

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5257734号
(P5257734)

(45) 発行日 平成25年8月7日(2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年5月2日(2013.5.2)

(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 27 頁)

(21) 出願番号 特願2007-303108 (P2007-303108)
 (22) 出願日 平成19年11月22日 (2007.11.22)
 (65) 公開番号 特開2009-128606 (P2009-128606A)
 (43) 公開日 平成21年6月11日 (2009.6.11)
 審査請求日 平成22年11月18日 (2010.11.18)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100092897
 弁理士 大西 正悟
 (72) 発明者 佐藤 進
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

審査官 小倉 宏之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ、これを搭載する光学機器および結像方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群からなり、

前記第1レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、正レンズL12とからなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、正レンズL23とからなり、

前記第2レンズ群における前記負メニスカスレンズL21は物体側レンズ面を非球面とし、

前記第2レンズ群における前記正レンズL23は物体側および像側レンズ面のうちいずれか1面を非球面とし、

前記第1レンズ群の焦点距離をF1とし、前記第2レンズ群の焦点距離をF2としたとき、次式

$$-0.15 < F2 / F1 < -0.05$$

の条件を満足し、

前記第4レンズ群の焦点距離をF4としたとき、次式

$$0.57 < F4 / F1 < 1.30$$

の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

10

20

【請求項 2】

前記第1レンズ群の前記負メニスカスレンズL11の屈折率をN11としたとき、次式
 $1.85 < N11 < 2.30$

の条件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1レンズ群は、前記負メニスカスレンズL11と前記正レンズL12とを貼り合わせた接合レンズで構成し、

前記第2レンズ群は、前記負メニスカスレンズL21と前記両凹レンズL22および前記正レンズL23を全て単レンズで構成することを特徴とする請求項1または2に記載のズームレンズ。

10

【請求項 4】

前記第1レンズ群の前記正レンズL12において、物体側レンズ面の曲率半径をR12Fとし、像側レンズ面の曲率半径をR12Iとしたとき、次式

$$-0.15 < R12F / R12I < 0.25$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第2レンズ群の前記正レンズL23において、物体側レンズ面の曲率半径をR23Fとし、像側レンズ面の曲率半径をR23Iとしたとき、次式

$$-0.15 < R23F / R23I < 0.30$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 6】

前記第3レンズ群は、物体側から順に並んだ、正レンズL31、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32、正レンズL33より構成され正の屈折力を有する前群と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34とからなることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第4レンズ群は、物体側レンズ面の曲率半径の絶対値が像側レンズ面の曲率半径の絶対値より小さく、且つ、物体側レンズ面が物体側に凸形状の正レンズからなり、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して光軸に沿って物体側に移動させることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

30

【請求項 8】

無限遠合焦状態において広角焦点距離から望遠焦点距離への変倍する際に、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群とを物体側に移動させ、前記第2レンズ群は物体側に凹の軌跡にて光軸に沿って移動させ、第4レンズ群は物体側に凸の軌跡にて光軸に沿って移動させることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

請求項1～8に記載のいずれか1項に記載のズームレンズを搭載することを特徴とする光学機器。

【請求項 10】

光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群からなるズームレンズを用いて、前記物体の像を所定の像面上に結像させる結像方法であって、

40

前記第1レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、正レンズL12とからなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、正レンズL23とからなり、

前記第2レンズ群における前記負メニスカスレンズL21は物体側レンズ面を非球面とするとともに、

前記第2レンズ群における前記正レンズL23は物体側および像側レンズ面のうちいず

50

れか 1 面を非球面とし、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を F_1 とし、前記第 2 レンズ群の焦点距離を F_2 としたとき、次式

$$-0.15 < F_2 / F_1 < -0.05$$

の条件を満足し、

前記第 4 レンズ群の焦点距離を F_4 としたとき、次式

$$0.57 < F_4 / F_1 < 1.30$$

の条件を満足することを特徴とする結像方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、電子スチルカメラなどに好適なズームレンズ、これを搭載する光学機器および結像方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有した、4 群構成のズームレンズが提案されている（例えば、特許文献 1～3 を参照）。

【0003】

【特許文献 1】特開 2004-212616 号公報

20

【特許文献 2】特開 2004-94233 号公報

【特許文献 3】特開 2006-308957 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 および 2 のズームレンズでは、広角端における撮影画角が 35° 程度でありながら、変倍比が 4 倍程度しかなかった。また、特許文献 3 のズームレンズでは、撮影画角は広いものの、広角端の焦点距離に対してレンズ全長が大きいので、広角端におけるストロボ撮影の際に鏡筒の物体側構造によって照明光がケラレてしまうという問題があった。

30

【0005】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、優れた光学性能でありながら、変倍比が大きく、広角端状態において画角が大きくレンズ全長が短い、ズームレンズ、このズームレンズを搭載した光学装置および結像方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

このような目的を達成するため、本発明のズームレンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とにより実質的に 4 個のレンズ群からなり、前記第 1 レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L11 と、正レンズ L12 とからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L21 と、両凹レンズ L22 と、正レンズ L23 とからなり、前記第 2 レンズ群における前記負メニスカスレンズ L21 は物体側レンズ面を非球面とし、前記第 2 レンズ群における前記正レンズ L23 は物体側および像側レンズ面のうちいずれか 1 面を非球面とすることを特徴とする。

40

【0007】

そして、本発明に係るズームレンズは、前記第 1 レンズ群の焦点距離を F_1 とし、前記第 2 レンズ群の焦点距離を F_2 としたとき、次式 $-0.15 < F_2 / F_1 < -0.05$ の条件を満足することを特徴とする。

【0008】

50

また、本発明に係るズームレンズは、前記第4レンズ群の焦点距離をF4としたとき、次式 $0.57 < F4 / F1 < 1.30$ の条件を満足することを特徴とする。

【0009】

また、前記第1レンズ群の前記負メニスカスレンズL11の屈折率をN11としたとき、次式 $1.85 < N11 < 2.30$ の条件を満足することが好ましい。

【0010】

また、前記第1レンズ群は、前記負メニスカスレンズL11と前記正レンズL12とを貼り合わせた接合レンズで構成し、前記第2レンズ群は、前記負メニスカスレンズL21と前記両凹レンズL22および前記正レンズL23を全て単レンズで構成することが好ましい。

10

【0011】

また、前記第1レンズ群の前記正レンズL12において、物体側レンズ面の曲率半径をR12Fとし、像側レンズ面の曲率半径をR12Iとしたとき、次式 $-0.15 < R12F / R12I < 0.25$ の条件を満足することが好ましい。

【0012】

また、前記第2レンズ群の前記正レンズL23において、物体側レンズ面の曲率半径をR23Fとし、像側レンズ面の曲率半径をR23Iとしたとき、次式 $-0.15 < R23F / R23I < 0.30$ の条件を満足することが好ましい。

【0013】

また、前記第3レンズ群は、物体側から順に並んだ、正レンズL31、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32、正レンズL33より構成され正の屈折力を有する前群と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34とからなることが好ましい。

20

【0014】

また、前記第4レンズ群は、物体側レンズ面の曲率半径の絶対値が像側レンズ面の曲率半径の絶対値より小さく、且つ、物体側レンズ面が物体側に凸形状の正レンズからなり、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して光軸に沿って物体側に移動させることが好ましい。

【0015】

また、無限遠合焦状態において広角焦点距離から望遠焦点距離への変倍する際に、前記第1レンズ群と前記第3レンズ群とを物体側に移動させ、前記第2レンズ群は物体側に凹の軌跡にて光軸に沿って移動させ、第4レンズ群は物体側に凸の軌跡にて光軸に沿って移動させることが好ましい。

30

【0016】

また、本発明の光学機器は、前記ズームレンズを搭載することを特徴とする。

【0017】

また、本発明の結像方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とにより実質的に4個のレンズ群からなるズームレンズを用いて、前記物体の像を所定の像面上に結像させる結像方法であって、前記第1レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、正レンズL12とからなり、前記第2レンズ群は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、正レンズL23とからなり、前記第2レンズ群における前記負メニスカスレンズL21は物体側レンズ面を非球面とするとともに、前記第2レンズ群における前記正レンズL23は物体側および像側レンズ面のうちいずれか1面を非球面とし、前記第1レンズ群の焦点距離をF1とし、前記第2レンズ群の焦点距離をF2としたとき、次式 $-0.15 < F2 / F1 < -0.05$ の条件を満足し、前記第4レンズ群の焦点距離をF4としたとき、次式 $0.57 < F4 / F1 < 1.30$ の条件を満足することを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0018】

50

以上説明したように、本発明によれば、優れた光学性能でありながら、変倍比が大きく、広角端状態において画角が大きくレンズ全長が短い、ズームレンズ、このズームレンズを搭載した光学装置および結像方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、好ましい実施形態について、図面を参照しながら説明する。図1は本実施形態に係るズームレンズZLを備えたデジタル一眼レフカメラ1（光学機器）の略断面図である。図1に示すデジタル一眼レフカメラ1において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ2で集光されて、クイックリターンミラー3を介して集光板4に結像される。そして、焦点板4に結像された光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へと導かれる。これにより、撮影者は、物体（被写体）像を接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。 10

【0020】

また、撮影者によって不図示のリリーズボタンが押されると、クイックリターンミラー3が光路外へ退避し、撮影レンズ2で集光された不図示の物体（被写体）の光は撮像素子7上に被写体像を形成する。これにより、物体（被写体）からの光は、当該撮像素子7により撮像され、物体（被写体）画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ1による物体（被写体）の撮影を行うことができる。なお、図1に記載のカメラ1は、ズームレンズZLを着脱可能に保持するものでもよく、ズームレンズZLと一体に成形されるものでもよい。また、カメラ1は、いわゆる一眼レフカメラでもよく、クイックリターンミラー等を有さないコンパクトカメラでもよい。 20

【0021】

ところで、デジタル一眼レフカメラ1の撮影レンズ2として用いられた、本実施形態に係るズームレンズZLは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。 30

【0022】

上記レンズ構成を光学的見地で説明すれば、第1レンズ群G1は集光レンズ群、第2レンズ群G2は変倍レンズ群、第3レンズ群G3は結像レンズ群、第4レンズ群G4はフィールドレンズ群である。 30

【0023】

上記構成のズームレンズZLにおいて、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2は、ズーミング（変倍）に伴い光線入射高や光線入射角度が大きく変化するため、ズーミングに伴う球面収差や像面湾曲の変動に大きく係る。 30

【0024】

そこで、第1レンズ群G1を、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、正レンズL12とを有し、開口絞りに対してコンセントリックな形状に構成することにより、ズーミングに伴う像面湾曲の変動を抑えることができる。さらに、第1レンズ群G1において、負メニスカスレンズL11と正レンズL12とを接合レンズとすれば、鏡筒に組み込む際の相互偏芯が発生しないため、偏芯による像面倒れ（結像面のあり現象）を防ぐことができ、好ましい。 40

【0025】

また、第2レンズ群G2を、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、正レンズL23とを有し、負メニスカスレンズL21は物体側レンズ面を非球面とし、正レンズL23は物体側および像側レンズ面のうちいずれか1面を非球面として構成することにより、ズーミングに伴う球面収差の変動を抑えることができる。さらに、第2レンズ群G2において、負メニスカスレンズL21、両凹レンズL22および正レンズL23を全て単レンズで構成にして（換言すれば、これらのレンズ間を全て空気を挟んだ構成にして）、収差補正の自由度を確保することが好ましい。 50

【0026】

また、広角端状態におけるレンズ全長をより短くするために、上記の第1レンズ群G1を凹凸のレンズ2枚で、第2レンズ群G2を凹凸のレンズ3枚で構成して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の総ガラス厚を薄くすることが好ましい。

【0027】

第3レンズ群G3は、ズーミング(変倍)に際して光線入射高や光線入射角度の変化が少ないため、ズーミング時における各種収差変動への寄与は少ない。しかしながら、第3レンズ群G3は、上記したように結像レンズ群であり、第1レンズ群G1で集光した光束を更に集光して結像させるため、強い屈折力が必要であり、曲率半径が小さいレンズ構成となっている。ゆえに、第3レンズ群G3では、高次の球面収差が大きく発生する傾向にある。そこで、第3レンズ群G3(の物体側)に開口絞りを配置して、入射光が緩い角度で入るようにして、球面収差の発生を抑えることが好ましい。

10

【0028】

なお、第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正レンズL31、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32、正レンズL33より構成され正の屈折力を有する前群G3Fと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34とを有して構成される、いわゆるテレフォトタイプのレンズ構成にすることが好ましい。この構成により、第3レンズ群G3のバックフォーカスが短くなる、すなわちレンズ全系のバックフォーカスが短くなる。さらに、最大撮影画角に対する第1レンズ群G1の入射光束高が低くなるため、第1レンズ群G1の有効径が小さくなり、広角端におけるレンズ全長も短くなる。

20

【0029】

さらに、第3レンズ群G3は、前群G3Fを正負正のトリプレット構造とすることにより、ザイデル5収差補正の調整が可能となるとともに、このトリプレット構造の前群G3Fに負レンズ(負メニスカスレンズL32)を追加することによって、像面湾曲の収差補正が更に良好にできるので、収差補正上好ましい。

【0030】

第4レンズ群G4は、各像高に対する入射光束径が小さいため、球面収差よりも像面湾曲の変動に大きく係る。そこで、第4レンズ群G4を、物体側レンズ面の曲率半径の絶対値が像側レンズ面の曲率半径の絶対値よりも小さく、且つ、物体側レンズ面が物体側に凸形状である正レンズを有して構成することが好ましい。これにより、近距離合焦における像面湾曲の収差変動を抑えることができる。また、第4レンズ群G4を、無限遠物体から近距離物体への合焦に際して、光軸に沿って物体側に移動させることが好ましい。これにより、近距離合焦における球面収差の変動を減らすことができる。また、第4レンズ群G4は、固体撮像素子と撮影光学系とのマッチングを取る際に、射出瞳位置を結像面から(物体側へと)遠く離し、シェーディングを抑える作用も有している。

30

【0031】

なお、ズームレンズZLにおいて、高変倍光学系であるにも関わらず、鏡筒収納時にレンズ全長を短くするため、撮影物体が無限遠における広角端状態から望遠端状態へのズーミング(変倍)に際しては、第1レンズ群G1を物体側に移動させることが好ましい。これにより、第1レンズ群G1において、広角端状態のレンズ全長よりも小さい収納時の全長を簡単な方法で達成できる。さらに、効果的なズーミングを行うために、ズーミングの際には、第2レンズ群G2を物体側に凹の軌跡にて光軸に沿って移動させ、第3レンズ群G3を物体側に移動させることが好ましい。この構成により、第2レンズ群G2においてズーミング時に必要なスペースを小さくして、第3レンズ群G3においてズーミング時に必要なスペースを確保することができる。また、第4レンズ群G4は、物体側に凸の軌跡にて光軸に沿って移動させることが好ましい。この構成により、ズーミングに伴う像面湾曲の変動を補正することができる。

40

【0032】

また、ズームレンズZLにおいて、上記したように第3レンズ群G3の前群G3Fを正

50

負正のトリプレット構造とすることにより、ザイデル5収差補正の調整が可能となっている。従って、前群G3Fを、構成するレンズを一体化して、光軸に対して垂直な方向に移動させて防振補正を行うように構成すれば、十分なる収差補正が可能となる。さらに、前群G3Fの像側に負メニスカスレンズL34を配置して、前群G3Fと負メニスカスレンズL34との屈折力配分を適宜規定することにより、前群G3Fの移動量に対する結像面の移動量を調節することができ、有効である。

【0033】

以上のような構成のズームレンズZLにおいて、第1レンズ群G1の焦点距離をF1とし、第2レンズ群G2の焦点距離をF2としたとき、次式(1)を満足することが好ましい。

10

【0034】

$$-0.15 < F2 / F1 < -0.05 \dots (1)$$

【0035】

上記条件式(1)は、第1レンズ群G1の焦点距離F1と第2レンズ群G2の焦点距離F2との適切な比率を規定している。この条件式(1)において、下限値を下回ると、望遠端における色収差が大きくなり、好ましくない。一方、条件式(1)において、上限値を上回ると、広角端における像面湾曲が負に大きくなるので、好ましくない。また、変倍による球面収差の変動も大きくなり、好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の下限値を-0.14にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を-0.07にすることが好ましい。

20

【0036】

また、ズームレンズZLにおいて、第1レンズ群G1の焦点距離をF1とし、第4レンズ群G4の焦点距離をF4としたとき、次式(2)を満足することが好ましい。

【0037】

$$0.57 < F4 / F1 < 1.30 \dots (2)$$

【0038】

上記条件式(2)は、第1レンズ群G1の焦点距離F1と第4レンズ群G4の焦点距離F4との適切な比率を規定している。この条件式(2)において、下限値を下回ると、望遠端における色収差が大きくなり、好ましくない。一方、条件式(2)において、上限値を上回ると、広角端における像面湾曲が負に大きくなり、好ましくない。また、ズーミング(変倍)に伴う球面収差の変動も大きくなり、好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の下限値を0.60にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を1.10にすることが好ましい。

30

【0039】

また、ズームレンズZLにおいて、(広角端における)レンズ長を短くするべく第1レンズ群G1の総厚を薄くするには、第1レンズ群G1に用いるガラスの屈折率を大きくしてレンズ面の曲率半径を大きくすればよい。このとき、良好な収差補正を可能とするためには、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL11の屈折率をN11としたとき、次式(3)を満足することが好ましい。

40

【0040】

$$1.85 < N11 < 2.30 \dots (8)$$

【0041】

上記条件式(3)は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズL11の屈折率N11の適切な範囲を規定している。この条件式(3)において、下限値を下回ると、第1レンズ群G1において、レンズ総厚を薄くしたままで球面収差補正が困難であり、好ましくない。一方、条件式(3)において、上限値を上回ると、望遠端において色収差が大きくなり、好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の下限値を1.88にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(3)の上限値を2.15にすることが好ましい。

50

【0042】

また、ズームレンズZLでは、第1レンズ群G1の正レンズL12において、物体側レンズ面の曲率半径をR12Fとし、像側レンズ面の曲率半径をR12Iとしたとき、次式(4)を満足することが好ましい。

【0043】

$$-0.15 < R_{12F} / R_{12I} < 0.25 \dots (4)$$

【0044】

上記条件式(4)は、第1レンズ群G1の正レンズL12を構成するレンズ面の物体側の曲率半径をR12Fと、像側の曲率半径R12Iとの適切な比率を規定している。この条件式(4)において、下限値を下回ると、広角端における像面湾曲が負側へ大きくなり、好ましくない。一方、この条件式(4)において、上限値を上回ると、望遠端における色収差が大きくなり、好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を-0.13にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(4)の上限値を0.23にすることが好ましい。

10

【0045】

また、ズームレンズZLでは、第2レンズ群G2の正レンズL23において、物体側レンズ面の曲率半径をR23Fとし、像側レンズ面の曲率半径をR23Iとしたとき、次式(5)を満足することが好ましい。

【0046】

$$-0.15 < R_{23F} / R_{23I} < 0.30 \dots (5)$$

20

【0047】

上記条件式(5)は、第2レンズ群G2の正レンズL23を構成するレンズ面の物体側の曲率半径R23Fと、像側の曲率半径R23Iとの適切な比率を規定している。この条件式(5)において、下限値を下回ると、広角端における像面湾曲が負側へ大きくなり、好ましくない。一方、この条件式(5)において、上限値を上回ると、望遠端における色収差が大きくなり、好ましくない。なお、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を-0.14にすることが好ましい。また、本実施形態の効果を確実にするために、条件式(5)の上限値を0.27にすることが好ましい。

【実施例】

【0048】

30

以下、各実施例を添付図面に基づいて説明する。各実施例に係るズームレンズZL(レンズ系)は、前述したように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、光量を調整することを目的とした開口絞りSと、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、固体撮像素子の限界解像以上の空間周波数をカットするためのローパスフィルタLPFと、固体撮像素子のカバーガラスCGとを有して構成されている。なお、像面Iは、不図示の撮像素子上に形成され、該撮像素子はCCDやCMOS等から構成されている。

【0049】

第1レンズ群G1は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、正レンズL12とを貼り合わせた接合レンズとをから構成される。第2レンズ群G2は、物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL21と、両凹レンズL22と、正レンズL23とから構成される。第3レンズ群G3は、物体側から順に並んだ、物体側レンズ面が物体側に凸面を向けた正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸レンズ(正レンズ)L33とを貼り合わせた接合レンズとから構成され正の屈折力を有する前群G3Fと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL34とから構成される。なお、第3レンズ群G3において、前群G3Fと負メニスカスレンズL34との間には、フレアカット絞り(視野絞りの効果も有する)FSが配置されている。第4レンズ群G4は、像側レンズ面より物体側レンズ面が物体側に強い凸形状の正レンズL41から構成される。

40

50

【0050】

上記構成のズームレンズZ Lにおいて、広角端状態から望遠端状態へのズーミング（変倍）の際には、第1レンズ群G 1と第3レンズ群G 3とを物体側に移動させ、第2レンズ群G 2を物体側に凹の軌跡にて光軸に沿って移動させ、第4レンズ群G 4を物体側に凸の軌跡にて光軸に沿って移動させる。なお、第4レンズ群G 4は、撮影物体が有限距離における合焦に際して光軸上移動可能である。また、第3レンズ群G 3は、前群G 3 Fを光軸に垂直な方向に振動させて手ブレによって生じる像ブレを補正する、いわゆる防振レンズ群である。

【0051】

以下に、表1～表5を示すが、これらは第1～第5実施例における各諸元の表である。
10 いずれの表においても、Fはレンズ全系の焦点距離を、F N OはFナンバーを、は半画角を、は撮影倍率を、D 0は物体から第1レンズ群G 1中の最も物体側に位置するレンズL 1 1の物体側レンズ面までの距離を、B fはバックフォーカスを、T Lはレンズ全長を示す。また、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、rは各レンズ面の曲率半径を、dは各光学面から次の光学面（又は像面）までの光軸上の距離である面間隔を、n dはd線（波長587.6 nm）に対する屈折率を、dはd線を基準とするアッベ数を示す。また、表中において、上記の条件式（1）～（5）に対応する値も示している。

【0052】

なお、表中において、焦点距離F、曲率半径r、面間隔d、その他の長さの単位は、一般に「mm」が使われている。但し、光学系は、比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、単位は「mm」に限定されることなく、他の適当な単位を用いることが可能である。また、表中において、曲率半径の「」は平面または開口を示し、空気の屈折率「1.00000」の記載は省略している。
20

【0053】

また、表中において*印が付される非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、非球面の頂点における接平面から高さyにおける非球面上の位置までの光軸に沿った距離（サグ量）をS(y)とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）をrとし、円錐係数をKとし、n次の非球面係数をA nとしたとき、以下の式(a)で表される。なお、各実施例において、2次の非球面係数A 2は0であり、その記載を省略している。また、E nは、
30 $\times 10^n$ を表す。例えば、 $1.234E-05 = 1.234 \times 10^{-5}$ である。

【0054】

$$S(y) = (y^2 / r) / \{ 1 + (1 - K \cdot y^2 / r^2)^{1/2} \} \\ + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} \dots (a)$$

【0055】

(第1実施例)

第1実施例について、図2～図4及び表1を用いて説明する。図2は、第1実施例に係るズームレンズZ Lの構成を示すとともに、広角端状態(W)から中間焦点距離状態(M)を経て望遠端状態(T)までの焦点距離状態の変化、すなわちズーミングの際の各レンズ群の移動の様子を示している。
40

【0056】

表1に第1実施例における各諸元の表を示す。なお、表1における面番号1～24は、図2に示す面1～24に対応している。また、第1実施例において、負メニスカスレンズL 2 1の物体側レンズ面、正メニスカスレンズL 2 3の像側レンズ面、正メニスカスレンズL 3 1の物体側レンズ面および両凸レンズL 3 3の像側レンズ面、すなわち、第4面、第9面、第11面および第15面の各レンズ面は、いずれも非球面形状に形成されている。

【0057】

また、表中において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔をd 3とし、第2レンズ群G 2と開口絞りSとの軸上空気間隔をd 9とし、第3レンズ群G 3と第
50

4レンズ群G4との軸上空気間隔をd18とし、第4レンズ群G4とローパスフィルタLPFとの軸上空気間隔をd20とする。これらの軸上空気間隔、すなわちd3、d9、d18及びd20はズーミングに際して変化する。

【0058】

(表1)

[全体諸元]

	広角端	中間焦点距離	望遠端	
F	5.20	~	15.00	~ 29.75
F N O	3.0	~	4.4	~ 5.7
	-39.32	~	-14.78	~ -7.68 10

[レンズ諸元]

面番号	r	d	n d	d	
1	21.3725	0.8000	1.903660	31.31	
2	15.7730	3.4000	1.603000	65.47	
3	159.6044	(d3=可変)			
4 *	20.6225	0.7000	1.851350	40.10	
5	4.8000	3.0000			
6	-6.8565	0.6000	1.755000	52.29	
7	17.0023	0.3000			
8	7.3490	1.4000	1.821140	24.06 20	
9 *	154.8042	(d9=可変)			
1 0	開口絞り S	0.3000			
1 1 *	4.6153	1.5000	1.768020	49.23	
1 2	11.0713	0.1000			
1 3	7.2985	0.8000	1.903660	31.31	
1 4	2.8000	2.9000	1.592010	67.05	
1 5 *	-20.7158	0.3000			
1 6	フレアカット絞り FS	0.7000			
1 7	17.5815	0.6000	1.883000	40.77	
1 8	8.7426	(d18=可変)			30
1 9	11.0019	1.1000	1.516800	64.12	
2 0	24.7103	(d20=可変)			
2 1		0.8000	1.516800	64.12	
2 2		0.5000			
2 3		0.5000	1.516800	64.12	
2 4		(Bf)			

[非球面データ]

第4面

K=11.8959, A4=2.18410E-04, A6=-2.69740E-06, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00

第9面

K=-100.0000, A4=9.20510E-04, A6=4.77340E-05, A8=-4.83050E-06, A10=2.35060E-07

第11面

K=-0.4635, A4=1.74700E-04, A6=2.29920E-05, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00

第15面

K=-100.0000, A4=5.55600E-04, A6=1.64610E-04, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00

[合焦時における可変間隔]

	無限遠			至近距離		
F ,	5.20000	15.00000	29.75200	-0.05000	-0.05000	-0.05000
D 0				94.3045	274.9835	540.9729
d 3	0.78498	12.19483	20.65553	0.78498	12.19483	20.65553 50

d 9	7.95930	2.23455	0.85391	7.95930	2.23455	0.85391
d 18	3.07965	1.73668	8.77541	2.24637	0.47870	6.36698
d 20	2.91543	9.94349	9.98482	3.74870	11.20147	12.39325
B f	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631
T L	35.44566	46.81584	60.97596	35.44566	46.81583	60.97596

[防振補正時における防振レンズ群移動量と像面移動量]

F ,	5.20000	15.00000	29.75200	-0.05000	-0.05000	-0.05000
レンズ	± 0.055	± 0.065	± 0.071	± 0.055	± 0.064	± 0.070
像面	± 0.110	± 0.186	± 0.262	± 0.110	± 0.186	± 0.262

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	49.90959
G 2	4	-5.45518
G 3	1 1	7.80739
G 4	1 9	37.35259

[条件式]

- (1) $F_2 / F_1 = -0.109$
 (2) $F_4 / F_1 = 0.748$
 (3) $N_{11} = 1.904$
 (4) $R_{12F} / R_{12R} = 0.099$
 (5) $R_{23F} / R_{23R} = 0.047$

【0059】

表1に示す諸元の表から分かるように、本実施例に係るズームレンズZ Lでは、上記条件式(1)～(5)を全て満たすことが分かる。

【0060】

図3は、第1実施例の無限遠合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図3(a)は広角端状態の場合($F=5.20\text{mm}$)、図3(b)は中間焦点距離状態の場合($F=15.00\text{mm}$)、図3(c)は望遠端状態の場合($F=29.75\text{mm}$)をそれぞれ示している。また、図4は、第1実施例の至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図4(a)は広角端状態の場合($R_w = 130\text{mm}$)、図4(b)は中間焦点距離状態の場合($R_m = 322\text{mm}$)、図4(c)は望遠端状態の場合($R_t = 602\text{mm}$)をそれぞれ示している。

【0061】

各収差図において、 FNO は F ナンバーを、 Y は像高を、 D は d 線(波長 587.6nm)を、 G は g 線(波長 435.6nm)を、 C は C 線(波長 656.3nm)を、 F は F 線(波長 486.1nm)をそれぞれ示す。なお、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示す。また、倍率色収差を示す収差図においては、 d 線を基準として示す。以上の収差図の説明は、他の実施例においても同様とし、その説明を省略する。

【0062】

各収差図から明らかなように、第1実施例に係るズームレンズZ Lでは、無限遠合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、至近撮影距離合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することが分かる。

【0063】

また、第1実施例のズームレンズZ Lを搭載することにより、デジタル一眼レフカメラ(光学機器。図1参照)においても、優れた光学性能を確保することができる。

【0064】

(第2実施例)

第2実施例について、図5～図7及び表2を用いて説明する。図5は、第2実施例に係

10

20

30

40

50

るズームレンズ Z L の構成を示すとともに、広角端状態 (W) から中間焦点距離状態 (M) を経て望遠端状態 (T) までの焦点距離状態の変化、すなわちズーミングの際の各レンズ群の移動の様子を示している。

【 0 0 6 5 】

表 2 に第 2 実施例における各諸元の表を示す。なお、表 2 における面番号 1 ~ 24 は、図 5 に示す面 1 ~ 24 に対応している。また、第 2 実施例において、負メニスカスレンズ L 2 1 の物体側レンズ面、正メニスカスレンズ L 2 3 の像側レンズ面、正メニスカスレンズ L 3 1 の物体側レンズ面および両凸レンズ L 3 3 の像側レンズ面、すなわち、第 4 面、第 9 面、第 11 面及び第 15 面の各レンズ面は、いずれも非球面形状に形成されている。

【 0 0 6 6 】

また、表中において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔を d 3 とし、第 2 レンズ群 G 2 と開口絞り S との軸上空気間隔を d 9 とし、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との軸上空気間隔を d 18 とし、第 4 レンズ群 G 4 とローパスフィルタ L P F との軸上空気間隔を d 20 とする。これらの軸上空気間隔、すなわち d 3、d 9、d 18 及び d 20 はズーミングに際して変化する。

【 0 0 6 7 】

(表 2)

[全体諸元]

	広角端	中間焦点距離	望遠端	
F	5.20	~	15.00	~ 29.75
F N O	3.0	~	4.4	~ 5.7
	-39.32	~	-14.53	~ -7.50

[レンズ諸元]

面番号	r	d	n d	d	
1	40.6412	0.8000	2.000690	25.46	20
2	28.2157	3.0000	1.696800	55.52	
3	-248.3988	(d3=可変)			
4 *	20.3283	0.7000	1.851350	40.10	
5	4.7773	3.0000			
6	-7.1182	0.6000	1.755000	52.29	
7	15.3756	0.3000			
8	8.7760	1.4000	1.821140	24.06	
9 *	-67.1622	(d9=可変)			
1 0	開口絞り S	0.3000			
1 1 *	4.3306	1.5000	1.768020	49.23	
1 2	8.1228	0.1000			
1 3	6.7870	0.8000	1.903660	31.31	
1 4	2.6931	2.9000	1.592010	67.05	
1 5 *	-17.9542	0.3000			
1 6	フレアカット絞り FS	0.7000			40
1 7	18.1191	0.6000	1.883000	40.77	
1 8	10.8949	(d18=可変)			
1 9	15.5342	1.1000	1.516800	64.12	
2 0	31.5412	(d20=可変)			
2 1		0.8000	1.516800	64.12	
2 2		0.5000			
2 3		0.5000	1.516800	64.12	
2 4		(Bf)			

[非球面データ]

第 4 面

10

20

30

40

50

K=8.7918, A4=8.15820E-05, A6=-2.43020E-06, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00

第9面

K=-100.0000, A4=4.68610E-04, A6=2.25190E-05, A8=-1.70990E-06, A10=9.88520E-08

第11面

K=-0.1603, A4=-2.51830E-04, A6=4.91790E-06, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00

第15面

K=-49.4719, A4=7.76570E-04, A6=1.28900E-04, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00

[合焦時における可変間隔]

		無限遠		至近距離			
F ,	5.20000	15.00000	29.75200	-0.05000	-0.05000	-0.05000	10
D 0				94.7476	274.2695	534.7786	
d 3	2.13790	14.42833	24.00163	2.13790	14.42833	24.00163	
d 9	7.18427	1.67597	0.43506	7.18427	1.67597	0.43506	
d 18	3.36244	2.29010	13.14988	2.14708	0.59515	9.45961	
d 20	2.79157	10.64603	8.11865	4.00693	12.34099	11.80892	
B f	0.40633	0.40633	0.40633	0.40633	0.40633	0.40633	
T L	35.78251	49.34677	66.01157	35.78251	49.34677	66.01157	

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離		
G 1	1	60.00000		20
G 2	4	-5.45518		
G 3	1 1	7.64811		
G 4	1 9	57.87425		

[条件式]

(1) $F_2 / F_1 = -0.091$

(2) $F_4 / F_1 = 0.965$

(3) $N_{11} = 2.001$

(4) $R_{12F} / R_{12R} = -0.114$

(5) $R_{23F} / R_{23R} = -0.131$

【0068】

30

表2に示す諸元の表から分かるように、本実施例に係るズームレンズZLでは、上記条件式(1)～(5)を全て満たすことが分かる。

【0069】

図6は、第2実施例の無限遠合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図6(a)は広角端状態の場合($F=5.20\text{mm}$)、図6(b)は中間焦点距離状態の場合($F=15.00\text{mm}$)、図6(c)は望遠端状態の場合($F=29.75\text{mm}$)をそれぞれ示している。また、図7は、第2実施例の至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図7(a)は広角端状態の場合($R_w = 130\text{mm}$)、図7(b)は中間焦点距離状態の場合($R_m = 324\text{mm}$)、図7(c)は望遠端状態の場合($R_t = 601\text{mm}$)をそれぞれ示している。

40

【0070】

各収差図から明らかなように、第2実施例に係るズームレンズZLでは、無限遠合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、至近撮影距離合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することが分かる。

【0071】

また、第2実施例のズームレンズZLを搭載することにより、デジタル一眼レフカメラ(光学機器。図1参照)においても、優れた光学性能を確保することができる。

【0072】

(第3実施例)

50

第3実施例について、図8～図10及び表3を用いて説明する。図8は、第3実施例に係るズームレンズZLの構成を示すとともに、広角端状態(W)から中間焦点距離状態(M)を経て望遠端状態(T)までの焦点距離状態の変化、すなわちズーミングの際の各レンズ群の移動の様子を示している。

【0073】

表3に第3実施例における各諸元の表を示す。なお、表3における面番号1～24は、図8に示す面1～24に対応している。また、第3実施例において、負メニスカスレンズL21の物体側レンズ面、正メニスカスレンズL23の像側レンズ面、正メニスカスレンズL31の物体側レンズ面および両凸レンズL33の像側レンズ面、すなわち、第4面、第9面、第11面及び第15面の各レンズ面は、いずれも非球面形状に形成されている。

10

【0074】

また、表中において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔をd3とし、第2レンズ群G2と開口絞りSとの軸上空気間隔をd9とし、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔をd18とし、第4レンズ群G4とローパスフィルタLPFとの軸上空気間隔をd20とする。これらの軸上空気間隔、すなわちd3、d9、d18及びd20はズーミングに際して変化する。

【0075】

(表3)

[全体諸元]

	広角端	中間焦点距離		望遠端
F	5.20	~	15.00	~ 35.00
F N O	3.0	~	4.4	~ 6.1
	-39.32	~	-14.76	~ -7.66

20

[レンズ諸元]

面番号	r	d	n	d
1	21.7945	0.8000	1.902000	25.10
2	16.1307	3.4000	1.617200	54.00
3	143.7476	(d3=可変)		
4 *	20.0988	0.7000	1.851350	40.10
5	4.8159	3.0000		
6	-7.0561	0.6000	1.755000	52.29
7	15.9179	0.3000		
8	6.9706	1.4000	1.821140	24.06
9 *	69.0406	(d9=可変)		
10	開口絞りS	0.3000		
11 *	4.7796	1.5000	1.768020	49.23
12	12.8665	0.1000		
13	7.8084	0.8000	1.903660	31.31
14	2.9041	2.9000	1.592010	67.05
15 *	-20.5387	0.3000		
16	フレアカット絞りFS	0.7000		
17	13.1655	0.6000	1.883000	40.77
18	7.6286	(d18=可変)		
19	10.9258	1.1000	1.516800	64.12
20	24.3105	(d20=可変)		
21		0.8000	1.516800	64.12
22		0.5000		
23		0.5000	1.516800	64.12
24		(Bf)		

30

[非球面データ]

40

50

第 4 面

$K=11.0079, A4=2.14710E-04, A6=-2.42160E-06, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00$

第 9 面

$K=-100.0000, A4=1.03330E-03, A6=6.02490E-05, A8=-6.60540E-06, A10=3.26160E-07$

第 1 1 面

$K=-0.4939, A4=1.79000E-04, A6=1.98550E-05, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00$

第 1 5 面

$K=-100.0000, A4=3.24000E-04, A6=1.54670E-04, A8=0.00000E+00, A10=0.00000E+00$

[合焦時における可変間隔]

		無限遠			至近距離	10
F ,	5.20000	15.00000	29.75200	-0.05000	-0.05000	-0.05000
D 0				94.3369	275.0159	628.5204
d 3	0.72531	12.13516	22.53601	0.72531	12.13516	22.53601
d 9	7.93142	2.20666	0.64475	7.93142	2.20666	0.64475
d 18	3.15712	1.81415	11.91646	2.32385	0.55617	8.91987
d 20	2.90657	9.93463	8.67126	3.73984	11.19261	11.66785
B f	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631
T L	35.42673	46.79692	64.47478	35.42673	6.79692	64.47478

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離	20
G 1	1	49.90959	
G 2	4	-5.45518	
G 3	1 1	7.80739	
G 4	1 9	37.35259	

[条件式]

(1) $F_2 / F_1 = -0.109$

(2) $F_4 / F_1 = 0.748$

(3) $N_{11} = 1.902$

(4) $R_{12F} / R_{12R} = 0.112$

(5) $R_{23F} / R_{23R} = 0.101$

【 0 0 7 6 】

表 3 に示す諸元の表から分かるように、本実施例に係るズームレンズ Z L では、上記条件式 (1) ~ (5) を全て満たすことが分かる。

【 0 0 7 7 】

図 9 は、第 3 実施例の無限遠合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図 9 (a) は広角端状態の場合 ($F=5.20\text{mm}$) 、図 9 (b) は中間焦点距離状態の場合 ($F=15.00\text{mm}$) 、図 9 (c) は望遠端状態の場合 ($F=35.00\text{mm}$) をそれぞれ示している。また、図 10 は、第 3 実施例の至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図 10 (a) は広角端状態の場合 ($R_w = 130\text{mm}$) 、図 10 (b) は中間焦点距離状態の場合 ($R_m = 322\text{mm}$) 、図 10 (c) は望遠端状態の場合 ($R_t = 693\text{mm}$) をそれぞれ示している。

【 0 0 7 8 】

各収差図から明らかなように、第 3 実施例に係るズームレンズ Z L では、無限遠合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、至近撮影距離合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することが分かる。

【 0 0 7 9 】

また、第 3 実施例のズームレンズ Z L を搭載することにより、デジタル一眼レフカメラ (光学機器。図 1 参照) においても、優れた光学性能を確保することができる。

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

50

(第4実施例)

第4実施例について、図11～図13及び表4を用いて説明する。図11は、第4実施例に係るズームレンズZLの構成を示すとともに、広角端状態(W)から中間焦点距離状態(M)を経て望遠端状態(T)までの焦点距離状態の変化、すなわちズーミングの際の各レンズ群の移動の様子を示している。

【0081】

表4に第4実施例における各諸元の表を示す。なお、表4における面番号1～24は、図11に示す面1～24に対応している。また、第4実施例において、負メニスカスレンズL21の物体側レンズ面、正メニスカスレンズL23の像側レンズ面、正メニスカスレンズL31の物体側レンズ面および両凸レンズL33の像側レンズ面、すなわち、第4面、第9面、第11面及び第15面の各レンズ面は、いずれも非球面形状に形成されている。

10

【0082】

また、表中において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔をd3とし、第2レンズ群G2と開口絞りSとの軸上空気間隔をd9とし、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔をd18とし、第4レンズ群G4とローパスフィルタLPFとの軸上空気間隔をd20とする。これらの軸上空気間隔、すなわちd3、d9、d18及びd20はズーミングに際して変化する。

【0083】

(表4)

20

[全体諸元]

	広角端	中間焦点距離		望遠端
F	5.20	~	15.00	~ 29.75
FNO	3.0	~	4.4	~ 6.1
	-39.32	~	-14.68	~ -7.54

[レンズ諸元]

面番号	r	d	n d	d
1	22.5789	0.8000	1.922860	20.88
2	17.2074	3.4000	1.754999	52.32
3	76.8562	(d3=可変)		
4*	21.0921	0.7000	1.851350	40.10
5	4.8000	3.0000		
6	-7.5984	0.6000	1.755000	52.29
7	16.2867	0.3000		
8	6.1060	1.4000	1.821140	24.06
9*	24.9329	(d9=可変)		
10	開口絞りS	0.3000		
11*	5.3286	1.5000	1.768020	49.23
12	13.9187	0.1000		
13	6.5274	0.8000	1.903660	31.31
14	2.8407	2.9000	1.592010	67.05
15*	-19.0700	0.3000		
16	フレアカット絞りFS	0.7000		
17	17.8368	0.6000	1.883000	40.77
18	7.3901	(d18=可変)		
19	23.7123	1.1000	1.516800	64.12
20	-45.6751	(d20=可変)		
21		0.8000	1.516800	64.12
22		0.5000		
23		0.5000	1.516800	64.12

30

40

50

2 4

(Bf)

[非球面データ]

第 4 面

 $K=11.3059, A4=2.78670E-04, A6=-3.58790E-06, A8=0.00000E-00, A10=0.00000E-00$

第 9 面

 $K=-100.0000, A4=2.06190E-03, A6=3.69370E-05, A8=-6.44020E-06, A10=3.26430E-07$

第 11 面

 $K=-1.1345, A4=6.83490E-04, A6=1.95820E-05, A8=0.00000E-00, A10=0.00000E-00$

第 15 面

 $K=-100.0000, A4=-1.46160E-04, A6=9.38390E-05, A8=0.00000E-00, A10=0.00000E-00$

10

[合焦時における可変間隔]

		無限遠			至近距離		
F ,	5.20000	15.00000	29.75200	-0.05000	-0.05000	-0.05000	
D 0				94.3705	275.0340	550.8531	
d 3	0.59589	11.48771	18.95438	0.59589	11.48771	18.95438	
d 9	8.55530	2.69871	1.00060	8.55530	2.69871	1.00060	
d 18	2.23474	0.85659	4.67160	1.53591	-0.26215	2.70122	
d 20	3.70791	10.12128	12.07483	4.40674	11.24002	14.04521	
B f	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631	0.40631	
T L	35.80015	45.87061	57.40770	35.80015	45.87061	57.40770	20

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	45.00000
G 2	4	-5.45518
G 3	1 1	7.92074
G 4	1 9	30.36698

[条件式]

(1) $F_2 / F_1 = -0.121$ (2) $F_4 / F_1 = 0.675$ (3) $N_{11} = 1.923$

30

(4) $R_{12F} / R_{12R} = 0.224$ (5) $R_{23F} / R_{23R} = 0.245$

【 0 0 8 4 】

表 4 に示す諸元の表から分かるように、本実施例に係るズームレンズ Z L では、上記条件式 (1) ~ (5) を全て満たすことが分かる。

【 0 0 8 5 】

図 12 は、第 4 実施例の無限遠合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図 12 (a) は広角端状態の場合 ($F=5.20\text{mm}$) 、図 12 (b) は中間焦点距離状態の場合 ($F=15.00\text{mm}$) 、図 12 (c) は望遠端状態の場合 ($F=29.75\text{mm}$) をそれぞれ示している。また、図 13 は、第 4 実施例の至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図 13 (a) は広角端状態の場合 ($R_w = 130\text{mm}$) 、図 13 (b) は中間焦点距離状態の場合 ($R_m = 321\text{mm}$) 、図 13 (c) は望遠端状態の場合 ($R_t = 608\text{mm}$) をそれぞれ示している。

40

【 0 0 8 6 】

各収差図から明らかなように、第 4 実施例に係るズームレンズ Z L では、無限遠合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、至近撮影距離合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することが分かる。

【 0 0 8 7 】

また、第 4 実施例のズームレンズ Z L を搭載することにより、デジタル一眼レフカメラ

50

(光学機器。図1参照)においても、優れた光学性能を確保することができる。

【0088】

(第5実施例)

第5実施例について、図14～図16及び表5を用いて説明する。図14は、第5実施例に係るズームレンズZLの構成を示すとともに、広角端状態(W)から中間焦点距離状態(M)を経て望遠端状態(T)までの焦点距離状態の変化、すなわちズーミングの際の各レンズ群の移動の様子を示している。

【0089】

表5に第5実施例における各諸元の表を示す。なお、表5における面番号1～24は、図14に示す面1～24に対応している。また、第5実施例において、負メニスカスレンズL21の物体側レンズ面、正メニスカスレンズL23の像側レンズ面、正メニスカスレンズL31の物体側レンズ面および両凸レンズL33の像側レンズ面、すなわち、第4面、第9面、第11面及び第15面の各レンズ面は、いずれも非球面形状に形成されている。

【0090】

また、表中において、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔をd3とし、第2レンズ群G2と開口絞りSとの軸上空気間隔をd9とし、第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との軸上空気間隔をd18とし、第4レンズ群G4とローパスフィルタLPFとの軸上空気間隔をd20とする。これらの軸上空気間隔、すなわちd3、d9、d18及びd20はズーミングに際して変化する。

【0091】

(表5)

[全体諸元]

	広角端	中間焦点距離	望遠端	
F	5.20	~	15.00	~
F N O	3.0	~	4.2	~
	-39.27	~	-14.79	~

[レンズ諸元]

面番号	r	d	n d	d	
1	22.6580	0.9000	1.903660	31.31	30
2	16.7546	3.6000	1.603000	65.47	
3	173.7135	(d3=可変)			
4 *	21.9913	0.8000	1.851350	40.10	
5	5.0876	3.2000			
6	-6.8073	0.7000	1.755000	52.29	
7	21.2947	0.3000			
8	8.0515	1.5000	1.821140	24.06	
9 *	209.2176	(d9=可変)			
1 0	開口絞りS	0.3000			
1 1 *	4.8173	1.7000	1.743300	49.32	40
1 2	10.9922	0.1000			
1 3	6.8149	0.8000	1.903660	31.31	
1 4	2.8338	3.1000	1.592010	67.05	
1 5 *	-25.9491	0.3000			
1 6	フレアカット絞りFS	0.7000			
1 7	18.7998	0.7000	1.883000	40.77	
1 8	9.2180	(d18=可変)			
1 9	11.1802	1.2000	1.516800	64.12	
2 0	28.5786	(d20=可変)			
2 1		0.8000	1.516800	64.12	50

2 2	0.5000				
2 3	0.5000	1.516800	64.12		
2 4	(Bf)				

[非球面データ]

第 4 面

$K=12.6108, A4=1.85220E-04, A6=-2.26860E-06, A8=0.00000E-00, A10=0.00000E-00$

第 9 面

$K=-100.0000, A4=7.77520E-04, A6=2.59180E-05, A8=-2.13670E-06, A10=9.21200E-08$

第 1 1 面

$K=-0.2317, A4=-9.45990E-05, A6=6.25740E-06, A8=0.00000E-00, A10=0.00000E-00$

10

第 1 5 面

$K=-100.0000, A4=1.03610E-03, A6=6.26560E-05, A8=0.00000E-00, A10=0.00000E-00$

[合焦時における可変間隔]

		無限遠		至近距離			
F ,	5.20000	15.00000	29.75200	-0.05000	-0.05000	-0.05000	
D 0				93.4240	273.3649	621.7957	
d 3	0.83822	12.69829	23.53397	0.83822	12.69829	23.53397	
d 9	8.49164	2.26178	0.68535	8.49164	2.26178	0.68535	
d 18	3.33154	1.73374	12.46170	2.50391	0.52898	9.55383	
d 20	1.98878	9.21679	7.74807	2.81640	10.42155	10.65594	20
B f	0.93390	0.93390	0.93390	0.93390	0.93390	0.93390	
T L	37.28407	48.54449	67.06298	37.28407	48.54449	67.06298	

[ズームレンズ群データ]

群番号	群初面	群焦点距離
G 1	1	52.51005
G 2	4	-5.66394
G 3	1 1	8.03479
G 4	1 9	34.71946

[条件式]

(1) $F_2 / F_1 = -0.108$

30

(2) $F_4 / F_1 = 0.661$

(3) $N_{1 1} = 1.904$

(4) $R_{1 2 F} / R_{1 2 R} = 0.096$

(5) $R_{2 3 F} / R_{2 3 R} = 0.038$

【 0 0 9 2 】

表 5 に示す諸元の表から分かるように、本実施例に係るズームレンズ Z L では、上記条件式 (1) ~ (5) を全て満たすことが分かる。

【 0 0 9 3 】

図 1 5 は、第 5 実施例の無限遠合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図 1 5 (a) は広角端状態の場合 ($F=5.20\text{mm}$) 、図 1 5 (b) は中間焦点距離状態の場合 ($F=15.00\text{mm}$) 、図 1 5 (c) は望遠端状態の場合 ($F=35.00\text{mm}$) をそれぞれ示している。また、図 1 6 は、第 5 実施例の至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振補正時の横収差図であり、図 1 6 (a) は広角端状態の場合 ($R_w = 131\text{mm}$) 、図 1 6 (b) は中間焦点距離状態の場合 ($R_m = 322\text{mm}$) 、図 1 6 (c) は望遠端状態の場合 ($R_t = 689\text{mm}$) をそれぞれ示している。

40

【 0 0 9 4 】

各収差図から明らかなように、第 5 実施例に係るズームレンズ Z L では、無限遠合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、至近撮影距離合焦状態における広角端状態から望遠端状態までの各焦点距離状態の場合でも、諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することが分かる。

50

【0095】

また、第5実施例のズームレンズZLを搭載することにより、デジタル一眼レフカメラ（光学機器、図1参照）においても、優れた光学性能を確保することができる。

【0096】

なお、上述の実施形態において、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【0097】

上述の各実施例では、ズームレンズとして4群構成を示したが、5群、6群等の他の群構成にも適用可能である。

【0098】

また、各実施例では、ズーミング（変倍）の際に全てのレンズ群を移動しているが、本願の意図するところはこの限りではない。例えば、第1レンズ群G1を固定すれば、ズーミングによる第1レンズ群G1の移動機構の勘合差による偏芯収差が発生しない。また、第3レンズ群G3を防振補正群としてズーミング中も固定すれば、防振補正機構とズーミング機構を分離することが可能となる。

【0099】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としてもよい。この合焦レンズ群は、オートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モーター等による）モーター駆動にも適している。特に、最も像面側のレンズ群である第4レンズ群G4を合焦レンズ群とするのが好ましい。

【0100】

また、各実施例では近距離における合焦を第4レンズ群G4で行っているが、第1レンズ群G1のズーミング機構と近距離合焦機構が共存可能であれば、第1レンズ群G1の全体もしくは一部で近距離合焦を行ってもよい。さらに、第2レンズ群G2のズーミング機構とのズーミング機構と近距離合焦機構が共存可能であれば、第2レンズ群G2の全体もしくは一部で近距離合焦を行ってもよい。

【0101】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向に振動させて、手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3（特に前群G3F）の全体または一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【0102】

また、各レンズ面を非球面としても構わない。また、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。なお、非球面は各レンズ群に配置されることが好ましい。特に、単レンズの表面を非球面とすることが好ましい。

【0103】

開口絞りSは第3レンズ群G3の近傍、特に第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に配置されるのが好ましいが、開口絞りSとしての部材を設けずに、レンズ枠でその役割を代用してもよい。

【0104】

各レンズ面には、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜が施され、フレアやゴーストを軽減し、高コントラストの高い光学性能を達成することにしてもよい。

【0105】

なお、本発明を分かりやすくするために、実施形態の構成要件を付して説明したが、本発明がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1】は本実施形態のズームレンズを搭載したデジタル一眼レフカメラの略断面図である。

10

20

30

40

50

【図2】第1実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図であり、(W)は無限遠合焦状態の広角端状態を、(M)は無限遠合焦状態の中間焦点距離状態を、(T)は無限遠合焦状態の望遠端状態をそれぞれ示す。

【図3】第1実施例での無限遠合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図4】第1実施例での至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図5】第2実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図であり、(W)は無限遠合焦状態の広角端状態を、(M)は無限遠合焦状態の中間焦点距離状態を、(T)は無限遠合焦状態の望遠端状態をそれぞれ示す。

【図6】第2実施例での無限遠合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図7】第2実施例での至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図8】第3実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図であり、(W)は無限遠合焦状態の広角端状態を、(M)は無限遠合焦状態の中間焦点距離状態を、(T)は無限遠合焦状態の望遠端状態をそれぞれ示す。

【図9】第3実施例での無限遠合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図10】第3実施例での至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図11】第4実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図であり、(W)は無限遠合焦状態の広角端状態を、(M)は無限遠合焦状態の中間焦点距離状態を、(T)は無限遠合焦状態の望遠端状態をそれぞれ示す。

【図12】第4実施例での無限遠合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図13】第4実施例での至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図14】第5実施例に係るズームレンズの構成を示す断面図であり、(W)は無限遠合焦状態の広角端状態を、(M)は無限遠合焦状態の中間焦点距離状態を、(T)は無限遠合焦状態の望遠端状態をそれぞれ示す。

【図15】第5実施例での無限遠合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【図16】第5実施例での至近撮影距離合焦状態における諸収差図および防振時の横収差図であり、(a)は広角端状態における場合であり、(b)は中間焦点距離状態における場合であり、(c)は望遠端状態における場合である。

【符号の説明】

【0107】

1 デジタル一眼レフカメラ(光学機器)

Z L ズームレンズ

G 1 第1レンズ群

G 2 第2レンズ群

10

20

30

40

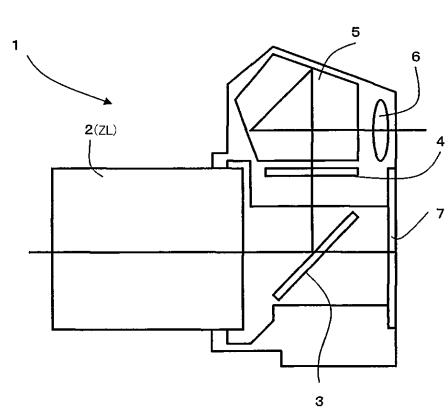
50

G 3 第3レンズ群
L P F ローパスフィルタ
S 開口絞り

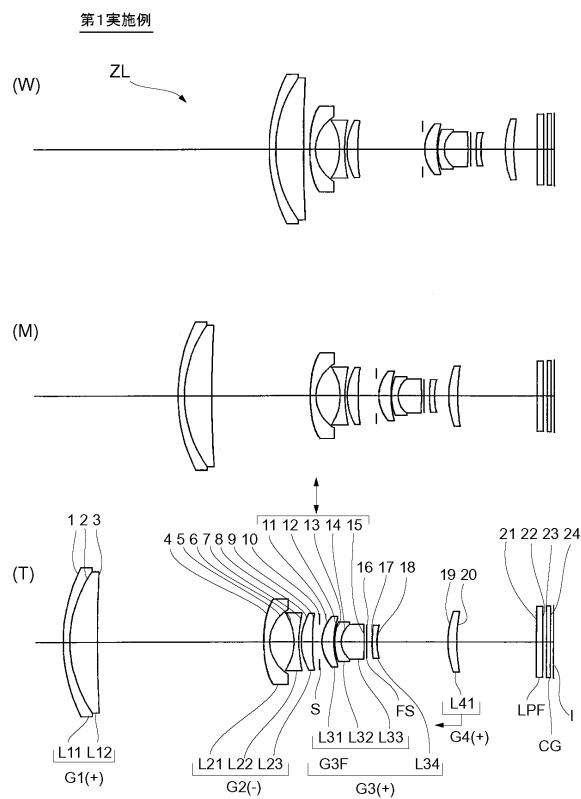
G 3 F 前群
C G カバーガラス
F S 視野絞り

G 4 第4レンズ群
I 像面

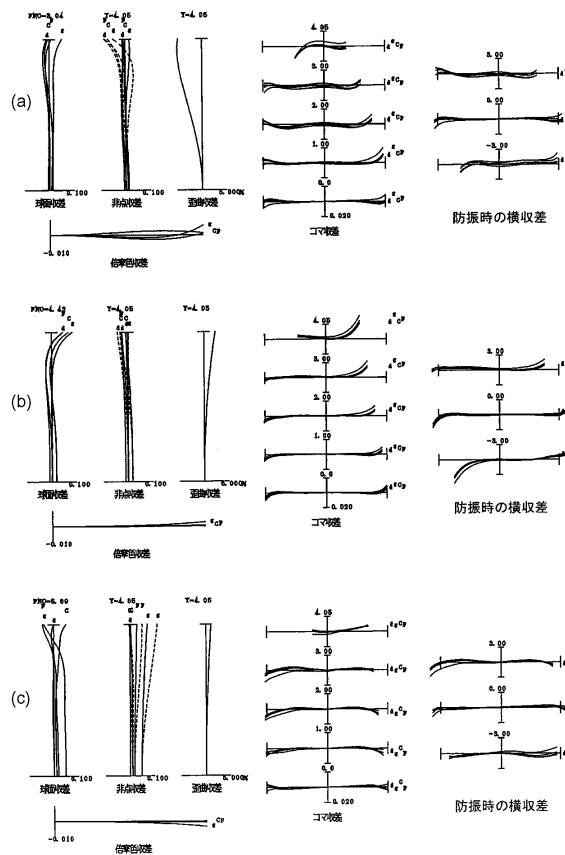
【図1】



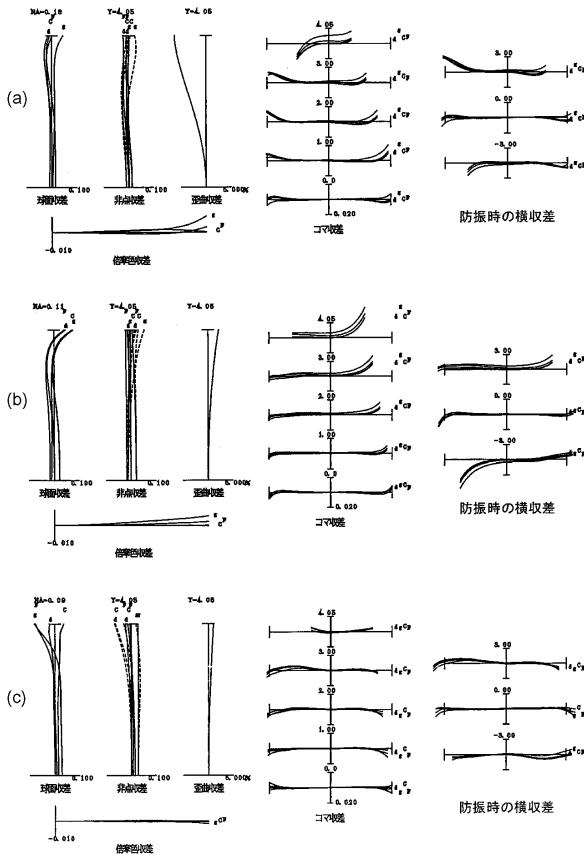
【図2】



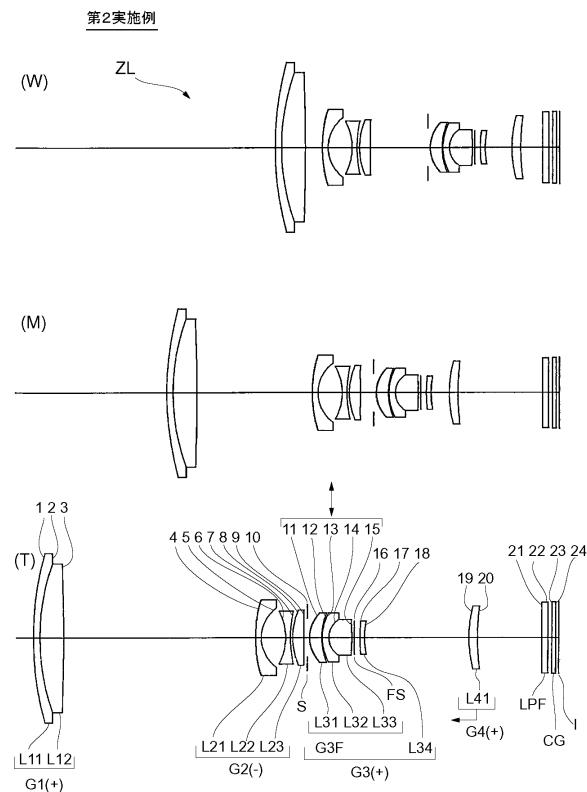
【図3】



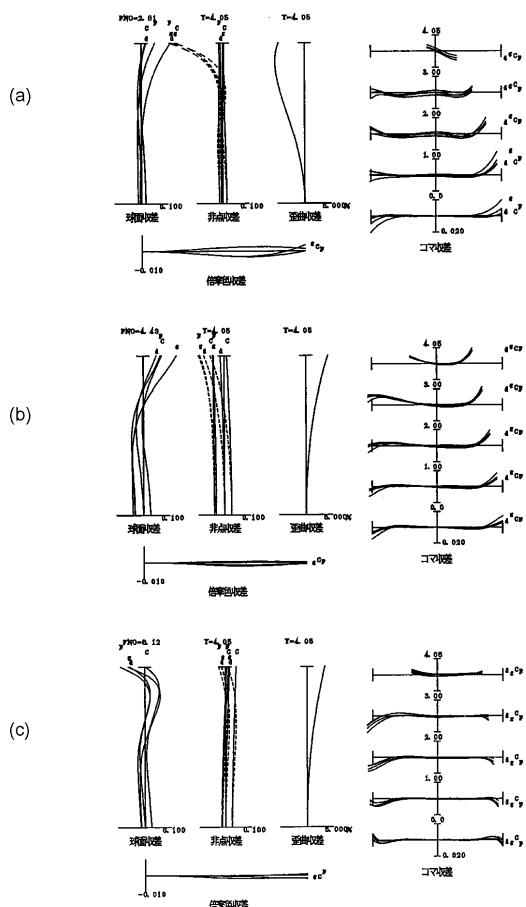
【図4】



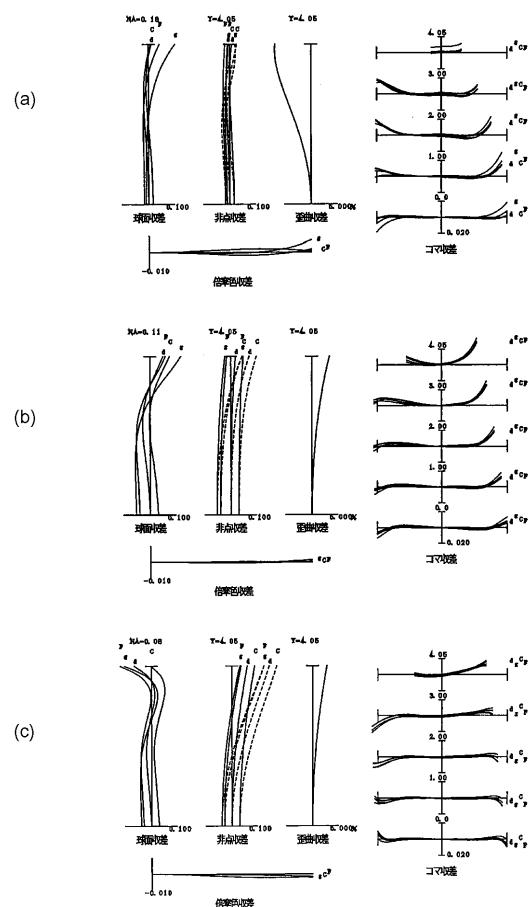
【図5】



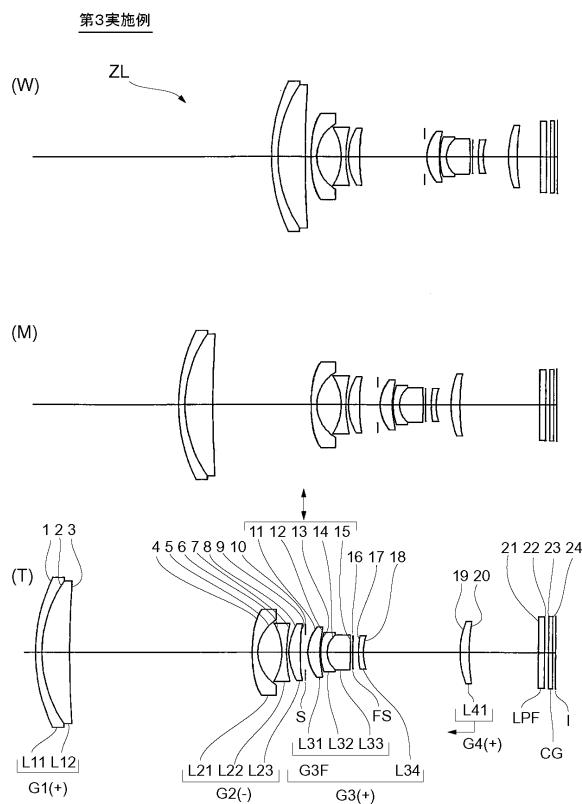
【図6】



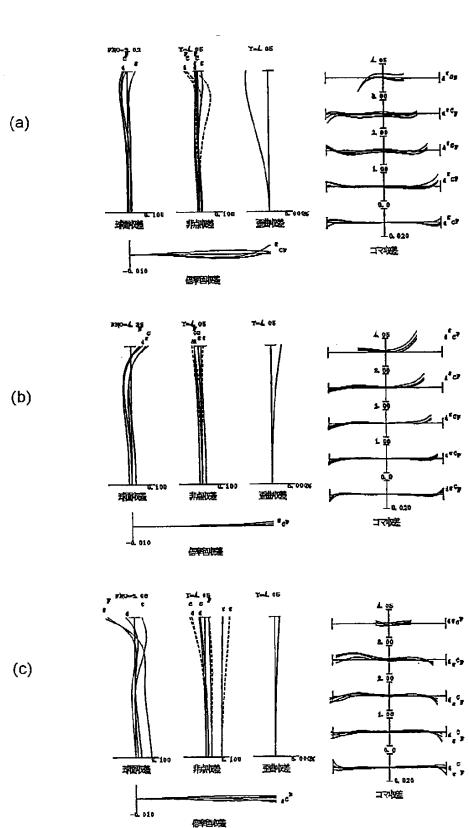
【図7】



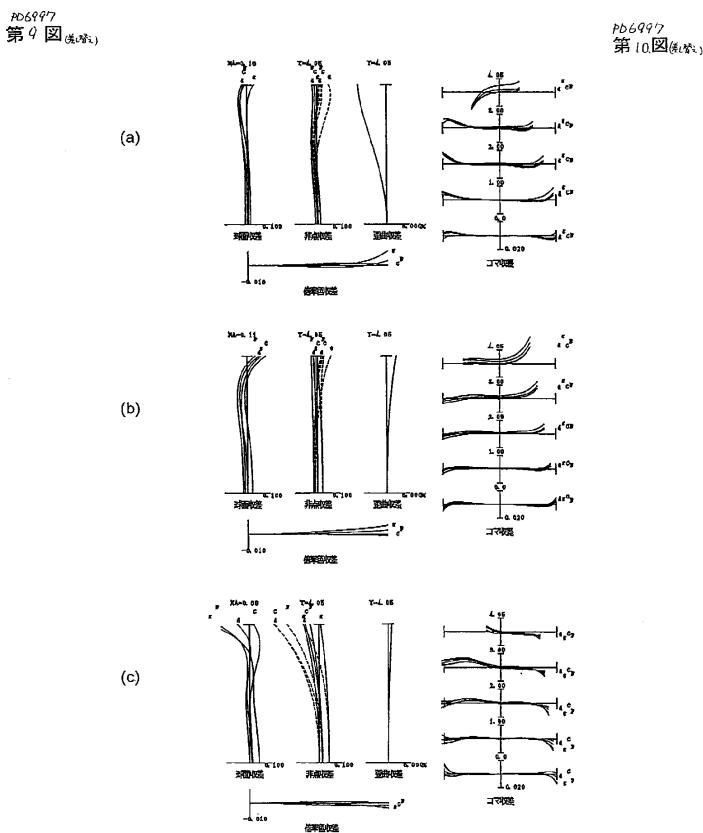
【図8】



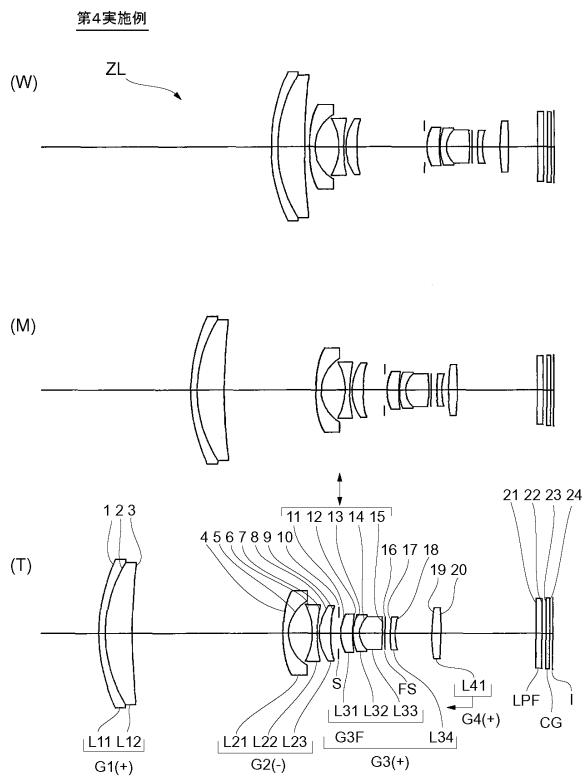
【図9】



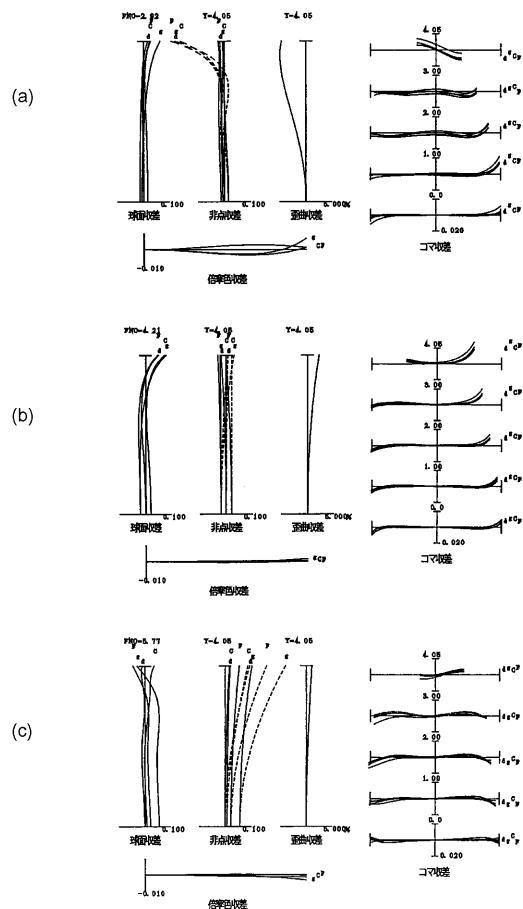
【図10】



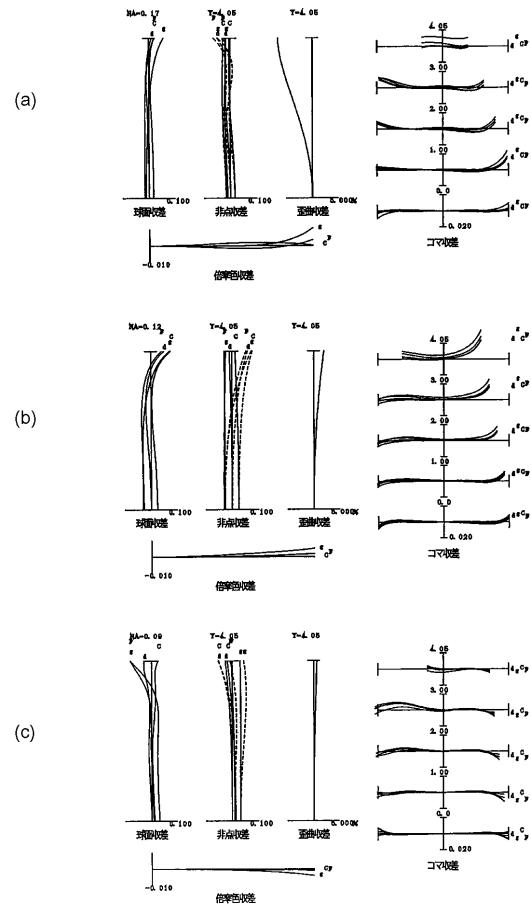
【図11】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-057931(JP,A)
特開2007-264173(JP,A)
特開2008-122492(JP,A)
特開2005-181499(JP,A)
特開2006-126741(JP,A)
特開2007-178846(JP,A)
特開昭57-005012(JP,A)
特開2004-212616(JP,A)
特開2004-094233(JP,A)
特開昭54-030855(JP,A)
特開2006-126806(JP,A)
特開2007-232918(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04