇ３が負メニスカスレンズの全体で４成分からなる。実施例１０は、基本構成は前記４成分構成の場合と同じであるが、第２レンズ群が３枚接合レンズからなり、５成分構成となる。
次に、具体的に各実施例について説明する。
【００４４】
実施例１は、焦点距離が１６．０８ｍｍ、口径比が１：２．８７で、画角が１０６．７４°のレンズ系である。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と両凸レンズからなり、第２レンズ群Ｇ２は、開口絞りと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２枚接合レンズからなり、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の負メニスカスレンズの両面に使用されており、さらに、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズの像側の面、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの像側の面に使用している。第１レンズ群Ｇ１の負メニスカスレンズは、後続する正レンズと共に色収差補正をなすために必ずしも低屈折率、低分散の硝種を使用する必要はない。
【００４５】
この超広角大口径レンズは、歪曲収差、像面湾曲、サジタルコマ収差の補正等に課題がある。そのため、まず、第１レンズ群Ｇ１に非球面を使用して歪曲収差の補正への負担を軽減した。したがって、第１非球面の有効径付近の非球面量は１７６５μｍに達している。また、裏面に使用する非球面の有効径付近の非球面量は１８９９μｍである。この形状は、周辺部の光束に対して球面系ではなし得ない面の作用を非球面の採用によってなし得たことを意味する。第２レンズ群Ｇ２の非球面は最も像側の面に使用しており、メリディオナルコマ収差の補正や非点収差の補正に大きな効果を持つ。また、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの凸面に使用した非球面の作用は周辺像面の補正に関係しており、超広角レンズの周辺性能を向上させるのに寄与する。この非球面は、レンズ周辺部に行くに従い、面の屈折力が弱まるように作用する。
【００４６】
実施例１のレンズ断面図を図１に示す。図中、（ａ）は無限遠物点にフォーカシングした状態を、（ｂ）は有限遠物点－０．５ｍにフォーカシングした状態を示す。
次に、フォーカシング方法について説明する。基本は全系移動であり、本実施例においては、第１レンズ群Ｇ１内のレンズ間の軸上間隔を０．３１６ｍｍ減少させ、さらに、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の軸上間隔を０．０５ｍｍ増加させることで、収差変動を補償している。
【００４７】
図６（ａ）～（ｄ）に無限遠物点にフォーカシングしたときの収差図を、図６（ｅ）～（ｈ）に－０．５ｍにフォーカシングしたときの収差図を示す。この中、（ａ）、（ｅ）は球面収差、（ｂ）、（ｆ）は非点収差、（ｃ）、（ｇ）は倍率色収差、（ｄ）、（ｈ）は歪曲収差を示している。以下、同じ。
高次収差の影響は若干残るが、収差は無限遠物点でも有限遠物点でも非常に良好に補正されている。

【００４８】
実施例２は、焦点距離が１６．０８７ｍｍで、口径比が１：２．８５の大口径超広角レンズである。この実施例の構成及び非球面の使用箇所は実施例１と同様であり、レンズ断面の図示は省く。各レンズ群の屈折力配置についても実施例１に近い数値をとっており、使用する硝子の範囲も実施例１に近い。次に、フォーカシング時のフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１内のレンズ間の軸上間隔は０．３８９ｍｍ減少し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．０４５ｍｍ増加する。この実施例の図６と同様の収差図を図７に示す。これにより、画角が１０７°程度であっても、非常に像面の平坦性が高いことが分かる。ただし、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの凸面に使用する非球面には、変曲点が有効径内に存在する。

【００４９】
実施例３は、焦点距離が１６．０８５ｍｍ、口径非が１：２．８５の大口径超広角レンズである。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と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなり、第２レンズ群Ｇ２は、開口絞りと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２枚接合レンズからなり、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。各レンズ群の屈折力配置については実施例１に近い数値をとっている。非球面を使用する箇所は、実施例１と同じである。しかし、第２レンズ群Ｇ２の像側面の曲率半径がより緩い点で異なる。次に、フォーカシング時のフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１内のレンズ間の軸上間隔は０．３５０ｍｍ減少し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．０６４ｍｍ増加する。この実施例の図１と同様なレンズ断面図を図２に示し、図６と同様の収差図を図８に示す。

【００５０】
実施例４は、焦点距離が１８．０５ｍｍで、口径比が１：３．５のレンズ系である。この実施例の構成は実施例２と同様であり、レンズ断面の図示は省く。基本的なレンズ構成は、実施例１から３と同様であるが、口径比が小さい分小型化している。非球面は、第１レンズ群Ｇ１の負メニスカスレンズの凸面と、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズの像側面と、第３レンズ群Ｇ３の像側面の計３面である。非球面量は、第１レンズ群Ｇ１で有効径付近で２８０μｍ、第２レンズ群Ｇ２の有効径付近で３３４μｍ、第３レンズ群Ｇ３で３９０μｍである。この実施例の図６と同様の収差図を図９に示す。次に、フォーカシングときのフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１内のレンズ間の軸上間隔は、０．０７３ｍｍ増加し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．００７ｍｍ減少する。フローティング時のレンズ群間隔の変化が実施例１から３とは逆である。また、フォーカシングによる収差変動も非常に小さいことが分かる。

【００５１】
実施例５は、焦点距離が２０．０５ｍｍで、口径比が１：３．５のレンズ系である。この実施例の構成は実施例１と同様であり、レンズ断面の図示は省く。この実施例の図６と同様の収差図を図１０に示す。非球面使用箇所は、実施例４と同様である。第１レンズ群Ｇ１と第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズに使用された非球面量は、それぞれ有効径付近で４０３μｍ及び１５３μｍである。また、第２レンズ群Ｇ２の像側面に使用された非球面の有効径付近での非球面量は４２．５μｍである。フォーカシングときのフローティング量は、第１レンズ群Ｇ１内で０．０１６ｍｍ増加することで同様に行われる。

【００５２】
実施例６は、焦点距離が１６．０８５ｍｍで、口径比が１：２．８５のレンズ系である。レンズ断面図を図３に示すように、極めて簡単な構成をとる。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枚からなり、第２レンズ群Ｇ２は、開口絞りと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２枚接合レンズからなり、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の負メニスカスレンズの両面に使用し、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズの最も像側の面に使用し、さらに、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの像側

の面に使用している。第１非球面は負メニスカスレンズの凸面に使用しており、レンズの周辺部に行くに従って面の屈折力が強まる形状をとる。この面では、有効径付近での非球面量は２２５０μｍである。また、裏面の第２非球面は凹面であり、レンズ周辺部に行くに従って発散性の屈折力が強まるような非球面形状をとる。有効径付近での非球面量は１４２５μｍである。また、周辺部のメリディオナルコマ収差や非点収差の補正を目的とする第２レンズ群Ｇ２の非球面は、凸面への使用であり、レンズ周辺部に行くに従い非球面量が増し、面の屈折力が徐々に弱まる形状をとる。第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの凸面に使用される非球面は、レンズ周辺部に行くに従い面の屈折力が弱まり、周辺像面を起こす作用を担っている。この面の有効径付近での非球面量は１２８９μｍである。この実施例の図６と同様の収差図を図１１に示す。

【００５３】

次に、フォーカシング時のフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔は０．５２０ｍｍ減少し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．１１５ｍｍ増加する。フローティング時のレンズ群間隔の変化が実施例１から３とは逆である。第１レンズ群Ｇ１と第３レンズ群Ｇ３を単体負レンズで構成するときに低分散硝子を使用することが必要である。これは、フローティングを考慮したレンズ群構成によってレンズ群を規定するときに、群内で色収差補正することで群の移動があるときに収差変動を小さくする条件の１つとなるからである。このレンズ系において、若干の高次収差が残留することでフォーカシング時に収差変動が残るが、超広角大口径レンズとしては非常に良好に補正されているということが言える。

【００５４】

実施例７は、焦点距離が１６ｍｍで、口径比が１：３．５５のレンズ系である。この実施例の構成及び非球面の使用箇所は実施例６と同様であり、レンズ断面の図示は省く。また、この実施例の図６と同様の収差図を図１２に示す。次に、フォーカシング時のフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔は０．２２８ｍｍ減少し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．００２ｍｍ増加する。

【００５５】

実施例８は、焦点距離が２０．０５ｍｍで、口径非が１：２．８８のレンズ系である。この実施例の構成は実施例６と同様であり、レンズ断面の図示は省く。また、非球面の使用は、第１レンズ群Ｇ１の負メニスカスレンズの第１面と、第２レンズ群Ｇ２の最も像側の面と、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの像側の面である。この実施例の図６と同様の収差図を図１３に示す。次に、フォーカシング時のフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔は０．０１０ｍｍ増加し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．０１７ｍｍ増加する。

【００５６】

実施例９は、焦点距離が２１．１０ｍｍで、口径比が１：２．８６のレンズ系である。この実施例の構成は、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枚からなり、第２レンズ群Ｇ２は、開口絞り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の２枚接合レンズからなり、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の負メニスカスレンズの第１面と第２面の両面と、第２レンズ群Ｇ２の最も像側の面と、第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの凹面に用いている。この実施例の図１と同様なレンズ断面図を図４に示し、図６と同様の収差図を図１４に示す。次に、フォーカシング時のフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔は０．２７０ｍｍ減少し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．０５１ｍｍ減少する。

【００５７】

実施例１０は、焦点距離が２０．０５０ｍｍで、口径比が１：３．６０のレンズ系である。この実施例の構成は、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枚からなり、第２レンズ群Ｇ２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の３枚接合レンズと開口絞りとからなり

、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の負メニスカスレンズの第２面である凹面と、第２レンズ群Ｇ２の最も像側の面及び第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズの凹面に用いている。この光学系では、第２レンズ群Ｇ２は３枚接合レンズである。この実施例の図１と同様なレンズ断面図を図５に示し、図６と同様の収差図を図１５に示す。次に、フォーカシング時のフローティング量は、－０．５ｍのときに第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の間隔は０．０６４ｍｍ減少し、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３の間隔は０．０１７ｍｍ増加する。

【００５８】

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。

【００５９】

実施例１

$f=16.0848$, $F_{NO}=2.87$, $\omega=53.37°$

r_1 =	42.0470（非球面）	d_1 = 3.873	n_{d1} =1.69680	ν_{d1} =55.53
r_2 =	14.3899（非球面）	d_2 =12.460		
r_3 =	108.0948	d_3 = 3.538	n_{d2} =1.84666	ν_{d2} =23.78
r_4 =	-653.5641	d_4 =16.870		
r_5 =	∞（絞り）	d_5 = 0.015		
r_6 =	12.6050	d_6 = 1.000	n_{d3} =1.80518	ν_{d3} =25.43
r_7 =	7.5285	d_7 = 7.877	n_{d4} =1.69680	ν_{d4} =55.53
r_8 =	-63.6768（非球面）	d_8 =10.366		
r_9 =	-7.9374	d_9 = 2.000	n_{d5} =1.62230	ν_{d5} =53.20
r_{10}=	-13.4209（非球面）			

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	12.460	12.144
d_8	10.366	10.416

非球面係数

第１面

P = 1.0000

$A_4 = 0.30558\times10^{-4}$

$A_6 = -0.69483\times10^{-7}$

$A_8 = 0.47957\times10^{-10}$

$A_{10} = -0.19606\times10^{-14}$

第２面

P = 1.0000

$A_4 = 0.51365\times10^{-4}$

$A_6 = 0.20701\times10^{-7}$

$A_8 = 0.27987\times10^{-9}$

$A_{10}=-0.83838\times10^{-12}$

第８面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.64243\times10^{-4}$

$A_6 =-0.13275\times10^{-5}$

$A_8 = 0.67514\times10^{-7}$

$A_{10}=-0.14021\times10^{-8}$

第１０面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.56429\times10^{-4}$

$A_6 = 0.43681\times10^{-6}$

$A_8 =-0.12163\times10^{-8}$

$A_{10}= 0.20200\times10^{-10}$ 。

【００６０】

実施例２

$f=16.087$, $F_{NO}=2.85$, $\omega=53.37°$

r_1 =	42.1323（非球面）	d_1 = 3.311	n_{d1} =1.67000	ν_{d1} =57.33
r_2 =	14.4682（非球面）	d_2 =13.233		
r_3 =	178.1089	d_3 = 3.082	n_{d2} =1.84666	ν_{d2} =23.88
r_4 =	-235.7515	d_4 =16.094		
r_5 =	∞（絞り）	d_5 = 1.000		
r_6 =	11.7987	d_6 = 1.000	n_{d3} =1.80349	ν_{d3} =30.40
r_7 =	6.5321	d_7 = 7.777	n_{d4} =1.67000	ν_{d4} =57.33
r_8 =	-55.1213（非球面）	d_8 =10.503		
r_9 =	-7.5141	d_9 = 2.000	n_{d5} =1.55690	ν_{d5} =48.55
r_{10}=	-13.2297（非球面）			

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	13.233	12.844
d_8	10.503	10.548

非球面係数

第１面

P = 1.0000

$A_4 = 0.30796\times10^{-4}$

$A_6 = -0.70655\times10^{-7}$

$A_8 = 0.48647\times10^{-10}$

$A_{10} = -0.38393\times10^{-15}$

第２面

P = 1.0000

$A_4 = 0.47800\times10^{-4}$
$A_6 = 0.30958\times10^{-7}$
$A_8 = 0.33067\times10^{-9}$
$A_{10}=-0.10766\times10^{-11}$
第８面
Ｐ = 1.0000
$A_4 = 0.40069\times10^{-4}$
$A_6 =-0.17837\times10^{-5}$
$A_8 = 0.65836\times10^{-7}$
$A_{10}=-0.18180\times10^{-8}$
第１０面
Ｐ = 1.0000
$A_4 = 0.63131\times10^{-4}$
$A_6 = 0.27381\times10^{-6}$
$A_8 =-0.21398\times10^{-11}$
$A_{10}= 0.17554\times10^{-10}$ 。

【００６１】

実施例３

$f=16.085$, $F_{NO}=2.85$, $\omega=53.37°$

r_1 =	42.7188（非球面）	d_1 = 2.854	n_{d1} =1.69680	ν_{d1} =56.47
r_2 =	14.9358（非球面）	d_2 =12.229		
r_3 =	66.6448	d_3 = 4.118	n_{d2} =1.72151	ν_{d2} =29.24
r_4 =	673.2170	d_4 =16.595		
r_5 =	∞（絞り）	d_5 = 1.084		
r_6 =	12.9396	d_6 = 1.000	n_{d3} =1.80518	ν_{d3} =25.43
r_7 =	7.8832	d_7 = 8.576	n_{d4} =1.72916	ν_{d4} =54.68
r_8 =	-100.9017（非球面）	d_8 = 9.544		
r_9 =	-7.7539	d_9 = 2.000	n_{d5} =1.65016	ν_{d5} =39.39
r_{10}=	-12.4647（非球面）			

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	12.229	11.879
d_8	9.544	9.608

非球面係数

第１面

P = 1.0000

$A_4 = 0.30962\times10^{-4}$

$A_6 = -0.69992\times10^{-7}$

$A_8 = 0.50239\times10^{-10}$

$A_{10} = -0.34138\times10^{-14}$

第２面

P = 1.0000

$A_4 = 0.45148\times10^{-4}$

$A_6 = 0.73934\times10^{-8}$

$A_8 = 0.35367\times10^{-9}$

$A_{10}=-0.10573\times10^{-11}$

第８面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.70958\times10^{-4}$

$A_6 =-0.69533\times10^{-6}$

$A_8 = 0.11157\times10^{-7}$

$A_{10}=-0.22664\times10^{-10}$

第１０面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.63206\times10^{-4}$

$A_6 = 0.27186\times10^{-6}$

$A_8 =-0.33124\times10^{-9}$

$A_{10}= 0.34942\times10^{-10}$ 。

【００６２】

実施例４

$f=18.05$, $F_{NO}=3.5$, $\omega=50.16°$

r_1 =	18.8617（非球面）	d_1 = 5.059	n_{d1} =1.80440	ν_{d1} =39.58
r_2 =	8.5912	d_2 = 5.568		
r_3 =	21.3355	d_3 = 2.500	n_{d2} =1.80518	ν_{d2} =25.43
r_4 =	26.4212	d_4 = 7.558		
r_5 =	∞（絞り）	d_5 = 0.360		
r_6 =	9.5251	d_6 = 2.392	n_{d3} =1.80518	ν_{d3} =25.43
r_7 =	6.1711	d_7 = 3.975	n_{d4} =1.60300	ν_{d4} =65.48
r_8 =	-20.0405（非球面）	d_8 = 9.088		
r_9 =	-6.4386	d_9 = 2.000	n_{d5} =1.49700	ν_{d5} =81.61
r_{10}=	-14.0232（非球面）			

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	5.568	5.641
d_8	9.088	9.081

非球面係数

第１面

P = 1.0000

A_4 =-0.31551×10^{-5}

A_6 =-0.89212×10^{-8}

A_8 =-0.93665×10^{-10}

A_{10}= 0.16433×10^{-12}

第８面

P = 1.0000

$A_4 = 0.16904\times10^{-3}$

$A_6 = 0.13085\times10^{-6}$

$A_8 = 0.20119\times10^{-8}$

$A_{10} = 0.51169\times10^{-9}$

第１０面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.40740\times10^{-4}$

$A_6 = -0.47577\times10^{-7}$

$A_8 = -0.11307\times10^{-8}$

$A_{10} = 0.30944\times10^{-10}$ 。

【００６３】

実施例５

$f=20.05$, $F_{NO}=3.5$, $\omega=47.17°$

r_1 =	28.8162（非球面）	d_1 = 1.900	n_{d1} =1.62045	ν_{d1} =38.12
r_2 =	11.4888	d_2 = 9.506		
r_3 =	72.1434	d_3 = 2.500	n_{d2} =1.69680	ν_{d2} =55.53
r_4 =	-94.9970	d_4 = 9.540		
r_5 =	∞（絞り）	d_5 = 1.540		
r_6 =	9.7367	d_6 = 2.053	n_{d3} =1.80518	ν_{d3} =25.43
r_7 =	7.0012	d_7 = 3.192	n_{d4} =1.48749	ν_{d4} =70.21
r_8 =	-23.4907（非球面）	d_8 =10.770		
r_9 =	-7.0641	d_9 = 2.000	n_{d5} =1.68893	ν_{d5} =31.08
r_{10}=	-15.9356（非球面）			

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	9.506	9.522
d_8	10.770	10.770

非球面係数

第１面

P = 1.0000

A_4 =-0.12473×10^{-4}

A_6 =-0.18729×10^{-8}

A_8 = 0.43622×10^{-10}

A_{10}= 0.31518×10^{-13}

第８面

P = 1.0000

$A_4 = 0.10234\times10^{-3}$

$A_6 = 0.24585\times10^{-6}$

$A_8 = -0.28007\times10^{-7}$

$A_{10} = 0.94508\times10^{-9}$

第１０面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = -0.10922\times10^{-4}$

$A_6 = 0.67658\times10^{-7}$

$A_8 = -0.24908\times10^{-8}$

$A_{10} = 0.13800\times10^{-10}$

。

【００６４】

実施例６

$f=16.085$, $F_{NO}=2.85$, $\omega=53.37°$

r_1 =	52.4484（非球面）	d_1 = 3.559	n_{d1} =1.51728	ν_{d1} =69.56
r_2 =	12.4791（非球面）	d_2 =28.039		
r_3 =	∞（絞り）	d_3 = 0.900		
r_4 =	12.0167	d_4 = 4.807	n_{d2} =1.84666	ν_{d2} =23.88
r_5 =	6.6074	d_5 = 6.895	n_{d3} =1.67790	ν_{d3} =55.33
r_6 =	-71.6695（非球面）	d_6 =11.800		
r_7 =	-9.5672	d_7 = 2.000	n_{d4} =1.49700	ν_{d4} =81.61
r_8 =	-13.9833（非球面）			

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	28.039	27.519
d_6	11.800	11.915

非球面係数

第１面

P = 1.0000

$A_4 = 0.34996\times10^{-4}$

$A_6 = -0.70740\times10^{-7}$

$A_8 = 0.34790\times10^{-10}$

$A_{10} = 0.28106\times10^{-13}$

第２面

P = 1.0000

$A_4 = 0.46106\times10^{-4}$

$A_6 = 0.93818\times10^{-7}$

$A_8 = 0.11243\times10^{-8}$

$A_{10}=-0.46402\times10^{-11}$

第６面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.11463\times10^{-3}$

$A_6 =-0.32515\times10^{-6}$

$A_8 = 0.16769\times10^{-7}$

$A_{10}=-0.31560\times10^{-9}$

第８面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.46560\times10^{-4}$

$A_6 = 0.56073\times10^{-6}$

$A_8 =-0.61941\times10^{-8}$

$A_{10}= 0.31651\times10^{-10}$ 。

【００６５】

実施例７

$f=16.0$, $F_{NO}=3.55$, $\omega=53.50°$

r_1 = 32.1706（非球面） d_1 = 2.323 n_{d1} =1.48749 ν_{d1} =70.21

r_2 = 10.6939（非球面） d_2 =23.441

r_3 = ∞（絞り） d_3 = 0.900

r_4 = 10.7198 d_4 = 3.615 n_{d2} =1.80518 ν_{d2} =25.43

r_5 = 6.1085 d_5 = 5.799 n_{d3} =1.65160 ν_{d3} =58.52

r_6 = -45.1276（非球面） d_6 = 9.973

r_7 = -7.7057 d_7 = 2.000 n_{d4} =1.49700 ν_{d4} =81.61

r_8 = -13.4686（非球面）

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	23.441	23.213
d_6	9.973	9.975

非球面係数

第１面

$P = 1.0000$

$A_4 = 0.52312\times10^{-4}$

$A_6 = -0.15072\times10^{-6}$

$A_8 = 0.24601\times10^{-10}$

$A_{10} = 0.31847\times10^{-12}$

第２面

$P = 1.0000$

$A_4 = 0.68036\times10^{-4}$

$A_6 = 0.42836\times10^{-7}$

$A_8 = 0.36268\times10^{-8}$

$A_{10}=-0.18914\times10^{-10}$

第６面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.13775\times10^{-3}$

$A_6 =-0.13791\times10^{-5}$

$A_8 = 0.86193\times10^{-7}$

$A_{10}=-0.20787\times10^{-8}$

第８面

Ｐ = 1.0000

$A_4 = 0.55436\times10^{-4}$

$A_6 = 0.30450\times10^{-6}$

$A_8 =-0.54491\times10^{-8}$

$A_{10}= 0.47004\times10^{-10}$ 。

【００６６】

実施例８

$f=20.050$, $F_{NO}=2.88$, $\omega=47.17°$

r_1 = 23.8109（非球面）	d_1 =12.020	n_{d1} =1.80100	ν_{d1} =34.97	
r_2 = 9.5754	d_2 =16.964			
r_3 = ∞（絞り）	d_3 = 0.900			
r_4 = 12.3405	d_4 = 4.279	n_{d2} =1.84666	ν_{d2} =23.88	
r_5 = 7.3893	d_5 = 4.388	n_{d3} =1.65160	ν_{d3} =58.52	
r_6 = -23.2374（非球面）	d_6 =11.898			
r_7 = -8.6983	d_7 = 2.000	n_{d4} =1.49700	ν_{d4} =81.61	
r_8 = -13.7022（非球面）				

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	16.964	16.974
d_6	11.898	11.915

非球面係数

第１面

P = 1.0000

$A_4 = -0.22315\times10^{-6}$

$A_6 = -0.69333\times10^{-8}$

$A_8 = 0.10829\times10^{-10}$

$A_{10} = -0.29832\times10^{-13}$

第６面

P = 1.0000

$A_4 = 0.96497\times10^{-4}$

$A_6 = 0.40701\times10^{-6}$

A_8 =-0.16259×10^{-8}

A_{10}=-0.95513×10^{-11}

第８面

Ｐ = 1.0000

A_4 = 0.79854×10^{-4}

A_6 =-0.82164×10^{-7}

A_8 = 0.62832×10^{-10}

A_{10}= 0.15176×10^{-10}

。

【００６７】

実施例９

$f=21.1$, $F_{NO}=2.86$, $\omega=45.71°$

r_1 = 38.2860（非球面） d_1 = 7.893 n_{d1} =1.49700 ν_{d1} =81.61

r_2 = 12.2307（非球面） d_2 =24.020

r_3 = ∞（絞り） d_3 = 0.900

r_4 = 12.5107 d_4 = 8.672 n_{d2} =1.65160 ν_{d2} =58.52

r_5 = -9.4910 d_5 = 1.000 n_{d3} =1.62364 ν_{d3} =36.54

r_6 = -56.0766（非球面） d_6 = 6.636

r_7 = -14.8521（非球面） d_7 = 8.879 n_{d4} =1.80518 ν_{d4} =25.43

r_8 = -32.7600

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	24.020	23.750
d_6	6.636	6.585

非球面係数

第１面

P = 1.0000

$A_4 = 0.14559\times10^{-4}$

$A_6 = -0.57885\times10^{-7}$

$A_8 = 0.11807\times10^{-9}$

$A_{10} = -0.89517\times10^{-13}$

第２面

P = 1.0000

$A_4 = 0.22572\times10^{-4}$

$A_6 = 0.30307\times10^{-6}$

A_8 =-0.52855×10^{-8}

A_{10}= 0.25601×10^{-10}

第６面

Ｐ =-97.2562

A_4 = 0.27067×10^{-4}

A_6 = 0.15532×10^{-5}

A_8 =-0.93752×10^{-8}

A_{10}= 0.12544×10^{-9}

第７面

Ｐ = 1.0000

A_4 =-0.13304×10^{-3}

A_6 =-0.22163×10^{-5}

A_8 = 0.49802×10^{-7}

A_{10}=-0.12215×10^{-8}

。

【００６８】

実施例１０

$f=20.05$, $F_{NO}=3.6$, $\omega=44.92°$

r_1 = 67.1433	d_1 = 1.900	n_{d1} =1.49700	ν_{d1} =81.61	
r_2 = 15.1994（非球面）	d_2 =32.539			
r_3 = 11.5686	d_3 = 4.919	n_{d2} =1.78590	ν_{d2} =44.19	
r_4 = 5.6481	d_4 = 5.171	n_{d3} =1.60300	ν_{d3} =65.48	
r_5 = -21.8800	d_5 = 0.609	n_{d4} =1.75520	ν_{d4} =27.51	
r_6 = -48.7502（非球面）	d_6 = 1.000			
r_7 = ∞（絞り）	d_7 =15.361			
r_8 = -13.4149（非球面）	d_8 = 1.500	n_{d5} =1.49700	ν_{d5} =81.61	
r_9 = -34.1205				

フローティング間隔

OBJ	∞	-500
d_2	32.539	32.475
d_7	15.361	15.378

非球面係数

第２面

P = 1.0000

$A_4 = -0.22840\times10^{-5}$

$A_6 = 0.12264\times10^{-6}$

$A_8 = -0.90113\times10^{-9}$

$A_{10} = 0.28559\times10^{-11}$

第６面

P = 1.0000

$A_4 = 0.27182\times10^{-4}$

$A_6 = -0.20372 \times 10^{-5}$

$A_8 = 0$

$A_{10} = 0$

第８面

$P = 1.0000$

$A_4 = -0.44588 \times 10^{-4}$

$A_6 = -0.42431 \times 10^{-5}$

$A_8 = 0.73120 \times 10^{-7}$

$A_{10} = -0.51848 \times 10^{-9}$

【００６９】

次に、上記実施例１～１０の条件式（１）～（３）に関する値を次の表に示す。

実施例	$\lvert f_1 / f_2 \rvert$	$\lvert f_3 / f_2 \rvert$	D_1 / f
1	3.264	2.105	1.049
2	3.273	2.023	1.0
3	3.592	2.2	1.032
4	2.461	2.048	0.419
5	6.283	1.187	0.476
6	1.809	3.974	1.743
7	2.156	2.592	1.465
8	2.130	3.676	0.846
9	2.490	2.683	1.138
１０	1.889	2.151	1.623

【００７０】

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、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つのレンズ群によって構成し、

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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとを有し、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を有し、

前記レンズ群の何れかに非球面を使用し、かつ、

下記条件式を満足することを特徴とする広角レンズ。

$-1.0 > f_1 / f_2 > -12$ ・・・（１）

$0.8 < \lvert f_3 / f_2 \rvert < 8$ ・・・（２）

$0.2 < \lvert D_1 / f \rvert < 3.0$ ・・・（３）

ただし、f_1 ：第１レンズ群の焦点距離、

f_2 ：第２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、
D_1 ：第１レンズ群と第２レンズ群の間隔、
である。

【００７１】
〔２〕　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と空気レンズを隔てて正レンズとを配置し、第２レンズ群は１組の負レンズと正レンズの接合レンズを有し、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にて構成したことを特徴とする上記〔１〕記載の広角レンズ。

【００７２】
〔３〕　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を有し、第２レンズ群は１組の負レンズと正レンズの接合レンズを有し、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にて構成したことを特徴とする上記〔１〕記載の広角レンズ。

【００７３】
〔４〕　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レンズ群は正レンズと２枚の負レンズを有し、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にて構成したことを特徴とする上記〔１〕記載の広角レンズ。

【００７４】
〔５〕　物体側から順に、負屈折力を有する第１レンズ群と、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つのレンズ群によって構成し、
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レンズ群は開口絞りと１組の接合レンズとを有し、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を有し、
無限遠より近距離物体へのフォーカシングの際には、全系を物体側に移動させると共に、レンズ群間隔又はレンズ群内の部分系の間隔を変化させることにより収差変動を抑止するようにしたことを特徴とする広角レンズ。

【００７５】
〔６〕　無限遠より近距離物体へのフォーカシングの際には、全系を物体側に移動させると共に、第１レンズ群内の空気レンズの間隔及び第２レンズ群と第３レンズ群のレンズ群間隔を変化させることを特徴とする上記〔５〕に記載の広角レンズ。

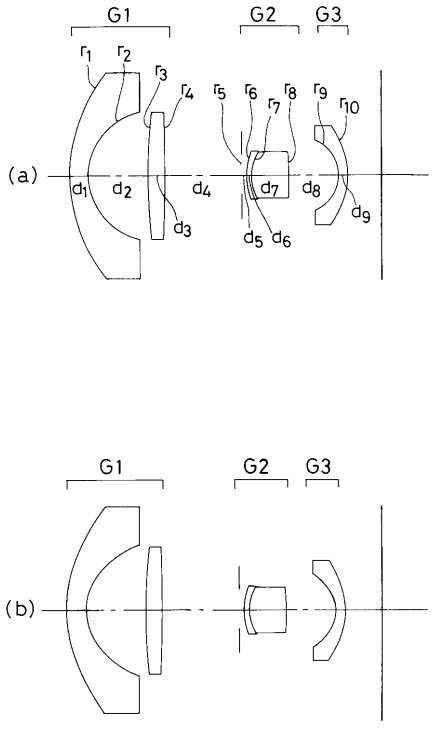
【００７６】
〔７〕　無限遠より近距離物体へのフォーカシングの際には、全系を物体側に移動させると共に、第１レンズ群と第２レンズ群のレンズ群間隔及び第２レンズ群と第３レンズ群のレンズ群間隔を変化させることを特徴とする上記〔５〕に記載の広角レンズ。

【００７７】
〔８〕　無限遠より近距離物体へのフォーカシングの際には、全系を物体側に移動させると共に、第１レンズ群と第２レンズ群のレンズ群間隔のみを変化させることを特徴とする上記〔５〕に記載の広角レンズ。

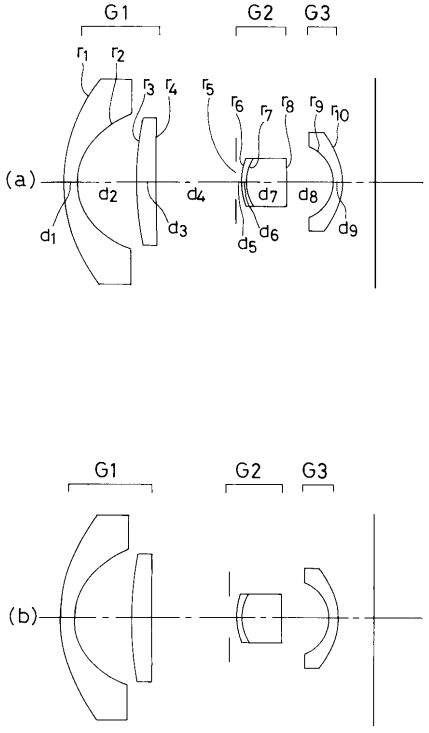
【００７８】
【発明の効果】
上記のように、従来、超広角レンズは非常に複雑な構成となるのが常識であり、対称型のレンズ系であっても、構成枚数は増加し、口径比に限界があり、大口径比化の実現がなされていなかった。しかし、以上の説明から明らかなように、本発明により、非球面を効果的に使用することで、４から５枚という少ない構成枚数で超広角レンズを実現することができた。また、フォーカシングのために、従来の全系移動に加えて、部分系の移動を行うフローティング方式の採用によって、有限距離物点に対する収差変動への対策もなし得ることができた。

【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施例１の広角レンズのレンズ断面図である。
【図２】本発明の実施例３の広角レンズのレンズ断面図である。
【図３】本発明の実施例６の広角レンズのレンズ断面図である。
【図４】本発明の実施例９の広角レンズのレンズ断面図である。
【図５】本発明の実施例１０の広角レンズのレンズ断面図である。
【図６】実施例１の無限遠物点及び－０．５ｍにフォーカシングしたときの収差図である。
【図７】実施例２の図６と同様の収差図である。
【図８】実施例３の図６と同様の収差図である。
【図９】実施例４の図６と同様の収差図である。
【図１０】実施例５の図６と同様の収差図である。
【図１１】実施例６の図６と同様の収差図である。
【図１２】実施例７の図６と同様の収差図である。
【図１３】実施例８の図６と同様の収差図である。
【図１４】実施例９の図６と同様の収差図である。
【図１５】実施例１０の図６と同様の収差図である。
【図１６】実施例１のより詳細な光路図である。
【図１７】実施例６のより詳細な光路図である。
【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

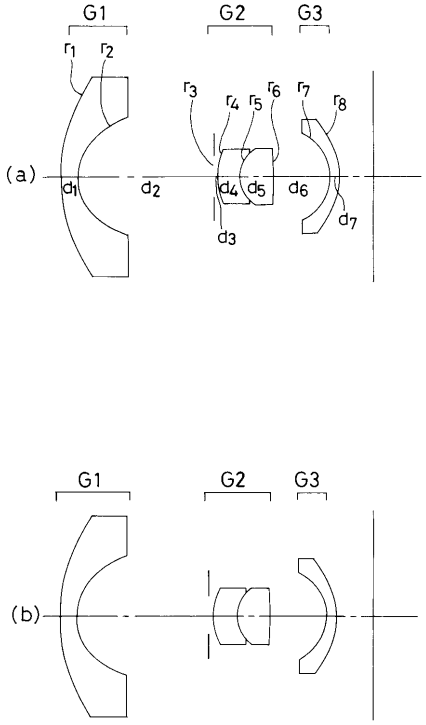
【図１】



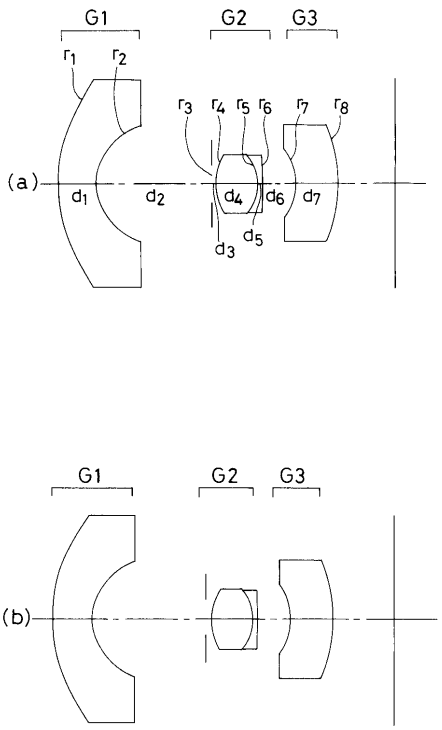
【図２】



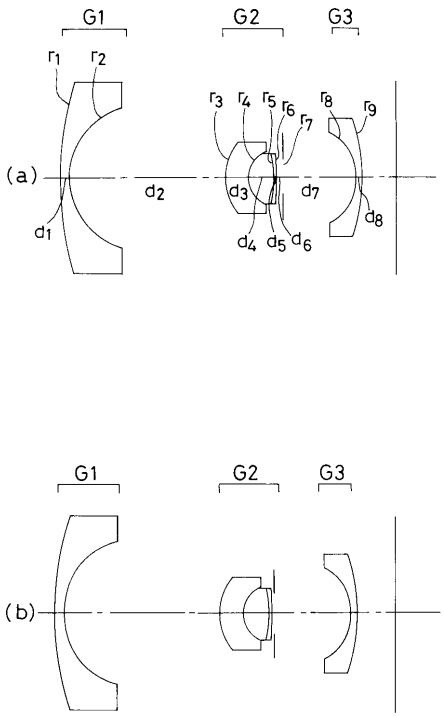
【図３】


G1
G2
G3
r1
r2
r3
r4
r5
r6
r7
r8
(a)
d1
d2
d3
d4
d5
d6
d7
G1
G2
G3
(b)

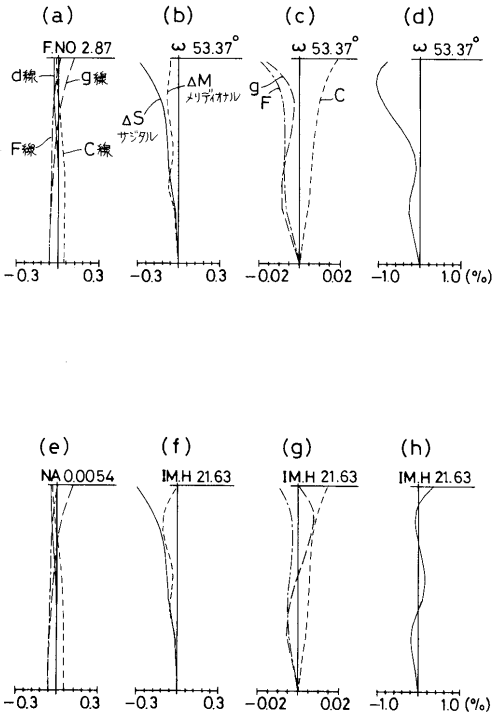
【図４】


G1
G2
G3
r1
r2
r3
r4
r5
r6
r7
r8
(a)
d1
d2
d3
d4
d5
d6
d7
G1
G2
G3
(b)

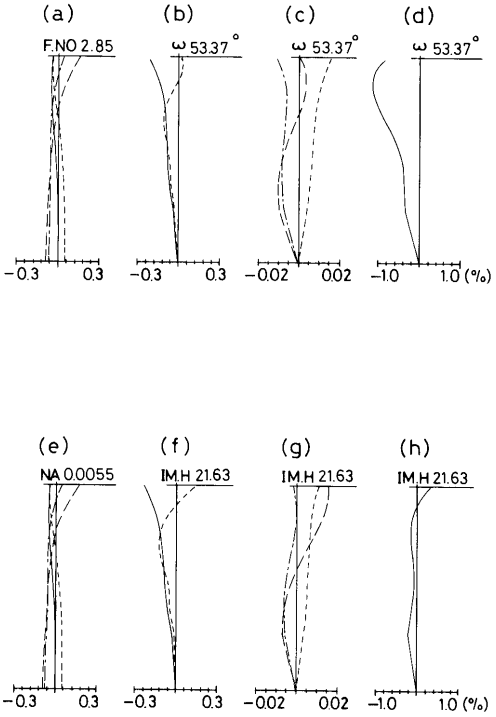
【図５】


G1
G2
G3
r1
r2
r3
r4
r5
r6
r7
r8
r9
(a)
d1
d2
d3
d4
d5
d6
d7
d8
G1
G2
G3
(b)

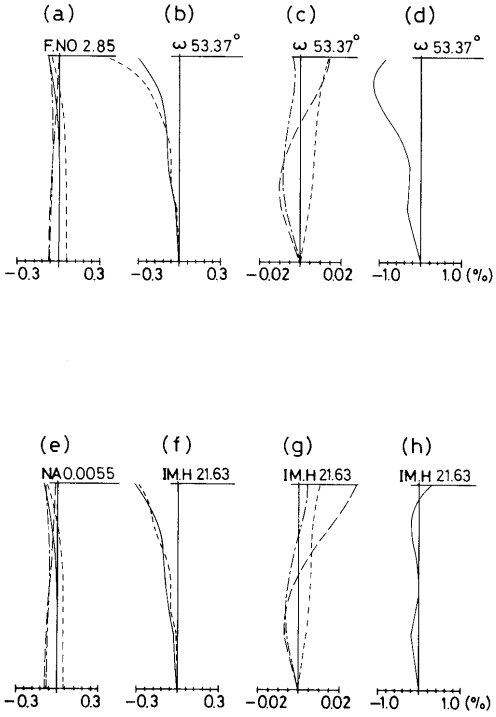
【図６】


(a)
(b)
(c)
(d)
F.NO 2.87
ω 53.37°
ω 53.37°
ω 53.37°
d線
g線
F線
C線
ΔM
メリディオナル
ΔS
サジタル
g
F
C
−0.3
0.3
−0.3
0.3
−0.02
0.02
−1.0
1.0 (%)
(e)
(f)
(g)
(h)
NA 0.0054
IM.H 21.63
IM.H 21.63
IM.H 21.63
−0.3
0.3
−0.3
0.3
−0.02
0.02
−1.0
1.0 (%)

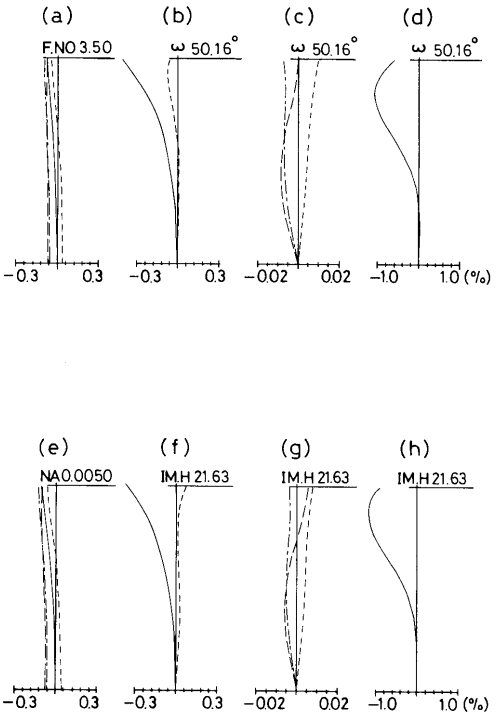
【図７】


(a)
F.NO 2.85
(b)
ω 53.37°
(c)
ω 53.37°
(d)
ω 53.37°
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)
(e)
NA 0.00055
(f)
IM.H 21.63
(g)
IM.H 21.63
(h)
IM.H 21.63
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)

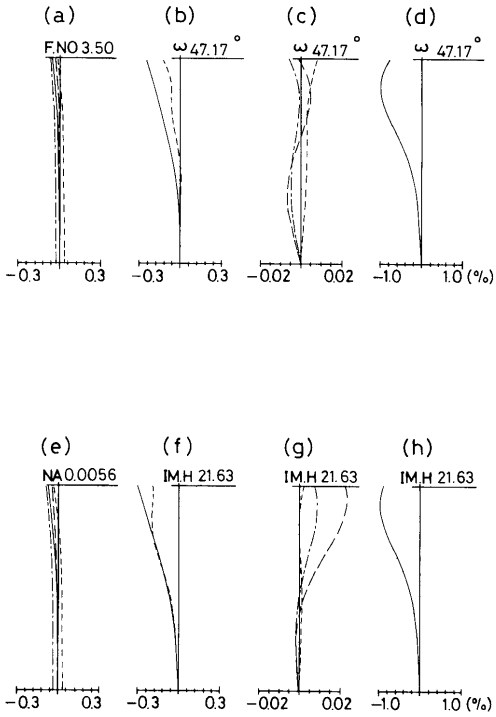
【図８】


(a)
F.NO 2.85
(b)
ω 53.37°
(c)
ω 53.37°
(d)
ω 53.37°
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)
(e)
NA 0.0055
(f)
IM.H 21.63
(g)
IM.H 21.63
(h)
IM.H 21.63
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)

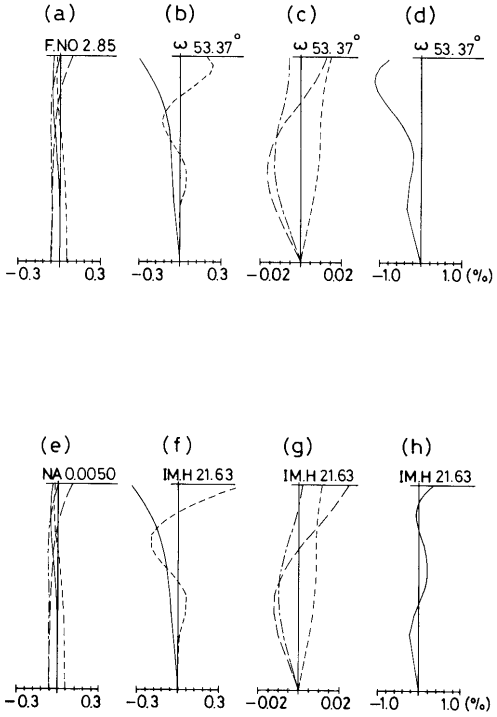
【図９】


(a)
F.NO 3.50
(b)
ω 50.16°
(c)
ω 50.16°
(d)
ω 50.16°
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)
(e)
NA 0.0050
(f)
IM.H 21.63
(g)
IM.H 21.63
(h)
IM.H 21.63
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)

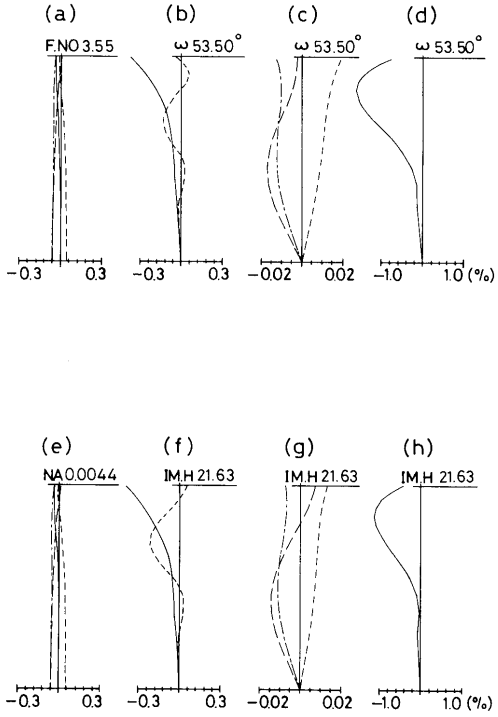
【図１０】


(a)
F.NO 3.50
(b)
ω 47.17°
(c)
ω 47.17°
(d)
ω 47.17°
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)
(e)
NA 0.0056
(f)
IM.H 21.63
(g)
IM.H 21.63
(h)
IM.H 21.63
−0.3 0.3
−0.3 0.3
−0.02 0.02
−1.0 1.0 (%)

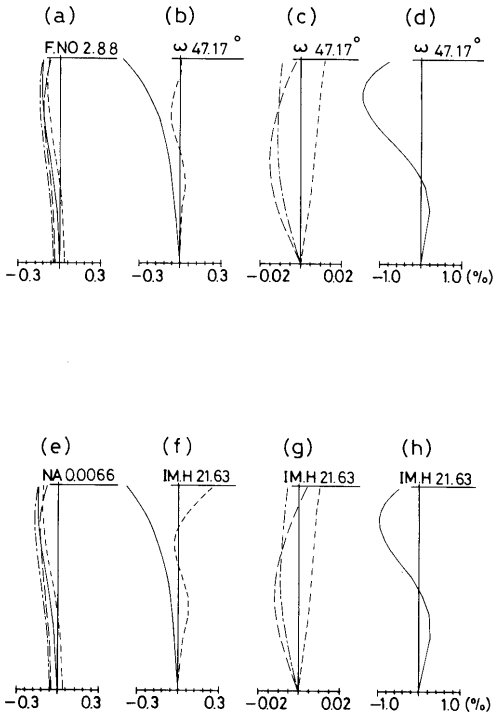
【図１１】



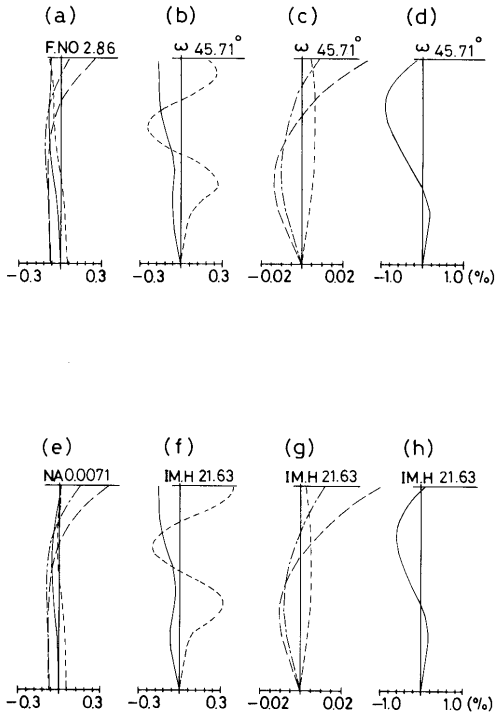
【図１２】



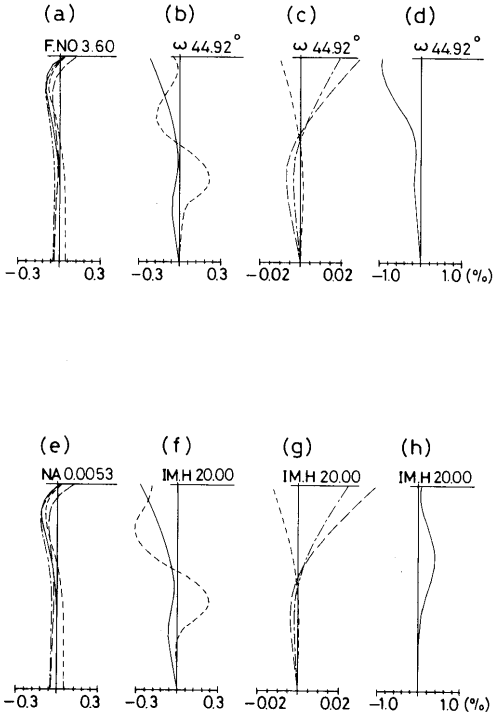
【図１３】



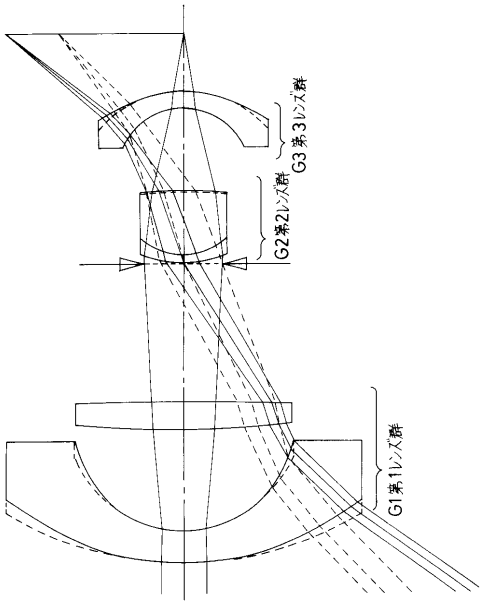
【図１４】



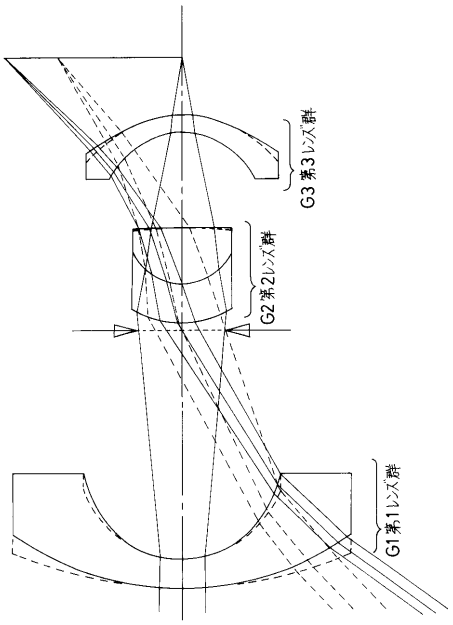
【図１５】


(a)
F.NO 3.60
(b)
ω 44.92°
(c)
ω 44.92°
(d)
ω 44.92°
−0.3
0.3
−0.3
0.3
−0.02
0.02
−1.0
1.0 (%)
(e)
NA 0.0053
(f)
IM.H 20.00
(g)
IM.H 20.00
(h)
IM.H 20.00
−0.3
0.3
−0.3
0.3
−0.02
0.02
−1.0
1.0 (%)

【図１６】


G3 第3レンズ群
G2 第2レンズ群
G1 第1レンズ群

【図１７】


G3 第3レンズ群
G2 第2レンズ群
G1 第1レンズ群

フロントページの続き

(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

合議体
審判長 江塚 政弘
審判官 瀬川 勝久
審判官 井口 猶二

(56)参考文献 特開平６－３２４２６４号公報
特表平３－５００５８２号公報
特開昭６１－２７９８１５号公報

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G02B9/00-G02B15/00