(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5987543号
(P5987543)
(45)発行日　平成28年9月7日(2016.9.7)　(24)登録日　平成28年8月19日(2016.8.19)

(51)Int.Cl.　F I
G02B 15/16 (2006.01)　G02B 15/16

請求項の数 14　(全 26 頁)

(21)出願番号　特願2012-175837(P2012-175837)
(22)出願日　平成24年8月8日(2012.8.8)
(65)公開番号　特開2014-35403(P2014-35403A)
(43)公開日　平成26年2月24日(2014.2.24)
審査請求日　平成27年7月7日(2015.7.7)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都港区港南二丁目１５番３号
(74)代理人　100077919
弁理士　井上　義雄
(74)代理人　100153899
弁理士　相原　健一
(74)代理人　100172638
弁理士　伊藤　隆治
(74)代理人　100159363
弁理士　井上　淳子
(72)発明者　村谷　真美
東京都千代田区有楽町１丁目１２番１号
株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ズームレンズ、光学装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有し、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。
０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２８
０．１０　＜　Ｓ１　／　ＴＬｗ　≦　０．１５２
但し、
Ｓ２　：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
Ｓ１　：前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離

【請求項２】
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有し、
前記第１接合レンズは、負の屈折力を有し、
前記第２接合レンズは、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなり、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。
０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２４
但し、
Ｓ２　：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
【請求項３】
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有し、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。
０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２４
０．１０　＜　Ｓ１　／　ＴＬｗ　＜　０．１６０
但し、
Ｓ２　：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
Ｓ１　：前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
【請求項４】
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有し、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。
０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２４
０．８５　＜　ｆ２　／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1／2}$　＜　１．０４
０．１０　＜　Ｓ１　／　ＴＬｗ　＜　０．１８０

但し、
Ｓ２　：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
ｆ２　：前記第２レンズ群の焦点距離
ｆｗ　：広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離
ｆｔ　：望遠端状態における前記ズームレンズの焦点距離
Ｓ１　：前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
【請求項５】
前記第１接合レンズは、負の屈折力を有することを特徴とする請求項１、３及び４のいずれか一項に記載のズームレンズ。
【請求項６】
以下の条件を満足することを特徴とする請求項１から３のいずれか一項に記載のズームレンズ。
０．８５　＜　ｆ２　／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$　＜　１．１０
但し、
ｆ２　：前記第２レンズ群の焦点距離
ｆｗ　：広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離
ｆｔ　：望遠端状態における前記ズームレンズの焦点距離
【請求項７】
以下の条件を満足することを特徴とする請求項２に記載のズームレンズ。
０．１０　＜　Ｓ１　／　ＴＬｗ　＜　０．２０
但し、
Ｓ１　：前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
【請求項８】
前記第２接合レンズは、物体側から順に、負レンズと正レンズからなることを特徴とする請求項１、３および４のいずれか一項に記載のズームレンズ。
【請求項９】
前記第２接合レンズは、正の屈折力を有することを特徴とする請求項１から８のいずれか一項に記載のズームレンズ。
【請求項１０】
以下の条件を満足することを特徴とする請求項１から９のいずれか一項に記載のズームレンズ。
０．５０　＜　ｆＬ１　／　ｆ１　＜　１．００
但し、
ｆＬ１　：前記第１レンズ群の前記負メニスカスレンズの焦点距離
ｆ１　：前記第１レンズ群の焦点距離
【請求項１１】
前記第２レンズ群は、以下の条件を満足する負レンズを少なくとも一つ有することを特徴とする請求項１から１０のいずれか一項に記載のズームレンズ。
１．８１０　＜　ｎｄＬｉ
但し、
ｎｄＬｉ：前記負レンズのｄ線（λ＝587.6nm）に対する屈折率
【請求項１２】
前記第１接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズからなることを特徴とす

る請求項１から１１のいずれか一項に記載のズームレンズ。
【請求項１３】
開口絞りを有し、
前記開口絞りは、前記第１レンズ群の最も像面側のレンズ面より像面側に配置されていることを特徴とする請求項１から１２のいずれか一項に記載のズームレンズ。
【請求項１４】
請求項１から１３のいずれか一項に記載のズームレンズを具備することを特徴とする光学装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、固体撮像素子を有する小型カメラ等に好適なズームレンズと、これを有する光学装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、固体撮像素子を有する小型カメラ等に好適な負レンズ先行のズームレンズが提案されている（例えば、特許文献１を参照。）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００１－２１５４０７号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
負正構成の２群ズームレンズは、単純な構成で小型化には適しているが、更に小型化しようとして負屈折力の第１レンズ群を少ない枚数の負レンズと正レンズの２枚のレンズだけで構成した場合には、諸収差を良好に補正することが難しくなる。収差補正を行う為には、２枚のレンズ間隔を十分に広げる必要があり、結果として第１レンズ群全体の厚みが増してしまい小型化を達成することが困難となる。また、第２レンズ群の構成によっては収差補正が不十分であったり、ズームレンズを構成する各レンズの位置敏感度が上がり製造において歩留まりが悪化するといった問題がある。
【０００５】
本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、小型でありながら諸収差を良好に補正した高い結像性能を有するズームレンズと、これを有する光学装置を提供する。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
上記課題を解決するため、本発明は、
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有し、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズを提供する。

$$0.15 < S2 / TLw < 0.28$$

$$0.10 < S1 / TLw \leqq 0.152$$

但し、
Ｓ２　：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの

光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
Ｓ１　：前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
また、本発明は、
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有し、
前記第１接合レンズは、負の屈折力を有し、
前記第２接合レンズは、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなり、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズを提供する。
０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２４
但し、
Ｓ２　：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
また、本発明は、
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有し、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズを提供する。
０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２４
０．１０　＜　Ｓ１　／　ＴＬｗ　＜　０．１６０
但し、
Ｓ２　：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
Ｓ１　：前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
また、本発明は、
物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群とにより実質的に２個のレンズ群からなり、
広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、
前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、
前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レン

ズを有し、
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズを提供する。
０．１５ ＜ Ｓ２ ／ ＴＬｗ ＜ ０．２４
０．８５ ＜ ｆ２ ／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$ ＜ １．０４
０．１０ ＜ Ｓ１ ／ ＴＬｗ ＜ ０．１８０
但し、
Ｓ２ ：前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
ＴＬｗ：広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離
ｆ２ ：前記第２レンズ群の焦点距離
ｆｗ ：広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離
ｆｔ ：望遠端状態における前記ズームレンズの焦点距離
Ｓ１ ：前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離
【０００７】
また、本発明は、上記ズームレンズを具備することを特徴とする光学装置を提供する。
【０００８】
【発明の効果】
【０００９】
本発明によれば、小型でありながら諸収差を良好に補正した高い結像性能を有するズームレンズと、これを有する光学装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】本願の第１実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図２】本願の第１実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図３】本願の第２実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図４】本願の第２実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図５】本願の第３実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図６】本願の第３実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図７】本願の第４実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図８】本願の第４実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図９】本願の第５実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図１０】本願の第５実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【図１１】本願のズームレンズを搭載したカメラの一例を示す。
【図１２】本願のズームレンズの製造方法を示すフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
以下、本願の実施形態にかかるズームレンズと、これを有する光学装置、およびズームレンズの製造方法について説明する。なお、以下の実施の形態は、発明の理解を容易にす

るためのものに過ぎず、本願発明の技術的思想を逸脱しない範囲において当業者により実施可能な付加・置換等を施すことを排除することは意図していない。

【００１２】

本願に係るズームレンズは、物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群を有し、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔が変化し、前記第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有し、前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有する構成である。

【００１３】

本願のズームレンズでは、第１レンズ群を上記構成にすることで、収差を良好に補正しながら小型化を達成できる。また少ない枚数のレンズで第１レンズ群を構成し、製造時の位置誤差による結像性能の悪化を抑えることができる。

【００１４】

また、本願のズームレンズでは、負屈折力の第１レンズ群を上記構成とすることで、収差を良好に補正しながら小型化を達成できる。また少ない枚数のレンズで負屈折力の第１レンズ群を構成し、製造誤差を抑えることができる。

【００１５】

また、本願のズームレンズは、以下の条件式（１）を満足する。

（１）　０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２８

但し、Ｓ２は前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離、ＴＬｗは広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離である。

【００１６】

上記の条件式（１）は、広角端状態での全長（広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離）と第２レンズ群の厚み（前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離）の適切なバランスを規定したものである。この条件式（１）を満たすことでいわゆるシェーディングの発生を防ぎ、球面収差やコマ収差を良好に補正することができ、高い結像性能を達成することができる。

【００１７】

条件式（１）の上限値を超えると、全長が短かすぎて射出瞳が像面側に変位し、像面における光のケラレ、いわゆるシェーディングを引き起こしてしまうため好ましくない。

【００１８】

条件式（１）の下限値を超えると、第２レンズ群の厚みが薄くなりすぎ球面収差やコマ収差の良好な補正が困難となるため好ましくない。

【００１９】

なお、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の上限値を０．２６にすることが好ましい。また、さらに本願の効果を確実にするために、上限値を０．２４にすることが好ましい。また、本願の効果を確実にするために、条件式（１）の下限値を０．１７にすることが好ましい。また、さらに本願の効果を確実にするために、下限値を０．１９とすることが好ましい。

【００２０】

以上の構成により、本願によれば、小型でありながら諸収差を良好に補正した高い結像性能を有するズームレンズを実現できる。

【００２１】

また、本願のズームレンズでは、第１接合レンズは負の屈折力を有することが望ましい。このように、第１接合レンズを負の屈折力を有するものとすることで球面収差等の収差を良好に補正して高い結像性能を達成することができる。

【００２２】

また、本願のズームレンズでは、第２接合レンズは正の屈折力を有することが望ましい。このように、第２接合レンズを正の屈折力を有するものとすることで球面収差等の収差を良好に補正して高い結像性能を達成することができる。

【００２３】

また、本願のズームレンズは、以下の条件式（２）を満足することが望ましい。

（２）　０．８５　＜　ｆ２　／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$　＜　１．１０

但し、ｆ２は前記第２レンズ群の焦点距離、ｆｗは広角端状態における前記ズームレンズの焦点距離、ｆｔは望遠端状態における前記ズームレンズの焦点距離である。

【００２４】

上記条件式（２）は、正の屈折力を有する第２レンズ群の焦点距離の適切な範囲を全系の中間焦点距離で規定する条件式である。この条件式（２）を満たすことで第２レンズ群の変倍時の移動量の増大やいわゆるシェーディングの発生を防ぐことができ、また、球面収差やコマ収差を良好に補正することができ、高い結像性能を達成することができる。

【００２５】

条件式（２）の上限値を超えると、第２レンズ群の変倍時の移動量が増大し、望遠端状態で第１レンズ群と第２レンズ群間の間隔が保てなくなるため好ましくない。または全長が短すぎて射出瞳が像面側に変位し、像面における光のケラレ、いわゆるシェーディングを引き起こしてしまうため好ましくない。

【００２６】

条件式（２）の下限値を超えると、第２レンズ群の焦点距離が小さすぎ、球面収差やコマ収差を十分に補正することが困難になるため好ましくない。

【００２７】

なお、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の上限値を１．０７にすることが好ましい。さらに本願の効果を確実にするために、上限値を１．０４にすることが好ましい。また、本願の効果を確実にするために、条件式（２）の下限値を０．９０にすることが好ましい。さらに本願の効果を確実にするために、下限値を０．９５にすることが好ましい。

【００２８】

また、本願のズームレンズは、以下の条件式（３）を満足することが望ましい。

（３）　０．５０　＜　ｆＬ１　／　ｆ１　＜　１．００

但し、ｆＬ１は前記第１レンズ群の前記負メニスカスレンズの焦点距離、ｆ１は前記第１レンズ群の焦点距離である。

【００２９】

条件式（３）は、全長の短縮や小型化を図るために、第１レンズ群内の負のメニスカスレンズに着目し、その焦点距離を第１レンズ群の焦点距離で規定したものである。この条件式（３）を満たすことで下方コマ収差などの軸外収差、倍率色収差を良好に補正し、周辺光量の低下を防止することができ、高い結像性能を達成することができる。

【００３０】

条件式（３）の下限値を超えると、第１レンズ群の負メニスカスレンズの屈折力が大きくなり、倍率色収差の補正が困難となるため好ましくない。

【００３１】

条件式（３）の上限値を超えると、第１レンズ群の負メニスカスレンズの屈折力が小さくなり、下方コマ収差などの軸外収差の補正が困難となり、周辺光量が低下するため好ましくない。

【００３２】

なお、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の上限値を０．９５にすることが好ましい。さらに本願の効果を確実にするために、上限値を０．９０とすることが好ましい。また、本願の効果を確実にするために、条件式（３）の下限値を０．６０にすることがこのましい。さらに本願の効果を確実にするために、下限値を０．６５にすることが好ましい。

【００３３】
　また、本願のズームレンズは、以下の条件式（４）を満足することが望ましい。
　（４）　０．１０　＜　Ｓ１／ＴＬｗ　＜　０．２０
但し、Ｓ１は前記第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離、ＴＬｗは広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離である。
【００３４】
　上記の条件式（４）は、広角端状態での全長（広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の空気換算距離）と第１レンズ群の厚み（第１レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離）の適切なバランスを規定したものである。この条件式（４）を満たすことで小型化しつついわゆるシェーディングの発生を防止し、球面収差、歪曲収差、及びペッツバール和を良好に補正することができ、高い結像性能を達成することができる。
【００３５】
　条件式（４）の上限値を超えると、全長が短すぎて射出瞳が像面側に変位し、像面における光のケラレ、いわゆるシェーディングを引き起こしてしまうため好ましくない。
【００３６】
　条件式（４）の下限値を超えると、全長が長くなりすぎてレンズ系が大型化し、小型化を図ると、球面収差を良好に補正できなくなるため好ましくない。または第１レンズ群の厚みが薄くなりすぎ、歪曲収差やペッツバール和の補正が困難となるため好ましくない。
【００３７】
　なお、本願の効果を確実にするために、条件式（４）の上限値を０．１８にすることが好ましい。さらに本願の効果を確実にするために、上限値を０．１６とすることが好ましい。また、本願の効果を確実にするため、条件式（４）の下限値を０．１１にすることが好ましい。さらに本願の効果を確実にするため、下限値を０．１２にすることが好ましい。
【００３８】
　また、本願のズームレンズでは、第２レンズ群は、以下の条件式（５）を満足する負レンズを少なくとも一つ有することが望ましい。
　（５）　１．８１０　＜　ｎｄＬｉ
但し、ｎｄＬｉは前記負レンズのｄ線（波長λ＝587.6nm）に対する屈折率である。
【００３９】
　上記の条件式（５）は、前記正の第２レンズ群に少なくとも一つ含まれる負の屈折力を有するレンズのｄ線（λ＝587.6nm）に対する屈折率を規定するものである。この条件式（５）を満たすことで高次の収差の増大を防ぎ、ペッツバール和を良好に補正し、広角端状態での像面湾曲の悪化を抑えることができ、高い結像性能を達成することができる。
【００４０】
　条件式（５）の下限値を超えると、第２レンズ群に含まれる負レンズの曲率半径が小さくなりすぎ、高次の収差が増大してしまうため好ましくない。またペッツバール和の良好な補正が難しくなり、広角端状態での像面湾曲が悪化するため好ましくない。
【００４１】
　なお、本願の効果を確実にするために、条件式（５）の下限値を１．８６０にすることが好ましい。さらに本願の効果を確実にするために、下限値を１．９００にすることが好ましい。
【００４２】
　また、本願のズームレンズでは、第１接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズからなることが望ましい。このように、第１接合レンズを正レンズと負レンズの接合により構成することで球面収差や軸上色収差等の収差を良好に補正することができ、高い結像性能を有する小型のズームレンズを達成することができる。
【００４３】

また、本願のズームレンズでは、第２接合レンズは、物体側から順に、負レンズと正レンズとの接合で構成されることが望ましい。このように、第２接合レンズを負レンズと正レンズの接合により構成することで球面収差や軸上色収差等の収差を良好に補正することができ、高い結像性能を有する小型のズームレンズを達成することができる。

【００４４】

また、本願のズームレンズは、開口絞りを有し、この開口絞りは第１レンズ群の最も像面側のレンズ面より像面側に配置される構成が望ましい。このような構成により、本願のズームレンズは、コマ収差等の軸外収差を良好に補正して高い結像性能を達成することができる。なお、開口絞りは、第２レンズ群の物体側に配置することがより望ましい。これにより、本願のズームレンズは、コマ収差等の軸外収差をより良好に補正して高い結像性能を達成することができる。

【００４５】

また、本願のズームレンズでは、無限遠物体から近距離物体への合焦は、第１レンズ群全体を移動することで行う構成が望ましい。これにより、本願のズームレンズは、小型化を達成することができる。

【００４６】

また、本願のズームレンズでは、第１レンズ群の最も物体側のレンズ面の物体側に、平行平面ガラスを配置することが望ましい。このような構成にすることで、第１レンズ群の最も像面側のレンズ面を埃や汚れから保護することができる。

【００４７】

次に、後述する本願の第１実施例に係るズームレンズを備えたカメラを図１１に基づいて説明する。

【００４８】

カメラ１は、図１１に示すように撮影レンズ２として後述する本願の第１実施例に係るズームレンズを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。

【００４９】

本カメラ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、撮影レンズ２内のＬＰＦ（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部３の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部３に設けられた光電変換素子により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ１に設けられたＥＶＦ（Electronic view finder：電子ビューファインダ）４に表示される。これにより撮影者は、ＥＶＦ４を介して被写体を観察することができる。

【００５０】

また、撮影者によって不図示のレリーズボタンが押されると、撮像部３により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ１による被写体の撮影を行うことができる。

【００５１】

ここで、本カメラ１に撮影レンズ２として搭載した本願の第１実施例に係るズームレンズは、小型でありながら諸収差を良好に補正した高い結像性能を有するズームレンズである。したがって、本カメラ１は小型化と高い結像性能を実現することができる。なお、後述する第２～第５実施例に係るズームレンズを撮影レンズ２として搭載したカメラを構成しても上記カメラ１と同様の効果を奏することができる。また、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに上記各実施例に係るズームレンズを搭載した場合でも、上記カメラ１と同様の効果を奏することができる。

【００５２】

次に、本願のズームレンズの製造方法について図１２に基づいて説明する。

図１２に示すズームレンズの製造方法は、物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群と、正屈折力の第２レンズ群を有するズームレンズの製造方法であって、以下のステップＳ１～Ｓ４を含むものである。

【００５３】
（ステップＳ１）
第１レンズ群は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズを有するようにする。
【００５４】
（ステップＳ２）
第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズと、第１接合レンズと、第２接合レンズを有する第２レンズ群を有するようにする。
【００５５】
（ステップＳ３）
ズームレンズは、以下の条件式（１）を満足するようにする。
（１）　０．１５　＜　Ｓ２　／　ＴＬｗ　＜　０．２８
但し、Ｓ２は前記第２レンズ群の、最も物体側のレンズ面から最も像面側のレンズ面までの光軸上の距離、ＴＬｗは広角端状態における無限遠合焦時の最も物体側のレンズ面から像面までの光軸上の距離である。
【００５６】
（ステップＳ４）
第１レンズ群と第２レンズ群を鏡筒内に物体側から順に配置し、公知の移動機構を設けることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍の際、前記第１レンズ群と前記第２レンズ群との間隔が変化するようにする。
【００５７】
斯かる本願のズームレンズの製造方法によれば、変倍時の収差変動を抑え、広角端状態から望遠端状態にわたって高い結像性能を有する小型のズームレンズを製造することができる。
【００５８】
以下、本願の数値実施例に係るズームレンズを添付図面に基づいて説明する。
（第１実施例）
図１は本願の第１実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【００５９】
本実施例に係るズームレンズは、物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群Ｇ１と、正屈折力の第２レンズ群Ｇ２とで構成されている。
【００６０】
第１レンズ群Ｇ１は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１と、両凹形状の負レンズＬ２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ３とからなる。
【００６１】
第２レンズ群Ｇ２は、物体側より順に、両凸形状の正レンズＬ４と、両凸形状の正レンズＬ５と両凹形状の負レンズＬ６との負接合レンズＬ５６と、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ７と両凸形状の正レンズＬ８との正接合レンズＬ７８とからなる。
【００６２】
本実施例に係るズームレンズにおいて、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間には、開口絞りＳが配置されている。第２レンズ群Ｇ２と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタＬＰＦが配置されている。ローパスフィルタＬＰＦは、像面Ｉに配設されるＣＣＤ等の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ものである。
【００６３】
本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との空気間隔が変化するように、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２とを光軸方向へ移動させることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍を行う。このとき、開口絞りＳは第２レンズ群Ｇ２とともに光軸方向へ移動し、ローパスフィルタＬＰＦは光軸方向の位置が固定である

。

【００６４】

本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１全体を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【００６５】

以下の表１に、本実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。表１において、ｆは焦点距離、ＢＦはバックフォーカス（最も像面側のレンズ面から像面Ｉまでの光軸上の距離）を示す。[面データ]において、面番号は物体側から数えた光学面の順番、ｒは曲率半径、ｄは面間隔（第n面（nは整数）と第n+1面との間隔）、ｎｄはｄ線（λ＝587.6nm）に対する屈折率、νｄはｄ線（λ＝587.6nm）に対するアッベ数をそれぞれ示している。また、物面は物体面、可変は可変の面間隔、絞りSは開口絞りＳ、像面は像面Ｉをそれぞれ示している。なお、曲率半径ｒ＝∞は平面を示している。また、非球面には面番号に＊を付して曲率半径ｒの欄には近軸曲率半径を示している。

【００６６】

［非球面データ］には、［面データ］に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の非球面係数及び円錐定数を示す。

$$X(y)=y^2/[r\cdot\{1+(1-\kappa\cdot y^2/r^2)^{1/2}\}]+A4\cdot y^4+A6\cdot y^6+A8\cdot y^8+A10\cdot y^{10}$$

【００６７】

ここで、ｙを光軸に垂直な方向の高さ、Ｘ（ｙ）を高さｙにおける非球面の頂点の接平面から当該非球面までの光軸方向に沿った距離（サグ量）、κを円錐定数、A4，A6，A8，A10を非球面係数、ｒを基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）とする。なお、「Ｅ－ｎ」（nは整数）は「×10^{-n}」を示し、例えば「1.234E-05」は「1.234×10^{-5}」を示す。２次の非球面係数A2は０であり、記載を省略している。

【００６８】

［各種データ］において、ＦＮＯはＦナンバー、２ωは画角（単位は「°」）、Ｙは像高、ＴＬはズームレンズの全長（第１面から像面Ｉまでの光軸上の距離）、空気換算ＴＬはズームレンズの全長の空気換算値、空気換算ＢＦはバックフォーカスの空気換算値、dnは第n面と第n+1面との可変の間隔をそれぞれ示す。なお、Ｗは広角端状態、Ｍは中間焦点距離状態、Ｔは望遠端状態をそれぞれ示す。

【００６９】

ここで、表１に掲載されている焦点距離ｆ、曲率半径ｒ及びその他の長さの単位は一般に「ｍｍ」が使われる。しかしながら光学系は、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ため、これに限られるものではない。なお、以上に述べた表１の符号は、後述する各実施例の表においても同様に用いるものとする。

【００７０】

（表１）第１実施例

[面データ]

面番号	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	21.1989	1.10	1.85135	40.10
＊2	7.5975	4.41	1.00000	
3	-52.6643	0.80	1.49782	82.57
4	42.3237	0.84	1.00000	
5	15.6071	1.68	1.84666	23.78
6	32.7790	可変	1.00000	
7(絞りS)	∞	0.65	1.00000	
8	37.1408	1.47	1.65844	50.84
9	-29.0801	0.10	1.00000	
10	9.6037	2.76	1.59319	67.90

11	-14.5302	3.16	1.74400	44.81
12	9.7023	1.83	1.00000	
13	31.5814	0.80	1.90265	35.73
14	9.1997	2.75	1.58913	61.22
15	-15.6188	可変	1.00000	
16	∞	2.79	1.51680	63.88
17	∞	2.11	1.00000	
像面	∞			

［非球面データ］

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
2	0.7566	-3.95310E-07	-6.33270E-08	1.17320E-09	-1.39090E-10

［各種データ］

変倍比 2.35

	W	M	T
f	11.35	17.00	26.71
ＦＮＯ	3.64	4.38	5.77
２ω	73.6°	51.2°	33.4°
Y	8.00	8.00	8.00
ＴＬ	59.8037	56.6351	59.8037
空気換算ＴＬ	58.8531	55.6845	58.8531
ＢＦ	20.0378	25.5878	35.1214
空気換算ＢＦ	19.0872	24.6372	34.1708

	W	M	T
d6	17.4158	8.6974	2.3323
d15	15.1378	20.6878	30.2214

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	1	-17.41
2	8	17.10

［条件式対応値］

（１） Ｓ２／ＴＬｗ ＝ 0.219

（２） ｆ２／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$ ＝ 0.982

（３） ｆＬ１／ｆ１ ＝ 0.830

（４） Ｓ１／ＴＬｗ ＝ 0.150

（５） ｎｄＬｉ ＝ 1.903（Ｌ７）

【００７１】

図２は本願の第１実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。

【００７２】

各収差図において、ＦＮＯはＦナンバー、Ｙは像高をそれぞれ示す。球面収差図では最大口径に対応するＦナンバーを示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値を示し、コマ収差図では各像高の値を示す。ｄはｄ線（λ＝587.6nm）、ｇはｇ線（λ＝435.8nm）における収差をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリ

ディオナル像面をそれぞれ示す。なお、後述する各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

【００７３】

各収差図より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【００７４】

（第２実施例）

図３は本願の第２実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。

【００７５】

本実施例に係るズームレンズは、物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群Ｇ１と、正屈折力の第２レンズ群Ｇ２とで構成されている。

【００７６】

第１レンズ群Ｇ１は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１と、両凹形状の負レンズＬ２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ３とからなる。

【００７７】

第２レンズ群Ｇ２は、物体側より順に、両凸形状の正レンズＬ４と、両凸形状の正レンズＬ５と両凹形状の負レンズＬ６との負接合レンズＬ５６と、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ７と両凸形状の正レンズＬ８との正接合レンズＬ７８とからなる。

【００７８】

本実施例に係るズームレンズにおいて、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間には、開口絞りＳが配置されている。第２レンズ群Ｇ２と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタＬＰＦが配置されている。

【００７９】

本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との空気間隔が変化するように、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２とを光軸方向へ移動させることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍を行う。このとき、開口絞りＳは第２レンズ群Ｇ２とともに光軸方向へ移動し、ローパスフィルタＬＰＦは光軸方向の位置が固定である。

【００８０】

本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１全体を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【００８１】

以下の表２に、本実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。

（表２）第２実施例

[面データ]

面番号	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	27.6355	1.10	1.85135	40.10
＊2	7.6407	3.86	1.00000	
3	-150.2962	1.00	1.59319	67.90
4	31.0526	0.55	1.00000	
5	15.2311	1.93	1.78472	25.64
6	55.6807	可変	1.00000	
7(絞りS)	∞	1.00	1.00000	
8	27.1591	1.47	1.69680	55.52
9	-42.3201	0.10	1.00000	
10	9.7355	4.49	1.59319	67.90
11	-14.9453	1.00	1.79952	42.09

12	9.9794	2.29	1.00000	
13	34.1656	1.00	1.95400	33.46
14	9.1459	2.31	1.65844	50.84
15	-16.2105	可変	1.00000	
16	∞	2.79	1.51680	63.88
17	∞	2.11	1.00000	
像面	∞			

［非球面データ］

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
2	0.7876	-2.07080E-05	-6.78850E-07	6.59940E-09	-3.36460E-10

［各種データ］

変倍比 2.35

	W	M	T
f	11.35	17.30	26.70
ＦＮＯ	3.65	4.39	5.77
2ω	75.1°	51.6°	34.3°
Y	8.20	8.20	8.20
ＴＬ	59.6000	56.3856	59.6000
空気換算ＴＬ	58.6494	55.4350	58.6494
ＢＦ	20.2437	26.1597	35.5059
空気換算ＢＦ	19.2931	25.2091	34.5553

	W	M	T
d6	17.2621	8.1318	2.0000
d15	15.3437	21.2597	30.6059

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	1	-17.41
2	8	17.31

［条件式対応値］

（１） Ｓ２／ＴＬｗ ＝ 0.216
（２） ｆ２／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$ ＝ 0.994
（３） ｆＬ１／ｆ１ ＝ 0.731
（４） Ｓ１／ＴＬｗ ＝ 0.144
（５） ｎｄＬｉ ＝ 1.954（Ｌ７）

【００８２】
図４は本願の第２実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【００８３】
各収差図より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。
【００８４】
（第３実施例）
図５は本願の第３実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）

は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。

【００８５】

本実施例に係るズームレンズは、物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群Ｇ１と、正屈折力の第２レンズ群Ｇ２とで構成されている。

【００８６】

第１レンズ群Ｇ１は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１と、両凹形状の負レンズＬ２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ３とからなる。

【００８７】

第２レンズ群Ｇ２は、物体側より順に、両凸形状の正レンズＬ４と、両凸形状の正レンズＬ５と両凹形状の負レンズＬ６との負接合レンズＬ５６と、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ７と両凸形状の正レンズＬ８との正接合レンズＬ７８とからなる。

【００８８】

本実施例に係るズームレンズにおいて、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間には、開口絞りＳが配置されている。第２レンズ群Ｇ２と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタＬＰＦが配置されている。

【００８９】

本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との空気間隔が変化するように、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２とを光軸方向へ移動させることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍を行う。このとき、開口絞りＳは第２レンズ群Ｇ２とともに光軸方向へ移動し、ローパスフィルタＬＰＦは光軸方向の位置が固定である。

【００９０】

本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１全体を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。

【００９１】

以下の表３に、本実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。

（表３）第３実施例

[面データ]

面番号	ｒ	ｄ	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	20.9555	1.10	1.85135	40.14
＊2	7.6934	4.31	1.00000	
3	-73.1411	0.84	1.49782	82.56
4	25.3734	1.02	1.00000	
5	15.7101	1.69	2.00069	25.47
6	31.1165	可変	1.00000	
7(絞りS)	∞	0.65	1.00000	
8	40.2590	1.43	1.69680	55.52
9	-31.7401	0.10	1.00000	
10	9.8087	3.12	1.59319	67.94
11	-14.5256	2.80	1.74400	44.82
12	10.5639	1.73	1.00000	
13	27.6157	1.00	1.95000	29.39
14	8.6732	2.76	1.58267	46.46
15	-15.6920	可変	1.00000	
16	∞	2.79	1.51680	63.88
17	∞	2.11	1.00000	
像面	∞			

［非球面データ］

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
2	0.1520	1.66840E-04	1.76430E-06	-9.16880E-09	3.34540E-10

［各種データ］

変倍比 2.35

	W	M	T
f	11.35	17.30	26.70
ＦＮＯ	3.64	4.57	5.80
２ω	75.0°	51.5°	34.2°
Y	8.20	8.20	8.20
ＴＬ	59.8881	56.7244	59.8834
空気換算ＴＬ	58.9375	55.7738	58.9328
ＢＦ	19.9000	25.7174	34.9080
空気換算ＢＦ	18.9494	24.7668	33.9574

	W	M	T
d6	17.4426	8.4614	2.4299
d15	15.0000	20.8174	30.0080

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	1	-17.41
2	8	17.02

［条件式対応値］

（１） Ｓ２／ＴＬｗ ＝ 0.220

（２） ｆ２／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$ ＝ 0.978

（３） ｆＬ１／ｆ１ ＝ 0.853

（４） Ｓ１／ＴＬｗ ＝ 0.152

（５） ｎｄＬｉ ＝ 1.950（Ｌ７）

【００９２】

図６は本願の第３実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。

【００９３】

各収差図より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【００９４】

（第４実施例）

図７は本願の第４実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。

【００９５】

本実施例に係るズームレンズは、物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群Ｇ１と、正屈折力の第２レンズ群Ｇ２とで構成されている。

【００９６】

第１レンズ群Ｇ１は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１と、両凹形状の負レンズＬ２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ３とからなる。

【００９７】
第２レンズ群Ｇ２は、物体側より順に、両凸形状の正レンズＬ４と、両凸形状の正レンズＬ５と両凹形状の負レンズＬ６との負接合レンズＬ５６と、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ７と両凸形状の正レンズＬ８との正接合レンズＬ７８とからなる。
【００９８】
本実施例に係るズームレンズにおいて、第１レンズ群Ｇ１の物体側には、平行平面板Ｐが配置されている。この平行平面板Ｐにより、第１レンズ群Ｇ１中の最も物体側のレンズ面の保護等をすることができる。第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間には、開口絞りＳが配置されている。第２レンズ群Ｇ２と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタＬＰＦが配置されている。
【００９９】
本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との空気間隔が変化するように、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２とを光軸方向へ移動させることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍を行う。このとき、平行平面板Ｐは第１レンズ群Ｇ１とともに光軸方向へ移動し、開口絞りＳは第２レンズ群Ｇ２とともに光軸方向へ移動し、ローパスフィルタＬＰＦは光軸方向の位置が固定である。
【０１００】
本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１全体を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。
【０１０１】
以下の表４に、本実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。
（表４）第４実施例
[面データ]

面番号	r	d	nd	νd
物面	∞			
1	∞	1.00	1.51680	63.88
2	∞	2.00	1.00000	
3	22.1410	1.10	1.85135	40.14
＊4	7.6618	4.23	1.00000	
5	-97.7669	0.80	1.49782	82.57
6	29.9606	0.84	1.00000	
7	14.8029	1.77	1.84666	23.80
8	30.8037	可変	1.00000	
9(絞りS)	∞	0.65	1.00000	
10	35.5510	1.46	1.63854	55.34
11	-30.6717	0.10	1.00000	
12	9.6339	2.77	1.59319	67.90
13	-15.0148	3.28	1.74400	44.80
14	9.8040	1.78	1.00000	
15	28.6661	1.00	1.90366	31.27
16	8.5586	2.77	1.61772	49.78
17	-17.3121	可変	1.00000	
18	∞	2.79	1.51680	63.88
19	∞	2.11	1.00000	
像面	∞			

［非球面データ］

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
4	0.7721	-7.96219E-06	8.08394E-08	-3.39865E-09	-1.43235E-10

［各種データ］
変倍比　　2.35

	W	M	T
f	11.35	17.40	26.71
ＦＮＯ	3.63	4.56	5.77
２ω	75.0°	51.4°	34.2°
Y	8.19	8.19	8.19
ＴＬ	59.9000	56.7320	59.9056
空気換算ＴＬ	58.9494	55.7821	58.9493
ＢＦ	19.9000	25.8271	34.9480
空気換算ＢＦ	18.9494	24.8765	33.9974

	W	M	T
d8	17.4708	8.37574	2.42841
d17	15.0000	20.92712	30.04804

［レンズ群データ］

群	始面	f
1	3	-17.41
2	10	17.05

［条件式対応値］
（１）　Ｓ２／ＴＬｗ　＝　0.223
（２）　ｆ２／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$＝　0.980
（３）　ｆＬ１／ｆ１　＝　0.819
（４）　Ｓ１／ＴＬｗ　＝　0.148
（５）　ｎｄＬｉ　＝　1.904（Ｌ７）

【０１０２】
図８は本願の第４実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【０１０３】
各収差図より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。
【０１０４】
（第５実施例）
図９は本願の第５実施例に係るズームレンズのレンズ構成を示す断面図であり、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【０１０５】
本実施例に係るズームレンズは、物体側より順に、負屈折力の第１レンズ群Ｇ１と、正屈折力の第２レンズ群Ｇ２とで構成されている。
【０１０６】
第１レンズ群Ｇ１は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ３とからなる。
【０１０７】
第２レンズ群Ｇ２は、物体側より順に、両凸形状の正レンズＬ４と、両凸形状の正レンズＬ５と両凹形状の負レンズＬ６との負接合レンズＬ５６と、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ７と両凸形状の正レンズＬ８との正接合レンズＬ７８とからなる。

【０１０８】
本実施例に係るズームレンズにおいて、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との間には、開口絞りＳが配置されている。第２レンズ群Ｇ２と像面Ｉとの間には、ローパスフィルタＬＰＦが配置されている。
【０１０９】
本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との空気間隔が変化するように、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２とを光軸方向へ移動させることにより、広角端状態から望遠端状態への変倍を行う。このとき、開口絞りＳは第２レンズ群Ｇ２とともに光軸方向へ移動し、ローパスフィルタＬＰＦは光軸方向の位置が固定である。
【０１１０】
本実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群Ｇ１全体を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させることにより、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う。
【０１１１】
以下の表５に、本実施例に係るズームレンズの諸元の値を掲げる。
（表５）第５実施例

[面データ]

面番号	r	d	ｎｄ	νｄ
物面	∞			
1	21.8349	1.10	1.85135	40.10
＊2	6.9683	3.58	1.00000	
3	232.0289	1.00	1.75700	47.73
4	29.0118	0.60	1.00000	
5	13.9434	1.92	1.84666	23.78
6	38.9245	可変	1.00000	
7(絞りS)	∞	1.00	1.00000	
8	33.9295	1.47	1.67790	55.35
9	-31.2393	0.10	1.00000	
10	8.7609	3.86	1.59319	67.90
11	-15.0893	1.00	1.79952	42.09
12	9.7880	2.30	1.00000	
13	34.5787	1.00	1.90366	31.27
14	8.1693	2.33	1.61266	44.46
15	-14.8870	可変	1.00000	
16	∞	2.79	1.51680	63.88
17	∞	2.11	1.00000	
像面	∞			

［非球面データ］

面番号	κ	A4	A6	A8	A10
2	-0.8415	5.64840E-04	-1.28470E-06	3.29740E-08	5.58720E-11

［各種データ］

変倍比 2.35

	W	M	T
f	11.35	17.30	26.71
ＦＮＯ	3.59	4.40	5.78
2ω	73.0°	51.0°	34.1°
Y	8.20	8.20	8.20

ＴＬ	58.4836	55.3260	58.4795
空気換算ＴＬ	57.5330	54.3754	57.5289
ＢＦ	20.1001	25.9034	35.0772
空気換算ＢＦ	19.1495	24.3528	34.1266

	W	M	T
d6	17.1169	8.1560	2.1357
d15	15.2001	21.0034	30.1772

［レンズ群データ］

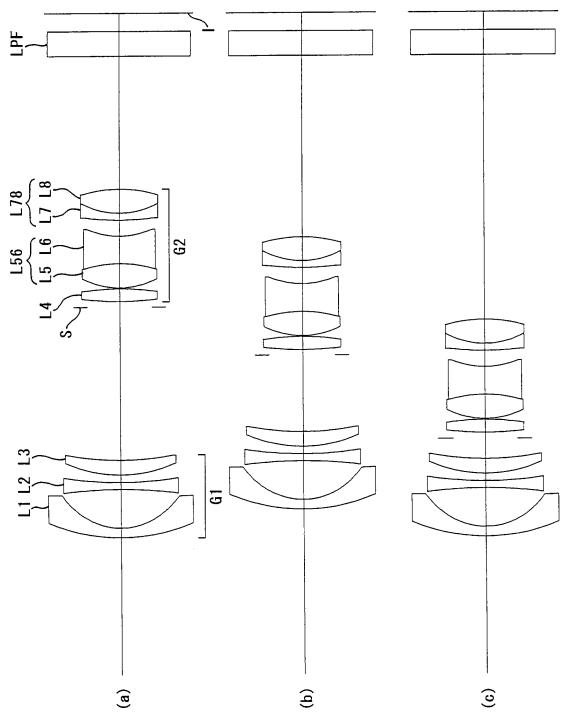
群	始面	f
1	1	-17.41
2	8	16.98

［条件式対応値］
（１）　Ｓ２／ＴＬｗ　＝　0.210
（２）　ｆ２／（ｆｗ×ｆｔ）$^{1/2}$　＝　0.975
（３）　ｆＬ１／ｆ１　＝　0.715
（４）　Ｓ１／ＴＬｗ　＝　0.143
（５）　ｎｄＬｉ　＝　1.904（Ｌ７）

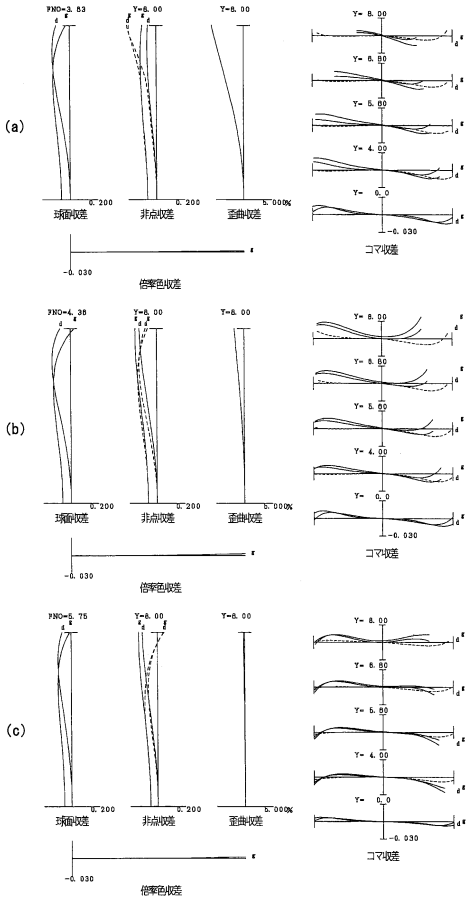
【０１１２】
図１０は本願の第５実施例に係るズームレンズの無限遠合焦時の諸収差図を示し、（ａ）は広角端状態を、（ｂ）は中間焦点距離状態を、（ｃ）は望遠端状態をそれぞれ示す。
【０１１３】
各収差図より、本実施例に係るズームレンズは、広角端状態から望遠端状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。
【０１１４】
なお、上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明はこれらに限定されるものではない。以下の内容は、本願のズームレンズの光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。
【０１１５】
本願のズームレンズの数値実施例として２群構成のものを示したが、本願はこれに限られず、その他の群構成（例えば、３、４群等）のズームレンズを構成することもできる。具体的には、本願のズームレンズの最も物体側や最も像面側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。レンズ群とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも１枚のレンズを有する部分を示す。
【０１１６】
また、本願のズームレンズは、無限遠物体から近距離物体への合焦を行うために、レンズ群の一部、１つのレンズ群全体、或いは複数のレンズ群を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させる構成としてもよい。特に、第１レンズ群の少なくとも一部を合焦レンズ群とすることが好ましい。また、斯かる合焦レンズ群は、オートフォーカスに適用することも可能であり、オートフォーカス用のモータ、例えば超音波モータ等による駆動にも適している。
【０１１７】
また、本願のズームレンズにおいて、いずれかのレンズ群全体又はその一部を、防振レンズ群として光軸に対して垂直な方向の成分を含むように移動させ、又は光軸を含む面内方向へ回転移動（揺動）させることにより、手ぶれ等によって生じる像ぶれを補正する構成とすることもできる。特に、本願のズームレンズでは第２レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とすることが好ましい。

【０１１８】
また、本願のズームレンズを構成するレンズのレンズ面は、球面又は平面としてもよく、或いは非球面としてもよい。レンズ面が球面又は平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、レンズ加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防ぐことができるため好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないため好ましい。レンズ面が非球面の場合、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に成型したガラスモールド非球面、又はガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（ＧＲＩＮレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。
【０１１９】
また、本願のズームレンズにおいて開口絞りは第１レンズ群と第２レンズ群との間に配置されることが好ましく、開口絞りとして部材を設けずにレンズ枠でその役割を代用する構成としてもよい。
【０１２０】
また、本願のズームレンズを構成するレンズのレンズ面に、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。これにより、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ができる。
【０１２１】
また、上記第４実施例に係るズームレンズは、第１レンズ群の物体側に平行平面板を有する例を示しているが、これに限られない。本願のズームレンズは、第１レンズ群の物体側又は第１レンズ群中の最も物体側に、平行平面板又は実質的に屈折力を有しないレンズを有する構成としてもよい。この構成により、第１レンズ群の最も物体側のレンズ面を埃や汚れから保護することができる。
【０１２２】
また、本願のズームレンズは、最も像面側に配置されるレンズ成分の像面側のレンズ面から像面までの光軸上の距離（バックフォーカス）が最も小さい状態で、１０．０～３０．０ｍｍ程度とするのが好ましい。
【０１２３】
また、本願のズームレンズは、像高を５．０～１２．５ｍｍとするのが好ましく、５．０～９．５ｍｍとするのがより好ましい。
【０１２４】
以上述べたように、本願は、小型でありながら諸収差を良好に補正した高い結像性能を有するズームレンズと、これを有する光学装置を提供することができる。
【符号の説明】
【０１２５】
Ｇ１　第１レンズ群
Ｇ２　第２レンズ群
Ｌ１～Ｌ８　レンズ
Ｌ５６　第１接合レンズ
Ｌ７８　第２接合レンズ
ＬＰＦ　ローパスフィルタ
Ｓ　開口絞り
Ｉ　像面
１　カメラ
２　撮影レンズ
３　撮像部
４　ＥＶＦ

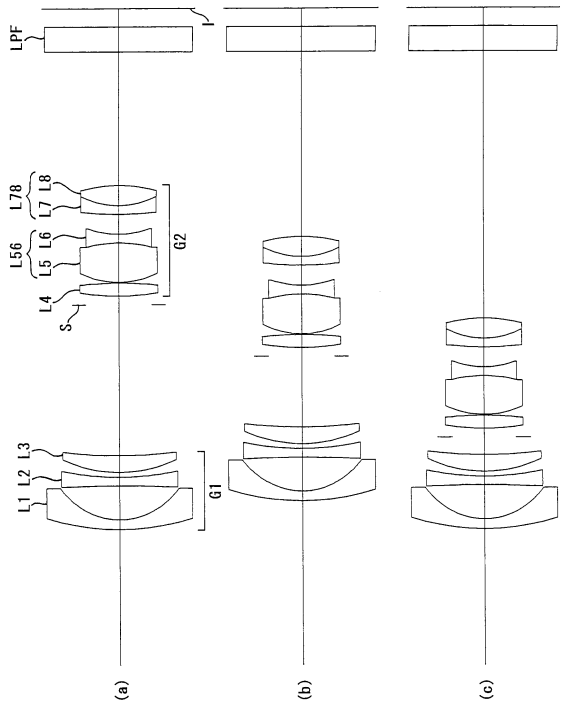
【図１】


LPF
I
L78
L7 L8
L56
L6
L5
G2
L4
S
L3
L2
L1
G1
(a)
(b)
(c)

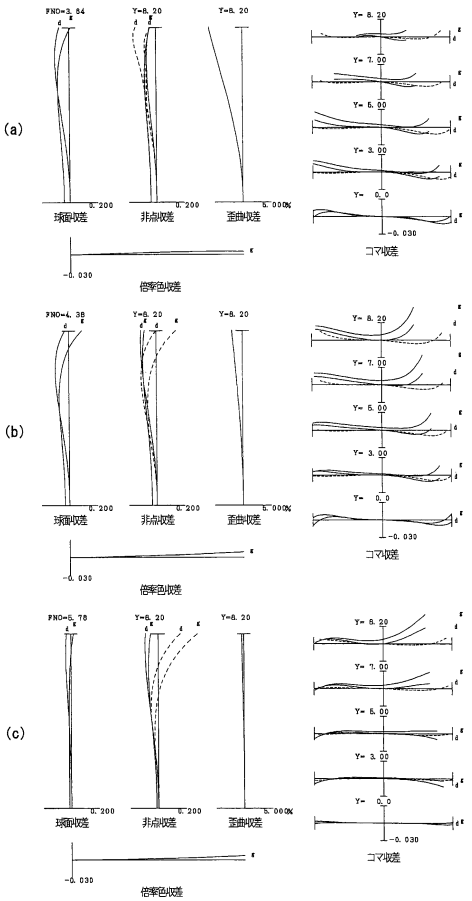
【図２】


(a)
(b)
(c)
球面収差
非点収差
歪曲収差
倍率色収差
コマ収差

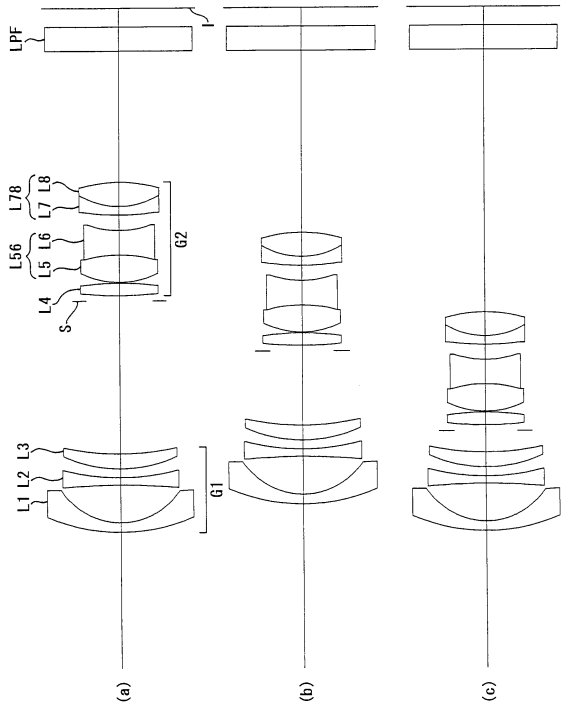
【図３】


LPF
I
L78
L7 L8
L56
L6
L5
G2
L4
S
L3
L2
L1
G1
(a)
(b)
(c)

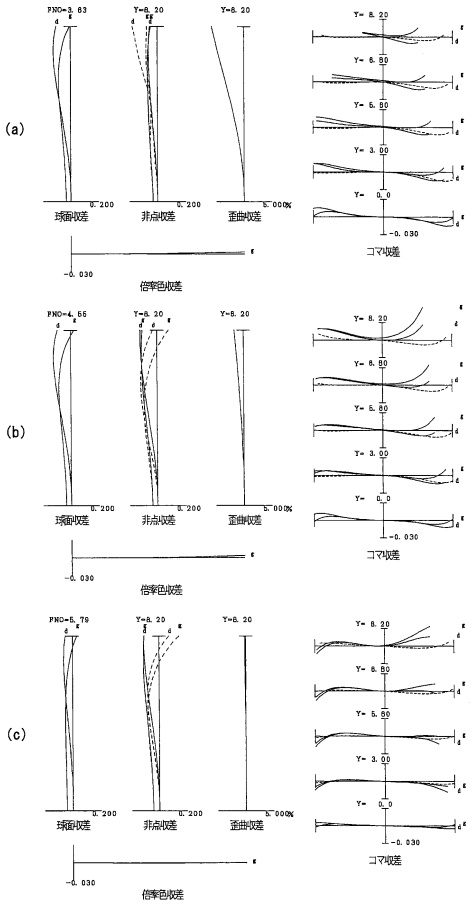
【図４】


(a)
(b)
(c)
球面収差
非点収差
歪曲収差
倍率色収差
コマ収差

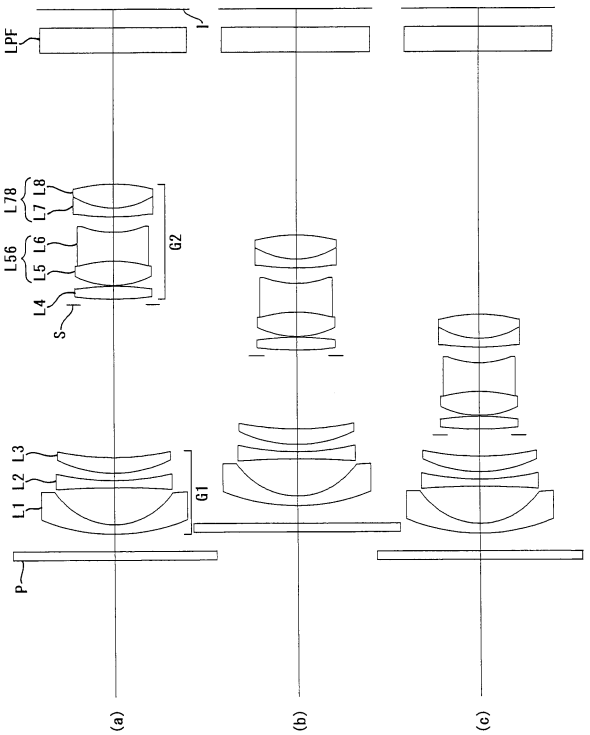
【図５】


LPF
I
L78
L7 L8
L56
L5 L6
G2
L4
S
L1 L2 L3
G1
(a)
(b)
(c)

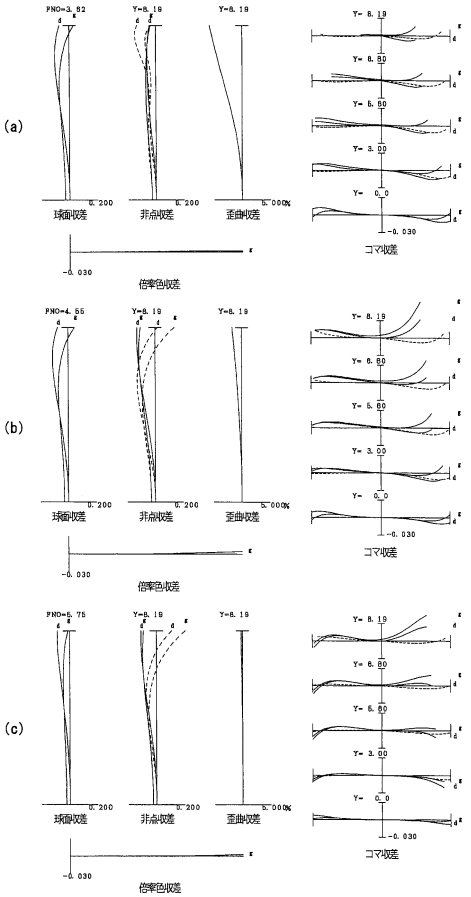
【図６】


(a)
(b)
(c)
球面収差
非点収差
歪曲収差
倍率色収差
コマ収差

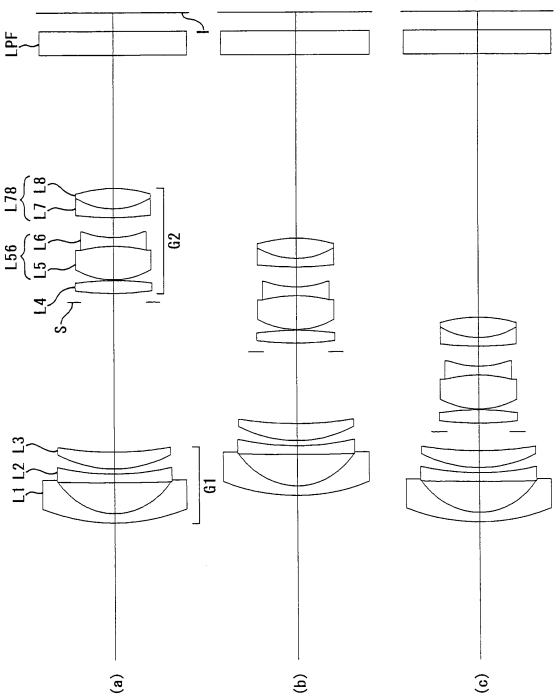
【図７】


LPF
I
L78
L7 L8
L56
L5 L6
G2
L4
S
L1 L2 L3
G1
P
(a)
(b)
(c)

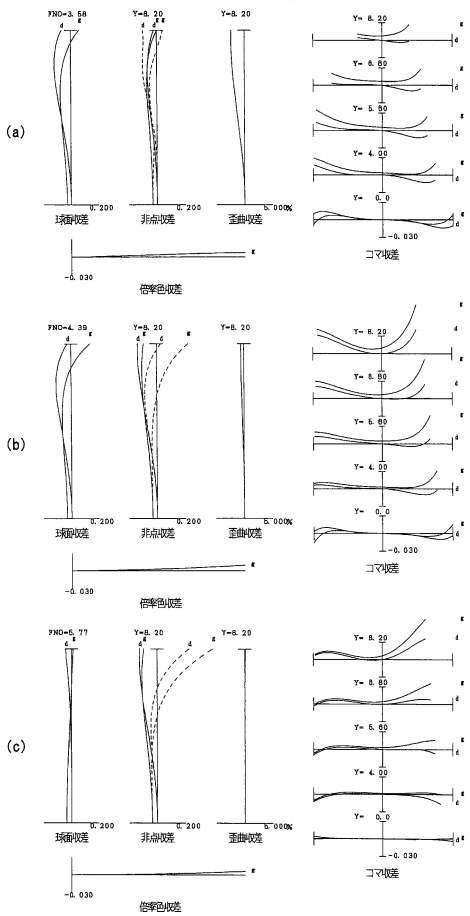
【図８】


(a)
(b)
(c)
球面収差
非点収差
歪曲収差
倍率色収差
コマ収差

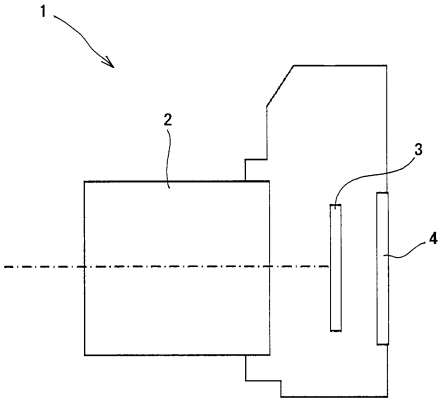
【図９】



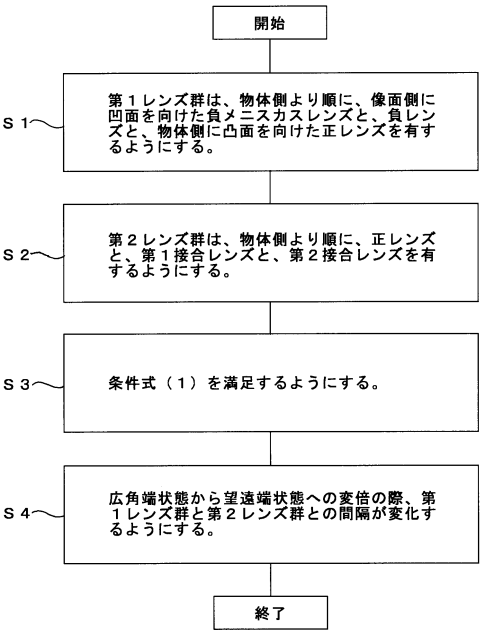
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

審査官　森内　正明

(56)参考文献　特開２０１０－４４２２７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－４４２２５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－４４２２８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１５６７６２（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１５６９０５（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１９１５９９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－５３２３２（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