

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028104号  
(P5028104)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/16 (2006.01)  
G02B 15/20 (2006.01)G02B 15/16  
G02B 15/20

請求項の数 16 (全 42 頁)

(21) 出願番号 特願2007-37816 (P2007-37816)  
 (22) 出願日 平成19年2月19日 (2007.2.19)  
 (65) 公開番号 特開2008-203415 (P2008-203415A)  
 (43) 公開日 平成20年9月4日 (2008.9.4)  
 審査請求日 平成22年2月16日 (2010.2.16)

(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 木村 友紀  
 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 森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

## (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、2以上のレンズ群を含む後群を有し、広角端に比べて望遠端において該第1レンズ群と該第2レンズ群の間隔が広くなるように、少なくとも該第2レンズ群が移動するズームレンズであって、該第2レンズ群は、材料の d 線に対する屈折率を  $N_2 n_a$ 、d 線に対するアッベ数を  $d_2 n_a$  とするとき、

$$N_2 n_a > 2.3 - 0.01 \cdot d_2 n_a$$

$$1.75 < N_2 n_a < 2.7$$

なる条件を満足する材料で構成される少なくとも1つの負レンズ  $L_2 n_a$  を有することを特徴とするズームレンズ。 10

## 【請求項 2】

前記負レンズ  $L_2 n_a$  のうち、最も強い屈折力を有する負レンズの焦点距離を  $f_2 n_a$ 、前記第2レンズ群の焦点距離を  $f_2$  とするとき、

$$0.5 < f_2 n_a / f_2 < 2.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1のズームレンズ。

## 【請求項 3】

前記第2レンズ群は2以上の負レンズと少なくとも1つの正レンズを有することを特徴とする請求項1又は2のズームレンズ。

## 【請求項 4】

前記負レンズ  $L_{2n}a$  は前記第 2 レンズ群の最も物体側に配置されていることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群は、2 以上の負レンズを有し、前記負レンズ  $L_{2n}a$  以外の負レンズのうち最も強い負の屈折力の負レンズ  $L_{2n}b$  の焦点距離を  $f_{2n}b$  とするとき、

$$0.1 < f_{2n}a / f_{2n}b < 1.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群は、複数のレンズを有し、該複数のレンズの材料の d 線に対する屈折率の平均値を  $N_{2ave}$  とするとき、

10

$$1.65 < N_{2ave} < 2.3$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群の最も物体側に位置する負レンズの像側の面の屈折力を  $-2.1$ 、該第 2 レンズ群の焦点距離を  $f_2$  とするとき、

$$0.3 < (1/f_2) / -2.1 < 1.8$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 8】

前記後群は、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 レンズ群から構成されることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項のズームレンズ。

20

【請求項 9】

前記第 3 レンズ群は、少なくとも 1 つの正レンズと少なくとも 1 つの負レンズを有することを特徴とする請求項 8 のズームレンズ。

【請求項 10】

前記負レンズ  $L_{2n}a$  は像側が凹面でメニスカス形状より成り、前記第 2 レンズ群の最も物体側に配置されており、該負レンズ  $L_{2n}a$  の像側には少なくとも 1 つの負レンズと少なくとも 1 つの正レンズが配置されていることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 11】

前記負レンズ  $L_{2n}a$  は像側が凹面でメニスカス形状より成り、前記第 2 レンズ群の最も物体側に配置されており、該負レンズ  $L_{2n}a$  の像側には、物体側から像側へ順に、両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、両凹形状の負レンズが配置されていることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項のズームレンズ。

30

【請求項 12】

前記負レンズ  $L_{2n}a$  は像側が凹面でメニスカス形状より成り、前記第 2 レンズ群の最も物体側に配置されており、該負レンズ  $L_{2n}a$  の像側には、物体側から像側へ順に、両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、物体側が凹形状の負レンズが配置されていることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 13】

前記負レンズ  $L_{2n}a$  は像側が凹面でメニスカス形状より成り、前記第 2 レンズ群の最も物体側に配置されており、該負レンズ  $L_{2n}a$  の像側には、物体側から像側へ順に、両凹形状の負レンズ、物体側が凸面の正レンズが配置されていることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項のズームレンズ。

40

【請求項 14】

前記負レンズ  $L_{2n}a$  は像側が凹面でメニスカス形状より成り、前記第 2 レンズ群の最も物体側に配置されており、該負レンズ  $L_{2n}a$  の像側には、物体側から像側へ順に、像側が凹面の負レンズ、両凹形状の負レンズ、物体側が凸面の正レンズが配置されていることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 15】

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 から 14 のいずれか 1 項のズーム

50

レンズ。

【請求項 1 6】

請求項 1 から 15 のいずれか 1 項のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する固体撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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カメラ、或いは銀塩フィルムを用いたカメラ等に好適なものである。

10

【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としてレンズ全長が短く、コンパクトで高ズーム比を有し、しかも高解像力のズームレンズが要求されている。

【0004】

これらの要求に応えるズームレンズとして、物体側の第 1 レンズ群以外のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、所謂リヤーフォーカス式のズームレンズが知られている。

20

【0005】

リヤーフォーカス式のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第 1 ~ 第 4 レンズ群より成る 4 群ズームレンズが知られている。

【0006】

このうち、第 2 レンズ群を移動させて変倍を行い、第 4 レンズ群を移動させて変倍に伴なう像面変動の補正を行うとともに、第 4 レンズ群でフォーカスを行う 4 群ズームレンズが知られている（特許文献 1 ~ 3）。このタイプの 4 群ズームレンズは、移動レンズ群が 2 つで済む為、駆動機構が比較的容易に実現できる特徴がある。

【0007】

30

また 4 つのレンズ群を全て移動させてズーミングを行い、第 4 レンズ群を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うとともに、第 4 レンズ群でフォーカスを行う 4 群ズームレンズが知られている（特許文献 4、5）。

【0008】

このタイプの 4 群ズームレンズは、各レンズ群の偏心に対する敏感度を適当に設定することができる。このため、カメラの非使用時（非撮影時）に収納性を高めるためにレンズ群を沈胴させる沈胴構造の撮像装置に適している。

【0009】

一方近年、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レンズ装置が知られている。

40

【0010】

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おり、この性質を利用して、レンズ系全体の薄型化を図った光学装置が知られている（特許文献 6）。

【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、撮像装置の小型化に対応して高ズーム比で、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】

50

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のレンズ構成等を適切に設定することが重要となる。

【0015】

特に前述したズームタイプのリヤーフォーカス式のズームレンズでは、主たる変倍を行う第2レンズ群の構成を適切に設定することが重要になってくる。

【0016】

例えば、第2レンズ群中のレンズには、屈折率とアッベ数等を考慮して、各ズームポジションで色収差を含めた各種収差が小さくなるような材料を選択することが重要となる。

【0017】

特許文献6で示されたレンズ装置では、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いる。これによりレンズ肉厚の薄型化をし、レンズ装置の小型化を図っている。

【0018】

特許文献6では、セラミックスがガラスに比べて高屈折率、高硬度、高曲げ強度を有するという性質に着目し、1枚の負レンズの薄肉化分だけ小型化ができるという効果を得ている。

【0019】

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、アッベ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。

【0020】

また一般に光学ガラスの屈折率が大きくなると、アッベ数は小さくなり、分散が大きくなる特性がある。

【0021】

一方、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、屈折率とアッベ数の関係が、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。

【0022】

すなわち同じアッベ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。

【0023】

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。

【0024】

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ズーム範囲にわたり、高い光学性能を得ることは難しい。

【0025】

セラミックスより成るレンズを用いて高ズーム比化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のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。

【0026】

本発明は、透明性のセラミックスより成るレンズを適切に用いることにより、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

10

20

30

40

50

を有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0027】

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、2以上のレンズ群を含む後群を有し、広角端に比べて望遠端において該第1レンズ群と該第2レンズ群の間隔が広くなるように、少なくとも該第2レンズ群が移動するズームレンズであって、該第2レンズ群は、材料のd線に対する屈折率をN2na、d線に対するアッベ数をd2naとするとき、

$$N2na > 2.3 - 0.01 \cdot d2na$$

$$1.75 < N2na < 2.7$$

10

なる条件を満足する材料で構成される少なくとも1つの負レンズL2naを有することを特徴としている。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、レンズ全長の小型化を図ると共に、広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能を有するズームレンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

【実施例】

【0030】

20

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。

【0031】

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、負の屈折力の第2レンズ群、2つ以上のレンズ群を含む後群を有している。そして広角端に比べ望遠端での第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が広くなるように、少なくとも第2レンズ群が移動するズームレンズである。

【0032】

そして後群としては、少なくとも1つの正の屈折力のレンズ群を有している。

【0033】

例えば後群は、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レンズ群から構成されている。

30

【0034】

図1は、本発明の実施例1のズームレンズの広角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（短焦点距離端）、中間焦点距離（中間のズーム位置）、望遠端（長焦点距離端）における収差図である。

【0035】

図5は、実施例2のズームレンズの広角端における要部断面図である。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。

【0036】

図9は、実施例3のズームレンズの広角端における要部断面図である。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。

40

【0037】

図13は、実施例4のズームレンズの広角端における要部断面図である。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。

【0038】

図17は、実施例5のズームレンズの広角端における要部断面図である。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。

50

## 【0039】

図21は、実施例6のズームレンズの広角端における要部断面図である。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。

## 【0040】

図25は、実施例7のズームレンズの広角端における要部断面図である。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。

## 【0041】

図29は、実施例8のズームレンズの広角端における要部断面図である。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。

10

## 【0042】

図33、図34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。

## 【0043】

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影レンズ系である。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。

## 【0044】

20

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。

## 【0045】

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L1、負の屈折力の第2レンズ群、およびこれに続く2つ以上のレンズ群を含む後群で構成されている。

## 【0046】

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<sub>i</sub>は第iレンズ群である。

## 【0047】

30

レンズ断面図において、L1は正の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群、L5は弱い屈折力の第5レンズ群である。

## 【0048】

なお各実施例において、前述の後群は、正の屈折力の第3レンズ群L3と正の屈折力の第4レンズ群L4より構成されているが他の屈折力の複数のレンズ群より構成されていても良い。

## 【0049】

S Pは開口絞りである。開口絞りS Pは、図1、図5、図9、図21、図25に示した実施例1～3および実施例6、7のズームレンズにおいては、第3レンズ群L3の物体側に配置している。

40

## 【0050】

又、開口絞りS Pは、図13、図17および図29に示した実施例4、実施例5および実施例8のズームレンズにおいては、第3レンズ群L3中に配置している。

## 【0051】

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ブロックである。

## 【0052】

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影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置か

50

れる。

【0053】

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。

【0054】

収差図において、d、gは各々d線及びg線である。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。は半画角、FnoはFナンバーである。

【0055】

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（第2レンズ群L2）が機構上光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

10

【0056】

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。

【0057】

各実施例では、広角端から望遠端へのズーミングに際しては、広角端に比べ望遠端での該第1レンズ群L1と該第2レンズ群L2の間隔が広くなるように、少なくとも第2レンズ群L2を移動させている。

【0058】

実施例1～6および実施例8のズームレンズでは、広角端から望遠端のズーミングにおいて、第2レンズ群L2を像側へ移動させて主たる変倍を行っている。そして第4レンズ群L4を物体側に凸状の軌跡を有するように移動させて変倍に伴う像面変動を補正している。又第4レンズ群L4でフォーカシングを行っている。

20

【0059】

第4レンズ群L4の移動軌跡を物体側へ凸状の軌跡とすることで、第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との空間の有効利用を図り、レンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【0060】

第4レンズ群L4に関する実線の曲線4aと点線の曲線4bは、各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。

30

【0061】

又、望遠端において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、矢印4cに示すように第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。

【0062】

尚、第1レンズ群L1と第3レンズ群L3、そして開口絞りSPは、ズーミング及びフォーカスの為には光軸方向に移動しない。但し収差補正上必要に応じ移動させても良い。

【0063】

実施例8のズームレンズでは、弱い屈折力を有する第5レンズ群L5を配置し、ズーミング中の射出瞳の変動を抑えると共に、フォーカスによる収差変動を抑制する構成としている。

40

【0064】

実施例7のズームレンズでは、各レンズ群が移動してズーミングを行っている。

【0065】

広角端から望遠端のズーミングに際し、第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡を描いて移動している。第1レンズ群L1および第3レンズ群L3は広角端に比べて望遠端で物体側に位置するように移動している。

【0066】

また第4レンズ群L4は、ズーミングに際し物体側に凸状の軌跡を描いて移動している。

50

## 【0067】

ズーミングに際し、広角端に比べて望遠端において第1レンズ群L1が物体側に位置するように移動させることで広角端におけるレンズ全長を小型に維持しつつ、大きなズーム比が得られるようにしている。

## 【0068】

ズーミングに際して広角端に比べ望遠端において、第3レンズ群L3が物体側に位置するように移動させることにより、第3レンズ群L3に大きな変倍効果を持たせている。

## 【0069】

更に正の屈折力の第1レンズ群L1を物体側へ移動することで第2レンズ群L2にも変倍効果を持たせている。これにより第1レンズ群L1、第2レンズ群L2の屈折力をあまり強くすることなくズーム比5倍以上の高ズーム比を得ている。 10

## 【0070】

第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤーフォーカス式を採用している。

## 【0071】

第4レンズ群L4に関する実線の曲線4aと点線の曲線4bは、各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端へのズーミングに伴う像面変動を補正するための移動軌跡を示している。

## 【0072】

各実施例において例えば、望遠端において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、矢印4cに示すように第4レンズ群L4を前方に繰り出すことで行っている。 20

## 【0073】

開口絞りSPはズーミングに際して第3レンズ群L3と一緒に移動しているが、別体にて移動しても、また固定としてもよい。一緒に移動すると移動/可動で分けられる群数が少なくなり、メカ構造が簡素化しやすくなる。

## 【0074】

また、第3レンズ群L3と一緒に別体にて移動させる場合は、前玉径の小型化に有利である。

## 【0075】

一方、開口絞りSPを固定とする場合は絞りユニットを移動させる必要がないため、ズーミングの際、駆動させるアクチュエータの駆動トルクを小さく設定できる省電力化の点で有利となる。 30

## 【0076】

尚、各実施例では4つのレンズ群で構成されるズームレンズを示しているが、第1レンズ群L1の物体側又は、第4レンズ群L4の像側に必要に応じて屈折力のあるレンズ群やコンバーターレンズ群等を設けても良い。

## 【0077】

各実施例においては、次の条件の1以上を満足するのがより好ましい。これによれば、各条件に相当する効果を得ることができる。

## 【0078】

第2レンズ群L2中の負レンズL2naの材料のd線(波長587.6nm)に対する屈折率をN2na、d線に対するアッベ数をd2naとする。以下、光学常数に関するパラメータは、d線を基準としている。 40

## 【0079】

第2レンズ群L2中の負レンズL2naのうち、最も強い屈折力を有する負レンズの焦点距離をf2na、第2レンズ群L2の焦点距離をf2とする。

## 【0080】

第2レンズ群L2は、2以上の負レンズを有し、負レンズL2na以外の負レンズのうち最も強い負の屈折力の負レンズL2nbの焦点距離をf2nbとする。

## 【0081】

第2レンズ群L2は、複数のレンズを有し、複数のレンズの材料の屈折率の平均値をN<sub>2ave</sub>とする。

【0082】

第2レンズ群L2の最も物体側に位置する負レンズG21の像側の面の屈折力を<sub>21</sub>とする。

【0083】

このとき、各実施例は、

$$N_2na > 2.3 - 0.01 \cdot d_{2na} \quad \dots \quad (1)$$

$$1.75 < N_2na < 2.7 \quad \dots \quad (2)$$

$$0.5 < f_{2na} / f_2 < 2.0 \quad \dots \quad (3)$$

$$0.1 < f_{2na} / f_{2nb} < 1.0 \quad \dots \quad (4)$$

$$1.65 < N_{2ave} < 2.3 \quad \dots \quad (5)$$

$$0.3 < (1/f_2) / 21 < 1.8 \quad \dots \quad (6)$$

なる条件のうち1以上を満足している。

【0084】

ここで、負レンズG21の像側の面の屈折力<sub>21</sub>は、

負レンズG21の材料の屈折率をn<sub>21</sub>とする。

【0085】

負レンズG21の像側の曲率半径をR<sub>21</sub>とする。このとき

$$21 = (1 - n_{21}) / R_{21}$$

の式で定義される。

【0086】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0087】

条件式(1)および(2)は、第2レンズ群L2中の負レンズL2naの材料の屈折率およびアッペ数との関係を規定する式である。

【0088】

屈折率が、アッペ数の値から計算される条件式(1)の右辺の下限値を超えて小さくなると、負レンズL2naを高い光線高さで通過する広角端において軸外光線で発生する色分散が大きくなりすぎる。この結果、第2レンズ群L2中の正レンズでこの色収差を補正するのが難しくなる。

【0089】

その結果、広角端において倍率色収差が増加していく。

【0090】

また屈折率が条件式(2)の下限値を超えて小さすぎると、すなわち負レンズL2naの屈折力が弱すぎると、第2レンズ群L2で十分なズーム比を得るために第2レンズ群L2の移動量を多くしなければならない。この結果、レンズ系の小型化が難しくなってくる。

【0091】

又、屈折率が上限値を超えて大きすぎると、すなわち負レンズL2naの屈折力が強すぎると、負レンズL2naでペッツバール和をマイナス側に補正する効果が薄れてくる。この結果像面湾曲がアンダー側に大きく倒れてくるので良くない。

【0092】

条件式(3)および(4)は、第2レンズ群L2において、負レンズL2naの屈折力の分担を規定する式である。

【0093】

条件式(3)の下限値を超えて負レンズL2naの焦点距離f<sub>2na</sub>が小さくなりすぎると、負レンズL2naにおける広角端での軸外光線によって発生する収差が大きくなりすぎる。この結果、広角端において倍率色収差が増加し、更に大きな樽型の歪曲収差が発生していく。

## 【0094】

一方上限値を越えて、負レンズ $L_{2na}$ の焦点距離 $f_{2na}$ が大きくなりすぎると、第2レンズ群 $L_2$ の他の負レンズで大きな屈折力の分担が必要となる。この結果、第2レンズ群 $L_2$ 全体のレンズ枚数が増えてきてレンズ系全体が大型化してくる。

## 【0095】

条件式(4)の下限値を超えて負レンズ $L_{2na}$ の焦点距離 $f_{2na}$ が小さくなりすぎると、負レンズ $L_{2na}$ における広角端での軸外光線によって発生する収差が大きくなりすぎる。この結果広角端において倍率色収差が増加し、更に大きな樽型の歪曲収差が発生してくる。

## 【0096】

一方上限値を越えて、負レンズ $L_{2na}$ の焦点距離 $f_{2na}$ が大きくなりすぎると、負レンズ $L_{2nb}$ で大きな屈折力の分担が必要となる。

## 【0097】

この結果負レンズ $L_{2nb}$ において、広角端での軸外光線で発生する収差が大きくなりすぎ、広角端において倍率色収差が増加するとともに大きな樽型の歪曲が発生してくるのによくない。

## 【0098】

条件式(5)は、第2レンズ群 $L_2$ を構成する各レンズの材料の平均屈折率を規定する式である。第2レンズ群 $L_2$ は変倍用のレンズ群であるため、レンズ系全体の小型化を達成するためには、強い屈折力を与える必要がある。

10

## 【0099】

条件式(5)の下限値を超えて、平均屈折率が小さくなりすぎると、第2レンズ群 $L_2$ を構成する各レンズの曲率がきつくなりすぎて、各面で高次収差が多く発生してくる。この結果、この収差の補正が難しくなり、光学性能が低下してくる。

## 【0100】

条件式(5)の上限値を超えて、平均屈折率が大きくなりすぎると、ペツツバール和をマイナス側に補正する効果が薄れ、像面湾曲がアンダー側に大きく倒れてくるので良くない。

## 【0101】

条件式(6)は第2レンズ群 $L_2$ の屈折力( $1/f_2$ )と、第2レンズ群 $L_2$ の最も物体側にある負レンズ $G_{21}$ の像側の面における屈折力( $-2_1$ )との比を表したものである。

30

## 【0102】

第2レンズ群 $L_2$ の最も物体側に位置する負レンズ $G_{21}$ では、広角端において軸外光束が光軸からの大きな距離で入射し、光軸に対して外側から内向きに向かって大きな角度で入射する。

## 【0103】

一方、軸上光束は正の屈折力を有する第1レンズ群 $L_1$ を通過して収斂して入射する。このため、全てのズームポジションにおいてそれほど太い光束にならないため、負レンズ $G_{21}$ における球面収差への影響は少ない。

40

## 【0104】

これらの理由から、負レンズ $G_{21}$ は広角端において軸外光束に対して入射角が小さくなるようなメニスカス形状とするのが良く、これによれば広角端において歪曲やコマ収差の発生を抑制することができる。

## 【0105】

また全ズームポジションで球面収差への影響が小さくなるため、負レンズ $G_{21}$ には大きな負の屈折力を与えることができる。その結果、移動レンズ群である第2レンズ群 $L_2$ は強い屈折力を有することができて、ズーミングに伴う移動ストロークを短縮でき、レンズ全長を小型化にことができる。

## 【0106】

50

条件式(6)の下限値を超えて負レンズL2の像側の面の屈折力L2が大きくなりすぎると、負レンズG2の像側の面において、光線高さの高くなる広角端において軸外光線への発散作用が大きくなりすぎる。

【0107】

そのため広角端において、負レンズG2の像側の面で発生する倍率色収差やコマ収差を第2レンズ群L2内の正レンズで補正するのが難しくなる。

【0108】

条件式(6)の上限値を超えて屈折力L2が小さくなりすぎると、移動レンズ群である第2レンズ群L2に十分な負の屈折力を与えることができない。このため、ズーミングに伴う移動ストロークが長くなり、レンズ系全体の小型化が難しくなる。

10

【0109】

なお、更に好ましくは条件式(2)~(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0110】

$$\begin{aligned} 1.8 < N_2 n_a < 2.6 & \cdots (2a) \\ 0.7 < f_2 n_a / f_2 < 1.8 & \cdots (3a) \\ 0.2 < f_2 n_a / f_2 n_b < 0.9 & \cdots (4a) \\ 1.7 < N_2 a_v e < 2.2 & \cdots (5a) \\ 0.5 < (1/f_2) / L_2 < 1.6 & \cdots (6a) \end{aligned}$$

また、さらに好ましくは以下の数値範囲を次の如く設定すると、先に述べた各条件式が意味する効果がより効果に得られる。

20

【0111】

$$\begin{aligned} 1.8 < N_2 n_a < 2.5 & \cdots (2b) \\ 0.9 < f_2 n_a / f_2 < 1.6 & \cdots (3b) \\ 0.3 < f_2 n_a / f_2 n_b < 0.8 & \cdots (4b) \\ 1.75 < N_2 a_v e < 2.1 & \cdots (5b) \\ 0.6 < (1/f_2) / L_2 < 1.4 & \cdots (6b) \end{aligned}$$

各実施例において、第2レンズ群L2のレンズ構成の特徴は次のとおりである。

【0112】

第2レンズ群L2は2つ以上の負レンズと少なくとも1つの正レンズを有している。

【0113】

30

負レンズL2n<sub>a</sub>は第2レンズ群L2中の最も物体側に位置しているレンズである。

【0114】

負レンズL2n<sub>a</sub>は像側が凹面でメニスカス形状より成り、前記第2レンズ群中の最も物体側に位置しており、該負レンズL2n<sub>a</sub>の像側には少なくとも1つの負レンズと少なくとも1つの正レンズが配置されている。

【0115】

又、負レンズL2n<sub>a</sub>の像側には物体側から像側へ順に両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、両凹形状の負レンズが配置されている。

【0116】

又、負レンズL2n<sub>a</sub>の像側には物体側から像側へ順に両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、物体側が凹形状の負レンズが配置されている。

40

【0117】

又、負レンズL2n<sub>a</sub>の像側には物体側から像側へ順に両凹形状の負レンズ、物体側が凸面の正レンズが配置されている。

【0118】

又、負レンズL2n<sub>a</sub>の像側には物体側から像側へ順に像側が凹面の負レンズ、両凹形状の負レンズ、物体側が凸面の正レンズが配置されている。

【0119】

各実施例において第3レンズ群L3のレンズ構成の特徴は次のとおりである。

【0120】

50

第3レンズ群L3は、少なくとも1つの正レンズと少なくとも1つの負レンズを有している。

【0121】

又、第3レンズ群L3中の正レンズのうち少なくとも1つの面は非球面形状である。

【0122】

次に各実施例の具体的な特徴について説明する。以下、レンズ構成は特に断りがない限り、物体側から像側へ順に配置されている順に説明する。

【0123】

図1の実施例1のズームレンズでは、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で構成している。10

【0124】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第2レンズ群L2は像側に移動して主たる変倍を行い、第4レンズ群L4は物体側に凸状の軌跡で移動して、主に変倍に伴う像面変動を補正している。

【0125】

第1レンズ群L1は、物体側が凸面でメニスカス形状の負レンズL11と正レンズL12との接合レンズ、物体側が凸面でメニスカス形状の正レンズL13より構成している。

【0126】

第1レンズ群L1を3枚のレンズで構成することで、ズーム比ながら球面収差と、軸上色収差および倍率色収差の各色収差補正を行っている。20

【0127】

第2レンズ群L2は、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズG21、両凹形状の負レンズG22、両凸形状の正レンズG23、および両凹形状の負レンズG24の4枚で構成している。負レンズG21は前述した負レンズL2naに相当している。

【0128】

負レンズL21の材料は、条件式(1)および(2)を満足する株式会社村田製作所社製の透光性セラミックス「ルミセラ」(登録商標)である。

【0129】

d線の屈折率ndが2.095と高い上に、アッベ数dが29.4で、比較的低分散特性を有する。30

【0130】

この材料はnd-d図上で、現在一般に知られている光学ガラス材料が存在しない範囲にあり、一般に硝材が分布している範囲より左上側に位置していることが特徴である。

【0131】

主たる変倍レンズ群である第2レンズ群L2の屈折力を強くすることは、ズーミング時の変倍レンズ群の移動ストロークを縮小できるため、レンズ系全体の小型化には有効である。

【0132】

そのためには、軸上光束の光線高さが最も低い負レンズG21のパワーを強くすることが、球面収差への影響が小さく、収差補正に有利である。40

【0133】

負レンズG21は、急峻な角度でレンズの高い位置に入射する広角端において軸外光線の入射角を小さくするために、像側に凹面を向けたメニスカス形状とするのが良い。この形状にすると、広角端においてコマ収差や歪曲の補正に有利である。

【0134】

そのため負レンズG21の屈折力を強くすると、負レンズG21の像側の面の曲率が必然的にきつくなるが、広角端以外のズームポジションにおいて軸外光線に対して発生する収差を考慮すると、曲率を強くすることには限界がある。

【0135】

10

20

30

40

50

負レンズG21の材料に高屈折率の材料を用いると、その像側の面の曲率を緩められる。

【0136】

ところが一般的の光学ガラス材料では、高屈折率になるほどアッベ数が小さくなる。すなわち高分散となり、負レンズG21での軸外光線で発生する色収差が大きくなり、各ズームポジションで倍率色収差が増加する。

【0137】

この倍率色収差を補正するためには、正レンズG23の材料に負レンズG21よりさらに高分散の材料を使用する必要がある。

【0138】

つまり負レンズG21と正レンズG23の材料は組み合わせて考える必要がある。一般的の光学ガラス材料では、負レンズG21に使用できる高屈折率の硝材の制約となっていた。

【0139】

以上のことから、負レンズG21には通常の光学ガラス材料とは異なる高屈折率で低分散の材料を用いることができれば、レンズ系全体の小型化と収差補正に極めて効果的である。

【0140】

実施例1では負レンズG21に、一般的の光学ガラス材料よりも高屈折率でかつ低分散の特性を有するセラミックス材料を用いて、高い光学特性を維持しながら、30倍を超える高ズーム比とレンズ系全体の小型化を達成している。

【0141】

第3レンズ群L3は、両凸形状の正レンズG31と、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズG32の2枚で構成している。正レンズG31は物体側と像側の両方の面を非球面とすることで、球面収差を良好に補正している。

【0142】

第4レンズ群L4は、両凸形状の正レンズG41と像側が凸面でメニスカス形状の負レンズG42を貼り合わせた接合レンズで構成している。正レンズG41と負レンズG42の接合レンズとすることで、ズーミングおよびフォーカスに伴う移動時の収差変動を抑えている。

【0143】

次に図5の実施例2について説明する。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。

【0144】

第2レンズ群L2の負レンズ21は前述した負レンズL2n aに相当している。負レンズG21には、屈折率およびアッベ数が条件式(1)および(2)を満足する材料である、イットリウム・アルミニウム・ガーネットセラミックスを用いている。

【0145】

イットリウム・アルミニウム・ガーネットは、「YAG」とも呼ばれ、Y3Al5O12で表される可視光領域で透明な酸化物である。

【0146】

屈折率が1.83、アッベ数が59の光学特性を有し、nd-d図上で一般的な光学ガラス材料が存在しない範囲にあり、一般に硝材が分布している範囲より左上側に位置していることが特徴である。

【0147】

すなわち同じ屈折率を有する光学ガラス材料に比べ、低分散特性を有する。

【0148】

実施例2では以上のような一般的な光学ガラス材料にない光学特性を有するYAGセラミックスを負レンズG21の材料に用いて、高い光学特性を維持しながら、30倍を超える高ズーム比とレンズ系全体の小型化を達成している。

10

20

30

40

50

## 【0149】

なおYAGは単結晶でもセラミックスと同等の光学特性を有しており、セラミックスの代わりに単結晶を負レンズG21の材料に用いても同様の効果が得られる。またセラミックスの製造条件等により、上記の屈折率とアッペ数の値は若干変化する。

## 【0150】

次に図9の実施例3について説明する。基本レンズ構成は実施例1と同じである。

## 【0151】

第2レンズ群L2の負レンズG21と負レンズG22が各々負レンズL2naに相当し、それぞれ屈折率とアッペ数が条件式(1)および(2)を満足する材料を使用している。これにより、諸収差を補正しながら第2レンズ群L2の屈折力を高め、35倍を超える高ズーム比とレンズ系全体の小型化を同時に達成している。

10

## 【0152】

次に図13の実施例4について説明する。基本レンズ構成は実施例1と同じである。

## 【0153】

実施例4は実施例1に比べて、第3レンズ群L3を3枚のレンズで構成し、開口絞りSPを第3レンズ群L3内に配置した点が異なっている。

## 【0154】

開口絞りSPを第3レンズ群L3中に配置すると、第3レンズ群L3の物体側に配置するのに比べて望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の距離が短縮でき、全長を短縮するのに効果がある。

20

## 【0155】

第2レンズ群L2の負レンズG21は前述した負レンズL2naに相当している。負レンズG21の材料は、実施例1と同じ株式会社村田製作所社製の透光性セラミックス「ルミセラ」(登録商標)を用いている。

## 【0156】

次に図17の実施例5について説明する。基本レンズ構成は実施例4と同じである。実施例5は実施例4に比べて、第2レンズ群L2の構成レンズ枚数が3枚である点が異なっている。開口絞りSPは、実施例4と同じく第3レンズ群L3中に配置している。

## 【0157】

第2レンズ群L2の構成レンズ枚数を3枚とすることで第2レンズ群L2の厚みを短縮し、レンズ全長の小型化を図っている。

30

## 【0158】

また移動レンズ群である第2レンズ群L2を軽量化することで、駆動アクチュエータの必要トルクを小さくすることができ、アクチュエータの小型化および省電力化が容易となる。

## 【0159】

第2レンズ群L2の負レンズG21は前述した負レンズL2naに相当している。負レンズG21に、屈折率とアッペ数が条件式(1)および(2)を満足する材料を使用している。これにより、諸収差を補正しながら第2レンズ群L2の屈折力を高め、高い光学性能を満足しながら、約10倍の高ズーム比とレンズ系全体の小型化を達成している。

40

## 【0160】

次に図21の実施例6について説明する。基本レンズ構成は実施例4と同じである。

## 【0161】

実施例6は実施例4に比べて、第2レンズ群L2の最も像側に正レンズG24を配置した点と、開口絞りSPを第3レンズ群L3の最も物体側の位置に配置した点が異なっている。これに伴い、第2レンズ群L2を構成するレンズ形状も実施例4とは異なる。

## 【0162】

開口絞りSPを第3レンズ群L3の最も物体側の位置に配置することで、第1レンズ群L1と入射瞳位置との距離を短縮することができるため、前玉径の小型化に効果がある。

## 【0163】

50

第2レンズ群L2は、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズG21、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズG22、物体側が凹面でメニスカス形状の負レンズG23、および物体側が凸面でメニスカス形状の正レンズG24の4枚で構成している。

【0164】

第2レンズ群L2の負レンズG21は前述した負レンズL2n aに相当している。負レンズG21に、屈折率とアッベ数が条件式(1)および(2)を満足する材料であり、実施例2と同じYAGセラミックスを使用している。

【0165】

これにより、諸収差を補正しながら第2レンズ群L2の屈折力を高め、高い光学性能を満足しながら、約10倍の高ズーム比とレンズ系全体の小型化を達成している。

10

【0166】

次に図25の実施例7について説明する。レンズ群の屈折力配置は実施例1と同じである。実施例7のズームレンズでは、全レンズ群を移動させてズーミングを行うようにしている。

【0167】

第1レンズ群L1は物体側が凸面でメニスカス形状の負レンズG11と正レンズG12とを貼り合わせた正の屈折力を有する接合レンズより構成している。正レンズG11と負レンズG12の接合レンズとする事で、第1レンズ群L1で発生する色収差を抑制している。

【0168】

第2レンズ群L2は、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズG21、両凹形状の負レンズG22、物体側の面が凸面の正レンズG23の3枚で構成している。

20

【0169】

第2レンズ群L2の負レンズG21は前述した負レンズL2n aに相当している。負レンズG21に、屈折率とアッベ数が条件式(1)および(2)を満足する材料を使用している。

【0170】

これにより諸収差を補正しながら第2レンズ群L2の屈折力を高め、高い光学性能を満足しながら、5倍以上の高ズーム比とレンズ系全体の小型化を達成している。

【0171】

第3レンズ群L3は、両凸形状の正レンズG31、物体側が凸面でメニスカス形状の正レンズG32と像側が凹面でメニスカス形状の負レンズG33とを貼り合わせた合成屈折力が負の接合レンズの2つのレンズ成分から構成している。

30

【0172】

正レンズG31は物体側と像側の両方の面を非球面形状とすることで、球面収差を良好に補正している。

【0173】

第4レンズ群L4は、物体側に凸面を向けた正レンズG41から構成している。

【0174】

図29の実施例8のズームレンズでは、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、弱い屈折力の第5レンズ群L5で構成している。

40

【0175】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第2レンズ群L2は像側に移動して主たる変倍を行い、第4レンズ群L4は物体側に凸状の軌跡で移動して、主に変倍に伴う像面変動を補正している。

【0176】

弱い屈折力の第5レンズ群L5は第4レンズ群L4と結像面IPの間に配置している。第5レンズ群L5は、ズーミングに伴う射出瞳距離変動および第4レンズ群L4移動によるフォーカシングに伴う収差変動を抑制している。

50

## 【0177】

第5レンズ群L5は実施例8ではズーミング中固定であるが、移動させても良い。また第5レンズ群L5は実施例8では、第5レンズ群は正の屈折力を有しているが、負の屈折力を有しても、上に述べた効果を達成することが可能である。

## 【0178】

第5レンズ群の屈折力としては、第4レンズ群L4と第5レンズ群L5の焦点距離を各々 $f_4$ 、 $f_5$ とする。このとき

$$-0.7 < f_4 / f_5 < 0.7$$

なる条件を満足している。更に望ましくは

$$-0.5 < f_4 / f_5 < 0.5$$

10

を満足している。又、更に望ましくは

$$-0.3 < f_4 / f_5 < 0.3$$

を満足している。

## 【0179】

開口絞りSPは、実施例4と同じく第3レンズ群L3中に配置している。

## 【0180】

第2レンズ群L2の負レンズG21は前述した負レンズL2naに相当している。負レンズG21に、屈折率とアッペ数が条件式(1)および(2)を満足する材料を使用している。これにより、諸収差を補正しながら第2レンズ群L2の屈折力を高め、高い光学性能を満足しながら、約10倍の高ズーム比とレンズ系全体の小型化を達成している。

20

## 【0181】

次に、各実施例に各々対応する数値実施例1～8を示す。

## 【0182】

各数値実施例において $i$ は物体側からの光学面の順序を示し、 $R_i$ は第*i*番目の光学面(第*i*面)の曲率半径、 $D_i$ は第*i*面と第*i*+1面との間の間隔、 $N_i$ と $n_i$ はそれぞれd線に対する第*i*番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数を示す。

## 【0183】

また $k$ を離心率、B、C、D、E、B'、C'、D'、E'、F'を非球面係数、光軸からの高さ $H$ の位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にして $x$ とするとき、非球面形状は、

30

## 【0184】

## 【数1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10} + B'H^5 + C'H^7 + D'H^9 + E'H^{11} + F'H^{13}$$

## 【0185】

で表示される。

## 【0186】

但し $R$ は曲率半径である。また例えば「E-Z」の表示は「10-Z」を意味する。また、各数値実施例における上述した条件式との対応を表1に示す。 $f$ は焦点距離、 $F_{no}$ はFナンバー、 $\alpha$ は半画角を示す。

40

## 【0187】

## 【数2】

## [数値実施例1]

$$f = 3.53 \sim 13.64 \sim 120.0 \quad F \text{ n o} = 1.44 \sim 2.17 \sim 4.42$$

$$2 \omega = 66.8^\circ \sim 18.6^\circ \sim 2.1^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	49.775	1.60	1.84666	23.9
2	23.500	7.00	1.69680	55.5
3	-6699.051	0.15		
4	22.626	3.30	1.77250	49.6
5	52.084	可変		
6	30.179	0.70	2.095	29.4
7	4.994	2.65		
8	-20.214	0.55	1.88300	40.8
9	33.727	0.47		
10	9.977	2.50	1.92286	18.9
11	-30.861	0.18		
12	-18.059	0.50	1.77250	49.6
13	17.945	可変		
14	絞り	0.60		
15	11.143(非球面)	5.50	1.69350	53.2
16	-18.363(非球面)	0.15		
17	65.446	0.80	1.84666	23.9
18	11.880	可変		
19	14.015	3.80	1.51742	52.4
20	-7.552	0.50	1.84666	23.9
21	-12.718	可変		
22	$\infty$	2.5	1.51633	64.1
23	$\infty$			

10

20

30

焦点距離 可変間隔	3.54	13.64	120.00
D5	0.88	14.18	22.68
D13	24.44	11.14	2.64
D18	12.54	6.58	15.59
D21	5.76	11.71	2.71

非球面係数

$$\begin{array}{lll} R15 \quad k = -8.17593e-01 & B' = -1.94933e-06 & C' = -2.81176e-08 \\ & D' = 3.33386e-09 & E' = -4.50518e-11 \quad F' = 6.97919e-14 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} R16 \quad k = -1.10625e+01 & B' = -3.77972e-06 & C' = 2.74413e-07 \\ & D' = -3.66539e-09 & E' = 7.81978e-12 \end{array}$$

40

## 【0188】

## 【数3】

[数值実施例2]

$$f = 3.57 \sim 14.16 \sim 120.9 \quad F \text{ n o} = 1.55 \sim 2.31 \sim 4.49$$

$$2 \omega = 66.2^\circ \sim 18.0^\circ \sim 2.1^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	56.036	1.55	1.84666	23.9
2	23.801	7.05	1.69680	55.5
3	-662.011	0.15		
4	22.898	3.40	1.77250	49.6
5	56.486	可変		
6	40.012	0.70	1.83	59
7	4.757	2.80		
8	-17.883	0.55	1.88300	40.8
9	23.729	0.56		
10	9.411	2.75	1.80518	25.4
11	-12.688	0.09		
12	-11.170	0.60	1.80400	46.6
13	18.943	可変		
14	絞り	0.60		
15	10.914(非球面)	4.75	1.69350	53.2
16	-20.123(非球面)	0.20		
17	56.630	0.80	1.80518	25.4
18	11.418	可変		
19	15.705	3.45	1.57099	50.8
20	-7.650	0.50	1.84666	23.9
21	-14.297	可変		
22	$\infty$	2.55	1.51633	64.1
23	$\infty$			

10

20

30

焦点距離 可変間隔	3.57	14.16	120.90
D5	0.95	14.26	22.76
D13	23.96	10.66	2.15
D18	12.34	6.28	15.73
D21	6.10	12.16	2.71

非球面係数

$$R15 \quad k = -7.85117e-01 \quad B' = -5.54389e-06 \quad C' = 8.84334e-09$$

$$D' = 2.50686e-09 \quad E' = 1.91750e-11 \quad F' = -1.42887e-12$$

40

$$R16 \quad k = -1.35260e+01 \quad B' = -1.05015e-05 \quad C' = 4.01295e-07$$

$$D' = -2.57908e-09 \quad E' = -6.21843e-11$$

【0189】

## 【数4】

[数值実施例3]

$$f = 3.53 \sim 13.76 \sim 125.0 \quad F \text{ n o} = 1.44 \sim 2.17 \sim 4.64$$

$$2 \omega = 67.1^\circ \sim 18.5^\circ \sim 2.0^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	48.489	1.60	1.84666	23.9
2	23.106	7.00	1.69680	55.5
3	2400.643	0.15		
4	22.655	3.30	1.77250	49.6
5	53.066	可変		
6	30.648	0.70	2.18	30.0
7	5.151	2.42		
8	-21.315	0.55	1.95	45.0
9	51.723	0.47		
10	9.862	2.20	1.92286	18.9
11	-34.891	0.22		
12	-17.566	0.50	1.77250	49.6
13	17.516	可変		
14	絞り	0.60		
15	10.858(非球面)	5.50	1.69350	53.2
16	-16.148(非球面)	0.15		
17	-287.872	0.80	1.76182	26.5
18	11.959	可変		
19	13.799	3.80	1.51742	52.4
20	-7.394	0.50	1.84666	23.9
21	-12.449	可変		
22	$\infty$	2.55	1.51633	64.1
23	$\infty$			

10

20

30

焦点距離 可変間隔	3.53	13.76	125.00
D5	0.88	14.17	22.66
D13	24.34	11.05	2.56
D18	13.00	6.85	16.26
D21	5.97	12.12	2.71

非球面係数

$$R15 \quad k = -6.70844e-01 \quad B' = -2.43294e-06 \quad C' = -5.50811e-08$$

$$D' = 4.11454e-09 \quad E' = -5.59271e-11 \quad F' = 2.33980e-13$$

$$R16 \quad k = -9.42350e+00 \quad B' = -5.62082e-06 \quad C' = 3.36368e-07$$

$$D' = -4.59240e-09 \quad E' = 2.09729e-11$$

40

【0190】

## 【数5】

[数值実施例4]

$$f = 4.80 \sim 11.25 \sim 47.99 \quad F_n o = 1.85 \sim 2.03 \sim 2.38$$

$$2\omega = 60.4^\circ \sim 26.3^\circ \sim 6.2^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	44.565	1.10	1.84666	23.9
2	20.908	4.40	1.60311	60.6
3	-172.605	0.18		
4	18.059	2.65	1.77250	49.6
5	50.525	可変		
6	25.959	0.60	2.095	29.4
7	6.354	2.15		
8	-12.433	0.65	1.65844	50.9
9	14.645	1.00		
10	13.771	2.25	1.80518	25.4
11	-10.342	0.08		
12	-9.193	0.65	1.77250	49.6
13	-327.886	可変		
14	7.636(非球面)	2.35	1.69350	53.2
15	-90.047	1.26		
16	絞り	2.20		
17	44.405	0.65	1.84666	23.9
18	6.208	0.60		
19	18.775	1.30	1.60311	60.6
20	-39.915	可変		
21	9.078	2.70	1.72000	50.2
22	-10.476	0.55	1.84666	23.9
23	-42.769	可変		
24	$\infty$	2.40	1.51633	64.1
25	$\infty$			

焦点距離 可変間隔	4.80	11.25	47.99
D5	0.60	7.99	15.37
D13	15.56	8.17	0.79
D20	3.51	1.76	6.21
D23	3.62	5.38	0.93

非球面係数

$$R15 \quad k = -1.06835e+00 \quad B = 5.14480e-05 \quad C = 3.21192e-07$$

$$D = 4.22231e-09 \quad E = -2.91408e-10$$

【0191】

10

20

30

40

## 【数6】

[数值実施例5]

$$f = 4.84 \sim 11.48 \sim 46.54 \quad F_n o = 1.85 \sim 2.01 \sim 2.37$$

$$2 \omega = 60.0^\circ \sim 25.9^\circ \sim 6.5^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	43.800	1.05	1.84666	23.9
2	20.883	4.10	1.60311	60.6
3	-1056.466	0.18		
4	19.890	2.65	1.77250	49.6
5	61.879	可変		
6	41.696	0.60	2.000	40.0
7	6.000	2.00		
8	-18.236	0.65	1.62299	58.2
9	16.608	1.20		
10	13.462	1.30	1.92286	18.9
11	50.962	可変		
12	9.206(非球面)	2.25	1.69350	53.2
13	-10264.8	1.26		
14	絞り	2.20		
15	26.089	0.65	1.84666	23.9
16	8.202	0.60		
17	29.565	1.25	1.69680	55.5
18	-39.192	可変		
19	11.878	2.60	1.72000	50.2
20	-10.473	0.55	1.84666	23.9
21	-42.769	可変		
22	$\infty$	2.40	1.51633	64.1
23	$\infty$			

10

20

30

焦点距離 可変間隔	4.84	11.48	46.54
D5	0.60	9.10	17.60
D11	17.66	9.16	0.66
D18	4.33	2.20	5.77
D26	4.85	6.98	3.41

非球面係数

$$R15 \quad k = 2.31410e-01 \quad B = -1.87458e-04 \quad C = -1.24981e-06$$

$$D = -1.18548e-08 \quad E = -2.91408e-10$$

40

【0 1 9 2】

## 【数7】

## [数值実施例6]

$$f = 5.00 \sim 11.68 \sim 50.00 \quad F \text{ n o} = 1.85 \sim 1.97 \sim 2.45$$

$$2 \omega = 58.4^\circ \sim 25.6^\circ \sim 6.0^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	44.453	1.15	1.84666	23.9
2	20.185	4.35	1.60311	60.6
3	-718.607	0.18		
4	19.645	2.80	1.77250	49.6
5	67.223	可変		
6	59.944	0.60	1.83	59
7	5.791	1.45		
8	15.169	0.60	1.69680	55.5
9	10.267	1.30		
10	-17.431	0.60	1.69680	55.5
11	127.439	0.10		
12	11.547	1.20	1.92286	18.9
13	26.813	可変		
14	絞り	1.75		
15	6.978(非球面)	2.80	1.69350	53.2
16	173.137	1.60		
17	20.677	0.60	1.84666	23.9
18	6.078	0.80		
19	18.656	1.20	1.69680	55.5
20	-50.826	可変		
21	10.192	1.95	1.69680	55.5
22	-59.975	0.55	1.84666	23.9
23	83.818	可変		
24	$\infty$	2.50	1.51633	64.1
25	$\infty$			

焦点距離 可変間隔	5.00	11.68	50.00
D5	0.75	8.74	16.72
D13	17.70	9.72	1.73
D20	4.34	2.38	8.17
D23	5.53	7.48	1.69

非球面係数

$$R15 \quad k = 4.83478e-02 \quad B = -2.80855e-04 \quad C = -1.59886e-06$$

$$D = -1.34324e-07$$

## 【0193】

10

20

30

40

## 【数8】

[数值実施例7]

$$f = 7.59 \sim 20.82 \sim 43.53 \quad F_n o = 2.79 \sim 3.49 \sim 4.90$$

$$2 \omega = 64.6^\circ \sim 25.1^\circ \sim 12.0^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	25.572	1.15	1.84666	23.9
2	19.293	3.80	1.71300	53.9
3	105.981	可変		
4	22.029	0.85	2.18	30.0
5	8.167	4.50		
6	-18.631	0.75	1.58313	59.4
7	32.579	0.65		
8	20.340	1.75	1.92286	18.9
9	947.341	可変		
10	絞り	0.80		
11	10.747(非球面)	2.90	1.58313	59.4
12	-22.934(非球面)	0.20		
13	6.138	2.40	1.48749	70.2
14	12.620	0.85	1.84666	23.9
15	4.837	可変		
16	12.101	2.50	1.48749	70.2
17	112.832	可変		
18	$\infty$	1.25	1.51633	64.1
19	$\infty$			

10

20

30

焦点距離 可変間隔	7.59	20.82	43.53
D3	0.30	12.21	17.82
D9	22.41	6.99	1.98
D15	9.11	12.08	24.82
D17	3.05	6.60	3.88

非球面係数

$$R11 \quad k = -1.07677e+00 \quad B = -3.09467e-05 \quad C = -9.71833e-07 \quad D = -1.71799e-08$$

$$E = -1.11015e-09$$

$$R12 \quad k = -1.37996e+00 \quad B = 2.41367e-05 \quad C = -7.60626e-07 \quad D = -5.98159e-08$$

【0 1 9 4】

## 【数9】

## [数值実施例8]

$$f = 4.83 \sim 11.60 \sim 46.54 \quad F_n o = 1.85 \sim 2.02 \sim 2.29$$

$$2\omega = 60.0^\circ \sim 25.9^\circ \sim 6.5^\circ$$

i	Ri	Di	Ni	vi
1	39.217	1.05	1.84666	23.9
2	20.995	4.15	1.60311	60.6
3	-3616.704	0.18		
4	20.082	2.70	1.69680	55.5
5	64.641	可変		
6	45.215	0.60	2.000	40.0
7	6.105	2.00		
8	-17.564	0.65	1.48749	70.2
9	15.046	1.00		
10	11.788	1.40	1.94595	18.0
11	27.758	可変		
12	8.873(非球面)	2.25	1.69350	53.2
13	57.403	1.26		
14	絞り	2.15		
15	24.703	0.65	1.84666	23.9
16	8.465	0.60		
17	30.758	1.25	1.69680	55.5
18	-27.998	可変		
19	11.714	2.30	1.77250	49.6
20	-16.115	0.55	1.80809	22.8
21	1742.763	可変		
22	39.162	1.10	1.48749	70.2
23	79.130	1.00		
24	$\infty$	2.40	1.51633	64.1
25	$\infty$			

焦点距離 可変間隔	4.83	11.60	46.54
D5	0.60	9.19	17.78
D11	17.84	9.25	0.66
D18	4.01	1.97	6.26
D21	3.47	5.50	1.21

非球面係数

$$R15 \quad k = 2.00416e-01 \quad B = -1.78751e-04 \quad C = -1.60758e-06$$

$$D = -7.35439e-09 \quad E = -2.91408e-10$$

## 【0195】

## 【表1】

【表1】

条件式	数値 実施例 1	数値 実施例 2	数値 実施例 3	数値 実施例 4	数値 実施例 5	数値 実施例 6	数値 実施例 7
(1)(2) N2na	2.095	1.83	2.18 / 1.95	2.095	2.00	1.83	2.18
(1) $\nu$ d2na	29.4	59	30.0 / 45.0	29.4	40.0	59	30.0
(3)	1.309	1.535	1.276	1.318	1.095	1.200	1.006
(4)	0.479	0.758	0.472	0.772	0.510	0.353	0.563
(5)	1.918	1.831	1.956	1.833	1.849	1.787	1.895
(6)	1.076	1.341	1.046	0.980	0.929	1.079	0.612

10

条件式	数値 実施例 8
(1)(2) N2na	2.00
(1) $\nu$ d2na	40.0
(3)	1.064
(4)	0.431
(5)	1.811
(6)	0.913

20

## 【0196】

各実施例では、高変倍、コンパクトで球面収差、コマ収差、像面湾曲、軸上色収差、倍率色収差が良好に補正された高画素のデジタルカメラ、ビデオカメラ等に対応可能な高性能なズームレンズを達成している。

## 【0197】

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33を用いて説明する。

## 【0199】

図33において、20はカメラ本体、21は実施例1～8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。

30

## 【0200】

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。

## 【0201】

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。

## 【0202】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラ（光学機器）の実施例を図34を用いて説明する。

40

## 【0203】

図34において、10はビデオカメラ本体、11は実施例1～8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。

## 【0204】

12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系11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。13は固体撮像素子12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記録手段である。

## 【0205】

14は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダである。

## 【0206】

50

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。

【0207】

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やビデオ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が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0208】

【図1】本発明の数値実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】本発明の数値実施例1の広角端における収差図

【図3】本発明の数値実施例1の中間のズーム位置における収差図

10

【図4】本発明の数値実施例1の望遠端における収差図

【図5】本発明の数値実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図6】本発明の数値実施例2の広角端における収差図

【図7】本発明の数値実施例2の中間のズーム位置における収差図

【図8】本発明の数値実施例2の望遠端における収差図

【図9】本発明の数値実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図10】本発明の数値実施例3の広角端における収差図

【図11】本発明の数値実施例3の中間のズーム位置における収差図

【図12】本発明の数値実施例3の望遠端における収差図

【図13】本発明の数値実施例4の広角端におけるレンズ断面図

20

【図14】本発明の数値実施例4の広角端における収差図

【図15】本発明の数値実施例4の中間のズーム位置における収差図

【図16】本発明の数値実施例4の望遠端の収差図

【図17】本発明の数値実施例5の広角端におけるレンズ断面図

【図18】本発明の数値実施例5の広角端における収差図

【図19】本発明の数値実施例5の中間のズーム位置における収差図

【図20】本発明の数値実施例5の望遠端における収差図

【図21】本発明の数値実施例6の広角端におけるレンズ断面図

【図22】本発明の数値実施例6の広角端における収差図

【図23】本発明の数値実施例6の中間のズーム位置における収差図

30

【図24】本発明の数値実施例6の望遠端における収差図

【図25】本発明の数値実施例7の広角端におけるレンズ断面図

【図26】本発明の数値実施例7の広角端における収差図

【図27】本発明の数値実施例7の中間のズーム位置における収差図

【図28】本発明の数値実施例7の望遠端における収差図

【図29】本発明の数値実施例8の広角端におけるレンズ断面図

【図30】本発明の数値実施例8の広角端における収差図

【図31】本発明の数値実施例8の中間のズーム位置における収差図

【図32】本発明の数値実施例8の望遠端における収差図

【図33】本発明のズームレンズをデジタルカメラに適用したときの要部概略図

40

【図34】本発明のズームレンズをビデオカメラに適用したときの要部概略図

【符号の説明】

【0209】

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

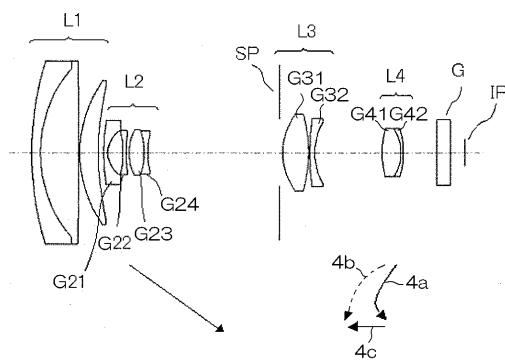
d d線

g g線

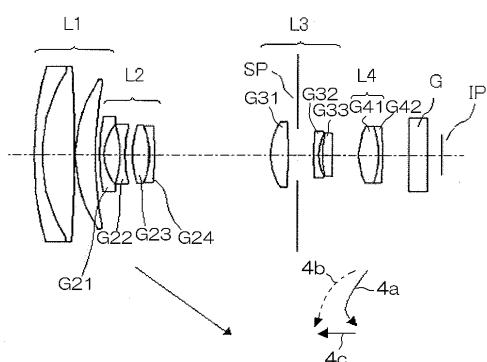
50

M メリディオナル像面  
 S サジタル像面  
 S P 絞り  
 I P 結像面  
 G C C D のフェースプレートやローパスフィルター等のガラスブロック  
 半画角  
 F n o F ナンバー

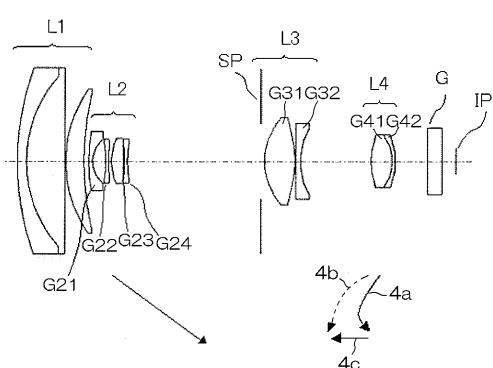
【図 5】



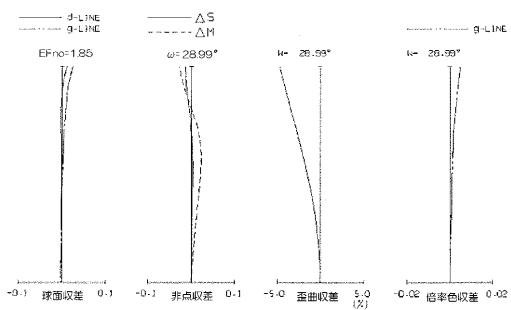
【図 13】



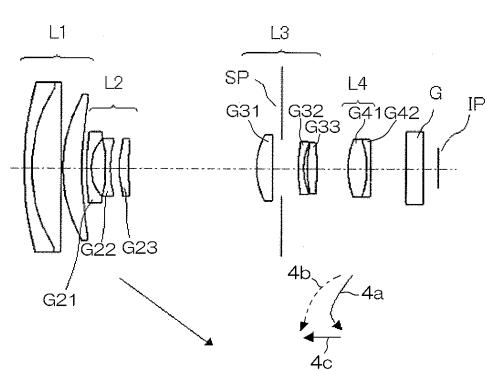
【図 9】



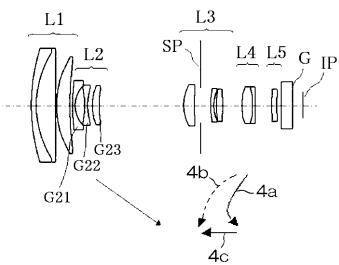
【図 14】



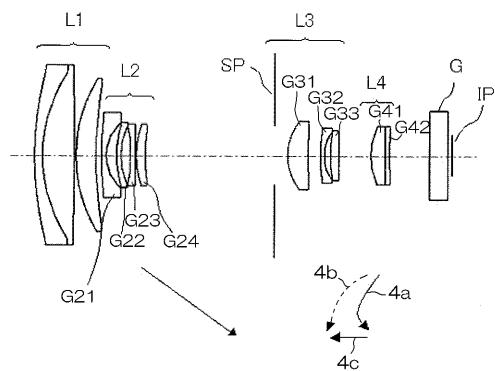
【図17】



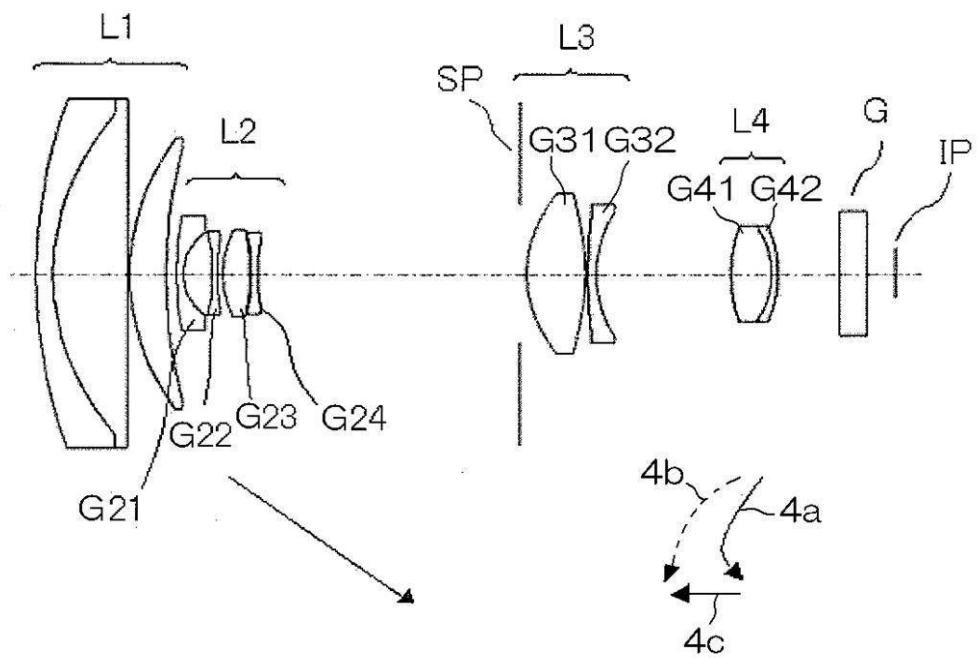
【図29】



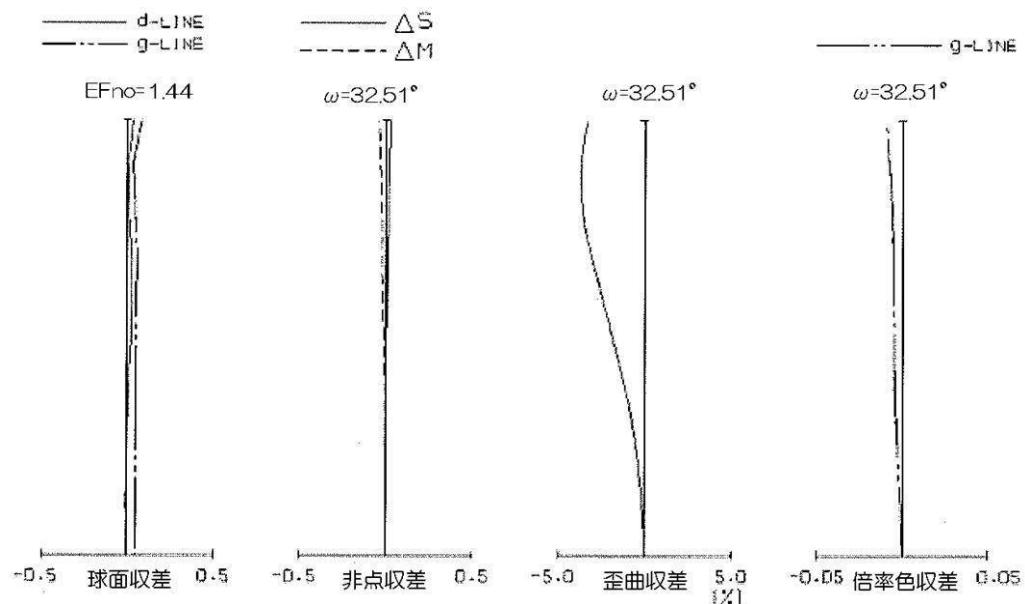
【図21】



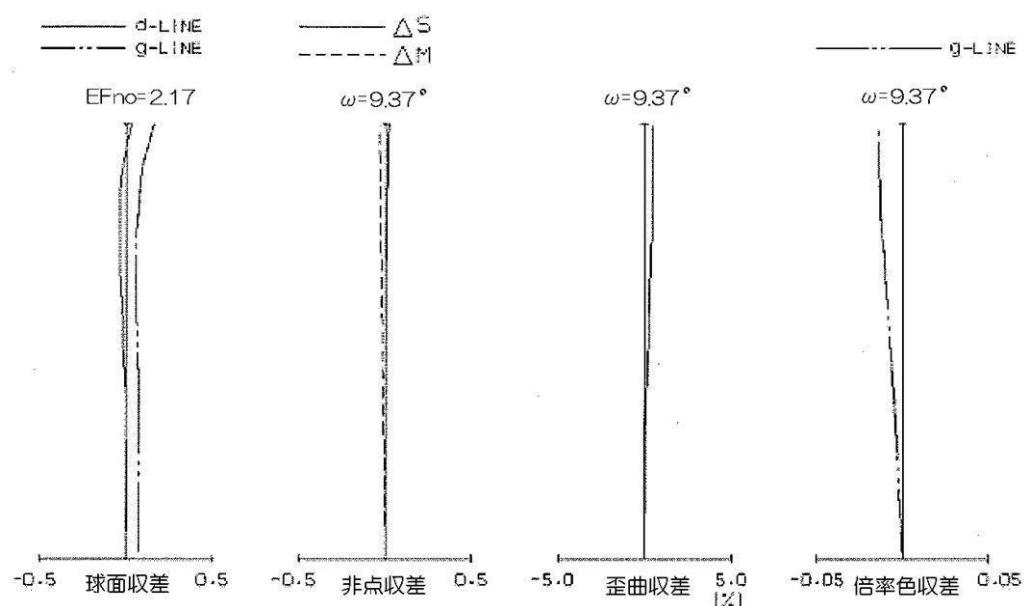
【図1】



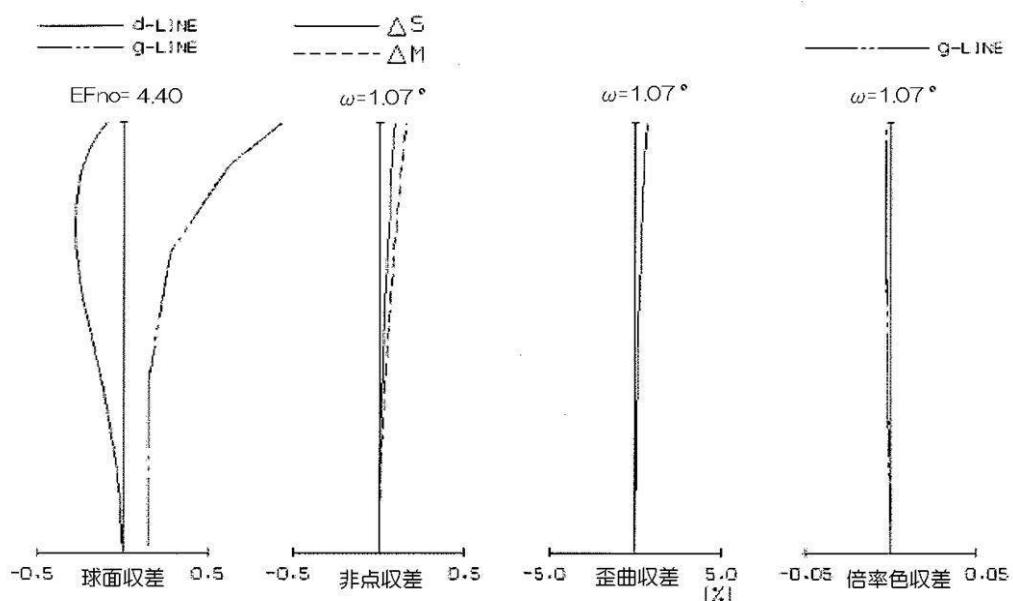
【図2】



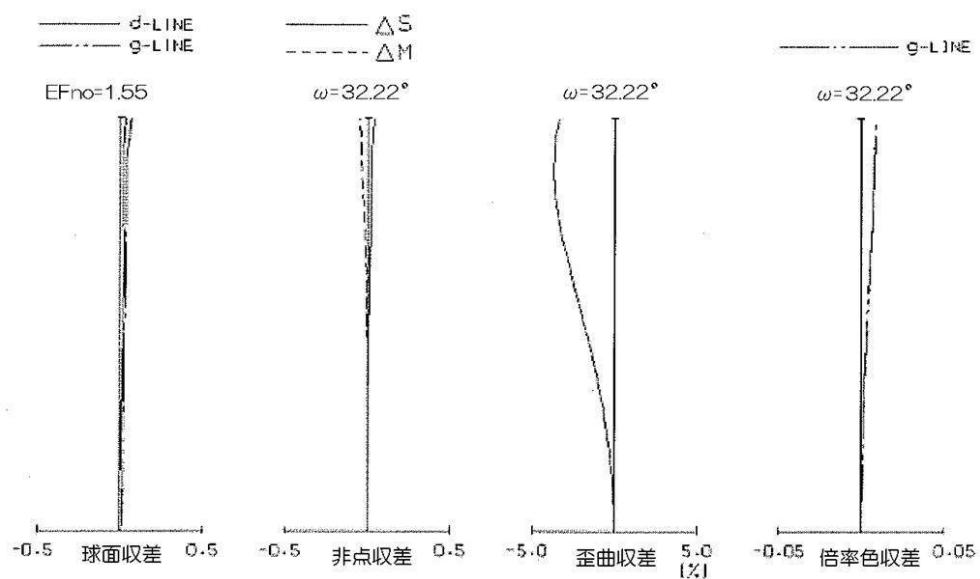
【図3】



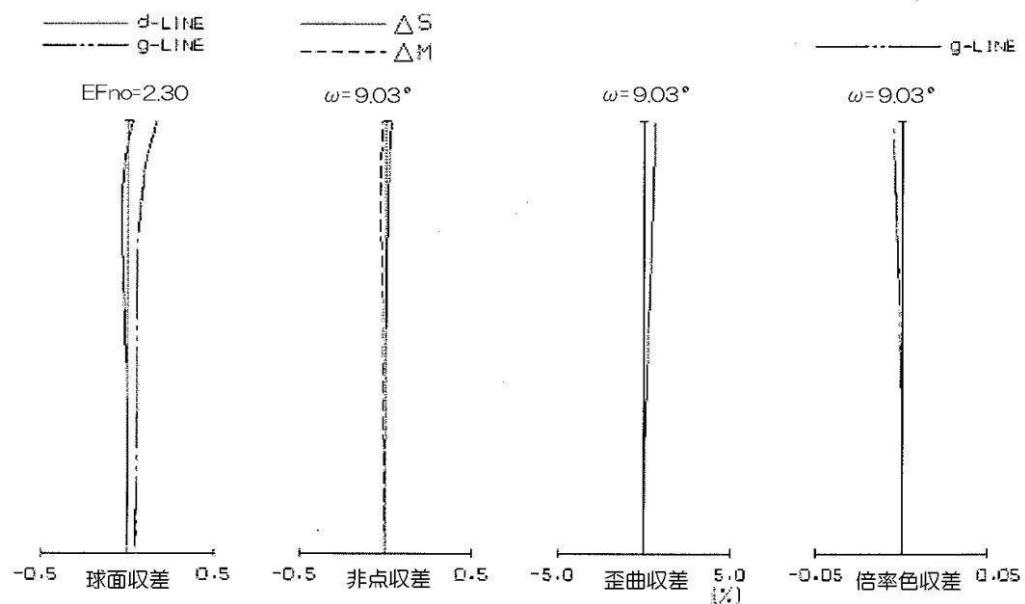
【図4】



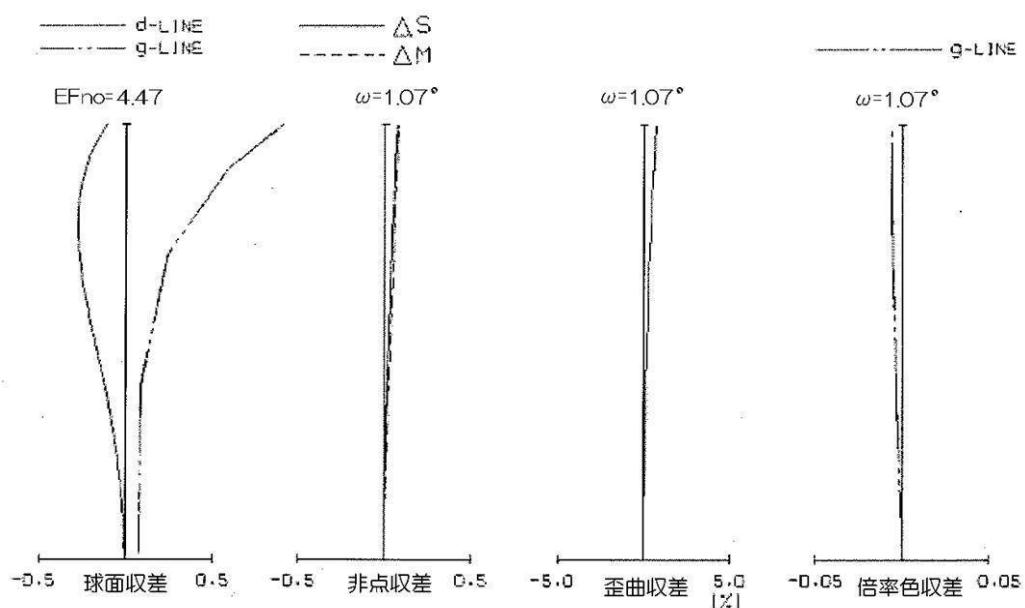
【図6】



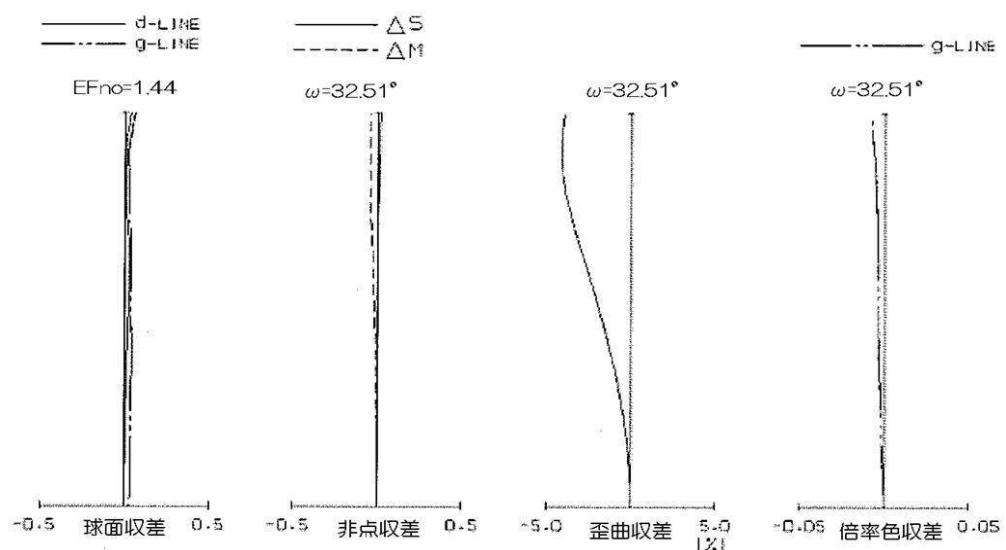
【図7】



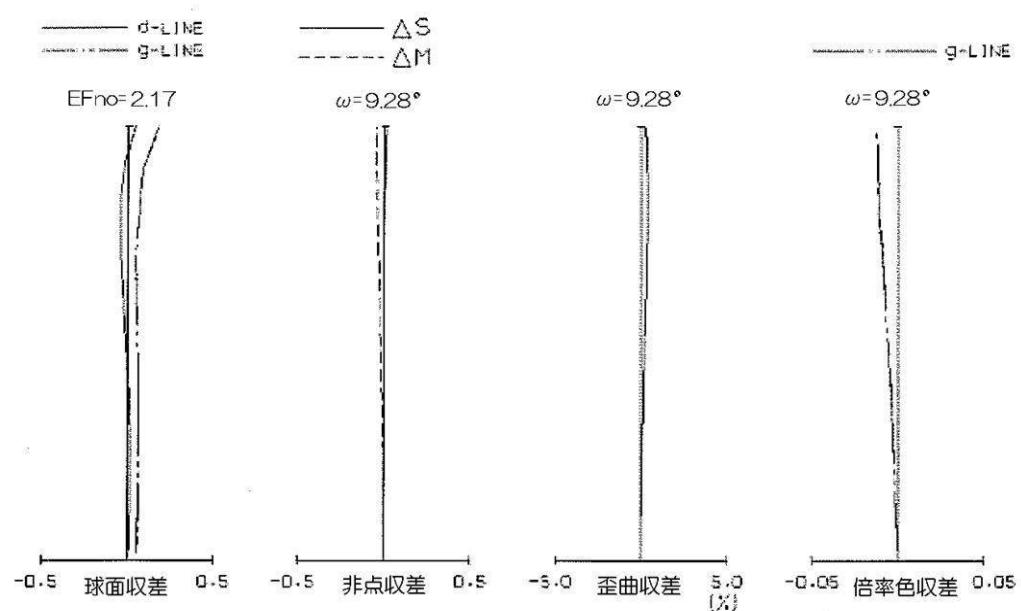
【図8】



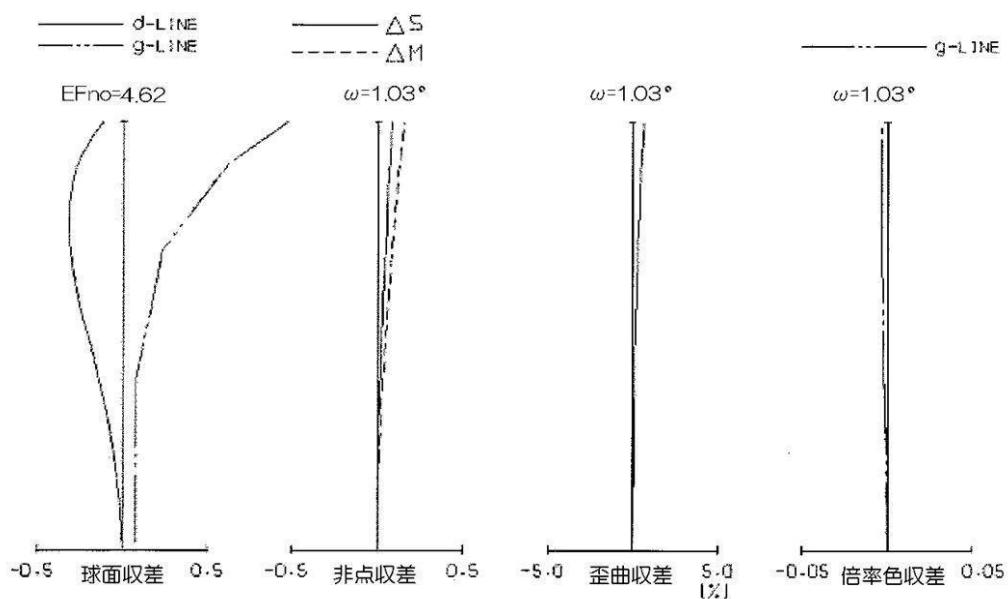
【図10】



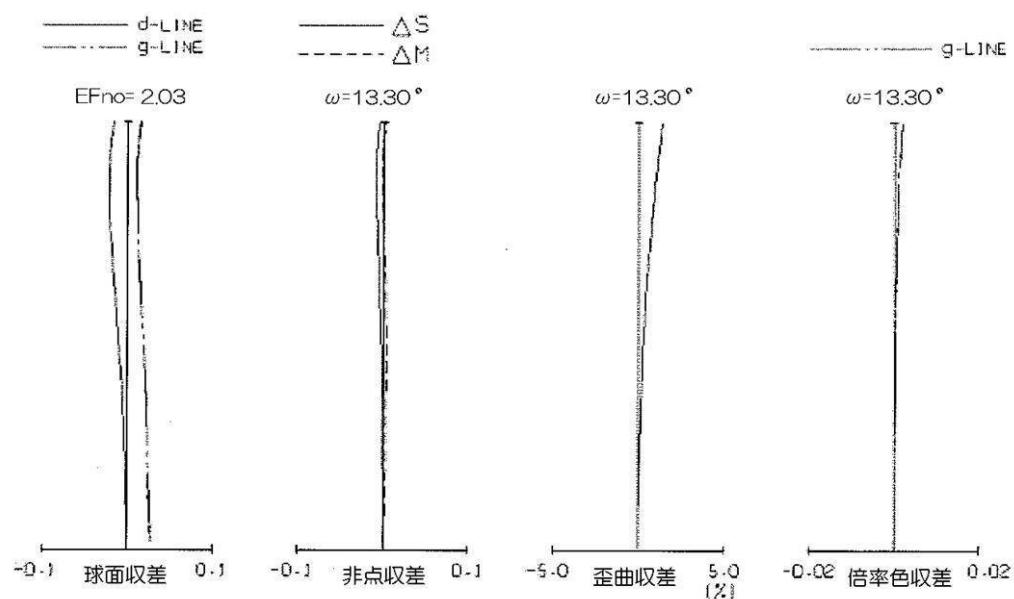
【図11】



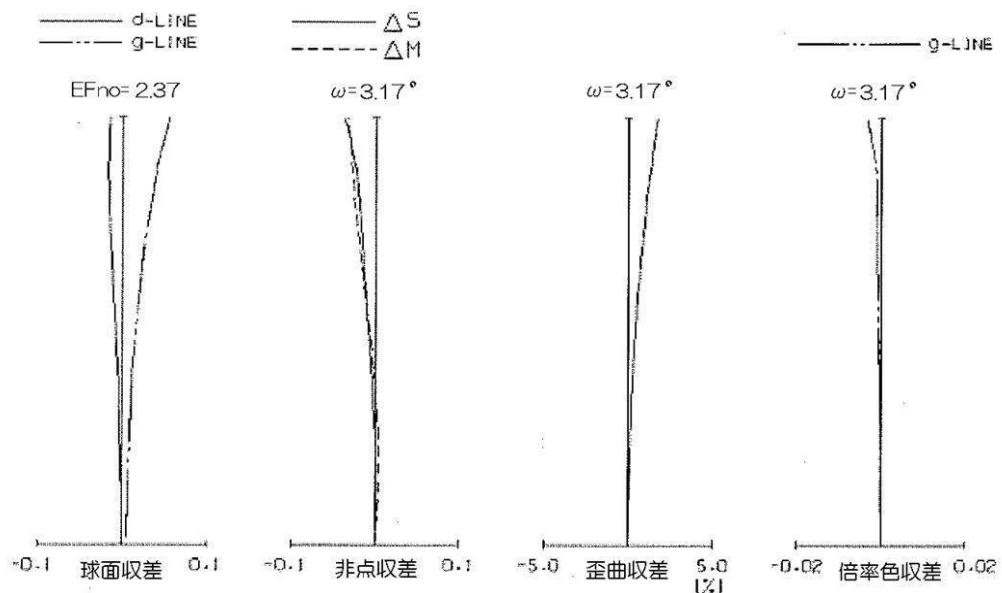
【図 1 2】



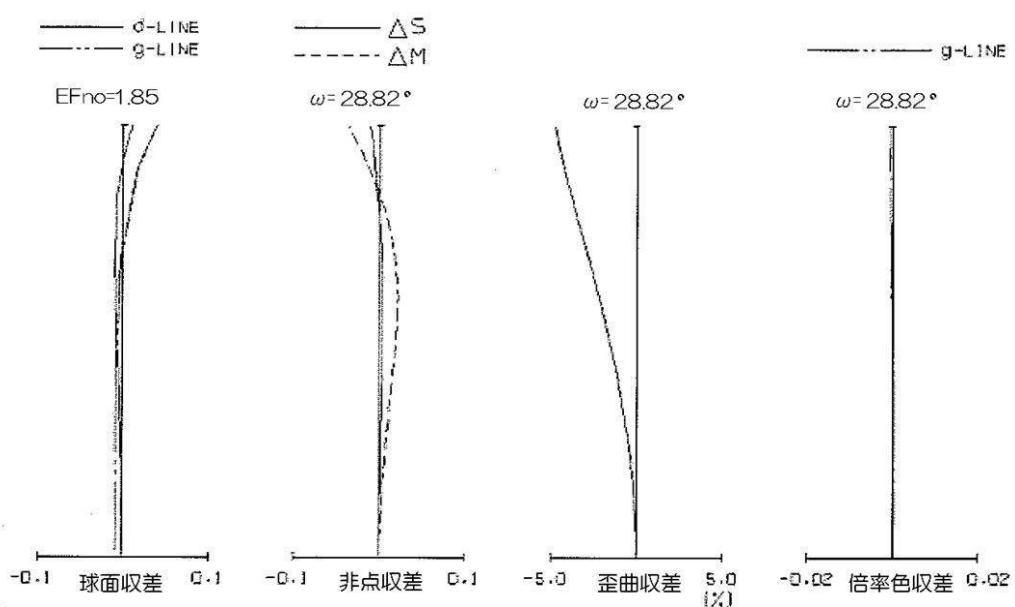
【図 1 5】



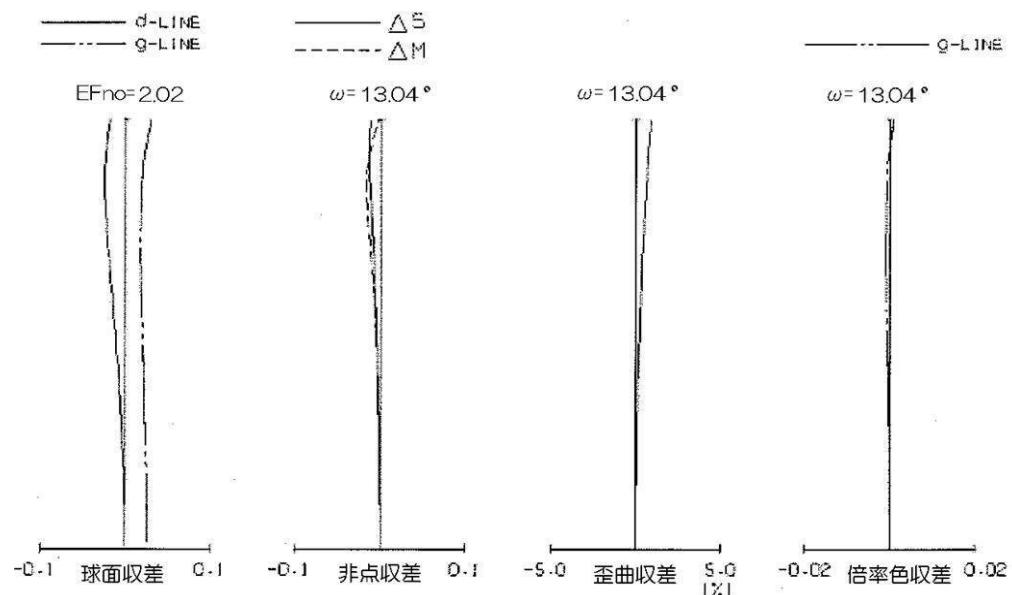
【図16】



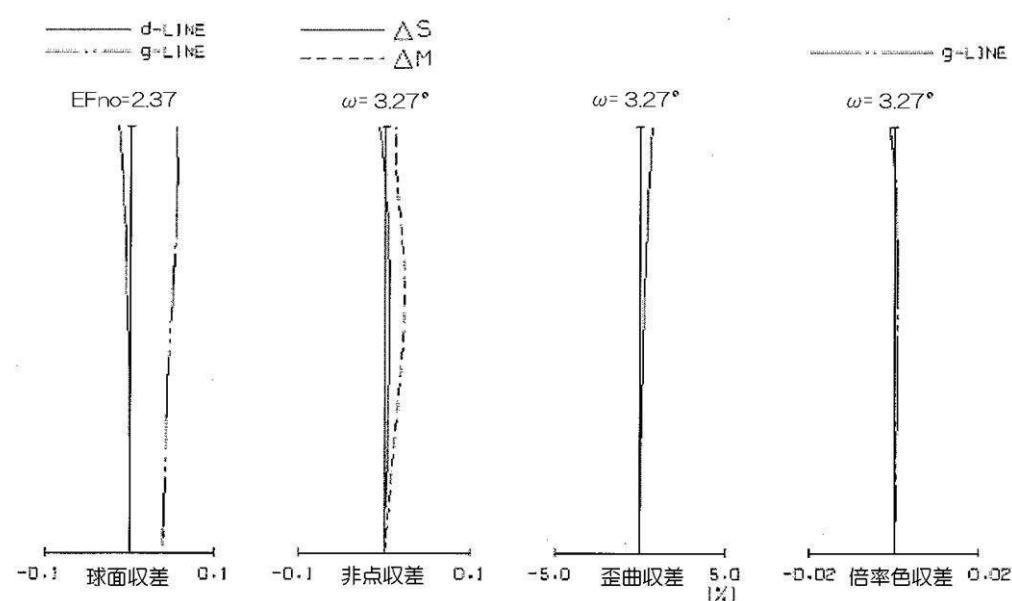
【図18】



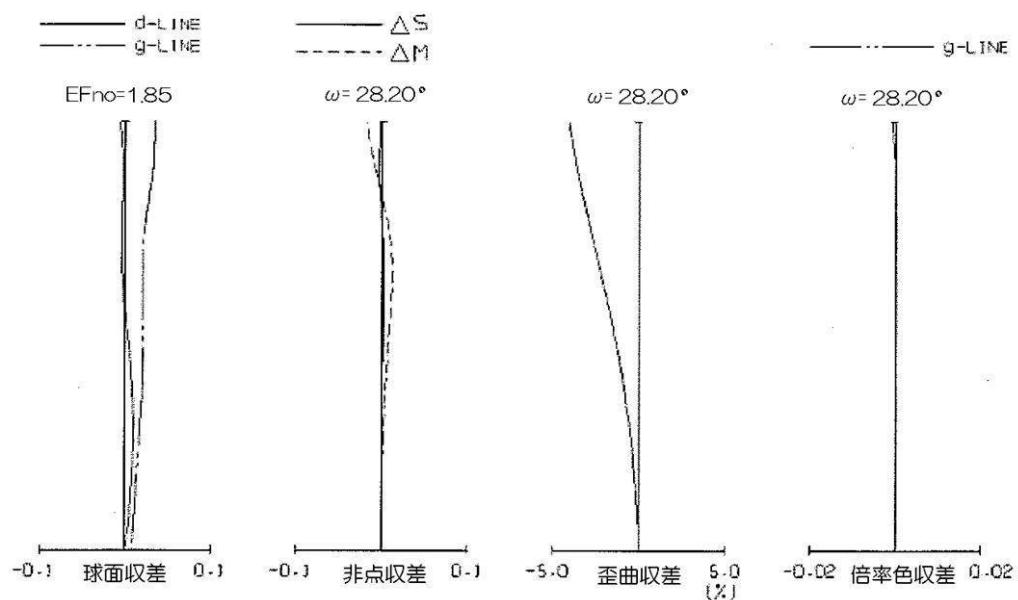
【図19】



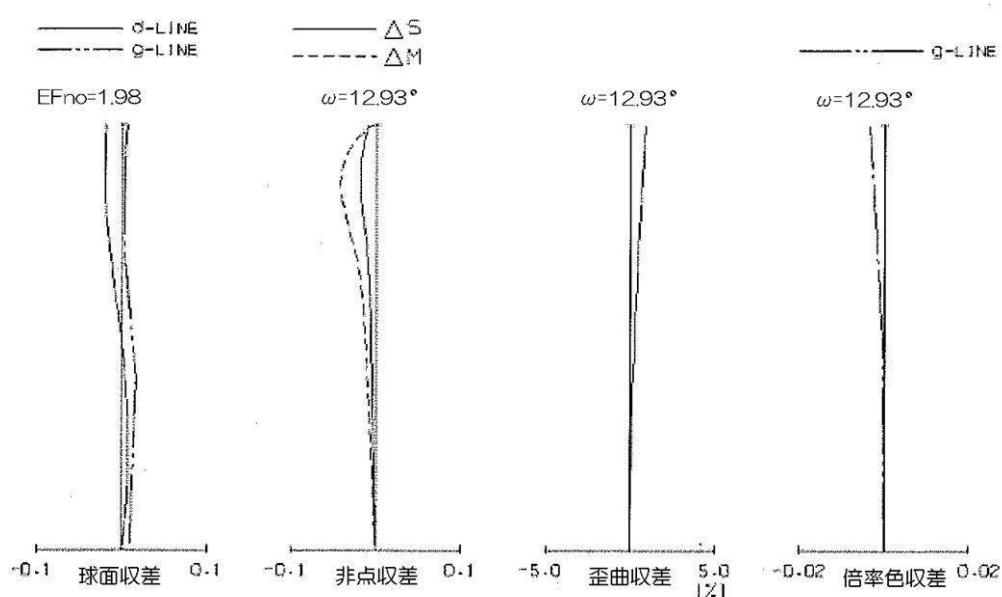
【図20】



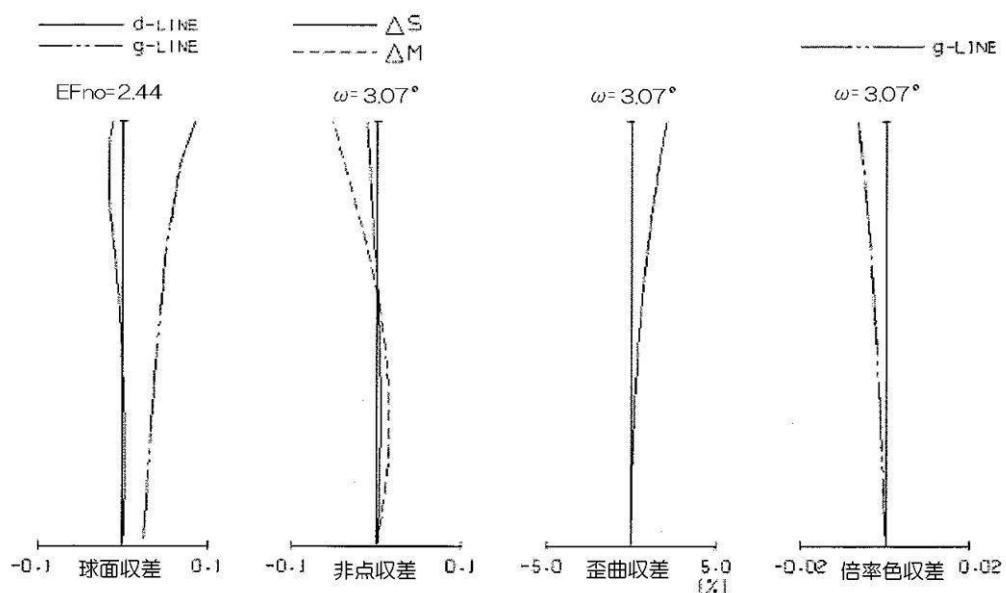
【図22】



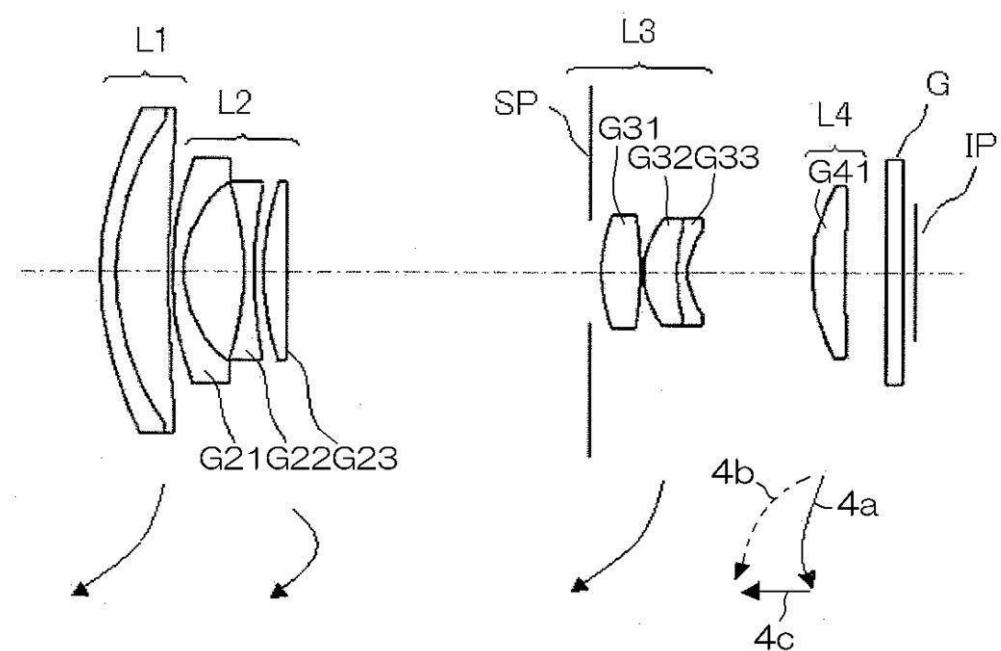
【図23】



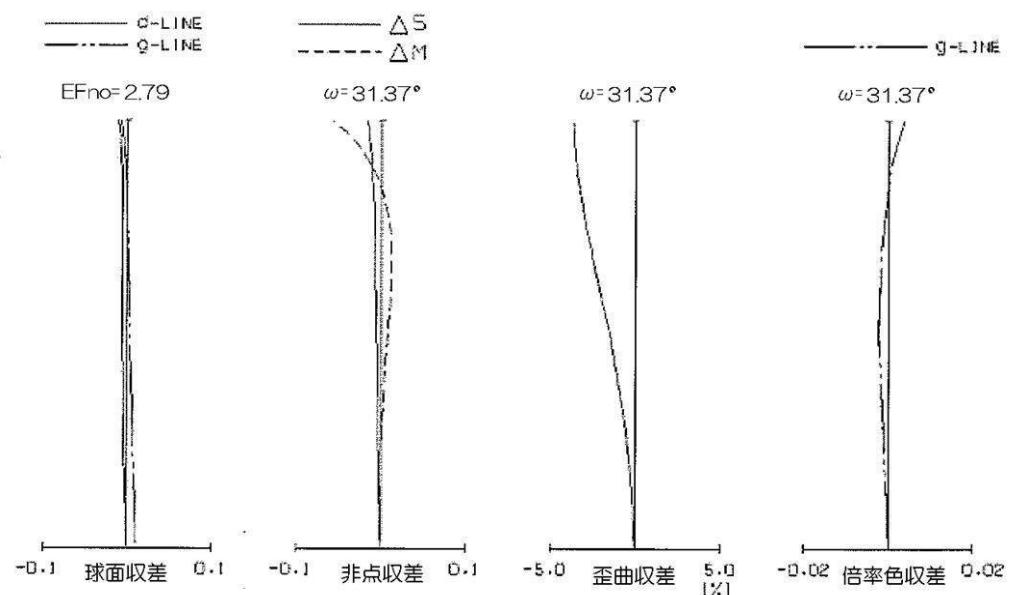
【図24】



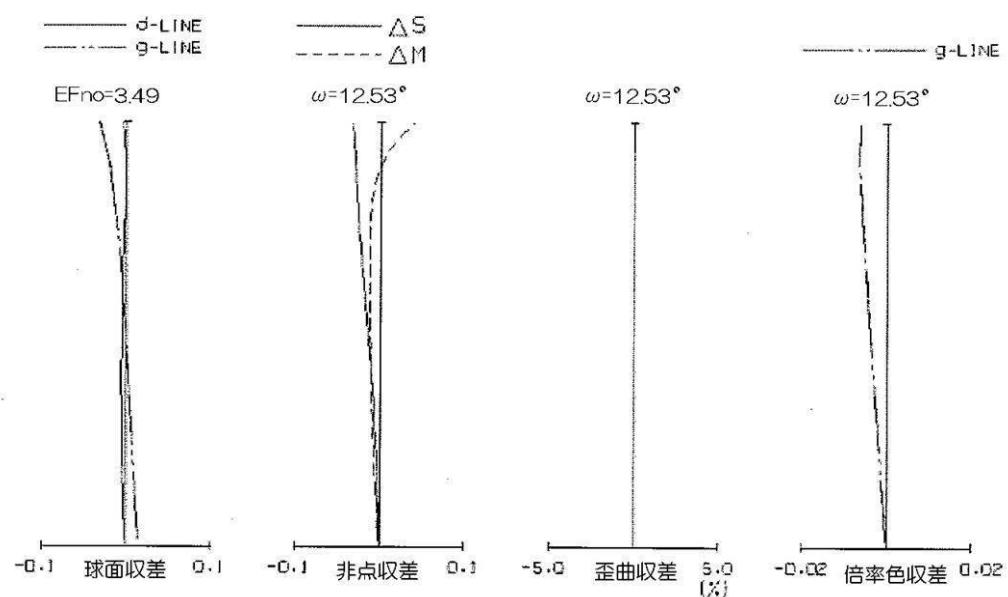
【図25】



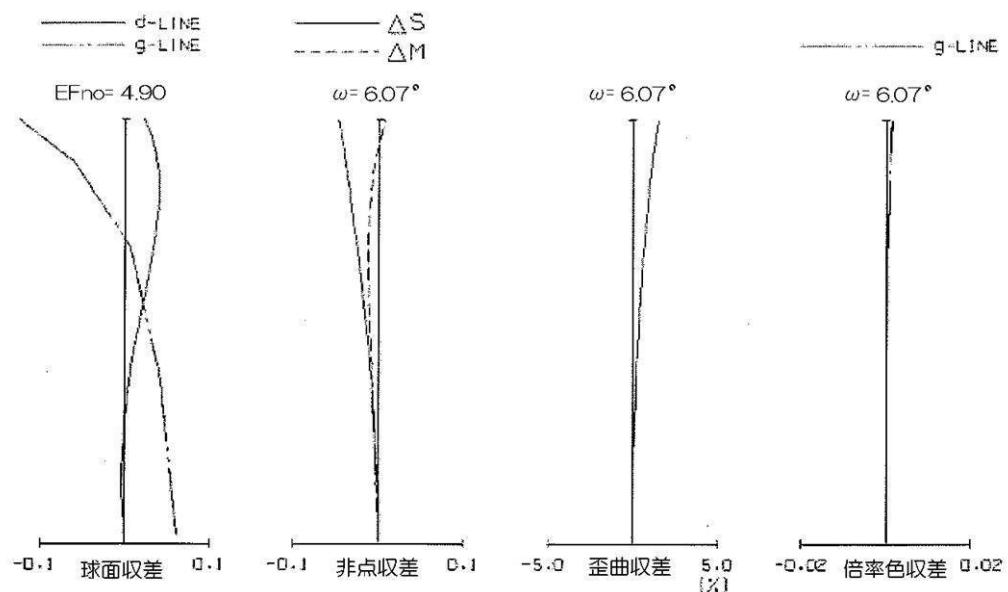
【図 2 6】



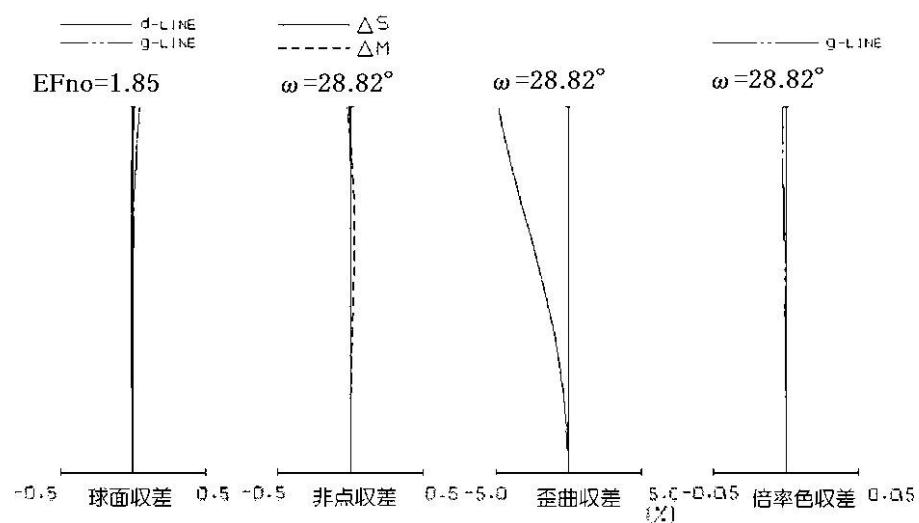
【図 2 7】



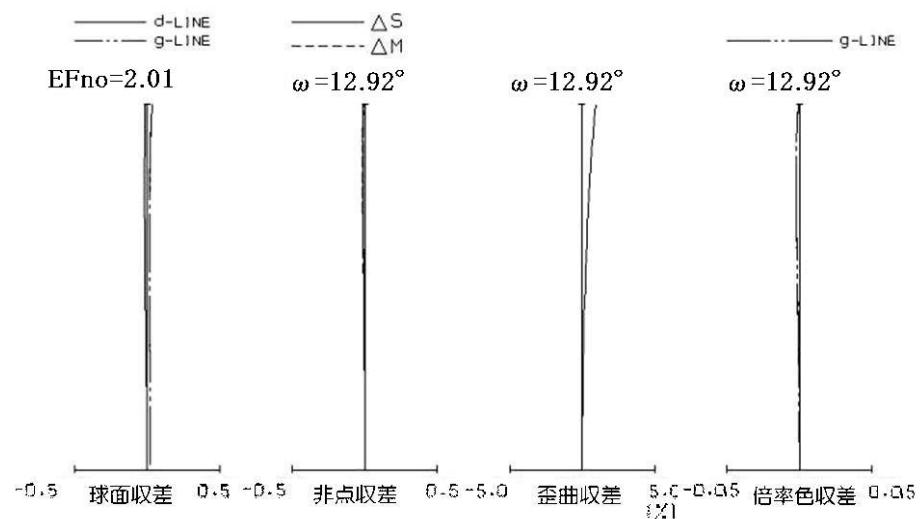
【図28】



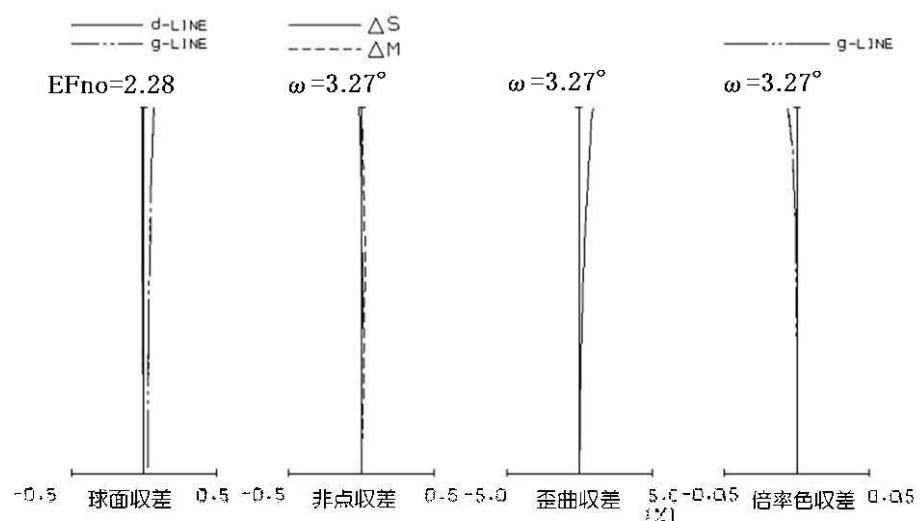
【図30】



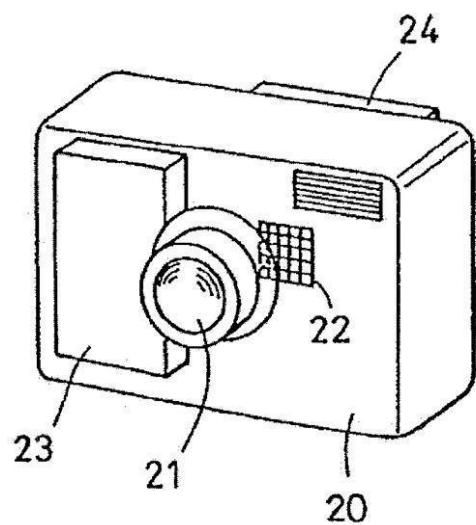
【図 3 1】



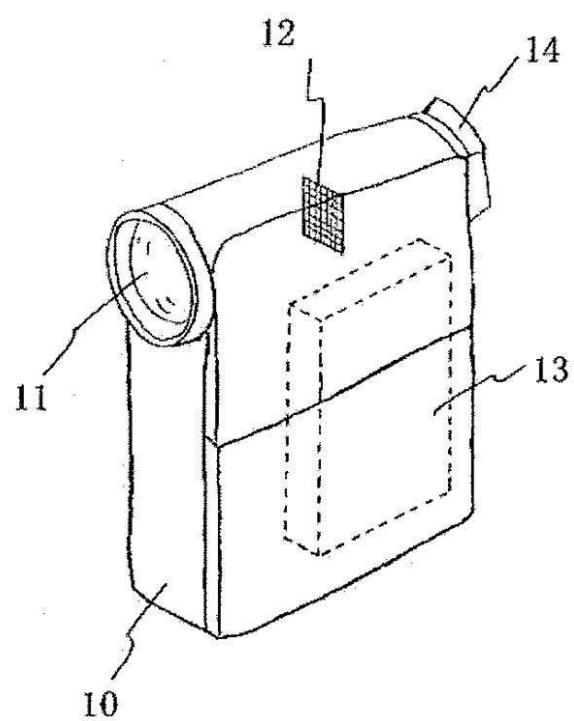
【図 3 2】



【図3-3】



【図3-4】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平4-181910(JP,A)  
特開平4-181911(JP,A)  
特開2001-66717(JP,A)  
特開2007-271710(JP,A)  
特開2007-148340(JP,A)  
特開2007-10903(JP,A)  
国際公開第2007/010822(WO,A1)  
特開2006-308649(JP,A)  
特開2006-184776(JP,A)  
特開2005-118430(JP,A)  
特開平11-44848(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 02 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 02 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4