

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5339784号
(P5339784)

(45) 発行日 平成25年11月13日(2013.11.13)

(24) 登録日 平成25年8月16日(2013.8.16)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 10 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2008-145623 (P2008-145623)
 (22) 出願日 平成20年6月3日 (2008.6.3)
 (65) 公開番号 特開2009-294304 (P2009-294304A)
 (43) 公開日 平成21年12月17日 (2009.12.17)
 審査請求日 平成23年6月2日 (2011.6.2)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 岡田 隆志
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 小倉 宏之

(56) 参考文献 特開2008-052113 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群は広角端に比べて望遠端において物体側に位置するように移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が大きくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が小さくなるズームレンズであって、前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズから構成され、前記負レンズのd線に対する屈折率とアッベ数を各々N2n、N2n、前記正レンズのd線に対する屈折率をN2pとするとき、

$$2.45 < N2n - (9.3 \times 10^{-5} \times 2n^2 - 1.70 \times 10^{-2} \times 2n) < 3.00 \quad 10$$

$$5 < 2n < 8.0$$

$$1.98 < (N2n + N2p) / 2 < 2.25$$

の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

前記第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの距離をD2、前記ズームレンズの広角端における焦点距離をfwとするとき、

$$0.05 < D2 / fw < 1.2$$

の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第2レンズ群の正レンズのd線におけるアッベ数を2pとするとき、
 $1.98 < 2n / 2p < 3.2$

の条件を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記第2レンズ群の負レンズと正レンズの焦点距離を各々f2n、f2pとするとき、
 $-0.4 < f2n / f2p < -0.2$

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】

前記ズームレンズの広角端と望遠端における焦点距離を各々fw、ftとするとき、
 $2.8 < ft / fw < 10$

の条件を満足す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】

前記第2レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々2w、2t、前記第3レンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々3w、3tとするとき、

$$\begin{aligned} 1.5 < |2t / 2w| < 3.2 \\ 0.3 < |3t / 3w| < 7.1 \end{aligned}$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のズームレンズ。

20

【請求項7】

前記第1レンズ群と第2レンズ群の焦点距離を各々f1、f2、前記ズームレンズの広角端における焦点距離をfwとするとき、

$$\begin{aligned} -2.5 < f2 / fw < -0.5 \\ -6.8 < f1 / f2 < -1.7 \end{aligned}$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項8】

前記第2レンズ群の負レンズの物体側と像側の少なくとも一方のレンズ面は、樹脂材料が積層されることによって非球面が形成されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載のズームレンズ。

30

【請求項9】

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

【請求項10】

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

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラや電子スチルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のように固体撮像素子を用いた撮像装置、或いは銀塩写真用のカメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ、そして銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置は高機能化され、又装置全体が小型化されている。

【0003】

そしてそれに用いる撮影光学系にはレンズ全長が短く、コンパクトで高ズーム比（高変

50

倍比)を有し、しかも高解像力のズームレンズであることが要求されている。

【0004】

又、非撮影時に各レンズ群の間隔を撮影状態と異なる間に縮小し、撮像装置全体としての厚み(光軸方向の長さ)を薄くする構成を含む沈胴式のズームレンズであることが要望されている。

【0005】

これらの要求に応えるズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正の屈折力の第1、第2、第3レンズ群より成り、各レンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズが知られている(特許文献1)。

【0006】

又、物体側より像側へ順に、正の屈折力のレンズ群、負の屈折力のレンズ群、そしてそれに続く1つ以上のレンズ群を含む後群を有するポジティブリード型のズームレンズが知られている(特許文献2、3)。

10

【0007】

特許文献2、3では物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群の4つのレンズ群より成り、各レンズ群を移動させてズーミングを行うズームレンズを開示している。

【0008】

特に特許文献3では、第2レンズ群を負レンズと正レンズの2枚のレンズで構成し、構成要素の屈折力を適切に設定することで全系の小型化を図ったズームレンズを開示している。

20

【0009】

また近年透光性セラミックスが開発され、それを光学材料として用いた撮影光学系が知られている。透光性セラミックスは光学ガラスに比べて屈折率が高く、又硬度と強度に優れている。この性質を利用して、レンズ系全体の薄型化を図った撮像装置が知られている(特許文献4)。

【0010】

特許文献4では、正レンズと負レンズを貼り合わせた接合レンズの負レンズの材料に、透光性セラミックスを用いてレンズ肉厚の薄型化をし、レンズ系全体の小型化を図っている。

30

【特許文献1】特開2005-106925号公報

【特許文献2】特開2005-338740号公報

【特許文献3】特開2007-171371号公報

【特許文献4】特開2006-84887号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

近年、撮像装置に用いるズームレンズには、高ズーム比で、かつレンズ系全体が小型であることが強く要望されている。

【0012】

40

一般にズームレンズを小型化するためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めつつ、レンズ枚数を削減すれば良い。

【0013】

しかしながら、このようにしたズームレンズは、レンズ肉厚が増してしまいレンズ系の短縮効果が不十分になると同時に諸収差の補正が困難になってくる。

【0014】

このため、高ズーム比とレンズ系全体の小型化を図るには、ズームタイプ、各レンズ群の屈折力そして各レンズ群を構成するレンズ構成等を適切に設定することが重要となる。

【0015】

また一般に光学ガラスは屈折率が大きくなると、アッベ数は小さくなり、分散が大きくな

50

なる特性がある。

【0016】

これに対してセラミックスは同じアッペ数を有する光学ガラスに比べ、高い屈折率を有することが知られている。

【0017】

このような性質を有するセラミックスを光学材料として用いると、収差補正及び光学系全体の小型化に有利となる。

【0018】

しかしながら単にセラミックスより成るレンズをズームレンズに用いても全系の小型化を図りつつ全ズーム範囲にわたり、高い光学性能を得ることは難しい。

10

【0019】

特に前述したポジティブリード型のズームレンズにおいて第1レンズ群の有効径を小さくし全系の小型化を図りつつ、高ズーム比化を図るには、第2レンズ群中のレンズ構成を適切に設定することが重要となってくる。例えば第2レンズ群を構成するレンズに適切な材料を選択し、第2レンズ群をなるべく少ないレンズ枚数で構成することが重要となってくる。

【0020】

ポジティブリード型のズームレンズでは、第2レンズ群のレンズ構成が不適切であると、全系の小型化を図りつつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが大変難しい。

【0021】

本発明は、高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0022】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群は広角端に比べて望遠端において物体側に位置するように移動し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が大きくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が小さくなるズームレンズであって、前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズ、正レンズから構成され、前記負レンズのd線に対する屈折率とアッペ数を各々N2n、2n、前記正レンズのd線に対する屈折率をN2pとするとき、

$$2.45 < N2n - (9.3 \times 10^{-5} \times 2n^2 - 1.70 \times 10^{-2} \times 2n) < 3.00$$

$$5 < 2n < 80$$

$$1.98 < (N2n + N2p) / 2 < 2.25$$

の条件を満足することを特徴としている。

30

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型のズームレンズ及びそれを有する撮像装置が得られる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。

【0025】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、1つ以上のレンズ群を含む後群から構成されている。

【0026】

ズーミングに際しては、少なくとも第2レンズ群が移動している。

【0027】

50

後群のレンズ構成としては、例えば正の屈折力の第3レンズ群より成っている。又は物体側から像側へ順に正の屈折力の第3レンズ群と正の屈折力の第4レンズ群より成っている。

【0028】

又は、物体側から像側へ順に正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群より成っている。

【0029】

尚、本発明において後群は4以上のレンズ群より成っていても良い。

【0030】

図1は、実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）における要部断面図（レンズ断面図）である。図2～図4はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。10

【0031】

図5は、実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図6～図8はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0032】

図9は、実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図10～図12はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。20

【0033】

図13は、実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図14～図16はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0034】

図17は、実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図18～図20はそれぞれ実施例5のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0035】

図21は、実施例6のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図22～図24はそれぞれ実施例6のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。30

【0036】

図25は、実施例7のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図26～図28はそれぞれ実施例7のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0037】

図29は、実施例8のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図30～図32はそれぞれ実施例8のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。40

【0038】

図33は、実施例9のズームレンズの広角端におけるレンズ要部断面図である。図34～図36はそれぞれ実施例9のズームレンズの広角端、中間焦点距離、望遠端における収差図である。

【0039】

図37は本発明のズームレンズを備えるカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

【0040】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラ等の撮像装置に用いられる撮像レンズ系である。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。50

【0041】

尚、各実施例のズームレンズをプロジェクター等の投射レンズとして用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。

【0042】

レンズ断面図において、 i は物体側からのレンズ群の順番を示し、 L_i は第 i レンズ群である。 L_R は 1 以上のレンズ群を含む後群である。

【0043】

レンズ断面図において L_1 は正の屈折力の第 1 レンズ群、 L_2 は負の屈折力の第 2 レンズ群、 L_3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、 L_4 は正の屈折力の第 4 レンズ群、 L_5 は正の屈折力の第 5 レンズ群である。

10

【0044】

S_P は開口絞り（F ナンバー決定絞り）である。開口絞り S_P は実施例 1 ~ 7 において第 3 レンズ群 L_3 の最も物体側に配置したレンズの物体側頂点と該レンズの物体側の面と外周部との交点との間に配置している。

【0045】

実施例 8、9 では、第 3 レンズ群 L_3 の物体側に配置している。

【0046】

G は光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学プロックである。

20

【0047】

I_P は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮像光学系として使用する際には CCD センサや CMOS センサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれている。

【0048】

又、銀塩フィルム用のカメラの撮像光学系として使用する際には、フィルム面に相当する。

【0049】

収差図において、 d 、 g は各々 d 線及び g 線、 M 、 S はメリディオナル像面、サジタル像面、倍率色収差は g 線によって表している。 α は半画角、 F_{no} は F ナンバーである。

30

【0050】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置した時のズーム位置をいう。

【0051】

矢印は、広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0052】

広角端から望遠端へのズーミングに際し、第 1 レンズ群 L_1 は広角端に比べて望遠端において物体側に位置するように移動する。

【0053】

40

前記第 2 レンズ群は第 1 レンズ群 L_1 と第 2 レンズ群 L_2 の間隔が大きくなるように移動する。

【0054】

第 3 レンズ群 L_3 は第 2 レンズ群 L_2 と第 3 レンズ群 L_3 の間隔が小さくなるように移動する。

【0055】

各実施例のズームレンズは物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 L_1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 L_2 、1 以上のレンズ群を含む後群 L_R より構成している。そして第 2 レンズ群 L_2 を 2 枚のレンズで構成しながらも透光性セラミックスより成る屈折率の高い材料を使用することにより、高ズーム比で、高い光学性能を有した小型のズームレ

50

ンズを達成している。

【0056】

また、第2レンズ群L2は両凹形状又は物体側が凸でメニスカス形状の負レンズと物体側が凸でメニスカス形状の正レンズで構成している。この負レンズに高屈折率の材料を使用することにより、各レンズ面の曲率を緩くすることでコマ収差、像面湾曲等の諸収差の発生を低減し、又、光学素子自体の薄型化を図っている。

【0057】

負レンズの少なくとも1面を非球面形状としている。このときの非球面形状は物体側の面が非球面形状のときは軸外へ向かって負の屈折力を強める形状とすることにより、軸外でアンダーに出る像面湾曲を補正している。

10

【0058】

また、像面側の面が非球面形状のときは物体側の面により生じる樽型の歪曲を打ち消すために、軸外へ向かって負のパワーが弱くなる形状としている。

【0059】

尚、非球面は、母材(レンズ)に直接形成する他、母材に樹脂材料(レプリカ)を積層して形成しても良い。

【0060】

一方、第2レンズ群L2中のメニスカス形状の正レンズは第2レンズ群内の色収差を補正するためには負レンズよりも高分散な材料が必要となる。

20

【0061】

前述したとおり、光学ガラスは屈折率が大きくなるほど高分散になる傾向がある。セラミックスや酸化物の単結晶および多結晶は屈折率が高くなても比較的、低分散である。このためこれらの材料を使用することによって、色収差を補正しつつ、全系の小型化を実現している。

【0062】

一般に光学ガラスは、屈折率を縦軸に上方向が大きな値となるように、アッペ数を横軸に左方向が大きな値となるように取ったグラフ(以下「nd-d図」と呼ぶ)上にマッピングさせると、ほぼいくつかの直線に沿って分布することが知られている。また一般に光学ガラスの屈折率が大きくなると、アッペ数は小さくなり、分散が大きくなる特性がある。

30

【0063】

これに対して、可視光領域で光透過率の高いセラミックスや酸化物の単結晶および多結晶の中には、屈折率とアッペ数の関係が、前述のnd-d図において通常の光学ガラスとは異なる領域に存在するものが知られている。すなわち同じアッペ数を有する光学ガラスに比べ、高い屈折率を有する材料が知られている。

【0064】

本発明では、このような材料を第2レンズ群L2の正レンズと負レンズの少なくとも1つの材料に用いている。

【0065】

そして、各実施例において、第2レンズ群L2を構成する負レンズの少なくとも1つの材料のd線に対する屈折率とアッペ数を各々N2n、N2pとする。第2レンズ群L2を構成する正レンズのd線に対する屈折率をN2pとする。このとき、

$$2.45 < N2n - (9.3 \times 10^{-5} \times 2n^2 - 1.70 \times 10^{-2} \times 2n) \\ < 3.00 \quad \dots (1)$$

$$5 < 2n < 80 \quad \dots (2)$$

$$1.98 < (N2n + N2p) / 2 < 2.25 \quad \dots (3)$$

の条件を満足している。

40

【0066】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0067】

50

条件式(1)は第2レンズ群L2の負レンズの材料のd線における屈折率及びアッベ数との関係を規定している。屈折率が条件式(1)の下限を下回り、負レンズの屈折率が小さくなると屈折力も小さくなり十分なズーム比を得るために第2レンズ群L2の移動量が大きくなり、レンズ系が大型化してくる。

【0068】

また、条件式(1)の上限を超えて負レンズの材料の屈折率が高くなると、ペツツバル和をマイナス方向に補正する効果が弱くなり像面がアンダー側に倒れてくるので良くない。

【0069】

条件式(2)は第2レンズ群L2の負レンズの材料のd線におけるアッベ数を規定している。アッベ数が条件式(2)の下限を下回ると、第2レンズ群L2内の色収差を補正するために正レンズの材料としてより高分散な材料を選択することができなくなり、特に広角端における倍率色収差の補正が困難となる。また、条件式(2)の上限を超えて負レンズが低分散になると、広角端における倍率色収差が補正過剰となるためよくない。

10

【0070】

条件式(3)は第2レンズ群L2を構成するレンズの材料の平均屈折率を規定している。平均屈折率が条件式(3)の下限を下回ると負レンズと正レンズのレンズ面の曲率が小さくなり、各レンズ面で大きな高次収差が発生し、光学性能が悪化してくる。

【0071】

さらに、各レンズの肉厚(厚さ)が長くなり、第2レンズ群L2全体の光軸上の長さが増大してくる。また、条件式(3)の上限を超えて平均屈折率が大きくなるとペツツバル和をマイナス方向に補正する効果が弱くなり、像面特性がアンダー側に倒れてくるので良くない。

20

【0072】

尚、更に好ましくは条件式(2)、(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0073】

$$3.0 < N_2 n < 5.5 \quad \dots (2a)$$

$$2.00 < (N_2 n + N_2 p) / 2 < 2.20 \quad \dots (3a)$$

以上のように、各要素を構成することによって、各実施例では高ズーム比と高い光学性能を有しながらも第2レンズ群を2枚のレンズで構成することができ、これによりズームレンズの小型化を達成している。

30

【0074】

以上の諸条件を満足することによって、高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有するズームレンズを得ている。

【0075】

各実施例において、更に良好なる収差補正を行い、かつズーミングの際の収差変動を小さくしつつ、レンズ系全体の小型化を図るには、次の諸条件のうち、1以上を満足するのが良い。

【0076】

第2レンズ群L2の最も物体側の面から、最も像側の面までの距離をD2とする。ズームレンズの広角端と望遠端における焦点距離を各々f_w、f_tとする。

40

【0077】

第2レンズ群L2の正レンズのd線におけるアッベ数を2pとする。

【0078】

第2レンズ群L2の負レンズと正レンズの焦点距離を各々f_2n、f_2pとする。

【0079】

第2レンズ群L2の広角端と望遠端における横倍率を各々2w、2tとする。

【0080】

後群LRは、正の屈折力の第3レンズ群L3を有しており、第3レンズ群L3の広角端と望遠端における横倍率を各々3w、3tとする。

50

【0081】

第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離を各々f1、f2とする。

【0082】

このとき

$$\begin{aligned} 0.05 < D_2 / f_w < 1.2 & \cdots (4) \\ 1.98 < 2n / 2p < 3.2 & \cdots (5) \\ -0.4 < f_{2n} / f_{2p} < -0.2 & \cdots (6) \\ 2.8 < f_t / f_w < 10 & \cdots (7) \\ 1.5 < |2t / 2w| < 3.2 & \cdots (8) \\ 0.3 < |3t / 3w| < 7.1 & \cdots (9) \\ -2.5 < f_2 / f_w < -0.5 & \cdots (10) \\ -6.8 < f_1 / f_2 < -1.7 & \cdots (11) \end{aligned}$$

10

なる条件のうち1以上を満足するのが良い。

【0083】

次に各条件式の技術的意味について説明する。

【0084】

条件式(4)は第2レンズ群L2の光軸上の厚みを規定している。第2レンズ群L2の厚みが条件式(4)の下限を下回ると、負レンズと正レンズが互いに干渉してしまうためレンズ面に所定の屈折力の曲率が付けることが難しくなり、収差補正を良好に行うのが困難となる。

20

【0085】

特に広角端における倍率色収差や像面湾曲、望遠端におけるコマ収差が補正不足となる。また、第2レンズ群L2の厚みが条件式(4)の上限を上回ると、第2レンズ群L2が厚くなりすぎて沈胴方式を用いたとき沈胴長を短縮することが難しくなる。

【0086】

条件式(5)は第2レンズ群L2の負レンズと正レンズの材料のd線におけるアッベ数の関係を規定している。第2レンズ群L2の負レンズと正レンズの材料のd線におけるアッベ数の比が条件式(5)の下限を下回ると、広角端における倍率色収差が補正不足となり、これを補正しようすると第2レンズ群L2の厚さが増大してしまう。また、第2レンズ群L2の負レンズと正レンズの材料のd線におけるアッベ数の比が条件式(5)の上限を上回ると、広角端における倍率色収差が補正過剰となる。

30

【0087】

条件式(6)は第2レンズ群L2の負レンズと正レンズの屈折力(焦点距離の逆数)の比を規定している。負レンズの焦点距離の絶対値が正レンズの焦点距離に対して長くなり、条件式(6)の下限を下回ると前玉径(第1レンズ群L1)が増大し、全系の小型化が困難となる。また、負レンズの焦点距離の絶対値が正レンズの焦点距離に対して短くなり、条件式(6)の上限を上回ると広角端において軸外で発生する諸収差が大きくなり、特に広角端において倍率色収差や歪曲収差の補正が困難となる。

【0088】

条件式(7)は全系のズーム比に関するものである。条件式(7)は各実施例のズーム範囲を明確にし、所定の材料を使用した際に高ズーム比で、高い光学性能を有し、かつ全系の小型化を最も効果的に達成することのできる範囲を指定している。ここでズーム比は変培に際して配置される各レンズ群の屈折力やズーミングの際の移動範囲等に依存している。

40

【0089】

条件式(8)と条件式(9)は第2レンズ群L2、第3レンズ群L3の適度な変倍作用の範囲を規定するものである。条件式(8)の下限を下回るか条件式(9)の上限を上回ると、高ズーム比を得ようとした際、第3レンズ群L3の変倍作用が強くなりすぎて諸収差の補正が困難となり、又、製造の際の敏感度が高くなってくるので良くない。

【0090】

50

また、条件式(8)の上限を上回るか条件式(9)の下限を下回ると、高ズーム比を得ようとした際、第2レンズ群L2の変倍作用が強くなりすぎて諸収差の補正が困難となり、又、製造の際の敏感度が高くなってくるので良くない。また、第3レンズ群L3に大きな変倍分担を与えることにより、第2レンズ群L2はズーミングに際して像側に凸状の軌跡を描いて移動するようになる。

【0091】

第2レンズ群L2が直線的に像側に移動する場合に比べて、第2レンズ群L2の像側への移動スペースを確保する必要性が少なくなるため、広角端における第2レンズ群L2の位置をより開口絞りSPに近く配置することができる。その結果、前玉径を小さく抑えることが容易となる。

10

【0092】

条件式(10)は広角端における全系の焦点距離に対する第2レンズ群L2の焦点距離の比を規定している。第2レンズ群L2の焦点距離が条件式(10)の下限を下回り、屈折力が弱くなると十分なズーム比を得るために第2レンズ群L2の移動量が大きくなり、全系が大型化してくる。また、第2レンズ群L2の焦点距離が条件式(10)の上限を上回り、屈折力が強くなると、望遠端におけるコマ収差の補正が困難となる。さらに、第2レンズ群L2中の負レンズの偏肉比が大きくなり、製造が困難となる。また、レンズ面の曲率がきつくなることに起因して各レンズの肉厚が長くなるため第2レンズ群L2全体の厚さが増大してくる。

【0093】

条件式(11)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離の比を規定している。条件式(11)の下限を下回ると望遠端におけるFナンバーが大きくなってくるので良くない。また、条件式(11)の上限を上回ると、前玉径が増大し、全系が大型化してくるので良くない。

20

【0094】

なお、更に好ましくは条件式(4)～(11)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0095】

$$\begin{aligned}
 0.78 < D_2 / f_w < 1.10 & \cdots (4a) \\
 2.0 < 2n / 2p < 3.15 & \cdots (5a) \\
 -0.39 < f_2 n / f_2 p < -0.22 & \cdots (6a) \\
 5.8 < f_t / f_w < 9 & \cdots (7a) \\
 1.6 < |2t / 2w| < 2.1 & \cdots (8a) \\
 4.3 < |3t / 3w| < 7.1 & \cdots (9a) \\
 -2.2 < f_2 / f_w < -1.6 & \cdots (10a) \\
 -6.1 < f_1 / f_2 < -4.5 & \cdots (11a)
 \end{aligned}$$

30

次に本発明のズームレンズの各実施例のレンズ構成について説明する。

【0096】

図1の実施例1は、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4で構成されている。

40

【0097】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡に沿って移動し、第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡に沿って移動する。また、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第3レンズ群L3は物体側へ移動して主たる変倍を行い、第4レンズ群L4は物体側へ移動して変倍に伴う像面変動を低減（補正）している。第1レンズ群L1を広角端からズーム範囲の略中間位置まで像側へ移動させることにより開口絞りSPとの距離を短くして前玉径の小径化を図っている。

【0098】

第1レンズ群は、物体側から順に、正レンズ（第1光学素子）（像側に屈折面が物体側

50

の屈折面よりも正のパワーが強い)と、その正レンズに接合された負の屈折力を持つ光学素子(第2光学素子)を有する複合光学素子を備えている。第2光学素子は樹脂材料から成ることが好ましい。このように、第1レンズ群が正レンズと、それに接合された負の屈折力を持つ光学素子を有する複合光学素子によって構成されている点については、後述する実施例3、4、5、6、8も同じである。

【0099】

本実施例において、複合光学素子は第1光学素子とこの第1光学素子G11に接合された第2光学素子G12(複数でも構わない)とによって構成されている。この第1光学素子G11と、この第1光学素子に接合された第2光学素子(好ましくは樹脂で構成されている補助レンズ)G12とが以下の関係を満足する。

10

【0100】

(ア)第1光学素子の光軸上の厚さは、第2光学素子の光軸上の厚さの3倍以上(好ましくは5倍以上)である。ここで、第1光学素子の光軸上の厚さは、第2光学素子の光軸上の厚さの100倍以下であると好ましい。

【0101】

(イ)第1光学素子の屈折力(焦点距離の逆数)の絶対値は、第2光学素子の屈折力の絶対値の2倍以上(好ましくは2.5倍以上)である。ここで、第1光学素子の屈折力(焦点距離の逆数)の絶対値は、第2光学素子の屈折力の絶対値の50倍以下(好ましくは40倍以下)である。

20

【0102】

第2レンズ群L2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズと物体側が凸でメニスカス形状の正レンズで構成している。負レンズにセラミックス等の屈折率N2nが1.97500、アッベ数が2nが39.5の材料を用いている。負レンズの材料は高屈折率であるので、レンズ面が同じ曲率であれば負レンズの屈折力を強めても収差の発生を抑えられる。このため高ズーム比化が容易で、同じ倍率であればレンズ面の曲率を緩くすることができ、これにより、光学性能の高性能化及び第2レンズ群L2の薄型化を容易にしている。

【0103】

この材料(セラミックス)は、一般の光学ガラス材料よりも高屈折率ににもかかわらずアッベ数が大きいため(分散が小さいため)、広角端における倍率色収差を良好に補正することができる。

30

【0104】

さらに、本実施例においては正レンズに株式会社住田光学ガラスのk-P-S-F-n214(商品名)等の屈折率N2pが2.14352、アッベ数が2pが17.8の材料を用いている。これにより、正レンズによる高倍化、光学性能の高性能化、全系の小型化を図っている。広角端における倍率色収差を、負レンズと正レンズを用いて補正するとき、本実施例では正レンズの材料に高屈折率、高分散材料を使用している。これにより全系の小型化と収差補正を効果的に行っている。

【0105】

第2レンズ群L2のレンズに高屈折率材料を使用することにより、第2レンズ群L2の変倍作用を強くして、他のレンズ群の変倍分担量を抑えて偏心敏感度の低いズームレンズを実現している。

40

【0106】

本実施例においては第2レンズ群L2の負レンズの両面を非球面形状とすることで、像面湾曲、歪曲収差を良好に補正している。さらに第2レンズ群L2の正レンズも両面を非球面形状とすることにより、望遠端においてコマ収差を良好に補正している。

【0107】

また、本実施例においては無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0108】

50

尚、本明細書において、主たる変倍を行っているレンズ群とは広角端から望遠端へのズーミングに際して結像倍率の変化の比が、他の全てのレンズ群に比べて最も大きい値を有するレンズ群をいう。

【0109】

図5の実施例2はレンズ群の数や各レンズ群の屈折力の符号やズーミングにおける各レンズ群の移動条件等の基本レンズ構成は図1の実施例1と同じである。

【0110】

第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックス材料等の屈折率N2nが1.98730、アッベ数2nが36.6の材料を用いている。この負レンズ(第1光学素子)の物体側及び像側(いずれか一方でも構わない)には、負の屈折力を有する光学素子(第2光学素子)(好ましくは樹脂材料から成ることが望ましい)が配置されている。また、これらの負の屈折力を有する光学素子は、第2レンズ群の負レンズに対して接合されている。10

【0111】

第2レンズ群L2の負レンズの物体側と像側に設けた光学素子の空気と接する面は非球面形状である。第2レンズ群の正レンズの物体側と像側の面は非球面形状である。

【0112】

第2レンズ群L2の正レンズに株式会社住田光学ガラスのK-PSFn214(商品名)等の屈折率N2pが2.14352、アッベ数2pが17.8の材料を用いている。これらの材料により高倍化、光学性能の高性能化、全系の小型化を図っており、このことは、実施例1と同様である。20

【0113】

本実施例においては第2レンズ群L2の負レンズの両面を非球面形状とすることで、像面湾曲、歪曲収差を良好に補正している。さらに第2レンズ群L2の正レンズも両面を非球面形状とすることにより、望遠端においてコマ収差を良好に補正している。

【0114】

本実施例におけるズームレンズは、高屈折材料に樹脂材料を用いて非球面を成型することにより、製造を容易にしている。また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0115】

図9の実施例3は、レンズ群の数や各レンズ群の屈折力の符号やズーミングにおける各レンズ群の移動条件等の基本レンズ構成は図1の実施例1と同じである。

【0116】

第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックス材料等の屈折率N2nが2.16250、アッベ数2nが34.8の材料を用いている。

【0117】

第2レンズ群L2の正レンズにKT結晶(KTaO3)等の屈折率N2pが2.23260、アッベ数2pが16.9の材料を用いている。

【0118】

これらの材料により高倍化、光学性能の高性能化、全系の小型化を図っており、このことは、実施例1と同様である。40

【0119】

本実施例においては第2レンズ群L2の負レンズの両面を非球面形状とすることで、像面湾曲、歪曲収差を良好に補正している。さらに第2レンズ群L2の正レンズも両面を非球面形状とすることにより、望遠端においてコマ収差を良好に補正している。

【0120】

また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0121】

10

20

30

40

50

図13の実施例4は、レンズ群の数や各レンズ群の屈折力の符号やズーミングにおける各レンズ群の移動条件等の基本レンズ構成は図1の実施例1と同じである。

【0122】

第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックス材料等の屈折率N2nが1.98730、アッベ数2nが36.6の材料を用いている。

【0123】

第2レンズ群L2の正レンズにKT結晶(KTaO3)等の屈折率N2pが2.23260、アッベ数2pが16.9の材料を用いている。

【0124】

これらの材料により高倍化、光学性能の高性能化、全系の小型化を図っており、このことは、実施例1と同様である。

【0125】

本実施例においては第2レンズ群L2の負レンズの両面を非球面形状としていること、像面湾曲、歪曲収差を良好に補正している。さらに第2レンズ群L2の正レンズも両面を非球面形状とすることにより、望遠端においてコマ収差を良好に補正している。

【0126】

また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0127】

図17の実施例5は、レンズ群の数や各レンズ群の屈折力の符号やズーミングにおける各レンズ群の移動条件等の基本レンズ構成は図1の実施例1と同じである。

【0128】

第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックス材料等の屈折率N2nが1.83520、アッベ数2nが53.0の材料を用いている。

【0129】

第2レンズ群L2の正レンズにKT結晶(KTaO3)等の屈折率N2pが2.23260、アッベ数2pが16.9の材料を用いている。

【0130】

これらの材料により高倍化、光学性能の高性能化、全系の小型化を図っており、このことは、実施例1と同様である。

【0131】

本実施例においては第2レンズ群L2の負レンズの両面を非球面形状としていること、像面湾曲、歪曲収差を良好に補正している。さらに第2レンズ群L2の正レンズも両面を非球面形状とすることにより、望遠端においてコマ収差を良好に補正している。

【0132】

また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0133】

図21の実施例6はレンズ群の数や各レンズ群の屈折力の符号やズーミングにおける各レンズ群の移動条件等の基本レンズ構成は図1の実施例1と同じである。

【0134】

第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックス材料等の屈折率N2nが1.97500、アッベ数2nが39.5の材料を用いている。

【0135】

第2レンズ群L2の正レンズにKT結晶(KTaO3)等の屈折率N2pが2.23260、アッベ数2pが16.9の材料を用いている。これらの材料により高倍化、光学性能の高性能化、全系の小型化を図っており、このことは、実施例1と同様である。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 6 】

本実施例においては第2レンズ群L2の負レンズの両面を非球面形状とすることで、像面湾曲、歪曲収差を良好に補正している。さらに第2レンズ群L2の正レンズも両面を非球面形状とすることにより、望遠端においてコマ収差を良好に補正している。

【 0 1 3 7 】

また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【 0 1 3 8 】

図25の実施例7は全系を3つのレンズ群より構成した3群ズームレンズである。

【 0 1 3 9 】

実施例7は物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3で構成されている。

【 0 1 4 0 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡で移動する。第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡で移動して変倍に伴う像面変動を補正している。

【 0 1 4 1 】

本実施例においては第2レンズ群L2の負レンズの両面を非球面形状とすることで、像面湾曲、歪曲収差を良好に補正している。さらに第2レンズ群L2の正レンズも両面を非球面形状とすることにより、望遠端においてコマ収差を良好に補正している。

【 0 1 4 2 】

第3レンズ群L3は物体側へ移動させることにより主たる変倍を行っている。第1レンズ群L1を広角端からズーム範囲の中間位置まで像側へ移動させることにより開口絞りSPとの距離を短くし、前玉径の小径化を図っている。

【 0 1 4 3 】

本実施例では全体として3つのレンズ群とし、かつ各レンズ群のレンズ枚数も必要最小限としながらも、第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックスを用いている。正レンズにKT結晶(KTaO3)等の高屈折率材料を使用し、非球面効果を利用して全系の小型化と光学性能の高性能化を実現している。

【 0 1 4 4 】

また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第2レンズ群L2を前方に繰り出すことで行っている。

【 0 1 4 5 】

図29の実施例8は全系を5つのレンズ群より構成した5群ズームレンズである。

【 0 1 4 6 】

実施例8は物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5で構成されている。

【 0 1 4 7 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡で移動する。

【 0 1 4 8 】

第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡で移動する。第3レンズ群L3は物体側へ移動することにより主たる変倍を行っている。第4レンズ群L4は物体側へ移動している。第5レンズ群L5は物体側へ移動して変倍に伴う像面変動を補正している。第1レンズ群L1を広角端からズーム範囲の中間位置まで像側へ移動させることにより前玉径の小径化を図っている。

【 0 1 4 9 】

第2レンズ群L2の負レンズの両面は非球面形状である。

10

20

30

40

50

【0150】

第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックスを用いている。正レンズに株式会社住田光学ガラスのk-P S F n 2 1 4(商品名)等の高屈折率材料を使用し、非球面効果を利用して全系の小型化と光学性能の高性能化を実現している。

【0151】

また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第5レンズ群L5を前方に繰り出すことで行っている。

【0152】

図33の実施例9は全系を5つのレンズ群より構成した5群ズームレンズである。

10

【0153】

実施例9は物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5で構成されている。広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1は物体側へ移動している。第2レンズ群L2は像側へ移動することにより主たる変倍を行っている。第3レンズ群L3は物体側へ移動している。第4レンズ群L4は像側へ移動している。第5レンズ群L5は物体側へ移動して変倍に伴う像面変動を補正している。

【0154】

第2レンズ群L2の負レンズの像側の面は非球面形状である。

20

【0155】

第2レンズ群L2の負レンズにイットリウム・アルミニウム・ガーネット等の酸化物系セラミックスを用いている。正レンズに株式会社住田光学ガラスのk-P S F n 2 1 4(商品名)等の高屈折率材料を使用し、非球面効果を利用して全系の小型化と光学性能の高性能化を実現している。

【0156】

また、無限遠物体から近距離物体へフォーカスを第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0157】

次に実施例1～9に対応する数値実施例1～9を示す。各数値実施例において i は物体側からの面の順番を示す。

30

【0158】

r_i は物体側から順に、第*i*番目のレンズ面(第*i*面)の曲率半径である。 d_i は第*i*面と第(*i*+1)面との間の間隔を示す。 $n_{d,i}$ と d_i はそれぞれ、 d 線を基準としたときの屈折率及びアッベ数を示す。

【0159】

数値実施例1～8において、最も像側の2つの面はフィルター部材を構成する面である。

【0160】

尚、数値実施例1、3～7において d_8 の値、数値実施例2において d_9 の値が負と成っているが、これは物体側から順に開放絞りSP、第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面と数えた為である。

40

【0161】

レンズ面が非球面形状を有する場合は、曲率半径の後に*を付加している。また、その形状は以下のように表わす。光軸方向での位置をXとし、光軸と直交する方向での位置をHとし、光の進行方向を正とする。Rを近軸曲率半径とし、Kを円錐係数とし、A4、A6、A8、A10をそれぞれ非球面係数とする。

【0162】

このとき

【0163】

50

【数1】

$$X = \frac{\left(\frac{1}{R}\right)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)\left(\frac{H}{R}\right)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8 + A10H^{10}$$

なる式で表わす。尚「E ± N」は「× 1 0 ± N」を示す。また、各実施例における上述した条件式との対応を表-1に示す。

10

【0164】

(数値実施例1)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	180.261	2.42	1.83520	53.0	19.99	
2	-40.168	0.05	1.62524	25.2	19.20	
3*	-66.755	(可変)			18.58	
4*	-192.436	0.70	1.97500	39.5	14.95	
5*	6.655	1.72			12.02	
6*	10.564	1.76	2.14352	17.8	12.23	20
7*	18.246	(可変)			11.93	
8(絞り)		-0.60			5.58	
9*	5.875	1.74	1.58313	59.4	5.60	
10*	-36.068	0.10			5.39	
11	4.896	1.03	1.49700	81.5	5.01	
12	7.344	0.50	1.84666	23.8	4.55	
13	3.659	(可変)			4.05	
14*	13.943	1.60	1.86400	40.6	9.45	
15*	51.943	(可変)			9.53	
16		1.00	1.51633	64.1	15.00	30
17					15.00	

非球面データ

第3面

K = -1.48383e+001 A 4= 2.56363e-007 A 6=-1.67200e-008
A 8= 2.50981e-010 A10=-1.54032e-012

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.01501e-005 A 6=-9.08851e-007
A 8=-3.68035e-009 A10= 5.08614e-012

第5面

K = -1.05492e-001 A 4=-3.14360e-004 A 6= 7.05223e-006
A 8= 3.60471e-008 A10=-7.80864e-009

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.72937e-004 A 6= 5.73585e-006
A 8= 5.14023e-008 A10=-1.63039e-009

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.32840e-004 A 6= 2.20480e-006
A 8= 7.67983e-008 A10=-1.71934e-009

第9面

K = 3.42500e-001 A 4=-6.02990e-004 A 6=-1.32764e-005

40

50

A 8=-5.92384e-007

第10面

K = -1.62065e+001 A 4= 1.69106e-004 A 6=-1.38644e-006

第14面

K = -6.01479e+000 A 4=-3.26847e-004 A 6=-2.91859e-006

A 8=-1.21310e-008 A10=-2.71496e-009

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.20398e-004 A 6= 2.24396e-006

A 8=-1.24510e-008 A10=-2.64574e-009

10

各種データ

焦点距離	5.25	15.61	35.17
------	------	-------	-------

Fナンバー	2.76	3.89	5.60
-------	------	------	------

画角	36.40	13.92	6.28
----	-------	-------	------

d 3	0.66	10.03	18.40
-----	------	-------	-------

d 7	23.28	7.27	2.54
-----	-------	------	------

d13	7.86	12.90	24.20
-----	------	-------	-------

d15	1.37	4.28	4.52
-----	------	------	------

20

【 0 1 6 5 】

(数値実施例 2)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	205.886	2.42	1.83520	53.0	20.44
2*	-60.783	(可変)			19.30
3*	-125.455	0.05	1.63555	22.7	14.83
4	2463.893	0.80	1.98730	36.6	14.62
5	7.449	0.05	1.52415	51.5	11.69
6*	6.241	1.98			11.59
7*	10.936	1.93	2.14352	17.8	11.77
8*	18.946	(可変)			11.44
9(絞り)		-0.60			5.32
10*	5.541	1.74	1.58913	61.1	5.34
11*	-30.842	0.10			5.12
12	5.257	1.03	1.49700	81.5	4.77
13	8.588	0.50	1.80518	25.4	4.31
14	3.611	(可変)			3.83
15*	13.105	1.60	1.86400	40.6	10.26
16*	49.433	(可変)			10.20
17		1.00	1.51633	64.1	15.00
18					15.00

30

非球面データ

第2面

K = -4.20005e+000 A 4= 1.42490e-006 A 6=-2.00813e-008

A 8= 4.45186e-010 A10=-3.30563e-012

第3面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.89494e-004 A 6=-3.47818e-006

A 8= 9.55476e-009 A10=-1.03020e-011

50

第6面

K = -9.01718e-002 A 4=-6.19642e-004 A 6= 2.54660e-005
A 8=-1.20602e-007 A10=-1.77057e-008

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.03560e-004 A 6= 1.11097e-005
A 8= 6.13466e-008 A10=-3.96253e-009

第8面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.52562e-004 A 6= 7.86727e-006
A 8=-3.30406e-008 A10=-1.92857e-009

第10面

K = 1.95352e-001 A 4=-5.92223e-004 A 6=-2.55189e-005
A 8=-6.20806e-007

第11面

K = -4.70195e+001 A 4= 1.13523e-004 A 6=-1.83237e-005
A 8= 5.13481e-007

第15面

K = -2.41767e+000 A 4= 5.46963e-005 A 6=-3.80283e-006
A 8= 2.22888e-007 A10=-9.22607e-009

第16面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.00773e-004 A 6=-1.77791e-006
A 8= 7.88637e-008 A10=-6.45996e-009

10

20

各種データ

焦点距離	5.13	14.66	32.32
Fナンバー	2.77	3.93	5.66
画角	37.03	14.78	6.83

d 2	0.66	9.54	18.17
d 8	21.56	6.38	1.74
d14	6.93	11.92	23.85
d16	2.47	5.39	6.71

30

【 0 1 6 6 】

(数値実施例 3)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	160.365	2.42	1.83520	53.0	20.29
2	-51.200	0.05	1.62524	25.2	19.33
3*	-101.718 (可変)				18.74
4*	53.350	0.80	2.16250	34.8	14.67
5*	6.669	1.92			11.78
6*	11.071	1.93	2.23260	16.9	12.09
7*	18.885 (可変)				11.75
8(絞り)		-0.60			5.26
9*	5.993	1.74	1.56907	71.3	5.26
10*	-27.258	0.10			5.05
11	4.547	1.03	1.49700	81.5	4.72
12	6.000	0.50	1.84666	23.8	4.24
13	3.454 (可変)				3.79

40

50

14*	14.374	1.60	1.86400	40.6	7.92
15*	31.531	(可变)			7.97
16		1.00	1.51633	64.1	15.00
17					15.00

非球面データ

第3面

K = -1.48416e+001 A 4= 3.02750e-006 A 6=-2.03458e-008
A 8= 2.50782e-010 A10=-1.54032e-012

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.58639e-005 A 6=-9.08843e-007
A 8=-3.68035e-009 A10= 5.08614e-012

第5面

K = -1.07694e-001 A 4=-2.55917e-004 A 6= 7.05217e-006
A 8= 3.60471e-008 A10=-7.80864e-009

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.76209e-004 A 6= 5.73616e-006
A 8= 5.14023e-008 A10=-1.63039e-009

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.67155e-004 A 6= 2.20449e-006
A 8= 7.67983e-008 A10=-1.71934e-009

第9面

K = 3.81628e-001 A 4=-6.15598e-004 A 6=-1.32764e-005
A 8=-5.92384e-007

第10面

K = -1.62077e+001 A 4= 1.38585e-004 A 6=-1.38644e-006

第14面

K = -6.17633e+000 A 4=-3.39938e-004 A 6=-2.91859e-006
A 8=-1.21310e-008 A10=-2.71496e-009

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.32840e-004 A 6= 2.24396e-006
A 8=-1.24510e-008 A10=-2.64574e-009

10

20

30

各種データ

焦点距離	5.13	15.36	34.37
------	------	-------	-------

Fナンバー	2.88	4.06	5.37
-------	------	------	------

画角	37.03	14.14	6.42
----	-------	-------	------

d 3	0.66	12.38	25.04
-----	------	-------	-------

d 7	22.84	6.68	1.50
-----	-------	------	------

d13	8.12	11.25	16.40
-----	------	-------	-------

d15	1.30	4.81	7.38
-----	------	------	------

40

【 0 1 6 7 】

(数値実施例 4)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	98.036	2.42	1.75500	71.5	20.46
2	-67.757	0.05	1.52415	51.5	19.38
3*	-81.870	(可变)			19.14

50

4*	-691.037	0.80	1.98730	36.6	15.47	
5*	6.621	1.79			12.28	
6*	11.236	1.93	2.23260	16.9	12.34	
7*	19.132	(可変)			12.04	
8(絞り)		-0.60			5.40	
9*	5.816	1.74	1.56907	71.3	5.40	
10*	-30.880	0.10			5.21	
11	5.168	1.03	1.49700	81.5	4.89	
12	6.392	0.50	1.80809	22.8	4.40	
13	3.651	(可変)			3.97	10
14*	15.329	1.60	1.86400	40.6	9.34	
15*	61.377	(可変)			9.59	
16		1.00	1.51633	64.1	15.00	
17					15.00	

非球面データ

第3面

K = -6.65055e-001 A 4= 2.04714e-006 A 6= 2.08825e-008
A 8=-7.93176e-011 A10=-1.23823e-012

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.76401e-005 A 6=-5.36942e-007
A 8=-3.11164e-009 A10=-4.27360e-011

第5面

K = -1.49852e-001 A 4=-3.17284e-004 A 6= 1.15480e-005
A 8=-5.35830e-009 A10=-7.66093e-009

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.39203e-004 A 6= 1.00183e-005
A 8= 1.67216e-008 A10=-2.19497e-009

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.17279e-004 A 6= 6.47470e-006
A 8= 2.13212e-008 A10=-2.20793e-009

第9面

K = 1.53619e-001 A 4=-5.27241e-004 A 6=-1.26186e-005
A 8=-6.35361e-007

第10面

K = -3.50862e+001 A 4= 7.37124e-005 A 6=-5.06898e-006
A 8=-9.65442e-008

第14面

K = -6.21752e+000 A 4=-5.72975e-004 A 6=-7.36094e-006
A 8= 5.41108e-007 A10=-2.44148e-008

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-9.41787e-004 A 6= 2.03926e-006
A 8= 1.77260e-007 A10=-1.32476e-008

各種データ

焦点距離 5.13 16.23 36.94

Fナンバー 2.74 4.03 5.88

画角 37.03 13.41 5.98

d 3 0.66 10.55 19.66

10

20

30

40

50

d 7	22.63	6.06	1.54
d13	7.15	12.37	24.17
d15	1.86	5.00	5.56

【 0 1 6 8 】

(数値実施例 5)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	130.429	2.42	1.83520	53.0	20.13	10
2	-42.262	0.05	1.62524	25.2	19.37	
3*	-92.408	(可変)			18.60	
4*	-119.469	0.80	1.83520	53.0	15.00	
5*	6.742	2.52			11.55	
6*	12.805	1.79	2.23260	16.9	11.54	
7*	17.589	(可変)			11.25	
8(絞り)		-0.60			5.71	
9*	5.695	1.74	1.56907	71.3	5.75	
10*	-24.451	0.10			5.57	
11	5.205	1.03	1.49700	81.5	5.16	20
12	6.718	0.50	1.84666	23.8	4.65	
13	3.686	(可変)			4.16	
14*	16.461	1.60	1.86400	40.6	8.76	
15*	68.918	(可変)			9.21	
16		1.00	1.51633	64.1	15.00	
17					15.00	

非球面データ

第3面

K = 4.02570e+000 A 4= 2.57307e-006 A 6=-5.48547e-008
A 8= 1.70269e-009 A10=-1.39215e-011

30

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.80934e-004 A 6=-2.98911e-006
A 8= 6.71609e-009 A10= 6.06367e-012

第5面

K = 4.92328e-002 A 4=-1.35892e-004 A 6= 4.76631e-006
A 8= 9.24951e-008 A10=-1.29227e-008

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.97175e-004 A 6= 4.57313e-006
A 8=-7.32617e-009 A10=-1.20111e-009

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.46487e-004 A 6= 1.89096e-006
A 8= 8.82915e-008 A10=-2.32868e-009

40

第9面

K = -7.86031e-003 A 4=-5.15543e-004 A 6=-1.49767e-005
A 8= 3.07034e-007

第10面

K = -9.28821e+000 A 4= 1.43436e-004 A 6=-5.85147e-006
A 8= 5.39540e-007

第14面

K = -1.22705e+001 A 4=-5.55275e-004 A 6=-3.57614e-005

50

A 8= 1.26339e-006 A10=-5.48372e-008

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.14930e-003 A 6=-8.90277e-006
A 8= 3.21463e-008 A10=-1.26907e-008

各種データ

焦点距離	5.13	16.93	38.99	
Fナンバー	2.60	3.95	5.81	
画角	37.03	12.88	5.67	

10

d 3	0.66	9.44	19.16	
d 7	21.52	4.79	0.86	
d13	7.51	12.91	24.75	
d15	1.41	4.99	4.39	

【0 1 6 9】

(数値実施例6)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	104.101	2.72	1.83520	53.0	20.51	
2	-37.751	0.05	1.62524	25.2	19.71	
3*	-76.547	(可変)			18.74	
4*	-79.361	0.80	1.97500	39.5	14.91	
5*	6.667	1.72			11.87	
6*	11.421	1.93	2.23260	16.9	11.98	
7*	19.378	(可変)			11.61	
8(絞り)		-0.60			5.71	
9*	5.955	1.74	1.56907	71.3	5.74	
10*	-26.905	0.10			5.57	
11	4.894	1.03	1.49700	81.5	5.18	
12	6.594	0.50	1.84666	23.8	4.70	
13	3.662	(可変)			4.21	
14*	12.826	1.60	1.86400	40.6	9.63	
15*	34.161	(可変)			9.69	
16		1.00	1.51633	64.1	15.00	
17					15.00	

20

30

非球面データ

第3面

K = -1.48466e+001 A 4= 2.87228e-006 A 6=-8.79263e-009
A 8= 2.51719e-010 A10=-1.54032e-012

40

第4面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.37280e-005 A 6=-9.08964e-007
A 8=-3.68035e-009 A10= 5.08614e-012

第5面

K = -1.19849e-001 A 4=-2.98474e-004 A 6= 7.05238e-006
A 8= 3.60471e-008 A10=-7.80864e-009

第6面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.75392e-004 A 6= 5.73545e-006

50

A 8= 5.14023e-008 A10=-1.63039e-009

第7面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.67488e-004 A 6= 2.20513e-006

A 8= 7.67983e-008 A10=-1.71934e-009

第9面

K = 3.45515e-001 A 4=-6.33851e-004 A 6=-1.32764e-005

A 8=-5.92384e-007

第10面

K = -1.61756e+001 A 4= 1.15946e-004 A 6=-1.38644e-006

第14面

K = -5.73577e+000 A 4=-3.12460e-004 A 6=-2.91859e-006

A 8=-1.21310e-008 A10=-2.71496e-009

10

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.57966e-004 A 6= 2.24396e-006

A 8=-1.24510e-008 A10=-2.64574e-009

各種データ

焦点距離	5.00	18.03	43.00	
Fナンバー	2.61	4.00	5.69	
画角	37.74	12.11	5.14	

20

d 3	0.66	9.59	18.27	
d 7	22.33	5.20	0.87	
d13	7.90	13.84	25.66	
d15	1.36	5.35	5.77	

【 0 1 7 0 】

(数値実施例 7)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	33.840	2.92	1.83520	53.0	22.40
2	-242.802	0.05	1.62524	25.2	21.48
3*	58.806	(可変)			19.75
4*	17.056	0.80	1.97500	39.5	16.73
5*	4.508	2.33			12.82
6*	10.730	1.93	2.23260	16.9	12.90
7*	16.666	(可変)			12.31
8(絞り)		-1.10			5.58
9*	4.036	2.84	1.56907	71.3	5.58
10	-21.960	0.10			4.88
11	16.480	0.50	1.82114	24.1	4.54
12*	5.888	(可変)			4.08
13		1.00	1.51633	64.1	15.00
14					15.00

30

40

非球面データ

第3面

K = 2.05530e+001 A 4=-2.21950e-006 A 6= 6.34133e-009

A 8=-1.08278e-009 A10= 2.44925e-012

50

第4面

K = -1.71421e+001 A 4=-3.19288e-004 A 6= 4.02700e-006
 A 8=-1.65249e-008 A10=-5.50482e-011

第5面

K = -9.60144e-001 A 4=-4.32507e-004 A 6= 2.41405e-005
 A 8=-4.52161e-007 A10= 1.41330e-009

第6面

K = -8.74539e-001 A 4=-1.42379e-004 A 6= 6.94853e-006
 A 8= 1.71842e-008

第7面

K = 1.63677e+000 A 4=-4.10464e-004 A 6= 6.07671e-006
 A 8= 2.90225e-008 A10= 6.97009e-010

第9面

K = -1.77231e-001 A 4= 8.18911e-005 A 6=-6.95549e-006
 A 8= 1.18829e-006 A10=-1.59233e-007

第12面

K = 1.34892e+000 A 4= 2.21595e-003 A 6= 3.26756e-004
 A 8=-3.58921e-005 A10= 9.31966e-006

各種データ

焦点距離	5.00	12.07	29.50
Fナンバー	2.62	3.42	5.80
画角	37.73	17.78	7.47
d 3	1.56	12.04	12.71
d 7	22.10	9.57	1.87
d12	8.09	11.56	21.75

【0 1 7 1】

(数値実施例8)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	27.308	3.60	1.75500	71.5	21.52
2	-243.826	0.05	1.62524	25.2	20.10
3*	17050.150	(可変)			19.72
4*	342.642	0.80	1.83520	53.0	16.40
5*	5.915	1.52			11.87
6	8.642	1.82	2.14352	17.8	11.83
7	9.914	(可変)			10.80
8(絞り)		0.10			4.30
9*	8.730	2.20	1.78590	44.2	4.35
10	-120.732	0.91	1.68893	31.1	4.12
11*	8.326	(可変)			3.98
12	43.351	1.74	1.69680	55.5	4.12
13	-6.370	0.10			4.20
14	935.073	0.50	1.80518	25.4	4.18
15	10.218	(可変)			4.24
16*	15.885	1.99	1.86400	40.6	11.83
17	-172.233	(可変)			11.71
18		1.00	1.51633	64.1	15.00

10

20

30

40

50

19

15.00

非球面データ

第3面

K = -6.34516e+011 A 4= 4.29447e-006 A 6=-2.53297e-008
 A 8= 2.06264e-010 A10=-6.71335e-013

第4面

K = 1.29095e+003 A 4=-5.22927e-005 A 6= 2.08314e-007
 A 8= 1.32657e-009 A10=-2.07333e-011

第5面

K = -6.51524e-001 A 4= 6.91311e-005 A 6= 6.20573e-007
 A 8=-2.35829e-008 A10= 4.68570e-010

第9面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.43062e-004 A 6=-2.09563e-005
 A 8=-4.94178e-006 A10= 3.40676e-007

第11面

K = -4.75553e+000 A 4= 1.47296e-003 A 6=-7.54988e-005

第16面

K = 1.20175e+000 A 4=-4.41475e-005 A 6=-3.36407e-007
 A 8=-2.79200e-009

各種データ

焦点距離	5.25	15.50	34.40
------	------	-------	-------

Fナンバー	2.88	3.89	4.75
-------	------	------	------

画角	36.40	14.02	6.42
----	-------	-------	------

d 3	0.88	7.49	15.91
-----	------	------	-------

d 7	17.65	3.57	1.66
-----	-------	------	------

d11	0.98	1.47	1.71
-----	------	------	------

d15	0.86	5.64	21.70
-----	------	------	-------

d17	7.10	10.99	7.99
-----	------	-------	------

【 0 1 7 2 】

(数値実施例 9)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	146.781	2.70	1.80518	25.4	54.09
2	93.718	7.20	1.49700	81.5	53.11
3	-249.902	0.20			52.76
4	63.350	4.40	1.48749	70.2	50.21
5	120.233	(可変)			49.28
6	-58.541	1.40	1.83520	53.0	26.42
7*	121.302	2.06			26.42
8	122.463	3.60	2.14352	17.8	26.82
9	448.950	(可変)			26.73
10(絞り)		3.52			26.74
11	-457.626	1.60	1.84666	23.8	26.76
12	104.693	2.60			26.84
13	99.072	5.30	1.62230	53.2	27.60
14	-46.168	(可変)			27.73

10

20

30

40

50

15	39.901	6.50	1.48749	70.2	25.95
16	-40.538	1.40	1.83400	37.2	25.16
17	-99.552	(可変)			24.79
18	-147.331	1.10	1.83481	42.7	19.15
19	44.645	1.15			19.22
20	-730.875	1.10	1.83481	42.7	19.24
21	22.881	2.90	1.76182	26.5	20.10
22	-831.900				20.25

非球面データ

10

第7面

K = -6.71946e+000 A 4= 5.52592e-007 A 6= 6.30710e-010
A 8=-2.89235e-012 A10= 2.99810e-015

各種データ

焦点距離	103.00	165.01	293.00
Fナンバー	4.60	4.84	5.60
画角	11.86	7.47	4.22
d 5	3.65	31.26	65.20
d 9	28.64	11.37	0.98
d14	3.03	19.35	27.27
d17	30.50	22.00	0.99

20

【0 1 7 3】

(表-1)

	条件式 1 (N 2 n)	条件式 2 (2 n)	条件式 3
実施例 1	2 . 5 0	3 9 . 5	2 . 0 5 9 2 6
実施例 2	2 . 4 8	3 6 . 6	2 . 0 6 5 4 1
実施例 3	2 . 6 4	3 4 . 8	2 . 1 9 7 5 5
実施例 4	2 . 4 8	3 6 . 6	2 . 1 0 9 9 5
実施例 5	2 . 4 7	5 3 . 0	2 . 0 3 3 9 0
実施例 6	2 . 5 0	3 9 . 5	2 . 1 0 3 8 0
実施例 7	2 . 5 0	3 9 . 5	2 . 1 0 3 8 0
実施例 8	2 . 4 7	5 3 . 0	1 . 9 8 9 3 6
実施例 9	2 . 4 7	5 3 . 0	1 . 9 8 9 3 6

30

	条件式 4	条件式 5	条件式 6	条件式 7	条件式 8
実施例 1	0 . 8 0	2 . 2 2	- 0 . 3 4	6 . 7 0	1 . 7 7
実施例 2	0 . 9 4	2 . 0 6	- 0 . 3 8	6 . 3 0	1 . 6 4
実施例 3	0 . 9 1	2 . 0 6	- 0 . 3 5	6 . 7 0	1 . 8 5
実施例 4	0 . 8 8	2 . 1 7	- 0 . 3 4	7 . 2 0	1 . 7 2
実施例 5	1 . 0 0	3 . 1 4	- 0 . 2 4	7 . 6 0	1 . 7 3
実施例 6	0 . 8 9	2 . 3 4	- 0 . 3 2	8 . 6 0	1 . 9 9
実施例 7	1 . 0 1	2 . 3 4	- 0 . 3 1	5 . 9 0	1 . 9 7
実施例 8	0 . 7 9	2 . 9 8	- 0 . 2 2	6 . 5 5	2 . 8 6
実施例 9	0 . 0 7	2 . 9 8	- 0 . 3 2	2 . 8 4	2 . 9 9

40

条件式 9 条件式 1 0 条件式 1 1

50

実施例 1	4 . 6 9	- 2 . 0 0	- 4 . 9 7
実施例 2	5 . 4 2	- 2 . 0 6	- 5 . 3 4
実施例 3	4 . 8 0	- 2 . 1 1	- 6 . 0 1
実施例 4	5 . 2 8	- 2 . 0 8	- 5 . 3 9
実施例 5	5 . 1 6	- 2 . 0 2	- 5 . 3 5
実施例 6	5 . 7 1	- 1 . 9 3	- 4 . 8 1
実施例 7	7 . 0 8	- 2 . 0 1	- 6 . 5 0
実施例 8	0 . 6 9	- 1 . 6 4	- 4 . 1 3
実施例 9	0 . 4 0	- 0 . 6 9	- 1 . 7 9

10

【 0 1 7 4 】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラの実施例を図37を用いて説明する。

【 0 1 7 5 】

図37において、20はカメラ本体、21は実施例1～9で説明したいずれかのズームレンズによって構成された撮影光学系である。

【 0 1 7 6 】

22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23は固体撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。

20

【 0 1 7 7 】

24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。

【 0 1 7 8 】

このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【 0 1 7 9 】

尚、本発明のズームレンズはビデオカメラ、TVカメラ、銀塩フィルム用カメラ等にも同様に適用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

30

【 0 1 8 0 】

【図1】本発明の実施例1の光学断面図

【図2】本発明の実施例1の広角端における諸収差図

【図3】本発明の実施例1の中間のズーム位置における諸収差図

【図4】本発明の実施例1の望遠端における諸収差図

【図5】本発明の実施例2の光学断面図

【図6】本発明の実施例2の広角端における諸収差図

【図7】本発明の実施例2の中間のズーム位置における諸収差図

【図8】本発明の実施例2の望遠端における諸収差図

【図9】本発明の実施例3の光学断面図

40

【図10】本発明の実施例3の広角端における諸収差図

【図11】本発明の実施例3の中間のズーム位置における諸収差図

【図12】本発明の実施例3の望遠端における諸収差図

【図13】本発明の実施例4の光学断面図

【図14】本発明の実施例4の広角端における諸収差図

【図15】本発明の実施例4の中間のズーム位置における諸収差図

【図16】本発明の実施例4の望遠端における諸収差図

【図17】本発明の実施例5の光学断面図

【図18】本発明の実施例5の広角端における諸収差図

【図19】本発明の実施例5の中間のズーム位置における諸収差図

50

【図 2 0】本発明の実施例 5 の望遠端における諸収差図

【図 2 1】本発明の実施例 6 の光学断面図

【図 2 2】本発明の実施例 6 の広角端における諸収差図

【図 2 3】本発明の実施例 6 の中間のズーム位置における諸収差図

【図 2 4】本発明の実施例 6 の望遠端における諸収差図

【図 2 5】本発明の実施例 7 の光学断面図

【図 2 6】本発明の実施例 7 の広角端における諸収差図

【図 2 7】本発明の実施例 7 の中間のズーム位置における諸収差図

【図 2 8】本発明の実施例 7 の望遠端における諸収差図

【図 2 9】本発明の実施例 8 の光学断面図

10

【図 3 0】本発明の実施例 8 の広角端における諸収差図

【図 3 1】本発明の実施例 8 の中間のズーム位置における諸収差図

【図 3 2】本発明の実施例 8 の望遠端における諸収差図

【図 3 3】本発明の実施例 9 の光学断面図

【図 3 4】本発明の実施例 9 の広角端における諸収差図

【図 3 5】本発明の実施例 9 の中間のズーム位置における諸収差図

【図 3 6】本発明の実施例 9 の望遠端における諸収差図

【図 3 7】本発明の撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

【0 1 8 1】

20

L 1 第 1 レンズ群

L 2 第 2 レンズ群

L 3 第 3 レンズ群

L 4 第 4 レンズ群

L 5 第 5 レンズ群

L R 後群

S P F ナンバー決定部材（開口絞り）

G ガラスブロック

I P 像面

d d 線

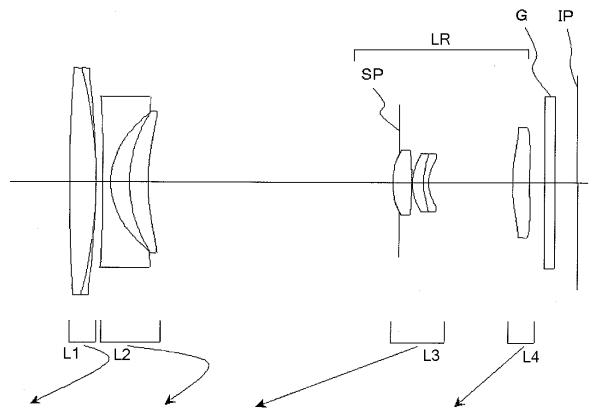
30

g g 線

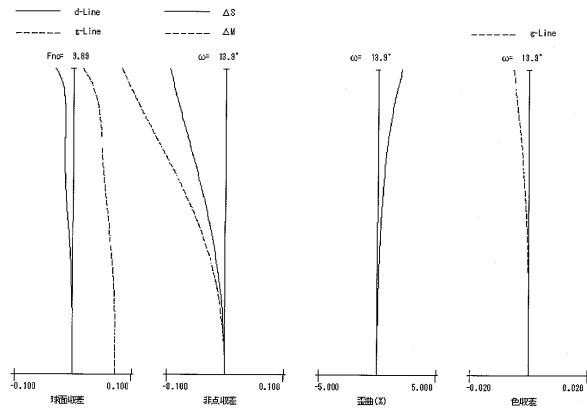
M メリディオナル像面

S サジタル像面

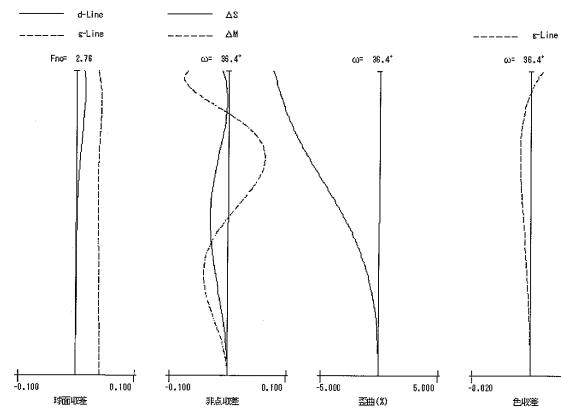
【図1】



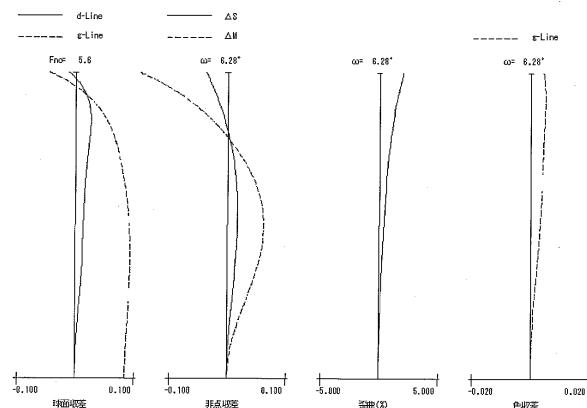
【図3】



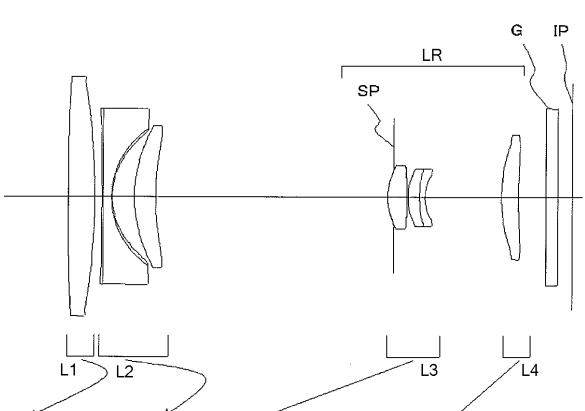
【図2】



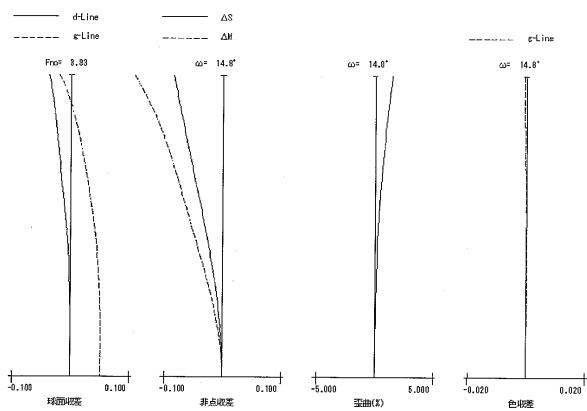
【図4】



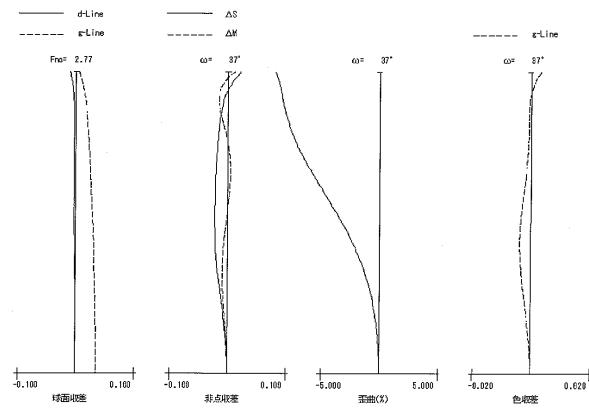
【図5】



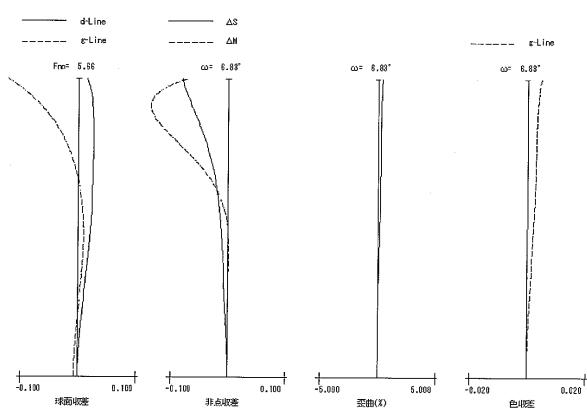
【図7】



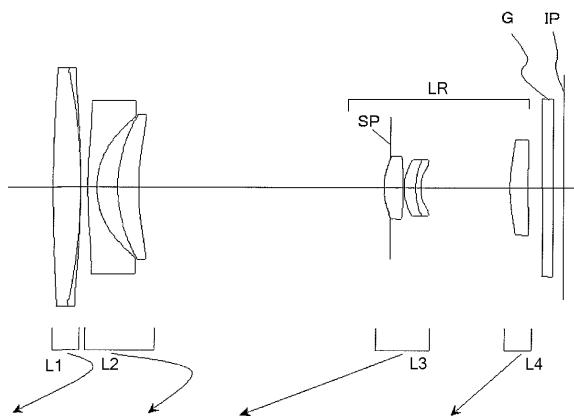
【図6】



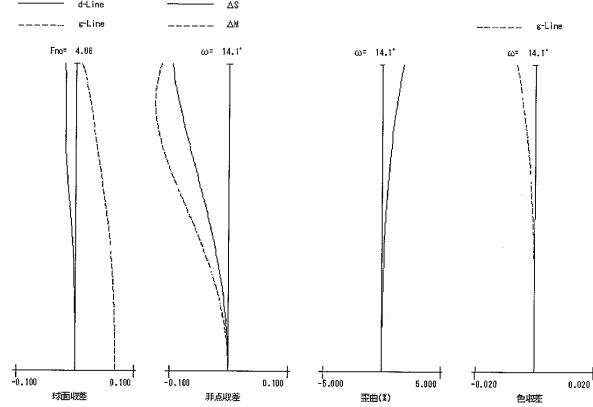
【図8】



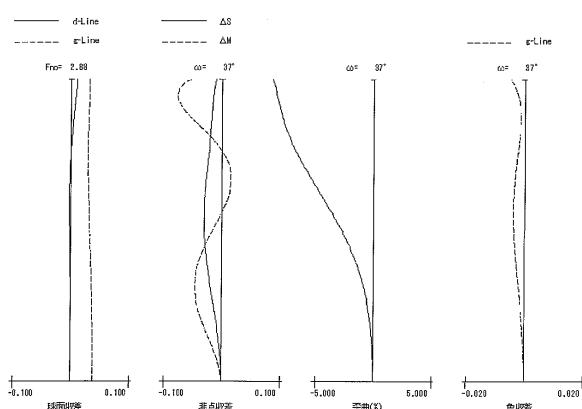
【図 9】



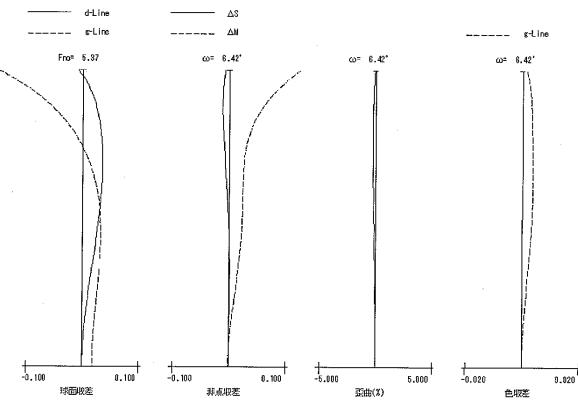
【図 11】



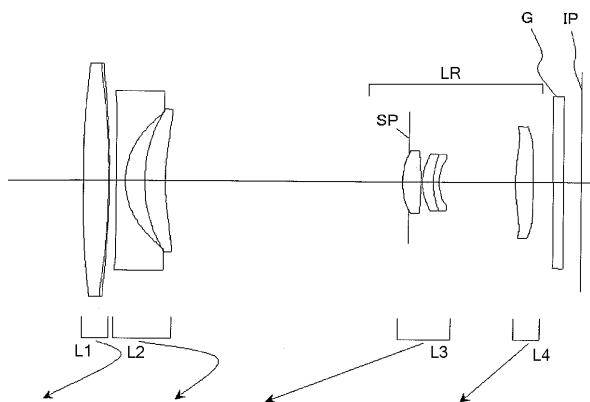
【図 10】



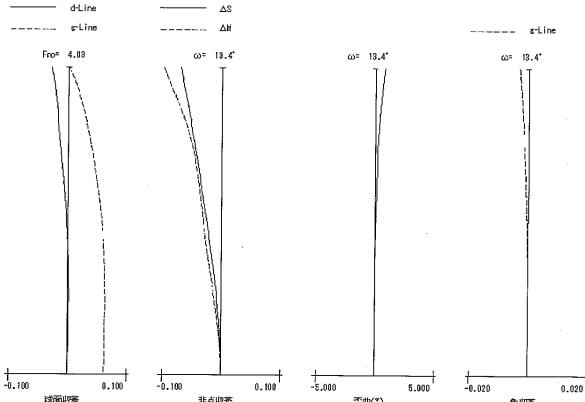
【図 12】



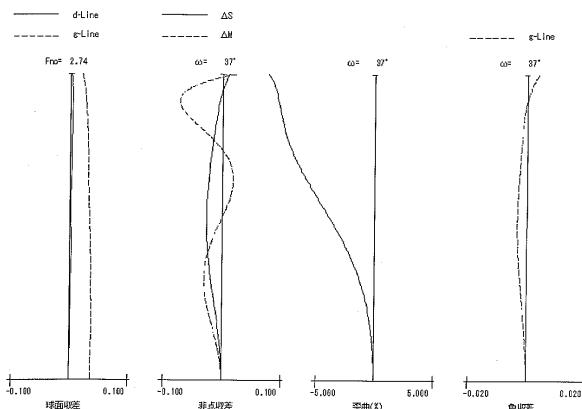
【図 13】



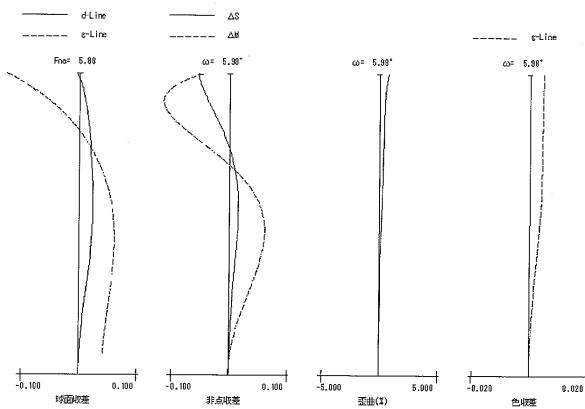
【図 15】



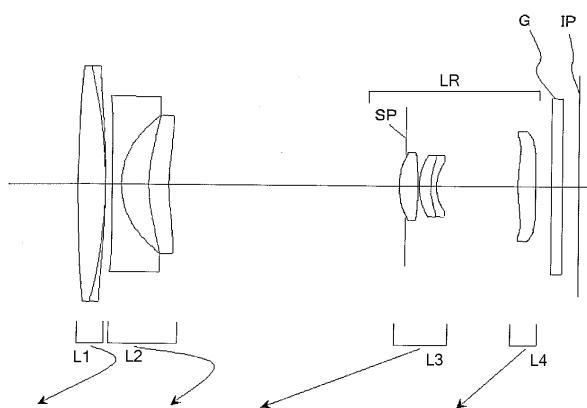
【図 14】



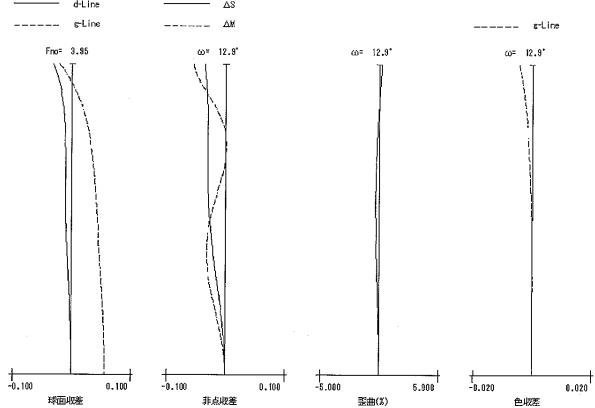
【図 16】



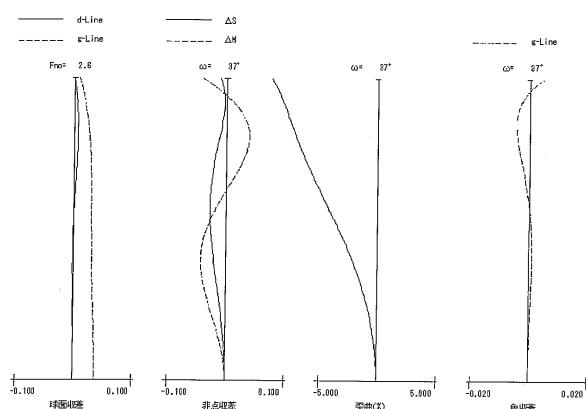
【図17】



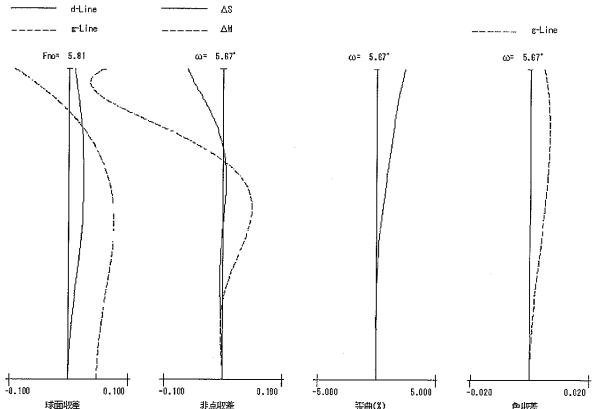
【図19】



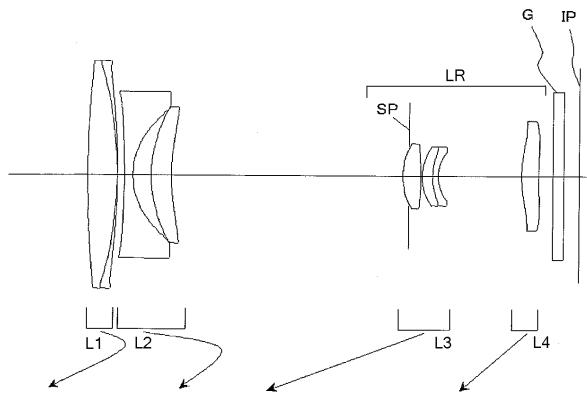
【図18】



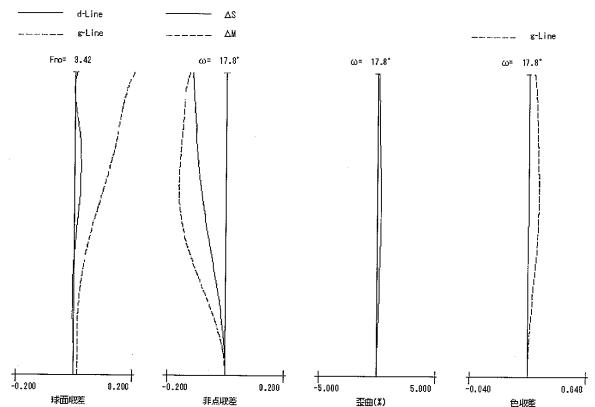
【図20】



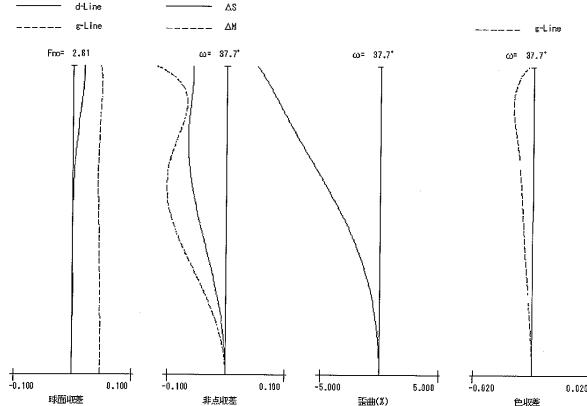
【図21】



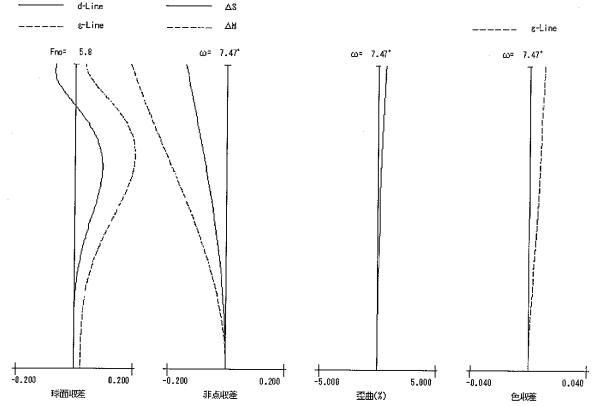
【図23】



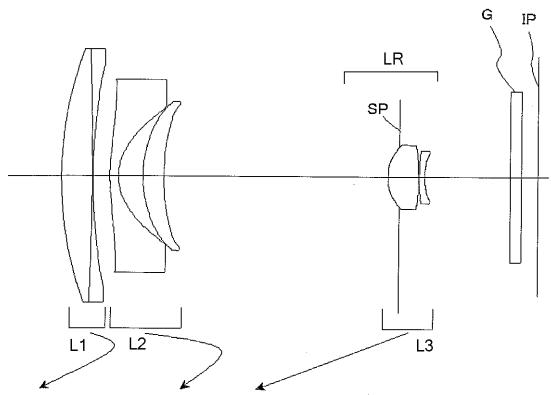
【図22】



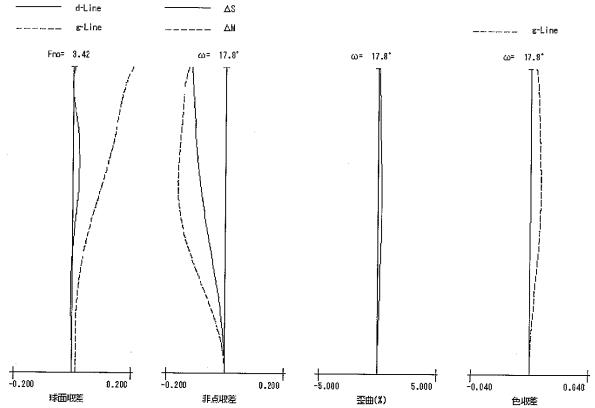
【図24】



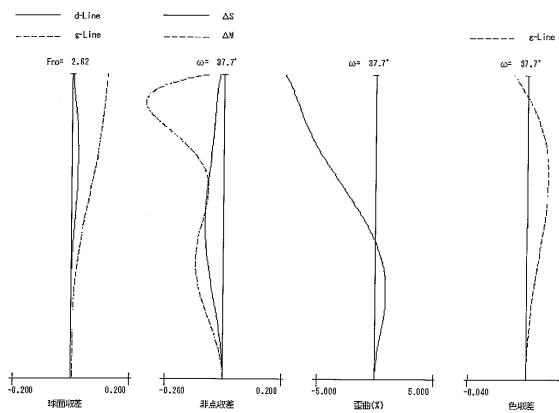
【図25】



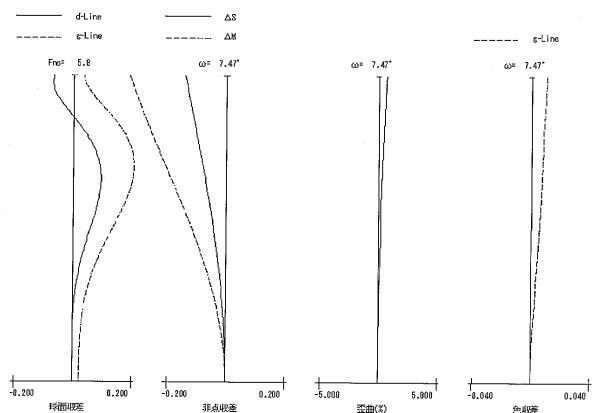
【図27】



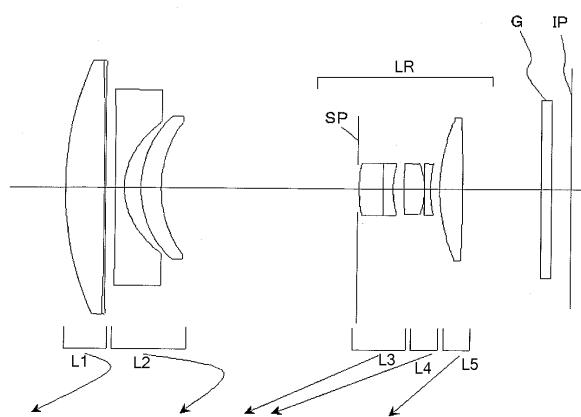
【図26】



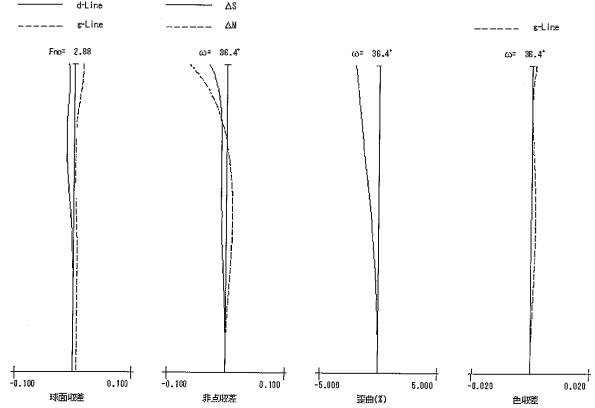
【図28】



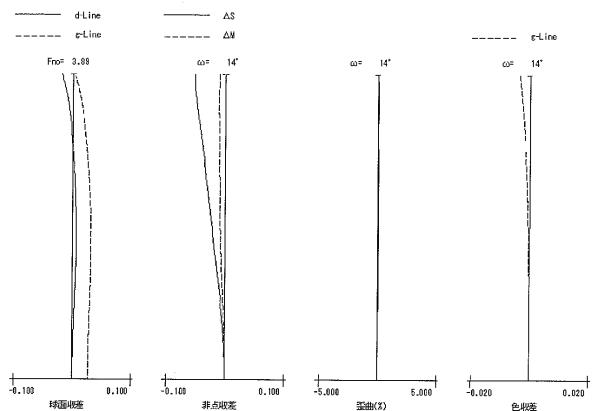
【図29】



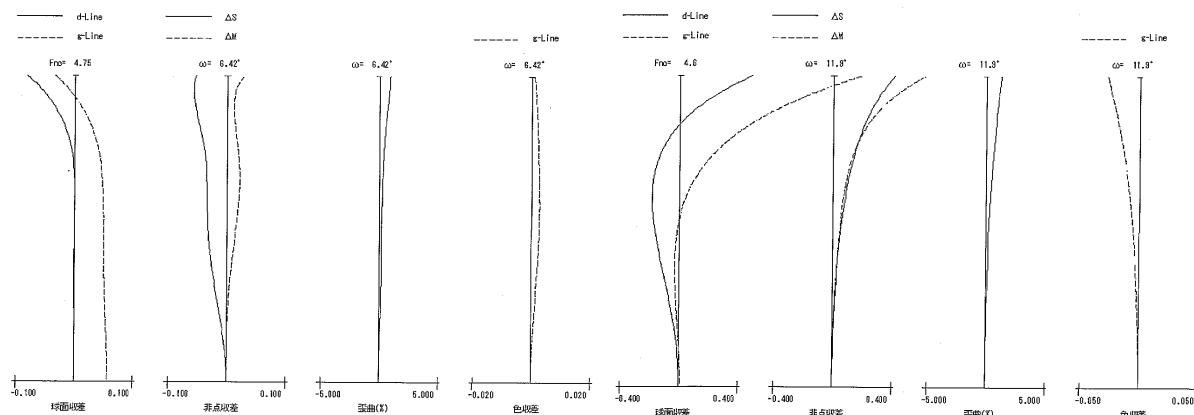
【図30】



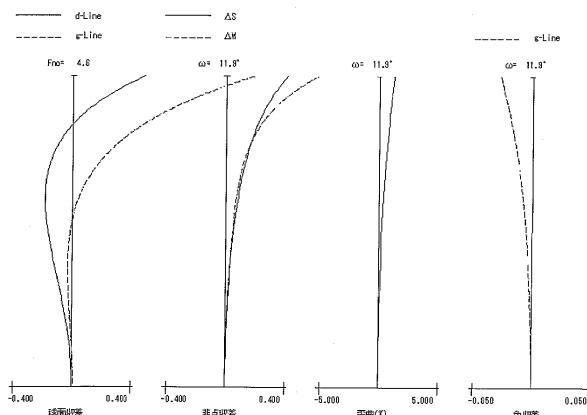
【図31】



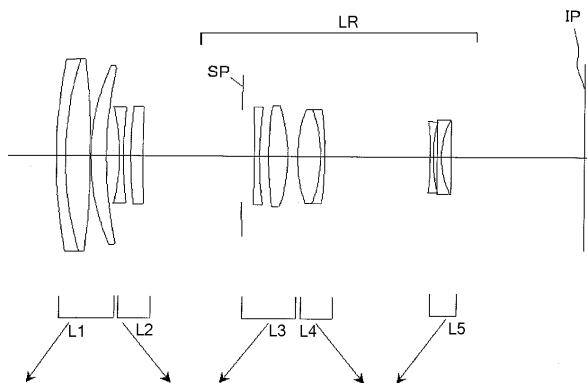
【図32】



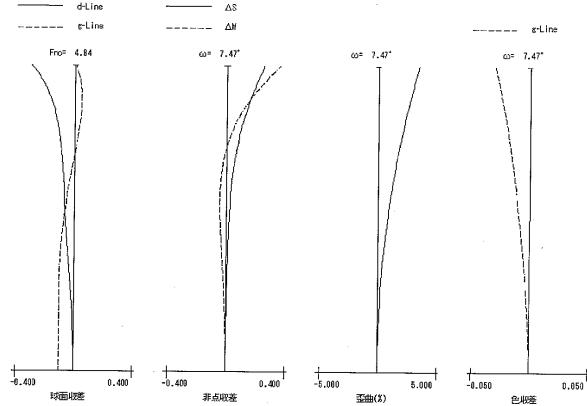
【図34】



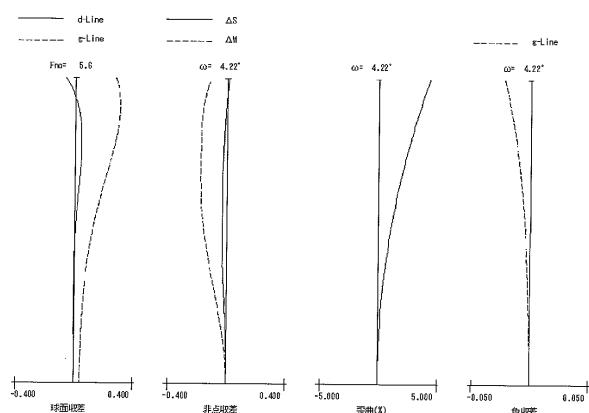
【図33】



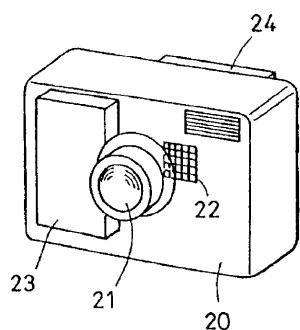
【図35】



【図36】



【図37】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	7 / 0 2	-	7 / 1 6
G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4