(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3589555号
(P3589555)
(45)発行日　平成16年11月17日(2004.11.17)　(24)登録日　平成16年8月27日(2004.8.27)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 15/20　G02B 15/20
G02B 13/18　G02B 13/18

請求項の数 6　(全 22 頁)

(21)出願番号　特願平9-331258
(22)出願日　平成9年11月15日(1997.11.15)
(65)公開番号　特開平11-149044
(43)公開日　平成11年6月2日(1999.6.2)
審査請求日　平成14年7月8日(2002.7.8)

(73)特許権者　000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込１丁目３番６号
(74)代理人　100082636
弁理士　真田　修治
(72)発明者　小泉　博
東京都大田区中馬込１丁目３番６号　株式会社リコー内

審査官　吉野　公夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ズームレンズ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第１群光学系、正の屈折力を有する第２群光学系および正の屈折力を有する第３群光学系を配設し、
前記第２群光学系の物体側に、ズーミング時に該第２群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、
広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第１群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第２群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第３群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の弧状に移動して変倍を行い、
第Ｍ群光学系（Ｍ＝１～３）の焦点距離をf_M、広角端における全系の合成焦点距離をf_Wとするとき、これらが条件：
（１）２．６６＜｜f_1｜／f_W＜２．８０　（f_1＜０）
（２）f_3／f_W＜３．７
（３）０．６１＜f_2／f_3＜０．６８　（f_2＞０，f_3＞０）
を満足することを特徴とするズームレンズ。
【請求項２】
前記第１群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第２群光学系は非球面を設けた正レンズを有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群光学系の非球面を設けた負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状であることを特徴とする請求項２に記載のズームレンズ。
【請求項４】
前記第２群光学系の非球面を設けた正レンズは、開口絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状であ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５】
前記第１群光学系は、物体側から像側に向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してな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６】
前記第２群光学系は、物体側から像側に向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズ、そして、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズを配置してなる５つのレンズを含むことを特徴とする請求項１に記載のズームレンズ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、ズームレンズの光学系に係り、特に固体撮像素子を受光素子に用いるディジタルスティルカメラおよびビデオカメラ用のテレセントリック性を有する小型の広角ズームレンズとして好適なズームレンズに関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
動画を撮像する、いわゆるビデオカメラにおいては、従来から、ＣＣＤ（電荷結合素子）またはＭＯＳ（金属酸化物半導体）等の固体撮像素子が撮像用受光素子として用いられている。
さらに、近年、ディジタルスティルカメラ、あるいは単にディジタルカメラ等と称され、被写体像を、固体撮像素子により撮像し、被写体の静止画像（スティル画像）の画像データを得て、ＩＣ（集積回路）カードまたはビデオフロッピーディスク等にディジタル的に記録するタイプのカメラの普及が著しい。このディジタルカメラの中には、静止画像のみならず動画像（ムービー画像）をも撮像することができるものもある。
【０００３】
ところで、このようなＣＣＤ等の固体撮像素子を使用したカメラの光学系には、射出瞳位置が像面から充分に離間していることが要求される。これは、次のような理由による。固体撮像素子の色フィルタが撮像面からやや離れた位置に存在するため、光束が斜めから入射した場合には、実質的な開口効率が低下する。固体撮像素子の周期構造に起因するモアレ現象を防止するための水晶フィルタの実効厚が、軸上と周辺であまり変動しないことが求められる。
また、特に最近の高感度型小型固体撮像素子では、撮像面の直前にマイクロレンズアレイを持つものがあり、このような場合にも射出瞳が像面から充分に離間していないと開口効率が周辺で低下する。
【０００４】
物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第１レンズ群、および正の屈折力を有する第２レンズ群を配設して構成され、これら第１レンズ群と第２レンズ群との群の間隔を変化させることにより、変倍を行うズームレンズは、いわゆる２群ズームとしてよく知られている。このような２群ズームの多くは、射出瞳位置が像面に近くなり、ＣＣＤ等の固体撮像素子を用いたカメラに適用するには好ましくない。
そこで、第２レンズ群の後方に、正の屈折力を有する固定レンズ群または移動レンズ群を

配置することにより、射出瞳位置を像面から遠ざけることが考えられており、多くのズームレンズが提案されている。
このように、第２レンズ群の後方に、正の屈折力を有するレンズ群を配置するようにしたズームレンズの例が、例えば、特公平３－２０７３５号公報、特公平７－５２２５６号公報、および特開平６－９４９９６号公報等に開示されている。
【０００５】
しかしながら、特公平３－２０７３５号公報、および特公平７－５２２５６号公報に記載されたズームレンズは、主として一眼レフ（一眼レフレックス）スチルカメラ用に設計されたものである。このため、これら特公平３－２０７３５号公報、および特公平７－５２２５６号公報に記載された構成では、第３レンズ群の正の屈折力は極めて弱く、射出瞳を像面から充分に遠ざけることはできない。また、特開平６－９４９９６号公報に記載されたズームレンズは、射出瞳位置を像面から遠ざけるために、絞り位置を変倍中に移動させずに第１レンズ群と第２レンズ群との中間位置に固定して配置している。このため、第１レンズ群および第２レンズ群の移動に制約を受け、変倍比が２倍弱にとどまっている。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
本出願人は、上述した問題に対処するため、３倍程度の変倍比が得られて、しかも射出瞳位置を像面から充分に離間させることができ、小型のディジタルスチルカメラ等に適する明るい広角ズームレンズを、これまでに提案している。
例えば、先に提案した特願平９－１４３０８号明細書に、そのようなズームレンズの例が記載されている。
しかしながら、これらのズームレンズは、歪曲収差が大きく、広角端で６％程度の歪曲収差が生ずる。このような歪曲収差は、３５ｍｍ版、いわゆるライカ版の銀塩フィルムを使用する在来のカメラの撮影レンズと比べても大きく、正確な画像を得ることは困難である。
【０００７】
一方、最近のディジタルスチルカメラは、高画質化を追求する傾向にあり、画像の歪みの小ささも、高画質化指向のディジタルスティルカメラにおける重要な品質項目の一つとなっている。
このため、上述した特願平９－１４３０８号明細書に記載されたズームレンズは、歪曲収差の補正が充分でなく、最近の高画質指向のディジタルスチルカメラには不向きであると考えられる。
そこで、本出願人は、さらに歪曲収差を抑えて、ディジタルスティルカメラ等に適するようにした明るい広角ズームレンズとして、特願平９－２６９１７０号を提案した。
【０００８】
しかしながら、現在のディジタルスティルカメラの市場は、画像品質の高さを維持しつつも低コスト化を図ることが最も重要となっている。
このような観点では、特願平９－２６９１７０号明細書に記載のズームレンズは、９枚のレンズで構成されており、そのレンズ枚数から低コスト化の要求に充分に応えているとは言い難い。
【０００９】
本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、３倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させつつ、歪曲収差を抑えることができ、しかも小型で収差が少なくディジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能なズームレンズを提供することを目的としている。
本発明の第１の目的は、特に、必要とするレンズ枚数が少なく、しかも小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することにある。
【００１０】
本発明の第２の目的は、特に、少ないレンズ枚数で構成し、且つレンズ外径を小さくするとともに、第２レンズ群で発生する収差を効果的に補正するズームレンズを提供すること

にある。
本発明の第３の目的は、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を補正し得るズームレンズを提供することにある。
本発明の第４の目的は、特に、球面収差が補正不足となるのを防止し得るズームレンズを提供することにある。
【００１１】
【課題を解決するための手段】
請求項１に記載した本発明に係るズームレンズは、上述した目的、特に第１の目的を達成するために、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第１群光学系、正の屈折力を有する第２群光学系および正の屈折力を有する第３群光学系を配設し、
前記第２群光学系の物体側に、ズーミング時に該第２群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、
広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第１群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第２群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第３群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の弧状に移動して変倍を行い、
第Ｍ群光学系（Ｍ＝１～３）の焦点距離をf_M、広角端における全系の合成焦点距離をf_Wとするとき、これらが条件：
（１）$2.66 < |f_1| / f_W < 2.80$　　（$f_1 < 0$）
（２）$f_3 / f_W < 3.7$
（３）$0.61 < f_2 / f_3 < 0.68$　　（$f_2 > 0$，$f_3 > 0$）
を満足することを特徴としている。
請求項２に記載した本発明に係るズームレンズの前記第１群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第２群光学系は非球面を設けた正レンズを有することを特徴としている。
【００１２】
請求項３に記載した本発明に係るズームレンズの前記第１群光学系の非球面を設けた負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状であることを特徴としている。
請求項４に記載した本発明に係る前記第２群光学系の非球面を設けた正レンズは、開口絞りに最も近接して配設され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状であることを特徴としている。
【００１３】
請求項５に記載した本発明に係るズームレンズは、前記第１群光学系は、物体側から像側に向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなることを特徴としている。
請求項６に記載した本発明に係るズームレンズは、前記第２群光学系は、物体側から像側に向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズ、そして、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズを配置してなる５つのレンズを含むことを特徴としている。
【００１４】
【作用】
すなわち、本発明に係るズームレンズは、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第１群光学系、正の屈折力を有する第２群光学系および正の屈折力を有する第３群光学系を配設し、前記第２群光学系の物体側に、ズーミング時に該第２群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第１群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第２群光学系は、光軸上を

物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第３群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の弧状に移動して変倍を行う構成とする。

【００１５】

そして、第Ｍ群光学系（Ｍ＝１～３）の焦点距離をf_M、広角端における全系の合成焦点距離をf_Wとするとき、これらが条件：

（１）２．６６＜｜f_1｜／f_W＜２．８０　（f_1＜０）

（２）f_3／f_W＜３．７

（３）０．６１＜f_2／f_3＜０．６８　（f_2＞０，f_3＞０）

を満足するように構成する。

このような構成により、第３群光学系を往復移動させることによって、第２群光学系のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせ、第２群の移動量を少なくして小型で且つ高変倍を実現させることができる。

特に、第１群光学系の焦点距離の範囲を条件（１）の範囲とすることによって、ズームレンズを小型化し、収差を少なくする。

【００１６】

また、第３群光学系の正の屈折力を条件（２）の範囲とすることによって、射出瞳位置を像面から離間させテレセントリック性を持たせる。

さらに第２群光学系と第３群光学系との正の屈折力の配分を、条件（３）の範囲とすることによって、少ないレンズ枚数であるにもかかわらず、小型で、収差を良好に補正することができる。

したがって、少ないレンズ枚数で、３倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させることができるとともに、歪曲収差を抑えることができ、小型で収差が少なくディジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能である。

【００１７】

本発明に係るズームレンズは、前記第１群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなる２つのレンズを有し、且つ前記第２群光学系が、物体側から像側へ向かって、順次、正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズ、像側に強い屈折面を向けた正レンズ、そして物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズを配置してなる５つのレンズを有する。

このような構成により、特に、少ないレンズ枚数でズームレンズを構成し、且つレンズ外径を小さくするとともに、第２レンズ群で発生する収差を効果的に補正する。

【００１８】

本発明に係るズームレンズは、前記第１群光学系の２つのレンズのうちの最も物体側に位置するメニスカス状の負レンズの像側のレンズ面を、光軸から離れるに従い負の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。

このような構成により、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正する。

本発明に係るズームレンズは、前記第２群光学系の５つのレンズのうちの最も物体側に位置する正レンズの物体側のレンズ面を光軸から離れるに従い正の屈折力が弱くなる形状の非球面とする。

このような構成により、特に、球面収差が補正不足となるのを防止する。

【００１９】

【発明の実施の形態】

（１）－１　第１の実施の形態

以下、本発明に係る実施の形態に基づき、図面を参照して本発明のズームレンズを詳細に説明する。

図１は、本発明の第１の実施の形態に係るズームレンズの要部の構成を示している。

図１の（ａ）は、該ズームレンズをズーミングの広角端に設定した状態におけるレンズ構

成を示し、図１の（ｂ）は、該ズームレンズをズーミングの望遠端に設定した状態におけるレンズ構成を示している。

【００２０】

図１に示すズームレンズは、被写体、すなわち物体側から像側に向かって、順次、第１群光学系である第１レンズ群Ｇ１、第２群光学系である第２レンズ群Ｇ２および第３群光学系である第３レンズ群Ｇ３が配置されている。

第１レンズ群Ｇ１は、２枚のレンズＬ１およびＬ２で構成され、第２レンズ群Ｇ２は、５枚のレンズＬ３、Ｌ４、Ｌ５、Ｌ６およびＬ７で構成され、そして第３レンズ群Ｇ３は、１枚のレンズＬ８で構成されている。

【００２１】

第２レンズ群Ｇ２の物体側、すなわち第１レンズ群Ｇ１との間には、開口絞りＳが配置されている。第３レンズ群Ｇ３のさらに像側には、像面との間に、ローパスフィルタ（ＬＰＦ）Ｌ９および赤外光カットフィルタ（ＩＲＣＦ）Ｌ１０が組み合わされてなるフィルタＦが設けられている。すなわち、光学素子Ｌ１～Ｌ８はレンズであり、光学素子Ｌ９およびＬ１０は光学フィルタである。ｒ１～ｒ２０は、光学面を示すが、実施例においては、曲率半径を示す。

レンズＬ１およびＬ２からなる第１レンズ群Ｇ１は、負の屈折力を有する。レンズＬ３～Ｌ７からなる第２レンズ群Ｇ２は、正の屈折力を有する。レンズＬ８からなる第３レンズ群Ｇ３は、正の屈折力を有する。

【００２２】

第１レンズ群Ｇ１は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第１レンズ群Ｇ１は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズーミングに際しての、焦点位置の変動を補正する。

第２レンズ群Ｇ２は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第３レンズ群Ｇ３は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。第３レンズ群Ｇ３は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズーミングが行われる。

【００２３】

このように、第３レンズ群Ｇ３を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第２レンズ群Ｇ２のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第２レンズ群Ｇ２の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。

第２レンズ群Ｇ２の物体側に位置する開口絞りＳは、第２レンズ群Ｇ２と一体に移動する。したがって、開口絞りＳにより第２レンズ群Ｇ２の移動が妨げられることはない。

上記第１～第３レンズ群Ｇ１～Ｇ３は、第１レンズ群Ｇ１の焦点距離をf_1、第２レンズ群Ｇ２の焦点距離をf_2、そして第３レンズ群Ｇ３の焦点距離をf_3、すなわち第Ｍレンズ群（Ｍ＝１～３）の焦点距離をf_Mとし、広角端における全系の合成焦点距離f_Wとするとき、次の各条件を満足するように構成される。

【００２４】

条件（１）：

$2.66 < |f_1| / f_W < 2.80 \quad (f_1 < 0)$

条件（２）

$f_3 / f_W < 3.7$

条件（３）

$0.61 < f_2 / f_3 < 0.68 \quad (f_2 > 0, f_3 > 0)$

条件（１）は、ズームレンズを小型化し、収差を良好に補正するための第１レンズ群Ｇ１の焦点距離f_1の範囲を規制する条件である。条件（１）の下限未満では、レンズ全系の小型化には有利であるが、第１レンズ群Ｇ１の負の屈折力が強くなりすぎて、球面収差

等の諸収差が悪化するので、好ましくない。また、条件（１）の上限を超えると、収差は良好に補正することができるが、レンズ全系を小型化することが困難になる。

【００２５】

条件（２）は、第３レンズ群Ｇ３の正の屈折力を規制する条件である。条件（２）の上限を超えると、第３レンズ群Ｇ３の正の屈折力が不充分となって、射出瞳位置が像面に近づき、テレセントリック性が失われる。

条件（３）は、共に正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との屈折力の配分を規制する条件である。この条件（３）は、第２レンズ群Ｇ２および第３レンズ群Ｇ３を少ない構成枚数として、しかも小型化を容易にし、なおかつ収差を良好に補正するためのものである。

【００２６】

条件（３）の下限未満では、第３レンズ群Ｇ３の屈折力が不充分となって、該第３レンズ群Ｇ３の効果が減少し、第３レンズ群Ｇ３の屈折力を補うために、第２レンズ群Ｇ２の屈折力負担が過大となるため、球面収差が悪化し、像の平坦性も悪くなるので好ましくない。

条件（３）の上限を超えると、第３レンズ群Ｇ３の屈折力負担が大きいため、第２レンズ群Ｇ２群の屈折力負担が軽減され、球面収差は良好となり、像の平坦性も良好となるが、第１レンズ群Ｇ１の負の屈折力および第２レンズ群Ｇ２の正の屈折力双方が弱くなる傾向にも合致し、全系の小型化の達成が困難となる。

図１に示すように、第１レンズ群Ｇ１は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ１、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズＬ２で構成され、これら２枚のレンズＬ１およびＬ２を、物体側から像面側に向かって、順次、Ｌ１－Ｌ２の順で配置している。

また、第２レンズ群Ｇ２は、正レンズＬ３、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズＬ４、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ５、像側に強い屈折面を向けた正レンズＬ６、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ７で構成され、これら５枚のレンズＬ３～Ｌ７を物体側から像側に向かって、順次、Ｌ３－Ｌ４－Ｌ５－Ｌ６－Ｌ７の順で配置している。

【００２７】

少ないレンズ枚数で構成し、しかも、レンズ外径を小さくするために、第１レンズ群Ｇ１を構成する負のレンズＬ１を物体側に配置している。そして、第２レンズ群Ｇ２で発生する球面収差、コマ収差、および非点収差を補正するために、まず、２枚の正レンズＬ３およびＬ４で球面収差の発生を極力抑えて全体として正の屈折力を得て、それに続いて負レンズＬ５で補正過剰とし、さらに続く正レンズＬ６で各収差の画角差を平均化する。

【００２８】

第１レンズ群Ｇ１の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズＬ１は、像側のレンズ面を、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。

このように、第１レンズ群Ｇ１の最も物体側のメニスカス状の負レンズＬ１の像側のレンズ面が、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面を形成することによって、特に短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を補正している。

【００２９】

第２レンズ群Ｇ２の最も物体側に配置される正レンズＬ３は、物体側のレンズ面を、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。

このように、第２レンズ群Ｇ２の最も物体側にある正レンズＬ３の物体側のレンズ面が、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面を形成することによって、主として球面収差が補正不足となるのを防止している。

【００３０】

（１）－２　第１の実施例

次に、上述した第１の実施の形態によるズームレンズの第１の実施例のデータを表１～表３に示す。

表１は、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータであり、表２は、非球面のデータであり、表３は、可変部分の可変量のデータである。
このズームレンズは、全系の焦点距離をｆ、ＦナンバをＦ／Ｎｏ．　、半画角をω、および像高をＹ′としたとき、それぞれｆ＝５．６～１６．８ｍｍ、Ｆ／Ｎｏ．　＝２．８～５．０、ω＝３２．３～１１．７ｄｅｇ　、Ｙ′＝３．４７である。
光学系を構成する光学面の物体側からの面番号をｉ、各光学面の曲率半径をr_i　、後続の光学面（像側に隣接する光学面）との面間隔をd_i　、光学素子番号をｊ（すなわち各光学素子はL_j　（ｊ＝１～１０の自然数）であらわされる）、光学素子L_j　の光学材料の屈折率をn_j　、および光学素子L_j　の光学材料のアッベ数をν_j　として、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータを表１に示す。

【００３１】
【表１】

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	25.322	0.80	1	1.69350	53.20
2	5.081	3.18			
3	8.649	1.55	2	1.84666	23.80
4	12.342	(可変)			
5	(絞り)	0.50			
6	16.176	1.35	3	1.69350	53.20
7	-50.670	0.10			
8	5.659	1.46	4	1.69680	55.50
9	24.607	0.26			
10	18.270	0.80	5	1.78470	26.10
11	4.522	0.92			
12	284.113	1.13	6	1.72342	38.00
13	-12.520	0.10			
14	19.572	0.76	7	1.74077	27.80
15	9.522	(可変)			
16	14.139	1.82	8	1.48749	70.40
17	-29.349	(可変)			
18	0.000	2.00	9	1.51680	64.20
19	0.000	1.10	10	1.54072	47.20
20	0.000				

【００３２】

表１において曲率半径ｒ$_i$　を「０．０００　」と表記したのは、曲率半径ｒ$_i$　が無限大（∞）であることを意味し、当該光学面が平面であることを示している。
したがって、フィルタＦを構成する光学素子Ｌ９およびＬ１０の面ｒ１８，ｒ１９，ｒ２０は、平面であり、これら両光学素子Ｌ９およびＬ１０は密に接合されている。

【００３３】

表１における第２光学面ｒ２および第６光学面ｒ６、すなわち第１レンズ群Ｇ１の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズＬ１の像側のレンズ面ｒ２および第２レンズ群Ｇ２の最も物体側に配置される正レンズＬ３の物体側のレンズ面ｒ６を、非球面としている。
非球面は、周知のごとく光軸に合致させてＺ座標軸を、光軸に直交させてＹ座標をとるとき、光軸上の曲率半径をｒ、円錐定数をＫ、高次の非球面係数をＡ、Ｂ、およびＣとして、数１であらわされる曲線を光軸の回りに回転させて得られる曲面である。

【００３４】

【数１】

$$Z=\frac{\left(\frac{1}{r}\right)Y^{2}}{1+\sqrt{1-(1+K)\left(\frac{Y}{r}\right)^{2}}}+AY^{4}+BY^{6}+CY^{8}$$

【００３５】

すなわち、非球面は、数１の非球面の式に、光軸上の曲率半径ｒ、円錐定数Ｋ、および高次の非球面係数Ａ、Ｂ、およびＣの各パラメータを与えて定義することにより、形状を特定する。
したがって、表１における第２光学面ｒ２、つまり第１レンズ群Ｇ１の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズＬ１の像側のレンズ面ｒ２、および表１における第６光学面ｒ６、つまり第２レンズ群Ｇ２の最も物体側に配置される正レンズＬ３の物体側のレンズ面ｒ６は、表２に示す光軸上の曲率半径ｒ、円錐定数Ｋ、および高次の非球面係数Ａ、Ｂ、およびＣの各パラメータで定義される非球面に形成される。

【００３６】

【表２】

	K	A	B	C
r_2	-0.44868	-1.17283E-4	4.81073E-6	-2.10851E-7
r_6	-3.36425	-1.17377E-4	-3.36556E-6	-9.77911E-8

【００３７】

表１において、面間隔ｄ$_i$　を「可変」とした第４光学面ｒ４、第１５光学面ｒ１５および第１７光学面ｒ１７の次の（面番号の）光学面との面間隔は、全系の焦点距離ｆが５．６０ｍｍの広角端、焦点距離ｆが９．７０ｍｍの中間焦点距離、および焦点距離ｆが１６．７９ｍｍの望遠端において、表３に示されるように変化する。

【００３８】

【表３】

f	5.60	9.70	16.79
d_4	15.75	6.14	1.60
d_{15}	2.43	6.61	16.58
d_{17}	1.00	1.67	0.99

【００３９】
この場合の、広角端におけるレンズ全長、すなわち光学系の第１光学面から像面までの距離は、４０．０６ｍｍである。
【００４０】
図２～図４に、この第１の実施例における収差図を示す。図２は広角端、図３は中間焦点距離、そして図４は望遠端における収差図である。
なお、収差図において、ＳＡは球面収差、ＳＣは正弦条件、Ａｓｔは非点収差、そしてＤｉｓｔは歪曲収差を示している。
各収差図における「ｄ」はｄ線に対する収差を示し、「ｇ」はｇ線に対する収差を示している。球面収差図においては、球面収差を実線で、正弦条件を破線でそれぞれ示し、非点収差図においては、サジタル光線を実線、メリディオナル光線を破線でそれぞれ示している。
図２～図４によれば、ズーム域における広角端、中間焦点距離および望遠端のいずれにおいても収差は、良好に補正されており、性能良好であることが確認された。
【００４１】
（２）－１　第２の実施の形態
図５は、本発明の第２の実施の形態に係るズームレンズの要部の構成を示している。
図５の（ａ）は、該ズームレンズをズーミングの広角端に設定した状態におけるレンズ構成を示し、図５の（ｂ）は、該ズームレンズをズーミングの望遠端に設定した状態におけるレンズ構成を示している。
図５に示すズームレンズは、被写体、すなわち物体側から像側に向かって、順次、第１群光学系である第１レンズ群Ｇ１′、第２群光学系である第２レンズ群Ｇ２′および第３群光学系である第３レンズ群Ｇ３′が配置されている。
【００４２】
第１レンズ群Ｇ１′は、２枚のレンズＬ１′およびＬ２′で構成され、第２レンズ群Ｇ２′は、５枚のレンズＬ３′、Ｌ４′、Ｌ５′、Ｌ６′およびＬ７′で構成され、そして第３レンズ群Ｇ３′は、１枚のレンズＬ８′で構成されている。
【００４３】
第２レンズ群Ｇ２′の物体側、すなわち第１レンズ群Ｇ１′との間には、開口絞りＳが配置されている。第３レンズ群Ｇ３′のさらに像側には、像面との間に、ローパスフィルタＬ９′および赤外光カットフィルタＬ１０′が組み合わされてなるフィルタＦが設けられている。
すなわち、光学素子Ｌ１′～Ｌ８′はレンズであり、光学素子Ｌ９′およびＬ１０′は光学フィルタである。
レンズＬ１′およびＬ２′からなる第１レンズ群Ｇ１′は、負の屈折力を有する。レンズＬ３′～Ｌ７′からなる第２レンズ群Ｇ２′は、正の屈折力を有する。レンズＬ８′からなる第３レンズ群Ｇ３′は、正の屈折力を有する。
【００４４】
第１レンズ群Ｇ１′は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第１レンズ群Ｇ１′は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズーミ

ングに際しての、焦点位置の変動を補正する。
第２レンズ群Ｇ２′は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第３レンズ群Ｇ３′は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。
第３レンズ群Ｇ３′は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第２レンズ群Ｇ２′および第３レンズ群Ｇ３′の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズーミングが行われる。
【００４５】
このように、第３レンズ群Ｇ３′を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第２レンズ群Ｇ２′のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第２レンズ群Ｇ２′の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。
第２レンズ群Ｇ２′の物体側に位置する開口絞りＳは、第２レンズ群Ｇ２′と一体に移動する。したがって、開口絞りＳにより第２レンズ群Ｇ２′の移動が妨げられることはない。
【００４６】
上記第１～第３レンズ群Ｇ１′～Ｇ３′は、第１の実施の形態の場合と同様に、第Ｍレンズ群（Ｍ＝１～３）の焦点距離をf_M　とし、広角端における全系の合成焦点距離f_Wとするとき、上述した条件（１）～（３）を満足するように構成される。
図５に示すように、第１レンズ群Ｇ１′は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ１′、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズＬ２′で構成され、これら２枚のレンズＬ１′およびＬ２′を、物体側から像面側に向かって、順次、Ｌ１′－Ｌ２′の順で配置している。
【００４７】
また、第２レンズ群Ｇ２′は、正レンズＬ３′、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズＬ４′、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ５′、像側に強い屈折面を向けた正レンズＬ６′、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ７′で構成され、これら５枚のレンズＬ３′～Ｌ７′を物体側から像側に向かって、順次、Ｌ３′－Ｌ４′－Ｌ５′－Ｌ６′－Ｌ７′の順で配置している。
【００４８】
第１レンズ群Ｇ１′の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズＬ１′は、像側のレンズ面を、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。
第２レンズ群Ｇ２′の最も物体側に配置される正レンズＬ３′は、物体側のレンズ面を、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。
【００４９】
（２）－２　第２の実施例
次に、上述した第２の実施の形態に係るズームレンズの第２の実施例のデータを表４～表６に示す。表４は、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータであり、表５は非球面のデータであり、表６は可変部分の可変量のデータである。
【００５０】
【表４】

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	25.198	0.80	1	1.80610	40.70
2	5.032	2.02			
3	8.320	1.94	2	1.84666	23.80
4	16.362	(可変)			
5	(絞り)	0.50			
6	34.551	1.32	3	1.74330	49.30
7	-19.426	0.10			
8	5.228	1.39	4	1.69680	55.50
9	15.346	0.35			
10	18.850	0.80	5	1.75520	27.50
11	4.401	0.93			
12	-75.549	1.18	6	1.65160	58.40
13	-8.684	0.10			
14	80.777	0.72	7	1.67270	32.20
15	12.854	(可変)			
16	13.548	1.96	8	1.48749	70.44
17	-25.004	(可変)			
18	0.000	2.00	9	1.51680	64.20
19	0.000	1.10	10	1.54072	47.20
20	0.000				

【００５１】
表４における第２光学面ｒ２′、つまり第１レンズ群Ｇ１′の最も物体側に配置されるメニスカ状の負レンズＬ１′の像側のレンズ面ｒ２′、および表４における第６光学面ｒ６′、つまり第２レンズ群Ｇ２′の最も物体側に配置される正レンズＬ３′の物体側のレンズ面ｒ６′は、表５に示す光軸上の曲率半径ｒ、円錐定数Ｋ、および高次の非球面係数Ａ、Ｂ、およびＣの各パラメータで定義される非球面に形成される。
【００５２】
【表５】

	K	A	B	C
r_2	-0.54914	-1.20903E-5	4.84214E-6	-1.31937E-7
r_6	-16.12607	-1.82905E-4	-4.25916E-6	-1.87086E-7

表４において、面間隔d_i　を「可変」とした第４光学面、第１５光学面および第１７光学面の次の（面番号の）光学面との面間隔は、全系の焦点距離ｆが５．６０ｍｍの広角端、焦点距離ｆが９．７０ｍｍの中間焦点距離および焦点距離ｆが１６．７８ｍｍの望遠端において、表６に示されるように変化する。

【００５３】

【表６】

f	5.60	9.70	16.78
d_4	15.87	6.19	1.60
d_{15}	1.90	6.20	16.17
d_{17}	1.00	1.58	1.01

【００５４】

この場合の、広角端におけるレンズ全長、すなわち光学系の第１光学面から像面までの距離は、３９．０６ｍｍである。

図６～図８に、この第２の実施の形態における収差図を示す。

図６は広角端、図７は中間焦点距離、そして図８は望遠端における収差図である。

図６～図８によれば、ズーム域における広角端、中間焦点距離および望遠端のいずれにおいても収差は良好に補正されており、性能良好であることが確認された。

【００５５】

（３）－１　第３の実施の形態

図９は、本発明の第３の実施の形態に係るズームレンズの要部の構成を示している。

図９の（ａ）は、該ズームレンズをズーミングの広角端に設定した状態におけるレンズ構成を示し、図９の（ｂ）は、該ズームレンズをズーミングの望遠端に設定した状態におけるレンズ構成を示している。

図９に示すズームレンズは、被写体すなわち物体側から像側に向かって、順次、第１群光学系である第１レンズ群Ｇ１″、第２群光学系である第２レンズ群Ｇ２″および第３群光学系である第３レンズ群Ｇ３″が配置されている。

【００５６】

第１レンズ群Ｇ１″は、２枚のレンズＬ１″およびＬ２″で構成され、第２レンズ群Ｇ２″は、５枚のレンズＬ３″、Ｌ４″、Ｌ５″、Ｌ６″およびＬ７″で構成され、そして第３レンズ群Ｇ３″は、１枚のレンズＬ８″で構成されている。第２レンズ群Ｇ２″の物体側、すなわち第１レンズ群Ｇ１″との間には、開口絞りＳが配置されている。第３レンズ群Ｇ３″のさらに像側には、像面との間に、ローパスフィルタＬ９″および赤外光カットフィルタＬ１０″が組み合わされてなるフィルタＦが設けられている。すなわち、光学素子Ｌ１″～Ｌ８″はレンズであり、光学素子Ｌ９″およびＬ１０″は光学フィルタである。

レンズＬ１″およびＬ２″からなる第１レンズ群Ｇ１″は、負の屈折力を有する。レンズＬ３″～Ｌ７″からなる第２レンズ群Ｇ２″は、正の屈折力を有する。レンズＬ８″からなる第３レンズ群Ｇ３″は、正の屈折力を有する。

【００５７】
第１レンズ群Ｇ１″は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず像側へ移動し、途中から移動方向を反転して物体側に移動する。第１レンズ群Ｇ１″は、このように、像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、広角端から望遠端へのズーミングに際しての、焦点位置の変動を補正する。
第２レンズ群Ｇ２″は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上を物体側に単調に移動する。第３レンズ群Ｇ３″は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、光軸上をまず物体側へ移動し、途中から移動方向を反転して像側に移動する。第３レンズ群Ｇ３″は、このように、物体側に凸の弧状の軌跡を描いて移動する。これら第２レンズ群Ｇ２″および第３レンズ群Ｇ３″の移動による変倍動作により、広角端から望遠端へのズーミングが行われる。
【００５８】
このように、第３レンズ群Ｇ３″を、物体側に凸の弧状に往復移動させることにより、第２レンズ群Ｇ２″のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせて、第２レンズ群Ｇ２″の移動量を少なくして、小型で且つ高変倍を実現させることを可能としている。
第２レンズ群Ｇ２″の物体側に位置する開口絞りＳは、第２レンズ群Ｇ２″と一体に移動する。したがって、開口絞りＳにより第２レンズ群Ｇ２″の移動が妨げられることはない。
上記第１～第３レンズ群Ｇ１″～Ｇ３″は、第１および第２の実施の形態の場合と同様に、第Ｍレンズ群（Ｍ＝１～３）の焦点距離をf_M　とし、広角端における全系の合成焦点距離f_W　とするとき、上述した条件（１）～（３）を満足するように構成される。
【００５９】
図９に示すように、第１レンズ群Ｇ１″は、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ１″、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズＬ２″で構成され、これら２枚のレンズＬ１″およびＬ２″を、物体側から像面側に向かって、順次、Ｌ１″－Ｌ２″の順で配置している。
また、第２レンズ群Ｇ２″は、正レンズＬ３″、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズＬ４″、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ５″、像側に強い屈折面を向けたメニスカス状の正レンズＬ６″、および物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズＬ７″で構成され、これら５枚のレンズＬ３″～Ｌ７″を物体側から像側に向かって、順次、Ｌ３″－Ｌ４″－Ｌ５″－Ｌ６″－Ｌ７″の順で配置している。
【００６０】
第１レンズ群Ｇ１″の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズＬ１″は、像側のレンズ面を、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。
第２レンズ群Ｇ２″の最も物体側に配置される正レンズＬ３″は、物体側のレンズ面を、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状の非球面に形成している。
【００６１】
（３）－２　第３の実施例
次に、上述した第３の実施の形態に係るズームレンズの第３実施例のデータを表７～表９に示す。表７は、ズームレンズを構成する光学系のレンズデータであり、表８は非球面のデータであり、表９は可変部分の可変量のデータである。
【００６２】
【表７】

i	r_i	d_i	j	n_j	ν_j
1	26.743	0.80	1	1.74330	49.30
2	5.000	2.43			
3	8.567	1.78	2	1.84666	26.10
4	14.757	（可変）			
5	（絞り）	0.50			
6	22.708	1.33	3	1.69350	53.20
7	-28.061	0.10			
8	5.310	1.38	4	1.72000	50.30
9	14.065	0.34			
10	15.926	0.80	5	1.78470	26.10
11	4.413	0.98			
12	-58.045	1.21	6	1.48749	70.40
13	-8.250	0.10			
14	35.155	0.83	7	1.67270	32.20
15	17.163	（可変）			
16	14.532	1.80	8	1.48749	70.40
17	-30.464	（可変）			
18	0.000	2.00	9	1.51680	64.20
19	0.000	1.10	10	1.54072	47.20
20	0.000				

【００６３】
表７における第２光学面、つまり第１レンズ群Ｇ１″の最も物体側に配置されるメニスカス状の負レンズＬ１″の像側のレンズ面ｒ２″、および表７における第６光学面、つまり第２レンズ群Ｇ２″の最も物体側に配置される正レンズＬ３″の物体側のレンズ面ｒ６″は、表８に示す光軸上の曲率半径ｒ、円錐定数Ｋ、および高次の非球面係数Ａ、Ｂ、およびＣの各パラメータで定義される非球面に形成される。
【００６４】
【表８】

	K	A	B	C
r_2	-0.51395	-7.05254E-5	4.32504E-6	-1.66059E-7
r_6	-6.17105	-1.30917E-4	-3.49165E-6	-1.75339E-7

【００６５】
表７において、面間隔d_i　を「可変」とした第４光学面ｒ４″、第１５光学面ｒ１５″および第１７光学面ｒ１７″の次の（面番号の）光学面との面間隔は、全系の焦点距離ｆが５．６０ｍｍの広角端、焦点距離ｆが９．７１ｍｍの中間焦点距離、および焦点距離ｆが１６．７９ｍｍの望遠端において、表９に示されるように変化する。
【００６６】
【表９】

f	5.60	9.71	16.79
d_4	16.15	6.44	1.60
d_{15}	1.86	6.41	16.41
d_{17}	1.00	1.51	1.02

【００６７】
この場合は、広角端におけるレンズ全長、すなわち光学系の第１光学面から像面までの距離は、４０．０７ｍｍである。
図１０～図１２にこの第３の実施の形態における収差図を示す。図１０は広角端、図１１は中間焦点距離、そして図１２は望遠端における収差図である。図１０～図１２によれば、ズーム域における広角端、中間焦点距離および望遠端のいずれにおいても収差は良好に補正されており、性能良好であることが確認された。上述した第１～第３の実施例における各パラメータ$|f_1|/f_W$、f_3/f_W、f_2/f_3、および像高比：１．０における広角端での歪曲収差D_W（１．０）を表１０に示す。
【００６８】
【表１０】

	$\|f_1\|/f_w$	f_3/f_w	f_2/f_3	D_w (1.0)
実施例１	2.660	3.54	0.617	-1.83 %
実施例２	2.795	3.27	0.675	-1.62 %
実施例３	2.718	3.65	0.619	-1.71 %

【００６９】
上述のように、本発明の第１～第３の実施例によれば、変倍比が３倍で射出瞳位置を像面から充分に離間させて、しかも小型で且つ収差が良好に補正され、さらに、歪曲収差を２％以下に抑えたレンズ枚数の少ないズームレンズとすることができる。このようなズームレンズは、ディジタルスティルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することができる。
【００７０】

【発明の効果】
以上述べたように、本発明の請求項１によれば、物体側から像側へ向かって、順次、負の屈折力を有する第１群光学系、正の屈折力を有する第２群光学系および正の屈折力を有する第３群光学系を配設し、
前記第２群光学系の物体側に、ズーミング時に該第２群光学系と一体に移動する開口絞りを設けるとともに、
広角端から望遠端へのズーミングに際し、前記第１群光学系は、光軸上をまず像側へ移動し、途中で移動方向を物体側へ反転することにより、像側に凸の弧状に移動して焦点位置の変動を補正し、前記第２群光学系は、光軸上を物体側へ単調に移動して変倍を行い、そして前記第３群光学系は、光軸上をまず物体側へ移動し、途中で移動方向を像側に反転することにより、物体側に凸の弧状に移動して変倍を行い、
第Ｍ群光学系（Ｍ＝１～３）の焦点距離をf_M、広角端における全系の合成焦点距離をf_Wとするとき、これらが条件：
（１）２．６６＜｜f_1｜／f_W＜２．８０　　（f_1＜０）
（２）f_3／f_W＜３．７
（３）０．６１＜f_2／f_3＜０．６８　　（f_2＞０，f_3＞０）
を満足する構成としたので、３倍またはそれ以上の変倍比を得て、射出瞳位置を像面から充分に離間させることができると共に歪曲収差を抑えることができ、しかも小型で収差が少なくディジタルスチルカメラ等に好適な明るい広角ズームレンズとして構成することが可能で、特に、必要とするレンズ枚数が少なく、しかも小型で且つ収差が良好に補正されたズームレンズを提供することができる。
特に、請求項１において、第３群光学系を物体側に凸の弧状に往復動させることによって、第２群光学系のパワー負担を軽減させながら変倍の補助を担わせ、第２群の移動量を少なくして小型で且つ高変倍を実現させることができ、また、特に、第２群光学系の物体側に、ズーミング時に第２群光学系と一体に移動する開口絞りを設けたので、開口絞りにより第２群光学系の移動が妨げられることがなく、さらに特に、広角端から望遠端へのズーミングに際して第１群光学系を像側に凸の弧状の軌跡を描いて移動することにより、ズーミングに際しての、焦点位置の変動を補正することができる。
特に（１）式により、小型化し、収差を良好に補正することができ、（２）式により射出瞳位置を像面から離しつつテレセントリック性を失わないようにすることができ、（３）式により球面収差を抑えると共に像の平坦性も良好となり、全系の小型化を達成することができる。
【００７１】
本発明の請求項２のズームレンズによれば、前記第１群光学系は非球面を設けた負レンズを有し、前記第２群光学系は非球面を設けた正レンズを有する構成としたので、上記請求項１の発明の効果をより確実に達成することができる。
【００７２】
本発明の請求項３のズームレンズによれば、前記第１群光学系の非球面を設けた負レンズは、像側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従って負の屈折力が弱くなる形状としたので、特に、短焦点距離側で増大する負の歪曲収差を有効に補正することができる。
【００７３】
本発明の請求項４のズームレンズによれば、前記第２群光学系の非球面を設けた正レンズは、開口絞りに最も近接して配置され、物体側のレンズ面が非球面であり、その非球面は、光軸から離れるに従って正の屈折力が弱くなる形状としたので、特に球面収差が補正不足となるのを防止することができる。
本発明の請求項５のズームレンズによれば、前記第１群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズを配置してなるので、特に、少ないレンズ枚数で構成でき、レンズ外径を小さくすることができる。

また、本発明の請求項６のズームレンズによれば、前記第２群光学系は、物体側から像側へ向かって、順次、物体側に強い屈折面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズ、像側に強い屈折面を向けた負レンズ、正レンズ、そして、物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズを配置してなる５つのレンズを含む構成としたので、特に、上記請求項５の構成と相俟って、少ないレンズ枚数で構成し、且つレンズ外径を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施の形態に係るズームレンズの光学系の配置構成を模式的に示す光学系配置図である。

【図２】図１に係る第１の実施例のズームレンズの広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図３】図１に係る第１の実施例のズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図４】図１に係る第１の実施例のズームレンズの望遠端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図５】本発明の第２の実施の形態に係るズームレンズの光学系の配置構成を模式的に示す光学系配置図である。

【図６】図５に係る第２の実施例のズームレンズの広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図７】図５に係る第２の実施例のズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図８】図５に係る第２の実施例のズームレンズの望遠端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図９】本発明の第３の実施の形態に係るズームレンズの光学系の配置構成を模式的に示す光学系配置図である。

【図１０】図９に係る第３の実施例のズームレンズの広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

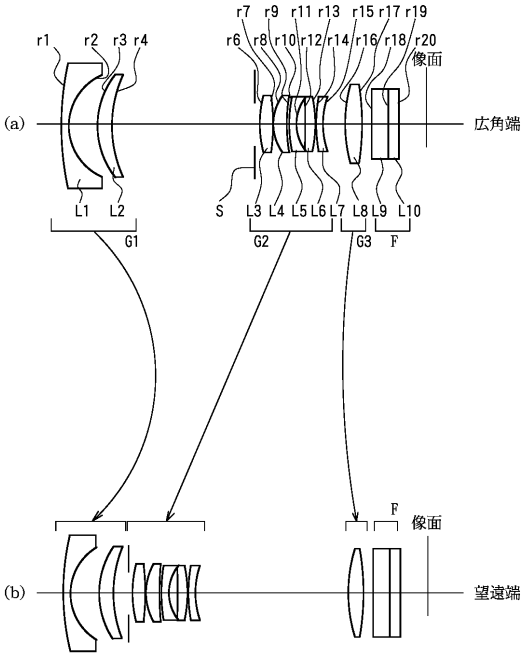
【図１１】図９に係る第３の実施例のズームレンズの中間焦点距離における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

【図１２】図９に係る第３の実施例のズームレンズの望遠端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示す収差図である。

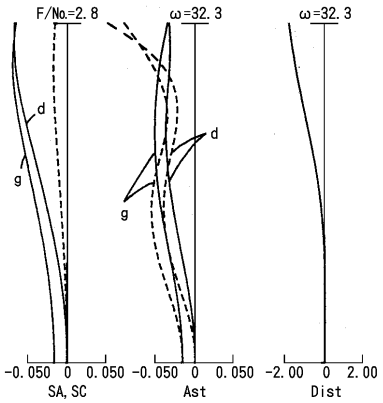
【符号の説明】

Ｇ１，Ｇ１′，Ｇ１″　第１レンズ群
Ｇ２，Ｇ２′，Ｇ２″　第２レンズ群
Ｇ３，Ｇ３′，Ｇ３″　第３レンズ群
Ｓ　開口絞り
Ｆ　フィルタ
Ｌ１～Ｌ１０，Ｌ１′～Ｌ１０′，Ｌ１″～Ｌ１０″　光学素子
Ｌ１～Ｌ８，Ｌ１′～Ｌ８′，Ｌ１″～Ｌ８″　レンズ
Ｌ９，Ｌ９′，Ｌ９″，Ｌ１０，Ｌ１０′，Ｌ１０″　光学フィルタ
ｒ１～ｒ２０，ｒ１′～ｒ２０′，ｒ１″～ｒ２０″　光学面

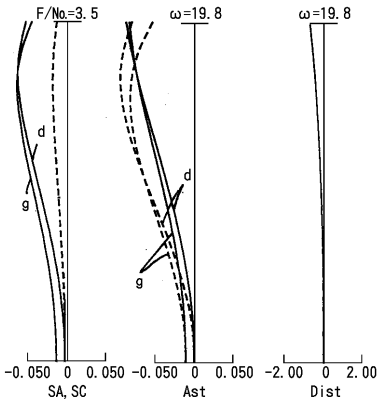
【図１】


r1
r2
r3
r4
r6
r7
r8
r9
r10
r11
r12
r13
r14
r15
r16
r17
r18
r19
r20
像面
(a)
広角端
L1
L2
G1
S
L3
L4
L5
L6
L7
G2
L8
L9
G3
L10
F
F
像面
(b)
望遠端

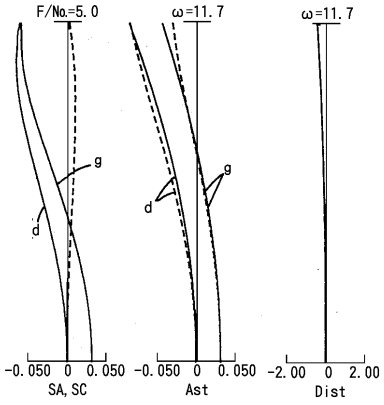
【図２】


F/No.=2.8
ω=32.3
ω=32.3
d
g
d
g
-0.050 0 0.050
SA, SC
-0.050 0 0.050
Ast
-2.00 0 2.00
Dist

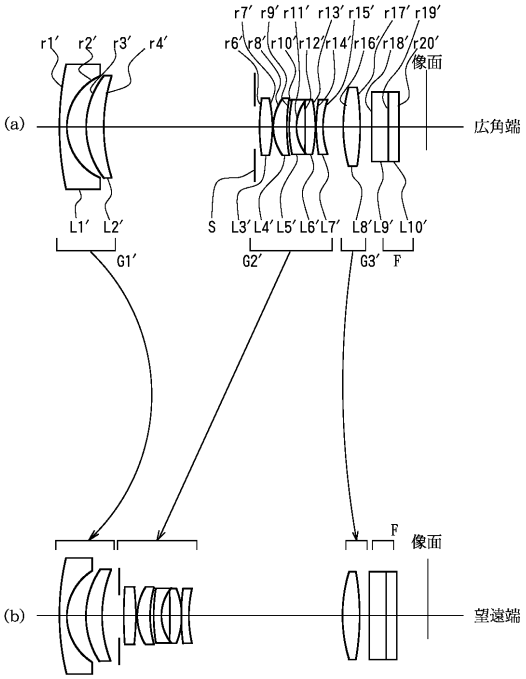
【図３】


F/No.=3.5
ω=19.8
ω=19.8
d
g
d
g
-0.050 0 0.050
SA, SC
-0.050 0 0.050
Ast
-2.00 0 2.00
Dist

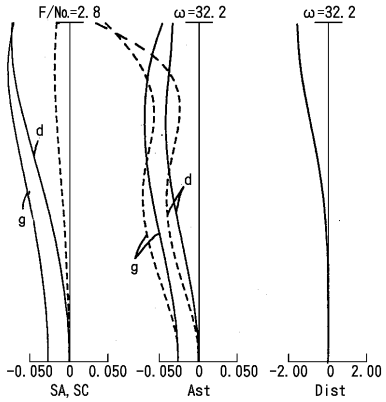
【図４】


F/No.=5.0
ω=11.7
ω=11.7
g
d
g
d
-0.050 0 0.050
SA, SC
-0.050 0 0.050
Ast
-2.00 0 2.00
Dist

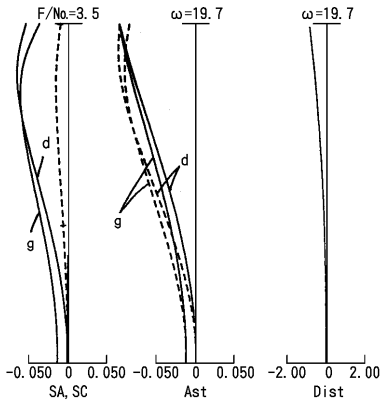
【図５】


r1′ r2′ r3′ r4′
r6′ r7′ r8′ r9′ r10′ r11′ r12′ r13′ r14′ r15′ r16′ r17′ r18′ r19′ r20′
像面
(a)
広角端
L1′ L2′
S L3′ L4′ L5′ L6′ L7′ L8′ L9′ L10′
G1′
G2′
G3′
F
F
像面
(b)
望遠端

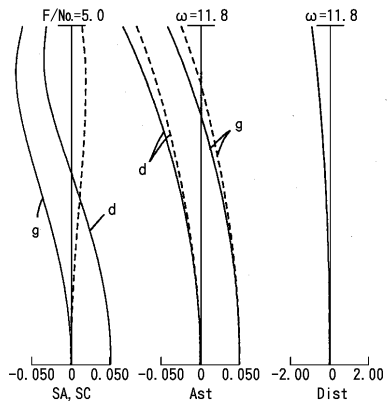
【図６】


F/No.=2.8
ω=32.2
ω=32.2
d
g
d
g
-0.050 0 0.050
SA, SC
-0.050 0 0.050
Ast
-2.00 0 2.00
Dist

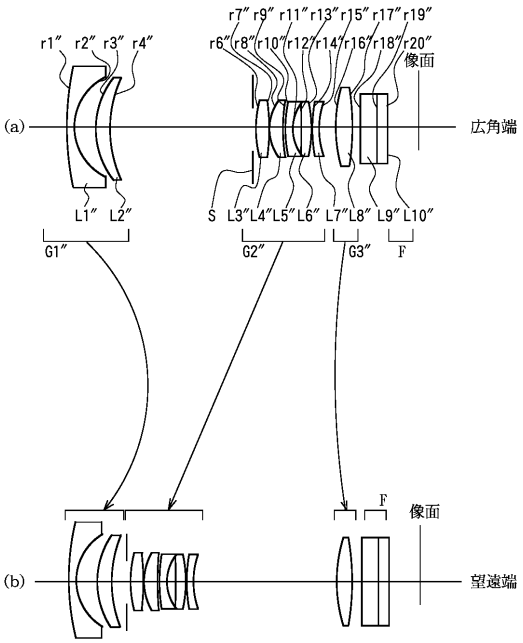
【図７】


F/No.=3.5
ω=19.7
ω=19.7
d
g
d
g
-0.050 0 0.050
SA, SC
-0.050 0 0.050
Ast
-2.00 0 2.00
Dist

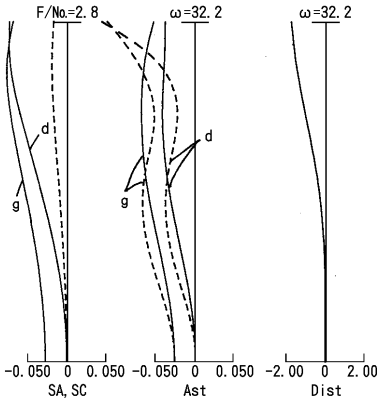
【図８】


F/No.=5.0
ω=11.8
ω=11.8
g
d
d
g
-0.050 0 0.050
SA, SC
-0.050 0 0.050
Ast
-2.00 0 2.00
Dist

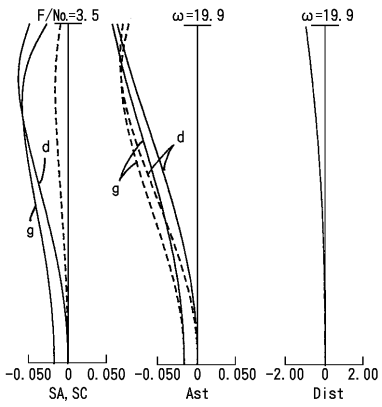
【図９】



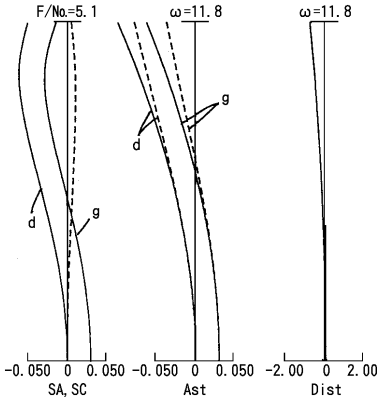
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－３２７９０７（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１１４１１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２１７２１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２３６７４８（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２０３８７５（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２８１３９３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２８６８１２（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１１４１１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２１７２１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３２７９０７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２８６８１２（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３２７９０７（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１１４１１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２１７２１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２３６７４８（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２０３８７５（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２８１３９３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２８６８１２（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１１４１１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２１７２１９（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３２７９０７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－２８６８１２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 15/20