

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028103号  
(P5028103)

(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

G O 2 B 15/167 (2006.01)

G O 2 B 15/167

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 12 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2007-34759 (P2007-34759)  
 (22) 出願日 平成19年2月15日(2007.2.15)  
 (65) 公開番号 特開2008-197533 (P2008-197533A)  
 (43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)  
 審査請求日 平成22年2月10日(2010.2.10)

(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 日下 雄介  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ  
 ヤノン株式会社内

審査官 原田 英信

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】

物体側から像側へ順に、ズーミングに際して固定の正の屈折力の第1レンズ群と、広角端から望遠端へのズーミングに際して、像側へ単調に移動する負の屈折力の第2レンズ群と、物体側へ移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力の第3レンズ群と、ズーミングに際して固定の結像作用をする第4レンズ群より構成されるズームレンズであって

、  
 該第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つの負レンズと、少なくとも1つの回折光学素子を有し、該第3レンズ群の焦点距離を  $f_c$ 、該回折光学素子の回折部の焦点距離を  $f_{doe}$ 、全系の広角端と望遠端における焦点距離を各々  $f_w$ 、 $f_T$  とするとき、

【数 1】

$$0.35 < f_c / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.81$$

$$45 < f_{doe}/f_c < 300$$

なる条件を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

望遠端において、前記第3レンズ群よりも像側に位置するレンズ群の横倍率を  $R_T$  とするとき、

## 【数 2】

$$0.60 < f_c \cdot \beta_{RT} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 0.90$$

なる条件を満たす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】

前記回折部が

$$2 < f_{doe} / f_T < 30$$

なる条件を満たす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 3 レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッベ数の逆数の平均値を  $(1 / c_p)_{ave}$  とするとき、

$$0.016 < (1 / c_p)_{ave} < 0.030$$

なる条件を満足することを特徴とする、請求項 1、2 又は 3 に記載のズームレンズ。

## 【請求項 5】

前記第 3 レンズ群に含まれる正レンズと負レンズの材料のアッベ数の逆数の平均値を各々  $(1 / c_p)_{ave}$ 、 $(1 / c_n)_{ave}$  とするとき、

$$0.012 < (1 / c_n)_{ave} - (1 / c_p)_{ave}$$

なる条件を満たす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 3 レンズ群に含まれる正レンズの材料の屈折率の平均値を  $(n_{cp})_{ave}$  とするとき、

$$(n_{cp})_{ave} > 1.60$$

なる条件を満たす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。

## 【請求項 7】

前記第 3 レンズ群の望遠端と広角端における結像倍率を各々  $c_T$ 、 $c_W$  とするとき、

## 【数 3】

$$1.4 < |(\beta_{cW} - \beta_{cT})| / \sqrt{(\beta_{cT} \cdot \beta_{cW})} < 2.5$$

なる条件を満たす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 3 レンズ群は 2 以上の正レンズを有し、これらの正レンズの各面のうち少なくとも 1 面は非球面形状であ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。

## 【請求項 9】

前記第 3 レンズ群の像側に開口絞りを有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】

前記回折光学素子の最大口径を D とするとき、

$$40 < f_{doe} / D < 250$$

なる条件を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

## 【請求項 11】

光電変換素子に像を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ

## 【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 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

10

20

30

40

50

た像を受光する固体撮像素子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、放送用テレビカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、銀塩写真用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、テレビカメラ、銀塩フィルム用カメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置には、大口径比、高ズーム比でしかも高い光学性能を有したズームレンズが要望されている。

10

【0003】

このうち、放送用のカラーテレビカメラ等の撮像装置では撮像手段の前方（物体側）に色分解光学系や各種のフィルターを配置するため、長いバックフォーカスを有するズームレンズであることが要望されている。

【0004】

大口径、広画角、高ズーム比でバックフォーカスの長いズームレンズとして、最も物体側に正の屈折力のレンズ群を配置したポジティブリード型の4群ズームレンズが知られている。

【0005】

20

この4群ズームレンズは、物体側から像側へ順に合焦用レンズ群を含む正の屈折力の第1レンズ群、変倍用の負の屈折力の第2レンズ群、変倍に伴う像面変動を補正するための正の屈折力の第3レンズ群、そして結像用の正の屈折力の第4レンズ群より成っている。

【0006】

このポジティブタイプの4群ズームレンズにおいて、光学系中に、回折光学素子を配置して色収差の補正を行い、高性能化を図ったズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

【0007】

特許文献1では、第2レンズ群または第3レンズ群に回折光学素子を用いて、色収差を軽減した、ズーム比10倍程度のズームレンズを開示している。

30

【0008】

特許文献2では、第3レンズ群に回折光学素子を用いた、ズーム比10倍程度のズームレンズを開示している。

【特許文献1】米国特許5268790号明細書

【特許文献2】特開平11-311743号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ズームレンズの光学系の一部に回折光学素子を用いると、色収差の補正が容易になり、高ズーム比で高い光学性能を有したズームレンズを得るのが容易となる。

40

【0010】

しかしながら、回折光学素子を単にレンズ系中に設けても、その位置やパワー、そして、それを含むレンズ群のレンズ構成等を適切に設定しないと色収差を良好に補正した高い光学性能のズームレンズを得ることは難しい。

【0011】

例えば、前述したポジティブリード型の4群ズームレンズにおいては、第2レンズ群より像側に位置する変倍に伴う像面変動を補正するための第3レンズ群のレンズ構成を、適切に設定することが大口径比、高ズーム比化を図るのに重要な要素になっている。

【0012】

従って、この第3レンズ群のレンズ構成が適切でないと、回折光学素子を用いても、ズ

50

ーミングによる収差変動、例えば、色収差、球面収差、ハロコマ収差、球面収差の色差等の変動を少なくし、高ズーム比で高性能化を図るのが困難となる。

【0013】

特に高ズーム比化を図ったとき、望遠端において軸上色収差が増大し、更に2次スペクトルの残収差等を補正するのが困難となる。

【0014】

本発明は、高ズーム比で、広角端から望遠端における全ズーム範囲にわたり色収差を良好に補正し、全ズーム範囲において高い光学性能を有する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。

【課題を解決するための手段】

10

【0015】

物体側から像側へ順に、ズーミングに際して固定の正の屈折力の第1レンズ群と、広角端から望遠端へのズーミングに際して、像側へ単調に移動する負の屈折力の第2レンズ群と、物体側へ移動し、変倍に伴う像面変動を補正する正の屈折力の第3レンズ群と、ズーミングに際して固定の結像作用をする第4レンズ群より構成されるズームレンズであって、

該第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つの負レンズと、少なくとも1つの回折光学素子を有し、該第3レンズ群の焦点距離を $f_c$ 、該回折光学素子の回折部の焦点距離を $f_{doe}$ 、全系の広角端と望遠端における焦点距離を各々 $f_w$ 、 $f_T$ と

20

するとき、

【0016】

【数1】

$$0.35 < f_c / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.81$$

$$45 < f_{doe}/f_c < 300$$

【0017】

なる条件を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、全ズーム範囲において高い光学性能を持ったズームレンズ及びそれを有する撮像装置を得られる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

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。

【0020】

本発明のズームレンズは、物体側から像側へ順に、合焦用レンズ群を含みズーミングに際して固定の正の屈折力の第1レンズ群Fを有している。更に、広角端（短焦点距離端）から望遠端（長焦点距離端）へのズーミングに際して、像側へ単調に移動する変倍用の負の屈折力の第2レンズ群Vを有している。更に、物体側へ非直線的に移動し、変倍に伴う像面変動を補正する回折光学素子を含む正の屈折力の第3レンズ群C、ズーミングに際して固定の結像作用をする第4レンズ群Rを有している。

40

【0021】

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レンズ断面図である。

【0022】

図2、図3はそれぞれ実施例1のズームレンズの無限遠物体のときの広角端における縦収差図と横収差図である。

【0023】

図4、図5はそれぞれ実施例1のズームレンズの無限遠物体のときのFドロップポイントにおける縦収差図と横収差図である。

【0024】

50

図 6、図 7 はそれぞれ実施例 1 のズームレンズの無限遠物体のときの望遠端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 2 5 】

図 8 は、本発明の実施例 2 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。

【 0 0 2 6 】

図 9、図 10 はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの無限遠物体のときの広角端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 2 7 】

図 11、図 12 はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの無限遠物体のときの F ドロップポイントにおける縦収差図と横収差図である。

10

【 0 0 2 8 】

図 13、図 14 はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの無限遠物体のときの望遠端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 2 9 】

図 15 は、本発明の実施例 3 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。

【 0 0 3 0 】

図 16、図 17 はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの無限遠物体のときの広角端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 3 1 】

図 18、図 19 はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの無限遠物体のときの F ドロップポイントにおける縦収差図と横収差図である。

20

【 0 0 3 2 】

図 20、図 21 はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの無限遠物体のときの望遠端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 3 3 】

図 22 は、本発明の実施例 4 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。

【 0 0 3 4 】

図 23、図 24 はそれぞれ実施例 4 のズームレンズの無限遠物体のときの広角端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 3 5 】

30

図 25、図 26 はそれぞれ実施例 4 のズームレンズの無限遠物体のときの F ドロップポイントにおける縦収差図と横収差図である。

【 0 0 3 6 】

図 27、図 28 はそれぞれ実施例 4 のズームレンズの無限遠物体のときの望遠端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 3 7 】

図 29 は、本発明の実施例 5 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。

【 0 0 3 8 】

図 30、図 31 はそれぞれ実施例 5 のズームレンズの無限遠物体のときの広角端における縦収差図と横収差図である。

40

【 0 0 3 9 】

図 32、図 33 はそれぞれ実施例 5 のズームレンズの無限遠物体のときの F ドロップポイントにおける縦収差図と横収差図である。

【 0 0 4 0 】

図 34、図 35 はそれぞれ実施例 5 のズームレンズの無限遠物体のときの望遠端における縦収差図と横収差図である。

【 0 0 4 1 】

図 36 は、本発明に係る回折光学素子の説明図である。

【 0 0 4 2 】

図 37 は、本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図である。

50

## 【 0 0 4 3 】

図 3 8 は、本発明に係る回折光学素子の説明図である。

## 【 0 0 4 4 】

図 3 9 は、本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図である。

## 【 0 0 4 5 】

図 4 0 は、本発明に係る回折光学素子の説明図である。

## 【 0 0 4 6 】

図 4 1 は、本発明の撮像装置の要部概略図である。

## 【 0 0 4 7 】

レンズ断面図において、F はズーミングに際して固定の正の屈折力の第 1 レンズ群である。V はズーミング時に可動の負の屈折力の第 2 レンズ群（バリエータレンズ群）である。C はズーミング時に可動であり、変倍に伴う像面位置の変動を補正する正の屈折力の第 3 レンズ群（コンベンセーターレンズ群）である。

10

## 【 0 0 4 8 】

S P は開口絞りであり、第 3 レンズ群 C の像側に配置されている。R は結像のための第 4 レンズ群（リレーレンズ群）である。G は色分解プリズムや光学フィルターであり、硝子ブロックとして示している。I P は像面であり、固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当している。

## 【 0 0 4 9 】

収差図において、球面収差は、g 線と e 線を示している。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 線によってあらわしている。F は F ナンバー、 $\theta$  は半画角である。

20

## 【 0 0 5 0 】

すべての収差図において、球面収差は 0 . 4 mm、非点収差は 0 . 4 mm、歪曲は 1 0 %、倍率色収差は 0 . 1 m、横収差は、0 . 1 mm のスケールで描かれている。

## 【 0 0 5 1 】

尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用の第 2 レンズ群 V 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。

## 【 0 0 5 2 】

次に各実施例の特徴について説明する。

30

## 【 0 0 5 3 】

第 1 レンズ群 F は、フォーカスのための屈折力を有し、全体又は一部の屈折力のあるレンズ群 F ' を移動することにより、フォーカスを行っている。

## 【 0 0 5 4 】

実施例 1 ~ 4 では、第 1 レンズ群 F の一部分のレンズ群 F ' を物体側に繰り出すことにより、無限遠物体から近距離物体に対してフォーカスを行っている。実施例 5 では第 1 レンズ群 F の全体（レンズ群 F ' ）を物体側に繰り出すことにより、無限遠物体から近距離物体へのフォーカスを行っている。

## 【 0 0 5 5 】

第 2 レンズ群 V は、矢印の如く、光軸上像面側に単調に移動して、広角端から望遠端への変倍を行っている。

40

## 【 0 0 5 6 】

第 3 レンズ群 C は、広角端から望遠端への変倍に際して、矢印の如く物体側へ非直線的に移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。

## 【 0 0 5 7 】

各実施例において、第 2 レンズ群 V と第 3 レンズ群 C は共に変倍レンズ群（変倍部）を構成し、広角端から望遠端へズーミングの際に、そのレンズ群間隔は狭まり、結像倍率が各々同時に - 1 倍（等倍）を含むズーム領域を使用している。

## 【 0 0 5 8 】

このようなズームタイプを採用することにより、第 2 レンズ群 V と第 3 レンズ群 C がと

50

もに変倍分担を大きくすることができ、少ない移動距離で高ズーム比（ズーム比40倍以上）を達成している。

【0059】

レンズ系全体をコンパクト（小型）にし、かつ高ズーム比を達成するためには、第3レンズ群Cにおける変倍分担を大きくするのが有効である。しかしながら、その分、第3レンズ群Cのユニットとしての特性が、ズーム全域の収差変動に大きく影響を与える。

【0060】

一般に上記のズームタイプのズームレンズでは、レンズ系全体の小型化のために、望遠側のズーム位置でFナンバーが低下することが許容されている。以下、このFナンバーが低下し始めるズーム範囲中の焦点位置（焦点距離）をFドロップポイントと呼ぶことにす

10

【0061】

このFドロップポイントの焦点距離 $f_d$ は、広角端と望遠端における全系のFナンバーをそれぞれFW、FT、望遠端における全系の焦点距離を $f_T$ と置いたとき、通常

$$f_d = (FW / FT) \cdot f_T$$

の付近に与える。

【0062】

各実施例では、ズーミングのためにはレンズ群Fが不動である。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Vが物体側に単調に移動し、第3レンズ群Cが物体側に移動している。このとき、第3レンズ群Cに入射する軸上光線及び軸外光線はズーミングに際して次のごとく変化する。

20

【0063】

第3レンズ群Cに入射する軸上光線マージナル光線の高さは、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Vとの距離が小さくなるに従い、徐々に高くなり、Fドロップポイントで最大値になる。その後、さらに望遠端側にズーミングが進むに従い徐々に減少する。

【0064】

このため、一般的にFドロップポイント近傍において、軸上色収差及び球面収差が著しく悪化する傾向にある。さらにFドロップポイントから望遠端にかけては、変倍率が著しく大きくなることによってこれらの収差はさらに悪化する傾向にある。

30

【0065】

また、軸外光線に対しては、広角端から望遠端へのズーミングにかけて、第3レンズ群Cは絞りSPからあまり離れないので、最大像高へ結像する軸外マージナル光線の高さそのものは、小さい。

【0066】

故に、色収差のうち、倍率色収差に与える影響は、ズーム全域において、他のレンズ群に比べて比較的小さくなる。

【0067】

しかし、第3レンズ群Cに入る軸外光束は、広角端から望遠端へのズーミングにかけて、レンズ群Vにより常に入射角度が変化しながら、軸上光束と同程度の光束幅でもって入射する。このため、球面収差のズーミングによる変動に加え、ハロ・コマ収差の変動に与える影響が大きい。

40

【0068】

故に、第3レンズ群Cのレンズ構成、例えば各レンズ（エレメント）の形状、及び屈折力（パワー）等を適切に設定することが上述したズームタイプのズームレンズにおいて、高ズーム比、高性能化を達成する上では重要となってくる。

【0069】

各実施例において、第3レンズ群Cを構成するレンズエレメントは、少なくとも1つ以上の正レンズと1つ以上の負レンズを含み、さらに1以上の回折光学素子を含み、次の条件式を満たすようにしている。

50

【 0 0 7 0 】

第3レンズ群Cの焦点距離を $f_c$ とする。回折光学素子の回折部の焦点距離を $f_{doe}$ とする。全系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。このとき、

【 0 0 7 1 】

【数4】

$$0.35 < f_c / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 0.81 \quad \dots (1)$$

$$45 < f_{doe}/f_c < 300 \quad \dots (2)$$

【 0 0 7 2 】

なる条件を満たしている。

10

【 0 0 7 3 】

尚、各実施例において回折部とは、基板（平板又はレンズ）上に設けた1以上の回折格子をいう。又回折光学素子とは1以上の回折格子より成る回折部を基板（平板又はレンズ）上に設けた素子をいう。

【 0 0 7 4 】

又回折部の屈折力（パワー＝焦点距離の逆数） $D$ は次の如く求められる。

【 0 0 7 5 】

回折部の回折格子の形状を、基準波長（ $d$ 線）を $d$ 、光軸からの距離を $h$ 、位相を（ $h$ ）とし、

$$(h) = (2\pi / d) \cdot (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4 + \dots C_{2i} \cdot h^{2i}) \quad \dots (a) \quad 20$$

なる式で表したとき、2次項の係数 $C_2$ より、屈折力 $D$ は、

$$D = -2 \cdot C_2$$

となる。

【 0 0 7 6 】

即ち、

$$f_{doe} = -1 / (2 \cdot C_2)$$

で表される。

【 0 0 7 7 】

第3レンズ群Cを構成するレンズエレメントが、1つ以上の正レンズ及び負レンズを含まないと、1つのエレメントが担うべき収差補正の負担が大きくなる。この結果、異常分散硝子、非球面、及び回折光学素子等を用いても、上述した諸収差の悪化要因を打ち消すのが難しくなる。

30

【 0 0 7 8 】

条件式（1）は、回折光学素子を設けた第3レンズ群Cの焦点距離が、ズームレンズを特徴付ける焦点距離

【 0 0 7 9 】

【数5】

$$f_m = \sqrt{(f_w \cdot f_T)}$$

40

【 0 0 8 0 】

に対して、適切な範囲内となるように規定している。

【 0 0 8 1 】

条件式（1）の上限をはずれると、第3レンズ群Cの屈折力が弱くなりすぎ、所定のズーム比を得ようとするとズームレンズの全長が長くなる。

【 0 0 8 2 】

条件式（1）の下限をはずれると、第3レンズ群Cの屈折力が強すぎ、上述した、Fドロッポイント付近及び望遠端において球面収差が悪化し、更に、ズームによる球面収差及びハロ・コマ収差の変動を補正することが、困難となる。

【 0 0 8 3 】

50



条件式(2)は、第3レンズ群Cの中の、回折光学素子の回折部のもつパワーが、レンズ群Cの焦点距離に対して、適切なる範囲内となるように規定している。

【0084】

条件式(2)の上限を超えて、第3レンズ群Cの回折部のもつ屈折力が弱くなると、Fドロップポイント以降の望遠側において軸上色収差の補正が難しくなってくる。特に第3レンズ群Cを構成するエレメントの正レンズの硝材に、低分散、ひいては異常分散硝子を使用する必然性が生じるので良くない。

【0085】

これらの硝材はいずれも屈折率が小さく、ズーム全域に渡って上記色収差以外のズームに伴う収差の変動を補正するのが難しい。特に、条件式(1)の範囲内で適切な屈折力を与える第3レンズ群Cの構成をとることが困難となる。

【0086】

例えば、ズーム比40倍以上の高ズーム比のズームレンズにおいては、上記異常分散硝子より成るレンズを持ってしても、条件式(2)の上限を超えると、望遠端において軸上色収差の2次スペクトルの残存が多くなってくる。

【0087】

条件式(2)の下限を超えて、第3レンズ群Cに含まれる回折部の屈折力が強くなると、望遠端のみならず、全ズーム域にわたって、軸上色収差の補正が過剰となり、望ましくない。

【0088】

これらのことは、次に述べる、正レンズ、負レンズ、回折光学素子を有する光学系より一般化した事例を考慮することから理解される。

【0089】

一般に回折光学素子を含む光学系の発生する軸上色収差は、薄肉系で扱う場合には、次の式で表される。

$$L = 1 / (f_p \cdot p_e) + 1 / (f_n \cdot n_e) + 1 / (f_{doe} \cdot d_{oe}) \quad \dots (10a)$$

$$p_e = (N_{pe} - 1) / (N_{pf} - N_{pc}) \quad \dots (10b)$$

$$n_e = (N_{ne} - 1) / (N_{nf} - N_{nc}) \quad \dots (10c)$$

$$d_{oe} = e / (f - c) = -3.20 \quad \dots (10d)$$

$$1/f = 1/f_p + 1/f_n + 1/f_{doe} \quad \dots (10e)$$

ただし、

L : 軸上色収差係数

f : 光学系全系の焦点距離

f<sub>p</sub> : 光学系中の正レンズの焦点距離

f<sub>n</sub> : 光学系中の負レンズの焦点距離

f<sub>doe</sub> : 回折部の焦点距離

p<sub>e</sub> : 光学系中の正レンズの材料の分散値(アッベ数)

n<sub>e</sub> : 光学系中の負レンズの材料の分散値(アッベ数)

d<sub>oe</sub> : 回折部の材料の分散値

N<sub>pe</sub> : e線 eに対する光学系中の正レンズのレンズ光軸上での屈折率

N<sub>pf</sub> : f線 fに対する光学系中の正レンズのレンズ光軸上での屈折率

N<sub>pc</sub> : c線 cに対する光学系中の正レンズのレンズ光軸上での屈折率

N<sub>ne</sub> : e線 eに対する光学系中の負レンズのレンズ光軸上での屈折率

N<sub>nf</sub> : f線 fに対する光学系中の負レンズのレンズ光軸上での屈折率

N<sub>nc</sub> : c線 cに対する光学系中の負レンズのレンズ光軸上での屈折率

である。

【0090】

屈折光学部のみで構成される光学系では、式(10a)及び式(10e)での第3項がない。

## 【 0 0 9 1 】

一般に、軸上色収差係数 $L$ の値は小さい値が望まれるので、屈折光学部のみで構成される系では、正レンズのパワーと負レンズのパワーは、一度正レンズと負レンズの材料のアップベ数を選択すると、一意に決められる。

## 【 0 0 9 2 】

一般的には、正レンズ、負レンズのパワーが適切でないと、球面収差及び他のザイデル収差に悪影響を与えるので、正レンズと負レンズの材料のアップベ数は、適切な差分が必要である。

## 【 0 0 9 3 】

ところが、回折部を含む光学系では、式(10a)及び式(10c)から分かるように、回折部が負の大きな分散値を持つ。

10

## 【 0 0 9 4 】

故に例えば全系が正の屈折力の光学系の場合、回折部に正のパワーを持たせることで、屈折系の硝子の選択がより自由度を持つ。この結果、色収差、および球面収差に代表されるザイデル収差が最適に補正された光学系がエレメントの増加なくして実現可能となる。

## 【 0 0 9 5 】

しかし、回折部の材料の分散値は、通常硝子の分散値の範囲が15～100であるのに対して、式(10d)から分かるように、-3.2とオーダーが一桁異なり、かつ符号が負である。このことから非常に大きな逆補正能力が働き、パワーが強くなると、補正が過剰となってしまう。

20

## 【 0 0 9 6 】

さらに、ここでは $f$ 線及び $c$ 線の色補正のみを定式化しているが、各実施例の光学系では、波長が可視光領域全般に渡って使用することから、全波長に関しての色収差の補正を考慮する必要がある。

## 【 0 0 9 7 】

故に、屈折系の正レンズ、負レンズに選んだ硝子の波長特性を考慮し、さらに光学系全体の色収差及びザイデル収差のバランスを考慮した上で、回折部のパワーの全体の光学系のパワーに対する割合を最適化することが必要となる。

## 【 0 0 9 8 】

とくにズームレンズでは、ズーミングによって、レンズ群に入る光線の状態が遷移する。このため、レンズ群単体のみならず、光学系全体としての全ズーム範囲における収差のバランスを考慮する必要がある。

30

## 【 0 0 9 9 】

ゆえに、ズームレンズを構成しているレンズ群によって、その受け持つ収差分担の性格が異なってくる。

## 【 0 1 0 0 】

条件式(1)及び条件式(2)は、各実施例におけるズームレンズのズームタイプによって、回折部を含む第3レンズ群Cのパワー、及びその回折部のもつパワーを最適化したものである。

## 【 0 1 0 1 】

40

尚、ズーミングに伴う球面収差の変動、及びハロコマ収差の変動を更に抑制し、軸上色収差の補正の波長域が広がるようにするには、条件式(1)、(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

## 【 0 1 0 2 】

## 【 数 6 】

$$0.41 < f_c / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 0.80 \quad \cdots (1a)$$

$$50 < f_{doe}/f_c < 270 \quad \cdots (2a)$$

## 【 0 1 0 3 】

以上のように各実施例によれば、ポジティブリード型のズームレンズの中で、変倍用の

50

レンズ群Vよりも像面側に、変倍中物体側へ移動する第3レンズ群Cに回折光学素子を用いることで、コンパクトかつ高ズーム比で大口径なズームレンズが得られる。

【0104】

特に、Fナンバー1.5～1.8相当の大口径比かつ、ズーム比40倍以上の高ズーム比のズームレンズが得られる。

【0105】

各実施例のズームレンズにおいて、更に高ズーム比で良好なる光学性能を得るためには、以下の条件式のうち1以上を満足するのが良い。これによれば各条件式に対応した効果が得られる。

【0106】

望遠端において、第3レンズ群Cよりも像側に位置するレンズ群の横倍率を $R_T$ とする。

【0107】

第3レンズ群Cに含まれる正レンズと負レンズの材料の阿ッペ数の逆数の平均値を各々 $(1/c_p)_{ave}$ 、 $(1/c_n)_{ave}$ とする。

【0108】

第3レンズ群C中に含まれる正レンズの材料の平均値を $(ncp)_{ave}$ とする。

【0109】

第3レンズ群Cの望遠端と広角端における結像倍率を各々 $c_T$ 、 $c_W$ とする。

【0110】

回折光学素子の最大口径をDとする。このとき、

【0111】

【数7】

$$0.60 < f_c \cdot \beta_{RT} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 0.90 \quad \cdots (3)$$

【0112】

$$2 < f_{doe} / f_T < 30 \quad \cdots (4)$$

$$0.016 < (1/c_p)_{ave} < 0.030 \quad \cdots (5)$$

$$0.012 < (1/c_n)_{ave} - (1/c_p)_{ave} \quad \cdots (6)$$

$$(ncp)_{ave} > 1.60 \quad \cdots (7)$$

【0113】

【数8】

$$1.4 < |(\beta_{cW} - \beta_{cT})| / \sqrt{(\beta_{cT} \cdot \beta_{cW})} < 2.5 \quad \cdots (8)$$

【0114】

$$40 < f_{doe} / D < 250 \quad \cdots (9)$$

なる条件のうち1以上を満たすのが良い。

【0115】

次に条件式(3)～(9)の技術的な意味について説明する。

【0116】

条件式(3)の上限を超えると、第3レンズ群Cの屈折力が弱くなりすぎる、或いは第3レンズ群Cよりも像側のレンズ群の倍率(ズーム比)分担が大きくなりすぎる。この結果、第3レンズ群Cよりも像側のレンズ群の構成が複雑になり、いずれの場合もレンズ全長が大きくなるので良くない。

【0117】

また、条件式(3)の下限を超えて、第3レンズ群Cの屈折力が強くなる、或いは第3レンズ群Cより像側のレンズ群の倍率分担が小さくなると、ズーム部の収差負担が大きくなる。この結果、ズーミングに伴う収差変動の悪化、さらにズーム部の大型化を招くので良くない。

【0118】

10

20

30

40

50

条件式(4)は、回折光学素子の回折部の焦点距離と、望遠端における全系の焦点距離との比率を適切に設定したものである。

【0119】

高ズーム比のズームレンズになると、ズーミングに伴う軸上色収差の変動が多くなる。特に高ズーム比で長望遠タイプになるほど、望遠端において軸上色収差が多く発生してくる。

【0120】

条件式(4)の上限を超えて、回折部の持つ屈折力が弱くなると、望遠端において軸上色収差の補正が難しくなる。

【0121】

条件式(4)の下限を超えて、回折部の持つ屈折力が強すぎると、軸上色収差が補正過剰となり、また適切な硝材を選ぶのが困難になる。

【0122】

条件式(5)の下限を超えて、第3レンズ群C中の正レンズの材料の平均的分散が低くなると、回折部の持つパワーが弱くなる。この結果、Fドロップポイントより望遠側において軸上色収差を補正することが、難しくなる。

【0123】

さらに、低分散硝子は総じて屈折率が低い傾向にあるので、構成エレメント数の増加なくして、ズーミングに伴う球面収差やハロコマの変動の抑制が難しくなり、かつレンズ全長が増大してくる。

【0124】

条件式(5)の上限を超えて、第3レンズ群C中の正レンズの材料の平均的分散が高くなると、回折部のパワーが強くなりすぎ、ズーム全域に渡り、軸上色収差が補正過剰となってくるので良くない。

【0125】

条件式(6)、及び条件式(7)の範囲を超えると、第3レンズ群Cを構成する個々のエレメントのパワーを適切に設定するのが難しくなる。この結果、ズーミングに伴う球面収差やハロコマの変動を抑制するのが難しくなり、構成エレメント数を増加しなければならず、レンズ全長が増大してくるので良くない。

【0126】

条件式(8)は、ズーミングに伴う第3レンズ群Cの担う横倍率の範囲を規定している。特に、広角端から望遠端へのズーミングにおける第3レンズ群Cの横倍率の変化に対して、レンズ群Cが担う平均的横倍率に対する割合を適切に設定するものである。

【0127】

条件式(8)の上限を超えて、第3レンズ群Cの担う広角端から望遠端へのズーミングにおける横倍率の変化が第3レンズ群Cの担う平均的横倍率よりも大きくなると、全ズーム領域において第3レンズ群Cが担うべき収差補正能力が他のレンズ群に対して大きくなる。

【0128】

すると、第3レンズ群Cのレンズ構成が複雑化し、エレメント数を増大させないと、例えば球面収差の変動及びハロコマ収差の変動を補正することが難しくなるので良くない。

【0129】

また、条件式(8)の下限を超えて、第3レンズ群Cの担う広角端から望遠端へのズーミングにおける横倍率の変化が第3レンズ群Cの担う平均的横倍率よりも小さくなると、全ズーム領域において第3レンズ群Cが担う横倍率負担が小さくなりすぎる。この結果、その分、他のレンズ群に負担を担わせることとなる。

【0130】

そうすると、他の変倍レンズ群のストローク長が長くなり、レンズ全長が増大する。さらに他のレンズ群の収差補正の負担が増えて、他のレンズ群の構成エレメント数を増加させねばならず、この結果レンズ全長が増加してくる。

10

20

30

40

50

## 【0131】

さらに、第3レンズ群Cの収差補正の分担が小さくなり、レンズ群Cに含まれる回折部による、Fドロップポイントから望遠端にかけての軸上色収差の補正が難しくなる。

## 【0132】

条件式(9)は、回折部の回折パターンのピッチに関係するものである。

## 【0133】

条件式(9)の上限値を超えると、回折部のパワーが弱すぎるため、色収差の補正効果が少なくなる。

## 【0134】

条件式(9)の下限値を超えると、回折パターンのピッチが小さくなりすぎて、製造が困難となり、望ましくない。

10

## 【0135】

以上のように各実施例によれば回折光学素子をズームレンズ内の一部に適切に用いることにより、大口径で高ズーム比であり、かつ全ズーム範囲にわたり良好な光学性能を有する、例えばテレビカメラ、ビデオカメラ写真用カメラ等に好適なズームレンズが得られる。

## 【0136】

尚、各実施例において、更に好ましくは、条件式(3)～(9)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

## 【0137】

20

## 【数9】

$$0.65 < f_c \cdot \beta_{RT} / \sqrt{(f_W \cdot f_T)} < 0.85 \quad \cdots (3a)$$

## 【0138】

$$4 < f_{doe} / f_T < 25 \quad \cdots (4a)$$

$$0.017 < (1 / c_p)_{ave} < 0.026 \quad \cdots (5a)$$

$$0.013 < (1 / c_n)_{ave} - (1 / c_p)_{ave} \quad \cdots (6a)$$

$$(nc_p)_{ave} > 1.64 \quad \cdots (7a)$$

## 【0139】

## 【数10】

30

$$1.5 < |(\beta_{cW} - \beta_{cT})| / \sqrt{(\beta_{cT} \cdot \beta_{cW})} < 2.3 \quad \cdots (8a)$$

## 【0140】

$$50 < f_{doe} / D < 230 \quad \cdots (9a)$$

各実施例において、収差補正に際に更に好ましくは次の如く構成するのが良い。

## 【0141】

第3レンズ群Cを構成するレンズエレメントは、少なくとも3つ以上の正レンズと1つ以上の負レンズを含み、さらに回折光学素子を含むのが良い。

## 【0142】

又は第3レンズ群Cは2以上の正レンズを有し、これらの正レンズの各面のうち少なくとも1面は非球面形状とするのがよい。

40

## 【0143】

これにより、第3レンズ群Cのエレメント構成数を適切にし、第3レンズ群C内の少なくとも1面を非球面形状とすることで第3レンズ群Cのズームに伴う諸収差の変動を補正する能力を大きくしている。又、第3レンズ群Cの担う倍率負担を大きくさせることで、さらに全系がコンパクトで高ズーム比のズームレンズを達成している。

## 【0144】

回折部には、それ自体に非球面の効果を持たせても良い。各実施例の回折部の位相の式(a)において、光軸からの距離hの4乗の項の係数C4以降の高次の項に値を持たせることによって、これがなされる。

50

## 【0145】

これにより、上記で述べた、色収差以外の非球面効果に加え、回折格子による非球面効果は、波長により異なるため、特にFドロップポイントより望遠側において、球面収差の色差変動を補正することが容易になる。

## 【0146】

第3レンズ群Cの像側に開口絞りSPを有するのが良い。

## 【0147】

これは、開口絞りSPを大きな変倍作用を行うレンズ群よりも像側に置くことにより、射出瞳位置がズームングによらず、常に遠くの一定の位置に保つことが容易となる。

## 【0148】

故に、撮像部に、3板プリズムに代表される色分解系や、撮像素子に入射角度によって特性が変化するCCDやCMOSを用いるカラーカメラ等に用いる場合に、カラーシェーディングによる画質の劣化が起こりにくくなる。

## 【0149】

ここで、各実施例のズ・ムレンズで用いた回折光学素子の構成について説明する。図36は回折光学素子1の回折部の一部拡大断面図であり、基板（透明基板）2上に1つの層よりなる回折格子3を設けている。図37は、この回折光学素子1の回折効率の特性を示す図である。図37において横軸は波長を表し、縦軸は回折効率を表している。なお、回折効率は全透過光束に対する回折光の光量の割合であり、格子境界面での反射光などは説明が複雑になるのでここでは考慮していない。

## 【0150】

回折格子3の光学材料は、紫外線硬化樹脂（屈折率 $n_d = 1.513$ 、アッペ数  $d = 51.0$ ）を用い、格子厚 $d_1$ を $1.03\mu\text{m}$ と設定し、波長 $530\text{nm}$ 、+1次の回折光の回折効率が最も高くなるようにしている。すなわち設計次数が+1次で、設計波長が波長 $530\text{nm}$ である。図36中において+1次の回折光の回折効率は実線で示している。

## 【0151】

さらに、図36では設計次数近傍の回折次数（+1次±1次である0次と+2次）の回折効率も併記している。図から分かるように、設計次数での回折効率は設計波長近傍で最も高くなり、それ以外の波長では徐々に低くなる。

## 【0152】

この設計次数での回折効率の低下分が他の次数の回折光となり、フレアの要因となる。また、回折光学素子を光学系中の複数箇所に使用した場合には、設計波長以外の波長での回折効率の低下は透過率の低下にもつながることになる。

## 【0153】

次に、異なる材料よりなる複数の回折格子を積層した積層型の回折光学素子について説明する。図37は積層型の回折光学素子1の一部拡大断面図であり、図39は図38に示す回折光学素子の+1次の回折光の回折効率の波長依存性を表す図である。図38の回折光学素子では、基板102上に紫外線硬化樹脂（屈折率 $n_d = 1.499$ 、アッペ数  $d = 54$ ）からなる第1の回折格子104を形成している。更にその上に第2の回折格子105（屈折率 $n_d = 1.598$ 、アッペ数  $d = 28$ ）を形成している。この材料の組み合わせにおいて、第1の回折格子104の格子厚 $d_1$ は $d_1 = 13.8\mu\text{m}$ 、第2の回折格子105の格子厚 $d_2$ は $d_2 = 10.5\mu\text{m}$ としている。

## 【0154】

図39からも分かるように、積層構造の回折格子を備えた回折光学素子にすることで、設計次数の回折光において使用波長全域（ここでは可視域）で95%以上という高い回折効率を得ている。

## 【0155】

なお、前述の積層構造の回折光学素子としては、回折格子を構成する材料を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材等も使用でき、基材によっては第1の

10

20

30

40

50

層を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、図40に示すように材料の組み合わせによっては2つの層104と105の格子厚を等しくしても良い。この場合は表面に格子形状が形成されないことになるので、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。更には2つの回折格子104と105を必ずしも密着させる必要はなく、空気層を隔てて2つの回折格子の層を配置しても良い。

#### 【0156】

以下に本発明の数値実施例1～5を示す。各数値実施例において、 $i$ は物体側からの面の順序を示し、 $R_i$ は物体側より第 $i$ 番目の面の曲率半径、 $D_i$ は物体側より第 $i$ 番目と第 $i+1$ 番目の間隔、 $N_i$ と $n_i$ は第 $i$ 番目の光学部材の屈折率とアッペ数である。 $f$ 、 $f_{no}$ 、 $2\theta$ はそれぞれ無限遠物体に焦点を合わせたときの全系の焦点距離、Fナンバー、画角を表している。

10

#### 【0157】

最後の2つの面は、フィルター等のガラスブロックである。

#### 【0158】

非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正、 $R$ を近軸曲率半径、 $k$ を離心率、 $A, B, C, D, E$ を各々非球面係数としたとき、

$$X = \left( \frac{1}{R} \right) H^2 / \left( 1 + \left( 1 - \left( 1 + k \right) \left( H / R \right)^2 \right)^{1/2} \right) + AH^4 + BH^6 + CH^8 + DH^{10} + EH^{12}$$

なる式で表している。

#### 【0159】

20

回折光学面（回折面）は前述の位相関数、

$$(h) = \left( \frac{2\pi}{d} \right) \cdot (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4 + \dots + C_{2i} \cdot h^{2i})$$

の位相係数を与えることで表している。

#### 【0160】

また、例えば「E-z」の表示は「 $10^{-z}$ 」を意味する。

#### 【0161】

そして、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

#### 【0162】

### 数値実施例1

30

$$f = 10 \sim 364.50 \sim 810.0 \quad f_{no} = 1:1.8 \sim 1.8 \sim 4.4 \quad 2\theta = 57.6^\circ \sim 1.73^\circ \sim 0.78^\circ$$

R 1 = 636.561	D 1 = 17.71	N 1 = 1.496999	1 = 81.5
R 2 = -785.554	D 2 = 1.09		
R 3 = -689.863	D 3 = 5.44	N 2 = 1.799516	2 = 42.2
R 4 = 388.625	D 4 = 1.46		
R 5 = 445.258	D 5 = 19.96	N 3 = 1.433870	3 = 95.1
R 6 = -696.109	D 6 = 22.84		
R 7 = 304.196	D 7 = 22.87	N 4 = 1.433870	4 = 95.1
R 8 = -1622.992	D 8 = 0.27		
R 9 = 298.792	D 9 = 15.78	N 5 = 1.433870	5 = 95.1
R 10 = 2178.982	D 10 = 2.63		
R 11 = 202.971	D 11 = 12.27	N 6 = 1.496999	6 = 81.5
R 12 = 373.292	D 12 = (可変)		
R 13 = 252.238	D 13 = 2.00	N 7 = 1.816000	7 = 46.6
R 14 = 63.372	D 14 = 7.36		
R 15 = -269.104	D 15 = 1.90	N 8 = 1.754998	8 = 52.3
R 16 = 105.411	D 16 = 5.94		
R 17 = -114.214	D 17 = 1.90	N 9 = 1.754998	9 = 52.3

40

50

R18 = 58.208	D18 = 10.32	N10 = 1.922864	10 = 21.3	
R19 = -131.561	D19 = 6.15			
R20 = -89.028	D20 = 2.21	N11 = 1.882997	11 = 40.8	
R21 = 195.263	D21 = ( 可変 )			
R22 = 598.599	D22 = 12.32	N12 = 1.754998	12 = 52.3	
*R23 = -129.129	D23 = 0.20			
R24 = 115.935	D24 = 13.86	N13 = 1.754998	13 = 52.3	
R25 = -419.502	D25 = 0.20			
R26 = -3075.713	D26 = 2.50	N14 = 1.805181	14 = 25.4	
*R27 = 65.293 ( 回折面 )	D27 = 13.65	N15 = 1.518229	15 = 58.9	10
R28 = 319.451	D28 = 0.20			
R29 = 117.500	D29 = 7.61	N16 = 1.754998	16 = 52.3	
R30 =	D30 = ( 可変 )			
R31 = ( 絞リ )	D31 = 4.50			
R32 = -127.457	D32 = 1.80	N17 = 1.816000	17 = 46.6	
R33 = 47.118	D33 = 0.20			
R34 = 35.662	D34 = 5.26	N18 = 1.808095	18 = 22.8	
R35 = 132.723	D35 = 5.59			
R36 = -51.547	D36 = 2.00	N19 = 1.882997	19 = 40.8	
R37 = 304.498	D37 = 30.37	N20 = 1.805181	20 = 25.4	20
R38 = -292.754	D38 = 5.72			
R39 = 194.200	D39 = 8.10	N21 = 1.620411	21 = 60.3	
R40 = -108.683	D40 = 0.20			
R41 = -3217.509	D41 = 2.10	N22 = 1.834000	22 = 37.2	
R42 = 46.615	D42 = 9.18	N23 = 1.570989	23 = 50.8	
R43 = -46.524	D43 = 0.20			
R44 = 224.229	D44 = 8.84	N24 = 1.487490	24 = 70.2	
R45 = -34.862	D45 = 2.10	N25 = 1.834000	25 = 37.2	
R46 = -149.334	D46 = 0.20			
R47 = 102.481	D47 = 6.35	N26 = 1.620411	26 = 60.3	30
R48 = -1068.223	D48 = 2.00			
R49 =	D49 = 55.50	N27 = 1.516330	27 = 64.2	
R50 =	D50 = 10.00			

\ 焦点距離	10.00	364.50	810.00
可変間隔 \			
D12	1.54	171.30	180.07
D21	270.64	42.44	5.64
D30	2.00	60.43	88.46

40

## 非球面係数

R23 k=-6.40628e-01 A=4.13359e-08 B=-1.329064e-11 C=2.44920e-14 D=-1.352975e-17  
E=2.700298e-21

## 位相係数

R27 C2= - 4.94527e-05 C4=-3.27643E-09

## 数値実施例2

f = 15 ~ 554.7 ~ 1500.0 fno=1:2.7 ~ 2.7 ~ 7.3 2 = 40.3 ° ~ 1.14 ° ~ 0.42 °

50



R 1 = 732.442	D 1 = 16.88	N 1 = 1.455999	1 = 90.3	
R 2 = -848.118	D 2 = 1.00			
R 3 = -871.969	D 3 = 5.40	N 2 = 1.799516	2 = 42.2	
R 4 = 392.340	D 4 = 1.45			
R 5 = 431.585	D 5 = 23.00	N 3 = 1.433870	3 = 95.1	
R 6 = -666.922	D 6 = 26.12			
R 7 = 322.326	D 7 = 24.22	N 4 = 1.433870	4 = 95.1	
R 8 = -1119.399	D 8 = 0.20			
R 9 = 263.932	D 9 = 15.96	N 5 = 1.433870	5 = 95.1	10
R10 = 1028.858	D10 = 5.42			
R11 = 180.743	D11 = 12.63	N 6 = 1.438750	6 = 95.0	
R12 = 320.860	D12 = ( 可変 )			
R13 = 331.323	D13 = 1.90	N 7 = 1.816000	7 = 46.6	
R14 = 48.321	D14 = 6.54			
R15 = -171.948	D15 = 1.80	N 8 = 1.754998	8 = 52.3	
R16 = 292.976	D16 = 4.25			
R17 = -73.837	D17 = 1.80	N 9 = 1.754998	9 = 52.3	
R18 = 61.998	D18 = 9.03	N10 = 1.922864	10 = 21.3	
R19 = -85.033	D19 = 5.00			20
R20 = -68.686	D20 = 2.00	N11 = 1.882997	11 = 40.8	
R21 = 255.319	D21 = ( 可変 )			
R22 = -1563.791	D22 = 10.45	N12 = 1.729157	12 = 54.7	
*R23 = -98.929	D23 = 0.20			
R24 = 113.29709	D24 = 13.00	N13 = 1.729157	12 = 54.7	
R25 = -340.998	D25 = 0.20			
R26 = 422.049	D26 = 2.50	N14 = 1.834000	14 = 37.2	
R27 = 277.876	D27 = 4.67			
R28 = -549.895	D28 = 2.50	N15 = 1.805181	15 = 25.4	
*R29 = 75.693 ( 回折面 )	D29 = 10.00	N16 = 1.518229	16 = 58.9	30
R30 = 463.705	D30 = 1.19			
*R31 = 119.003	D31 = 10.55	N17 = 1.729157	17 = 54.7	
R32 = -320.812	D32 = ( 可変 )			
R33 = ( 絞り )	D33 = 4.50			
R34 = -254.227	D34 = 1.80	N18 = 1.816000	18 = 46.6	
R35 = 53.410	D35 = 0.20			
R36 = 34.907	D36 = 5.05	N19 = 1.846660	19 = 23.8	
R37 = 79.500	D37 = 4.28			
R38 = -64.975	D38 = 4.00	N20 = 1.834807	20 = 42.7	
R39 = 650.598	D39 = 31.11	N21 = 1.784723	21 = 25.7	40
R40 = -295.709	D40 = 9.79			
R41 = 191.683	D41 = 2.10	N22 = 1.800999	22 = 35.0	
R42 = 35.367	D42 = 6.86	N23 = 1.548141	23 = 45.8	
R43 = 348.360	D43 = 2.00			
R44 = 900.885	D44 = 2.10	N24 = 1.834000	24 = 37.2	
R45 = 487.452	D45 = 7.61	N25 = 1.516330	25 = 64.1	
R46 = -39.554	D46 = 1.00			
R47 = 118.711	D47 = 2.10	N26 = 1.834000	26 = 37.2	
R48 = 19.267	D48 = 9.73	N27 = 1.581439	27 = 40.8	
R49 = -134.021	D49 = 2.00			50

R50 =                      D50 = 55.50              N28 = 1.516330              28 = 64.2  
 R51 =                      D51 = 10.03

    \ 焦点距離    15.00      554.74      1500.90  
 可変間隔 \  
     D12              1.21      172.13    182.37  
     D21              270.80      46.55      3.71  
     D30              2.00      55.33      87.94

## 非球面係数

10

R23 k=-5.51466e-01 A=1.17385e-07 B=-8.83532e-11 C=9.55676e-14 D=-5.02750e-17  
 E=9.89178e-21

R31 k=1.44496e-00 A=-5.12701e-08 B=-4.65349e-11 C=-1.41868e-14 D=1.17090e-17 E=  
 -3.63982e-21

## 位相係数

R29 C2= - 8.88573e-05 C4=4.18896E-09

## 数值实施例3

20

f = 14    ~    554.5    ~    1643.1    fno=1:2.7 ~ 2.7 ~ 8.0    2 = 42.9 ° ~ 1.14 ° ~ 0.38 °

R 1 = 1502.957	D 1 = 13.07	N 1 = 0.438750	1 = 95.0	
R 2 = -741.381	D 2 = 0.20			
R 3 = -1105.368	D 3 = 5.20	N 2 = 1.785896	2 = 44.2	
R 4 = 358.543	D 4 = 3.42			
R 5 = 360.328	D 5 = 27.76	N 3 = 1.438750	3 = 95.0	
R 6 = -607.262	D 6 = 42.93			
R 7 = 355.995	D 7 = 22.00	N 4 = 1.433870	4 = 95.1	
R 8 = -1855.435	D 8 = 0.20			30
R 9 = 264.441	D 9 = 18.59	N 5 = 1.433870	5 = 95.1	
R10 = 1257.725	D10 = 1.30			
R11 = 195.503	D11 = 11.26	N 6 = 1.438750	6 = 95.0	
R12 = 319.684	D12 = ( 可変 )			
R13 = 170.508	D13 = 3.00	N 7 = 1.882997	7 = 40.8	
R14 = 78.639	D14 = 3.38			
R15 = 267.414	D15 = 2.00	N 8 = 1.882997	8 = 40.8	
R16 = 52.235	D16 = 6.95			
R17 = -71.744	D17 = 2.00	N 9 = 1.754998	9 = 52.3	
R18 = 49.691	D18 = 7.96	N10 = 1.922864	10 = 21.3	40
R19 = -111.852	D19 = 3.00			
R20 = -77.509	D20 = 2.00	N11 = 1.882997	11 = 40.8	
R21 = 208.570	D21 = ( 可変 )			
R22 = 98.603	D22 = 15.56	N12 = 1.754998	12 = 52.3	
*R23 = -328.401	D23 = 0.20			
*R24 = 109.902	D24 = 9.65	N13 = 1.754998	13 = 52.3	
R25 = 2642.330	D25 = 3.00	N14 = 1.922864	14 = 21.3	
*R26 = 82.746 ( 回折面 )	D26 = 11.59			
*R27 = 70.068	D27 = 12.15	N15 = 1.772499	15 = 49.6	
R28 =	D28 = ( 可変 )			50

R29 = ( 絞リ )	D29 = 2.50		
R30 = -176.042	D30 = 1.40	N16 = 1.816000	16 = 46.6
R31 = 44.060	D31 = 0.20		
R32 = 40.178	D32 = 5.56	N17 = 1.808095	17 = 22.8
R33 = 130.012	D33 = 14.09		
R34 = -152.199	D34 = 1.80	N18 = 1.772499	18 = 49.6
R35 = 152.6558	D35 = 30.00	N19 = 1.805150	19 = 25.5
R36 = -166.079	D36 = 7.50		
R37 = 507.804	D37 = 1.60	N20 = 1.800999	20 = 35.0
R38 = 36.107	D38 = 5.00	N21 = 1.548141	21 = 45.8
R39 = -60.145	D39 = 0.96		
R40 = -44.582	D40 = 1.60	N22 = 1.800999	22 = 35.0
R41 = 31.681	D41 = 7.12	N23 = 1.548141	23 = 45.8
R42 = -35.652	D42 = 0.20		
R43 = -174.367	D43 = 7.26	N24 = 1.516330	24 = 64.1
R44 = -30.934	D44 = 1.60	N25 = 1.761821	25 = 26.5
R45 = -39.287	D45 = 2.00		
R46 =	D46 = 55.0	N26 = 1.516330	26 = 64.1
R47 =	D47 = 10.03		

10

20

\ 焦点距離	14.00	554.53	1643.06
可変間隔 \			
D12	2.99	193.08	204.87
D21	291.73	48.95	1.34
D30	2.36	55.04	90.87

## 非球面係数

R23 k=1.99854e01 A=-2.786933e-07 B=1.258369e-10 C=4.086102e-14 D=-3.151543e-17  
E=5.188322e-21

R24 k=-4.274656-e02 A=9.714818e-09 B=-1.189069e-11 C=8.082837e-15  
D=1.245779e-17 E=-7.281496e-21

30

R27 k=-2.487025e00 A=-8.665634e-08 B=-1.193962e-11 C=2.378192e-14  
D=-4.438134e-17 E=1.111859e-20

## 位相係数

R26 C2= -1.008065e-04 C4=-9.722618E-09 C6=2.261079E-11 C8=-1.055741E-14

## 数値実施例4

f = 8.0 ~ 380.8 ~ 846.2 fno=1:1.8 ~ 1.8 ~ 4 2 =69.0 ° ~ 3.3 ° ~ 0.74 °

40

R 1 = 693.192	D 1 = 29.01	N = 1.455999	= 90.3
R 2 = -872.683	D 2 = 4.00		
R 3 = -741.718	D 3 = 6.00	N = 1.799516	= 42.2
R 4 = 418.026	D 4 = 4.00		
R 5 = 505.043	D 5 = 29.59	N = 1.433870	= 95.1
R 6 = -709.888	D 6 = 20.95		
R 7 = 328.606	D 7 = 28.19	N = 1.433870	= 95.1
R 8 = -1528.012	D 8 = 0.30		
R 9 = 319.313	D 9 = 17.05	N = 1.433870	= 95.1
R10 = 2429.941	D10 = 2.80		

50

R11	=	212.833	D11	=	12.95	N	=	1.496999	=	81.5	
R12	=	403.685	D12	=	(可変)						
R13	=	386.869	D13	=	2.00	N	=	1.816000	=	46.6	
R14	=	55.858	D14	=	7.31						
R15	=	443.443	D15	=	1.90	N	=	1.754998	=	52.3	
R16	=	91.399	D16	=	6.08						
R17	=	-208.967	D17	=	1.90	N	=	1.754998	=	52.3	
R18	=	45.369	D18	=	10.76	N	=	1.922864	=	21.3	
R19	=	-246.238	D19	=	5.96						
R20	=	-84.151	D20	=	2.21	N	=	1.882997	=	40.8	10
R21	=	173.862	D21	=	(可変)						
R22	=	327.936	D22	=	9.99	N	=	1.754998	=	52.3	
*R23	=	-123.558	D23	=	0.20						
*R24	=	110.777 (回折面)	D24	=	9.81	N	=	1.638539	=	55.4	
R25	=	-372.956	D25	=	0.20						
R26	=	-647.051	D26	=	2.40	N	=	1.805181	=	25.4	
R27	=	68.834	D27	=	12.61	N	=	1.487490	=	70.2	
R28	=	544.713	D28	=	0.20						
R29	=	105.526	D29	=	11.55	N	=	1.754998	=	52.3	
R30	=		D30	=	(可変)						20
R31	=	(絞り)	D31	=	4.50						
R32	=	-134.837	D32	=	1.80	N	=	1.816000	=	46.6	
R33	=	42.318	D33	=	0.20						
R34	=	33.556	D34	=	4.05	N	=	1.808095	=	22.8	
R35	=	113.071	D35	=	4.61						
R36	=	-47.922	D36	=	2.00	N	=	1.882997	=	40.8	
R37	=	70.233	D37	=	34.01	N	=	1.805181	=	25.4	
R38	=	-271.103	D38	=	12.81						
R39	=	153.098	D39	=	8.00	N	=	1.620411	=	60.3	
R40	=	-73.150	D40	=	0.20						30
R41	=	-192.611	D41	=	2.10	N	=	1.834000	=	37.2	
R42	=	50.793	D42	=	7.56	N	=	1.570989	=	50.8	
R43	=	-47.306	D43	=	0.50						
R44	=	551.944	D44	=	6.94	N	=	1.487490	=	70.2	
R45	=	-34.379	D45	=	2.10	N	=	1.834000	=	37.2	
R46	=	-154.409	D46	=	0.40						
R47	=	60.113	D47	=	4.21	N	=	1.620411	=	60.3	
R48	=	-1068.223	D48	=	2.00						
R49	=		D49	=	55.50	N	=	1.516330	=	64.2	
R50	=		D50	=	9.59						40

\ 焦点距離	8.00	380.80	846.22
可変間隔 \			
D12	2.00	192.40	200.74
D21	288.39	38.59	2.50
D30	2.50	61.89	89.65

非球面係数

R23 k=-6.40628e-01 A=4.62912e-08 B=-1.606629e-11 C=3.093256e-14  
D=-1.900218e-17 E=4.089840e-21

## 位相係数

R24 C2= - 3.20000e-05 C4=-2.611598E-09

## 数値実施例5

f = 10 ~ 257.23 ~ 440.00 fno=1:1.75 ~ 1.75 ~ 3.0 2 =57.6 ° ~ 2.4 ° ~ 1.43 °

R 1	=	367.172	D 1	=	5.50	N	=	1.717362	=	29.5	
R 2	=	177.622	D 2	=	0.20						
R 3	=	177.027	D 3	=	20.66	N	=	1.433870	=	95.1	10
R 4	=	-789.822	D 4	=	0.30						
R 5	=	175.986	D 5	=	19.46	N	=	1.433870	=	95.1	
R 6	=	-17084.408	D 6	=	0.30						
R 7	=	140.587	D 7	=	13.26	N	=	1.496999	=	81.5	
R 8	=	320.763	D 8	=	( 可変 )						
R 9	=	-400.153	D 9	=	2.00	N	=	1.882997	=	40.8	
R10	=	49.572	D10	=	7.50						
R11	=	-175.956	D11	=	1.80	N	=	1.754998	=	52.3	
R12	=	66.685	D12	=	5.47						
R13	=	-69.295	D13	=	1.80	N	=	1.772499	=	49.6	20
R14	=	47.661	D14	=	7.70	N	=	1.922864	=	21.3	
R15	=	-224.348	D15	=	( 可変 )						
R16	=	774.231	D16	=	6.12	N	=	1.701536	=	41.2	
*R17	=	-106.451	D17	=	0.30						
R18	=	96.006	D18	=	2.50	N	=	1.784723	=	25.7	
R19	=	50.918	D19	=	13.86	N	=	1.670029	=	47.2	
R20	=	-262.819	D20	=	0.20						
*R21	=	313.147 ( 回折面 )	D21	=	14.98	N	=	1.603420	=	38.0	
R22	=	-54.602	D22	=	2.50	N	=	1.846660	=	23.8	
R23	=	523.068	D23	=	0.20						30
R24	=	206.353	D24	=	9.62	N	=	1.701536	=	41.2	
R25	=	-114.998	D25	=	( 可変 )						
R26	=	( 絞り )	D26	=	1.44						
R27	=	-43.145	D27	=	1.80	N	=	1.785896	=	44.2	
R28	=	20.613	D28	=	4.37	N	=	1.805181	=	25.4	
R29	=	57.648	D29	=	6.58						
R30	=	-27.058	D30	=	1.60	N	=	1.729157	=	54.7	
R31	=	31.702	D31	=	12.34	N	=	1.603420	=	38.0	
R32	=	-27.060	D32	=	25.36						
R33	=	-480.705	D33	=	7.60	N	=	1.516330	=	64.1	40
R34	=	-36.580	D34	=	0.20						
R35	=	-350.545	D35	=	1.98	N	=	1.804000	=	46.6	
R36	=	35.497	D36	=	9.00	N	=	1.516330	=	64.1	
R37	=	-52.453	D37	=	1.10						
R38	=	-139.614	D38	=	7.29	N	=	1.548141	=	45.8	
R39	=	-32.513	D39	=	2.20	N	=	1.805181	=	25.4	
R40	=	-108.641	D40	=	0.20						
R41	=	41.444	D41	=	6.48	N	=	1.517417	=	52.4	
R42	=	-402.002	D42	=	5.00						
R41	=		D43	=	50	N	=	1.516330	=	64.1	50

R44 = D44 = 13.37

＼ 焦点距離	10.00	257.23	440.00
可変間隔			
D08	3.42	116.95	122.43
D15	177.13	20.68	1.17
D25	7.00	49.92	63.96

非球面係数

R17 k=0.00 A=5.05886e-08 B=4.200354e-12 C=1.786641e-14 D=-4.343274e-17 E=0.0

10

位相係数

R21 C2= - 1.628406e-04 C4= 3.424814E-08

【 0 1 6 3 】

【 表 1 】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
(1)	0.750	0.433	0.429	0.790	0.784
(2)	149.788	86.569	76.308	240.385	59.048
(3)	0.781	0.785	0.775	0.762	0.822
(4)	12.482	3.751	3.019	18.464	6.978
(5)	0.019	0.018	0.019	0.018	0.024
(6)	0.021	0.015	0.028	0.022	0.017
(7)	1.696	1.676	1.761	1.658	1.669
(8)	2.021	2.111	2.241	2.202	1.730
(9)	137.849	73.215	65.627	218.838	52.219

20

30

【 0 1 6 4 】

次に各実施例における第3レンズ群Cの構成の特徴について説明する。

【 0 1 6 5 】

図1の実施例1の、第3レンズ群Cは、物体側から像側へ順に、正レンズ(G1)、正レンズ(G2)、負レンズG3と正レンズG4の張り合わせレンズ群、正レンズ(G5)の4群5枚から構成されている。回折部は、張り合わせ面(27面)に形成されている。

【 0 1 6 6 】

また、正レンズG1の像側の面は、非球面形状である。

40

【 0 1 6 7 】

図8の実施例2の、レンズ群Cは、物体側から、像側へ順に、正レンズ(G1)、正レンズ(G2)、負レンズ(G3)、負レンズ(G4)と正レンズ(G5)の張り合わせレンズ群、正レンズ(G6)の5群6枚から構成されている。回折部は、負レンズG4と正レンズG5の張り合わせ面(29面)に形成されている。

【 0 1 6 8 】

また、正レンズG1の像側の面、及び正レンズG6の物体側の面は、非球面形状である。

【 0 1 6 9 】

図15の実施例3の第3レンズ群Cは、物体側から、像側へ順に、正レンズ(G1)、

50

正レンズ（G 2）と負レンズ（G 3）の張り合わせレンズ群、正レンズ（G 4）の 3 群 4 枚から構成されている。回折部は、負レンズ G 3 の像側の面（2 6 面）に形成されている。

【0 1 7 0】

また、正レンズ G 1 の像側の面、正レンズ G 2 の像側の面、及び正レンズ G 4 の物体側の面は、非球面形状である。

【0 1 7 1】

図 2 2 の実施例 4 のレンズ群 C は、物体側から、像側へ順に、正レンズ（G 1）、正レンズ（G 2）、負レンズ（G 3）と正レンズ（G 4）の張り合わせレンズ群、正レンズ（G 5）の 4 群 5 枚から構成されている。回折部は、正レンズ G 2 の物体側の面（2 4 面）に形成されている。

10

【0 1 7 2】

また、正レンズ G 2 の像側の面は、非球面形状である。

【0 1 7 3】

図 2 9 の実施例 5 の、第 3 レンズ群 C は、物体側から、像側へ順に、正レンズ（G 1）、負レンズ（G 2）と正レンズ（G 3）の張り合わせ群、正レンズ（G 4）と負レンズ（G 5）の張り合わせレンズ群、正レンズ（G 6）の 4 群 6 枚から構成されている。回折部は、正レンズ G 4 の物体側の面（2 1 面）に形成されている。

【0 1 7 4】

また、正レンズ G 1 の像側の面は、非球面形状である。

20

【0 1 7 5】

いずれの実施例においても、第 3 レンズ群 C 内の正レンズの材料に比較的、高分散硝子を用いているにもかかわらず、広角端から望遠端まで色収差が良好に補正されている。

【0 1 7 6】

これは、回折部の逆分散性による色消し作用の効果であり、また正レンズが比較的高屈折率の屈折率を用いていること、及び非球面作用により、球面収差及びハロコマ収差の変動が少なく適切に補正されていることがわかる。

【0 1 7 7】

また、回折部は、いずれも像面側に凸を向けた面に施されている。

【0 1 7 8】

こうすることで、回折部に入る入射角度を小さくすることで、回折効率の低下、及びフレアーの影響を小さくしている。

30

【0 1 7 9】

さらに、第 3 レンズ群 C において、回折部よりも、物体側に正レンズがある。

【0 1 8 0】

このことで、回折部に入る光線の入射角度の分布を小さくでき、ズーム全域に渡って回折効率がよいズームレンズを実現している。

【0 1 8 1】

また、いずれの実施例においても、非球面を利用している。

【0 1 8 2】

これは、回折部による正レンズが比較的高屈折率の材料を用いていることの効果、及び回折部による非球面作用に加え、非球面を加えることで、より球面収差及びハロコマ収差の変動が少ない、ズームレンズを実現している。

40

【0 1 8 3】

実施例 1 は、広角端の画角が  $57^\circ$ 、望遠端の画角が  $0.78^\circ$  のズーム比 8.1 のズームレンズである。

【0 1 8 4】

実施例 2 は、ズーム比 10.0 と大きくすると共に、望遠端の画角を  $0.42^\circ$  と小さくしたズームレンズである。

【0 1 8 5】

50

実施例 3 は、望遠端における画角が  $0.38^\circ$ 、ズーム比 1.17 のズームレンズである。

【0186】

実施例 4 は、広角端の画角が  $69^\circ$  とより大きくし、ズーム比 1.05 のズームレンズである。

【0187】

実施例 5 は、ズーム比 4.4 倍のズームレンズである。

【0188】

図 41 は各実施例のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置（テレビカメラシステム）の要部概略図である。図 41 において 101 は実施例 1 ~ 5 のいずれか 1 つのズームレンズである。124 はカメラである。ズームレンズ 101 はカメラ 124 に対して着脱可能になっている。125 はカメラ 124 にズームレンズ 101 を装着することにより構成される撮像装置である。

10

【0189】

ズームレンズ 101 は第 1 レンズ群 F、変倍部 LZ、結像用の第 4 レンズ群 R を有している。レンズ群 F は合焦用レンズ群が含まれている。変倍部 LZ は変倍の為に光軸上を移動する第 2 レンズ群 V と、変倍に伴う像面変動を補正する為に光軸上を移動する第 3 レンズ群 C が含まれている。

【0190】

SP は開口絞りである。第 4 レンズ群 R はレンズ群 105 と、光路中より挿抜可能なガラスブロック 106、レンズ群 107 を有している。

20

【0191】

EX はエクステンダーであり、ガラスブロック 106 と入れ替わることによりズームレンズ 101 の全系の焦点距離範囲が遷移するレンズユニットである。114、115 は、各々レンズ群 F、変倍部 LZ を光軸方向に駆動するヘリコイドやカム等の駆動機構である。

【0192】

116 ~ 118 は駆動機構 114、115 及び開口絞り SP を電動駆動するモータ（駆動手段）である。

【0193】

30

119 ~ 121 は、第 1 レンズ群 F、変倍部 LZ の光軸上の位置や、開口絞り SP の絞り径を検出する為のエンコーダやポテンシオメータ、あるいはフォトセンサ等の検出器である。

【0194】

カメラ 124 において、109 はカメラ 124 内の光学フィルタや色分解プリズムに相当するガラスブロック、110 はズームレンズ 101 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。

【0195】

また、111、122 はカメラ 124 及びズームレンズ本体 101 の各種の駆動を制御する CPU である。

40

【0196】

このように本発明のズームレンズをテレビカメラに適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

【図面の簡単な説明】

【0197】

【図 1】数値実施例 1 の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図

【図 2】数値実施例 1 の物体距離無限遠時、広角端における縦収差図

【図 3】数値実施例 1 の物体距離無限遠時、広角端における横収差図

【図 4】数値実施例 1 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける縦収差図

【図 5】数値実施例 1 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける横収差図

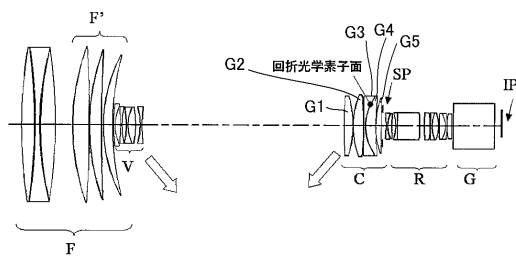
50



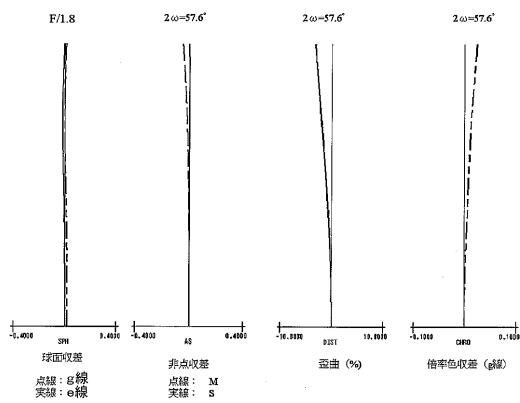
【図 6】数値実施例 1 の物体距離無限遠時、望遠端における縦収差図	
【図 7】数値実施例 1 の物体距離無限遠時、望遠端における横収差図	
【図 8】数値実施例 2 の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図	
【図 9】数値実施例 2 の物体距離無限遠時、広角端における縦収差図	
【図 10】数値実施例 2 の物体距離無限遠時、広角端における横収差図	
【図 11】数値実施例 2 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける縦収差図	
【図 12】数値実施例 2 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける横収差図	
【図 13】数値実施例 2 の物体距離無限遠時、望遠端における縦収差図	
【図 14】数値実施例 2 の物体距離無限遠時、望遠端における横収差図	
【図 15】数値実施例 3 の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図	10
【図 16】数値実施例 3 の物体距離無限遠時、広角端における縦収差図	
【図 17】数値実施例 3 の物体距離無限遠時、広角端における横収差図	
【図 18】数値実施例 3 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける縦収差図	
【図 19】数値実施例 3 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける横収差図	
【図 20】数値実施例 3 の物体距離無限遠時、望遠端における縦収差図	
【図 21】数値実施例 3 の物体距離無限遠時、望遠端における横収差図	
【図 22】数値実施例 4 の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図	
【図 23】数値実施例 4 の物体距離無限遠時、広角端における縦収差図	
【図 24】数値実施例 4 の物体距離無限遠時、広角端における横収差図	
【図 25】数値実施例 4 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける縦収差図	20
【図 26】数値実施例 4 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける横収差図	
【図 27】数値実施例 4 の物体距離無限遠時、望遠端における縦収差図	
【図 28】数値実施例 4 の物体距離無限遠時、望遠端における横収差図	
【図 29】数値実施例 5 の物体距離無限遠時におけるレンズ断面図	
【図 30】数値実施例 5 の物体距離無限遠時、広角端における縦収差図	
【図 31】数値実施例 5 の物体距離無限遠時、広角端における横収差図	
【図 32】数値実施例 5 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける縦収差図	
【図 33】数値実施例 5 の物体距離無限遠時、F ドロップポイントにおける横収差図	
【図 34】数値実施例 5 の物体距離無限遠時、望遠端における縦収差図	
【図 35】数値実施例 5 の物体距離無限遠時、望遠端における横収差図	30
【図 36】単層構造の回折光学素子の断面図	
【図 37】単層構造の回折光学素子の回折効率の説明図	
【図 38】積層構造の回折光学素子の断面図	
【図 39】構造の回折光学素子の回折効率の説明図	
【図 40】構造の回折光学素子の断面図	
【図 41】本発明の撮像装置の説明図	
【符号の説明】	
【 0 1 9 8 】	
F 変倍時固定の、最も物体側に位置する正の屈折力のレンズ群	
F' フォーカス群	40
V 変倍時可動の負の屈折力のレンズ群	
C 変倍時可動の回折光学素子を含む正の屈折力のレンズ群	
R 結像のためのレンズ群	
S P 開口絞り	
G 色分解プリズムや光学フィルター	
I P 像面	
S サジタル像面	
M メリディオナル像面	
g g 線	
e e 線	50

半画角

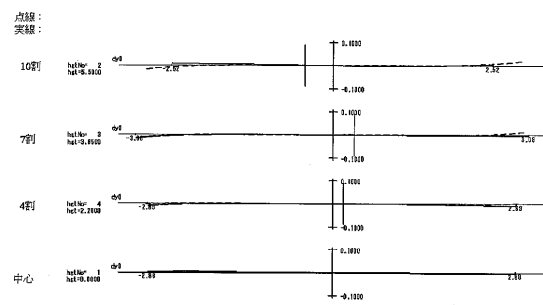
【図 1】



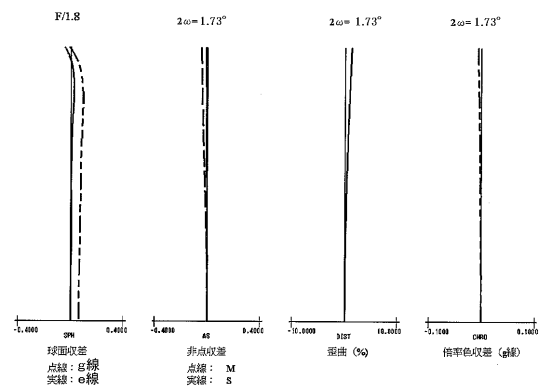
【図 2】



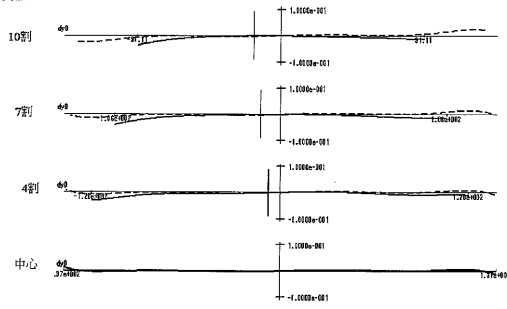
【図 3】



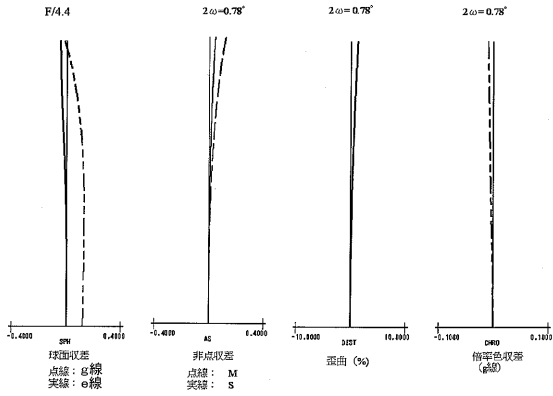
【図 4】



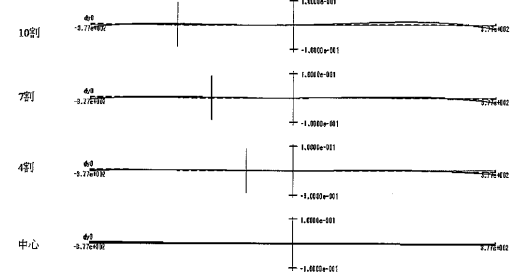
【図 5】

点線: S  
実線: M

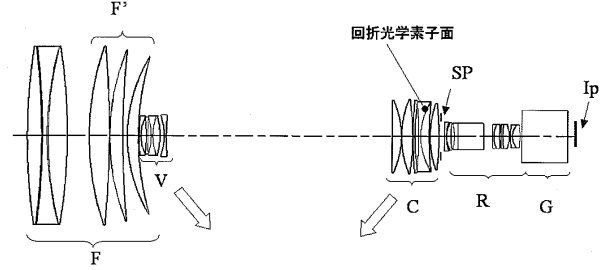
【図 6】



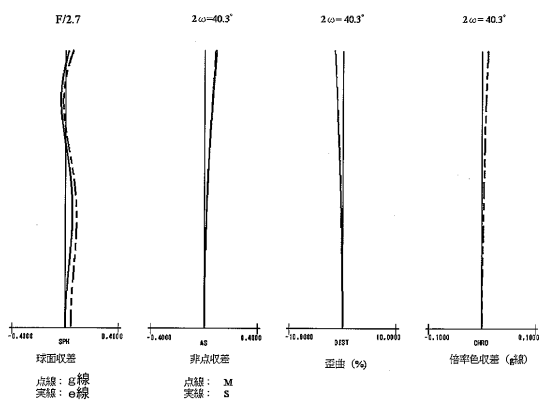
【図 7】

点線: S  
実線: M

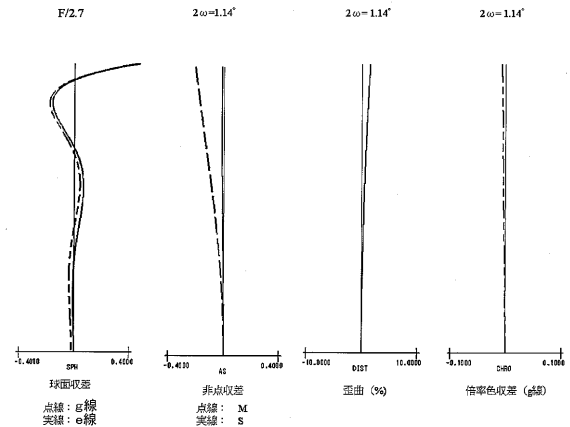
【図 8】



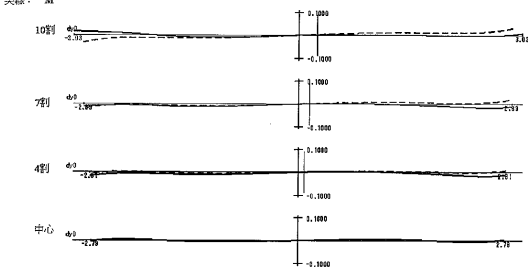
【図 9】



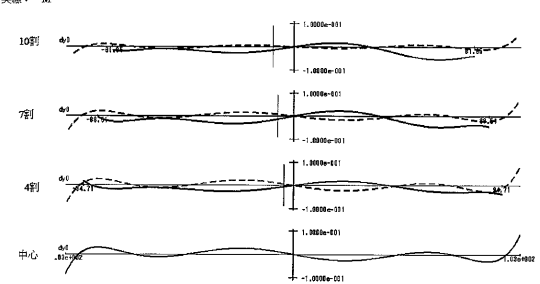
【図 11】



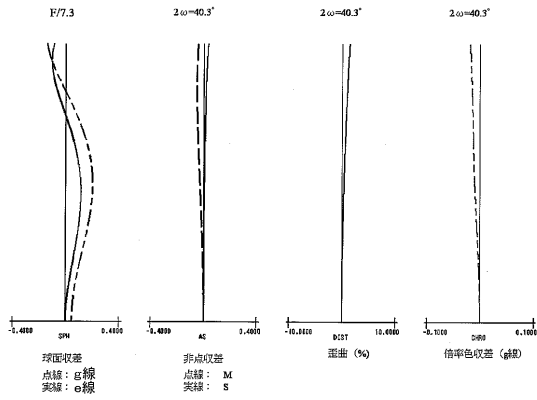
【図 10】

点線: S  
実線: M

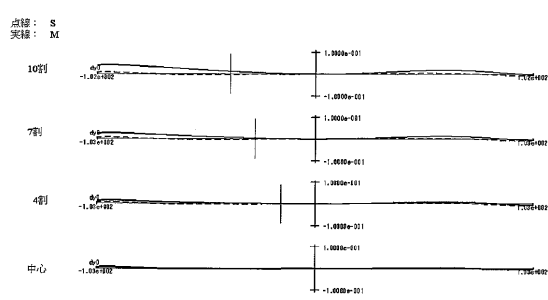
【図 12】

点線: S  
実線: M

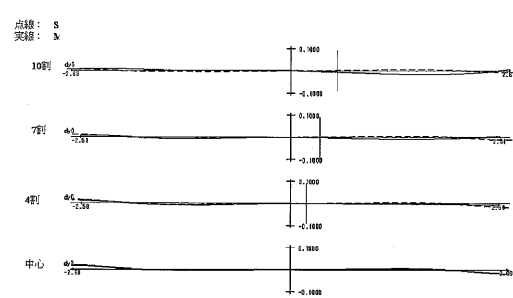
【図 13】



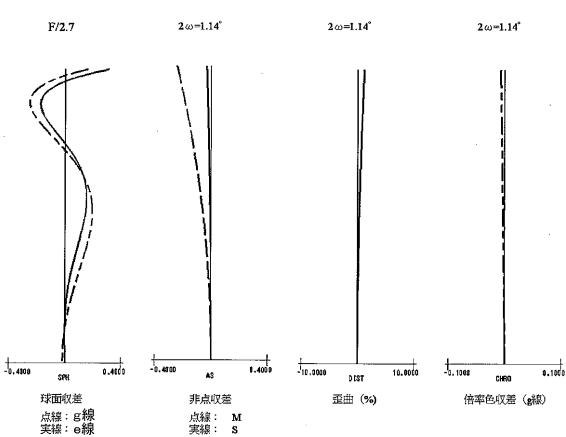
【図 14】



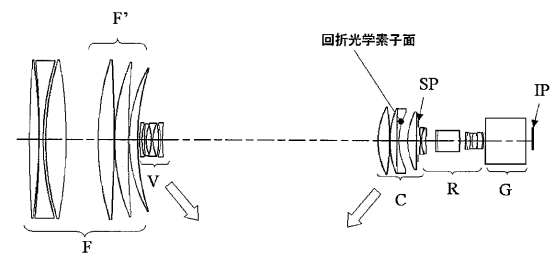
【図 17】



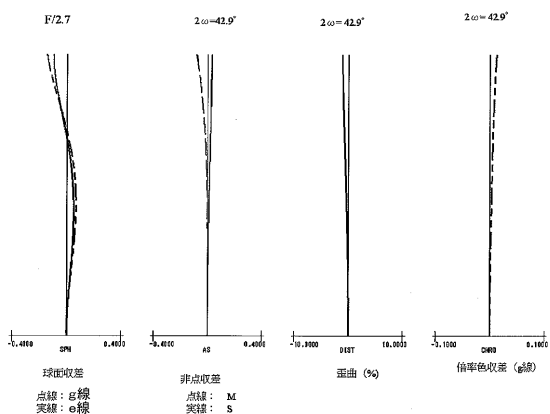
【図 18】



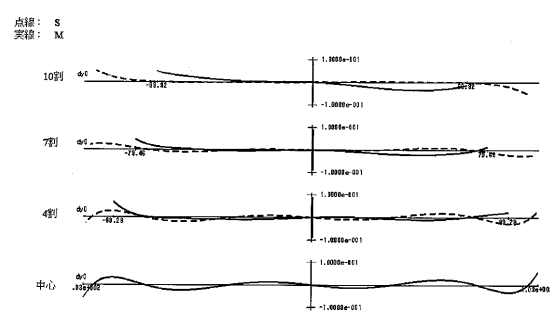
【図 15】



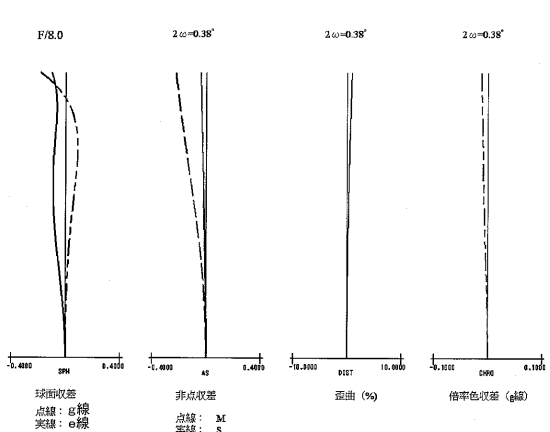
【図 16】



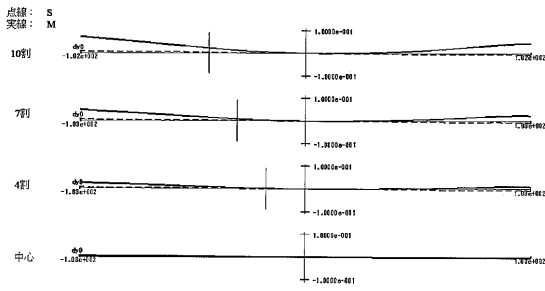
【図 19】



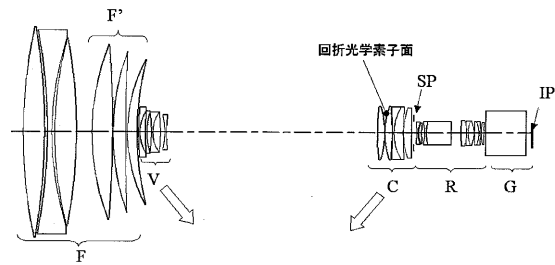
【図 20】



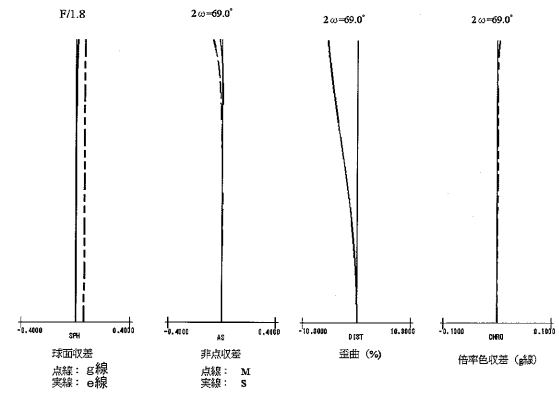
【図 21】



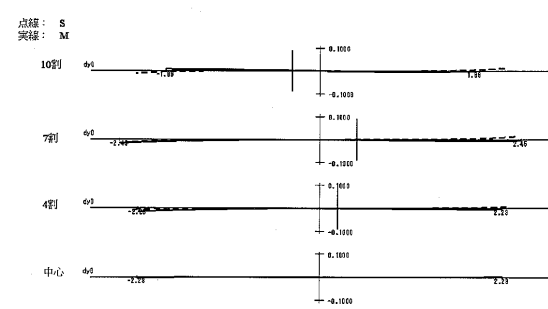
【図 22】



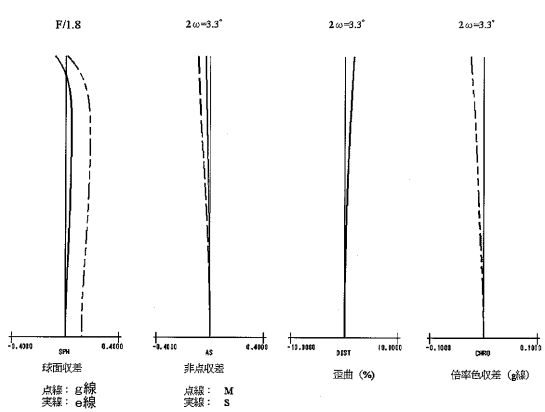
【図 23】



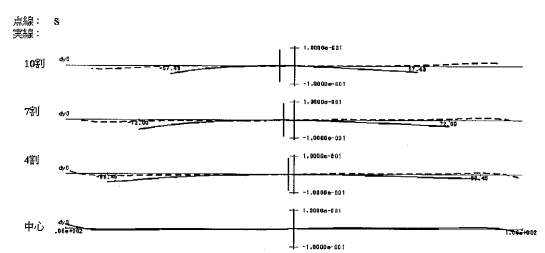
【図 24】



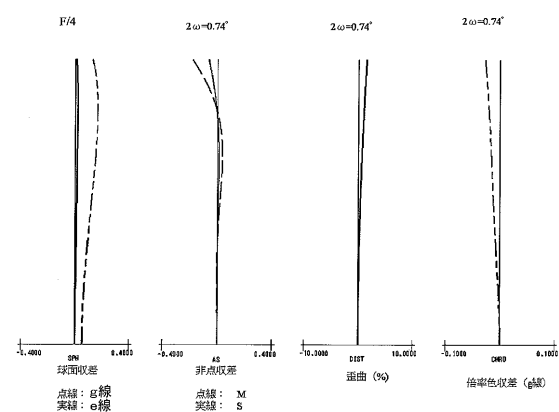
【図 25】



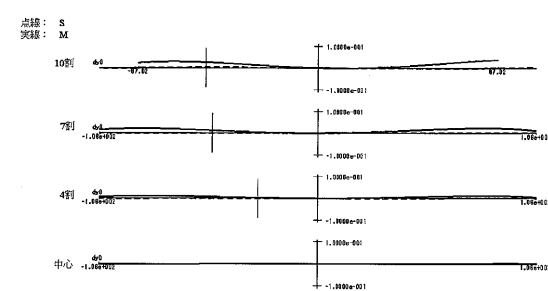
【図 26】



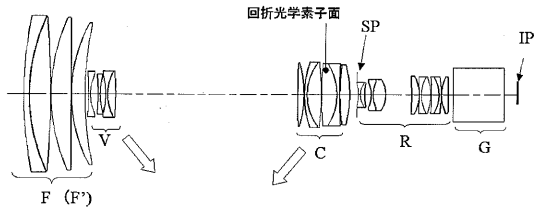
【図 27】



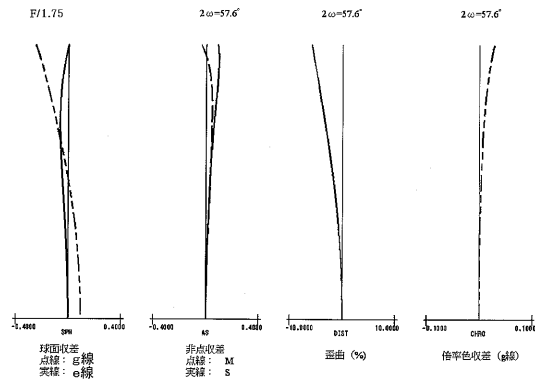
【図 28】



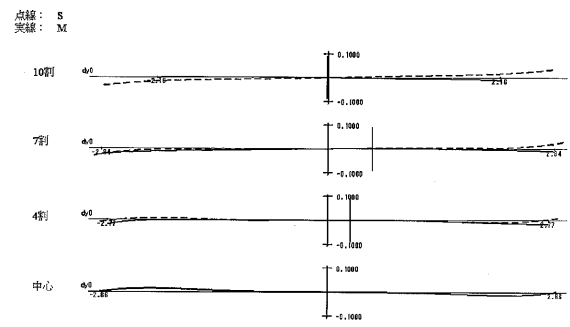
【図 29】



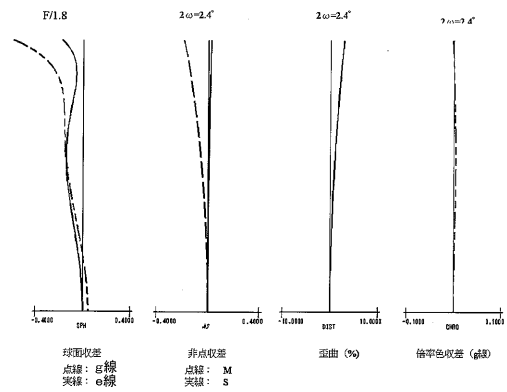
【図 30】



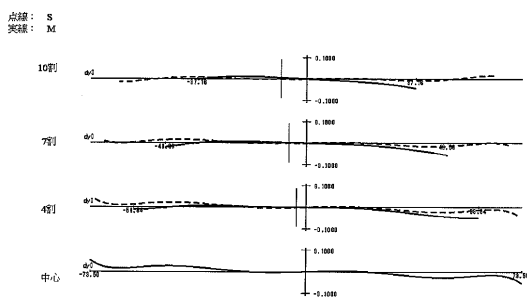
【図 31】



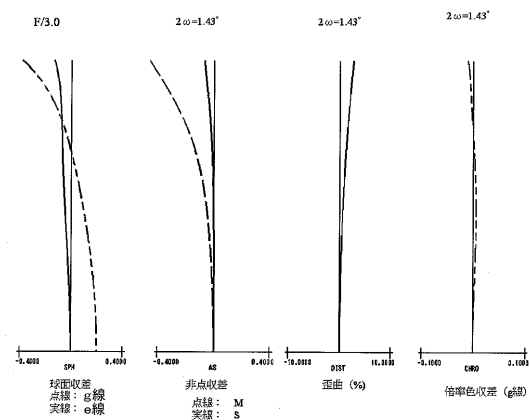
【図 32】



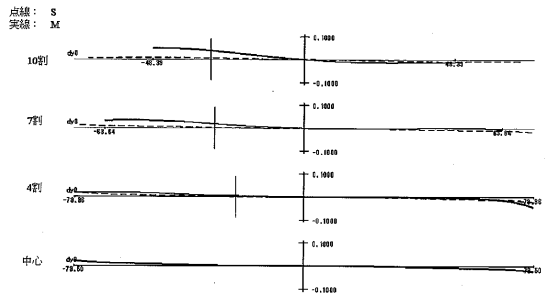
【図 33】



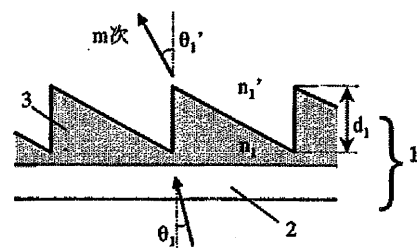
【図 34】



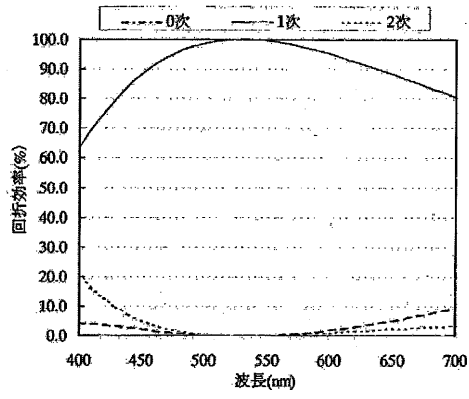
【図 35】



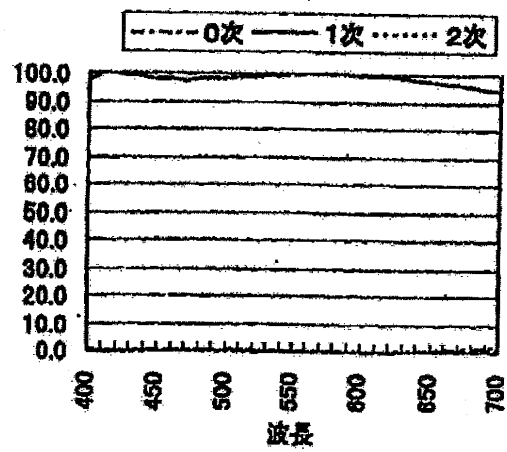
【図 36】



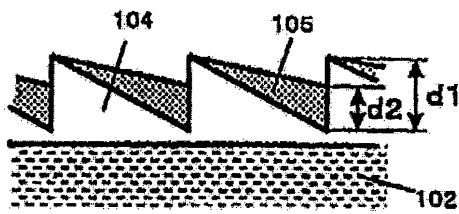
【図 37】



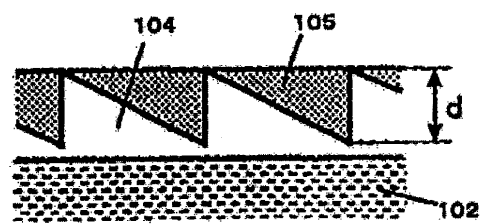
【図 39】



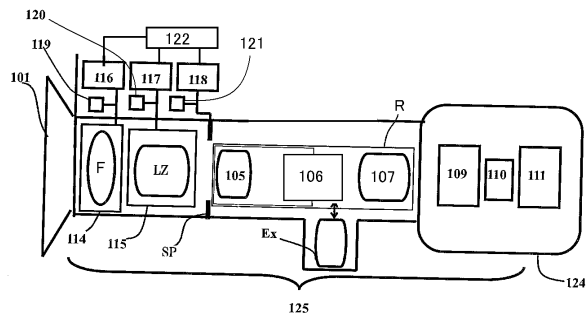
【図 38】



【図 40】



【図 41】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 1 0 - 3 3 3 0 3 6 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 2 2 7 5 5 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 1 8 3 5 8 4 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

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