

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成27年4月16日(2015.4.16)

【公開番号】特開2013-190453(P2013-190453A)

【公開日】平成25年9月26日(2013.9.26)

【年通号数】公開・登録公報2013-052

【出願番号】特願2012-54368(P2012-54368)

【国際特許分類】

G 02 B 15/20 (2006.01)

G 02 B 13/18 (2006.01)

G 03 B 5/00 (2006.01)

H 04 N 5/232 (2006.01)

H 04 N 5/225 (2006.01)

【F I】

G 02 B 15/20

G 02 B 13/18

G 03 B 5/00 J

H 04 N 5/232 Z

H 04 N 5/225 D

【手続補正書】

【提出日】平成27年3月2日(2015.3.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が大きくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が小さくなり、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が大きくなり、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群の間隔が小さくなり、前記第5レンズ群と前記第6レンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して前記第6レンズ群が像側へ移動するズームレンズであって、前記第2レンズ群の広角端における後側主点位置から、前記第2レンズ群より像側に配置された各レンズ群からなる後続レンズ群の広角端における前側主点位置までの距離をD2RW、広角端における前記後続レンズ群の焦点距離をfRWとするとき、

1.441 D2RW / fRW < 2.0

なる条件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レンズ群の焦点距離をf1、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々fw、ftとするとき、

1.2 < f1 / (fw × ft) < 1.8

なる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2レンズ群の焦点距離をf2、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々f

w、f t とするとき、

$$-0.3 < f_2 / (f_w \times f_t) < -0.18$$

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

【請求項 4】

望遠端における前記第 2 レンズ群の結像倍率を 2 t とするとき、

$$-1.6 < 2 t < -0.9$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 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 3 レンズ群と前記第 5 レンズ群の焦点距離を各々 f 3、f 5 とするとき、

$$0.9 < f_3 / f_5 < 3.0$$

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

【請求項 6】

前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の焦点距離を各々 f 1、f 2 とするとき、

$$-8.0 < f_1 / f_2 < -5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 4 レンズ群の焦点距離を f 4、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f w、f t とするとき、

$$-1.3 < f_4 / (f_w \times f_t) < -0.4$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 6 レンズ群の焦点距離を f 6、前記第 6 レンズ群の最も像側のレンズ面から像面までの望遠端における光軸上の距離を s k t とするとき、

$$-1.00 < f_6 / s_k t < -0.26$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数を d 1 p、g 線と F 線を基準とした部分分散比を g F 1 p とするとき、前記第 1 レンズ群は、

$$7.0 < d_1 p < 9.6$$

$$0.0185 < g F_1 p - 0.6438 + 0.001682 \times d_1 p < 0.051$$

なる条件式を満足する正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

前記第 2 レンズ群は3枚の負レンズと2枚以下の正レンズよりなることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 4 レンズ群を光軸に対し垂直な方向の成分を持つ方向に移動させて結像位置を移動させることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記第 5 レンズ群は3枚の正レンズと1枚の負レンズよりなることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 13】

前記第 5 レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数を d 5 p、g 線と F 線を基準とした部分分散比を g F 5 p とするとき、前記第 5 レンズ群は、

$$7.0 < d_5 p < 9.6$$

0 . 0 1 8 5 < g F 5 p - 0 . 6 4 3 8 + 0 . 0 0 1 6 8 2 × d 5 p < 0 . 0 5 1
 なる条件式を満足する正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 4】

前記第 6 レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数を d 6 p とするとき、前記第 6 レンズ群は、
 $1.8 < d 6 p < 2.6$
 なる条件式を満足する正レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 5】

広角端における全系の焦点距離を f w 、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを S k w とするとき、
 $1.4 < S k w / f w < 2.5$
 なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 6】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、負の屈折力の第 6 レンズ群から構成されることを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 1 7】

前記第 6 レンズ群の像側に、ズーミングに際して不動であり正の屈折力の第 7 レンズ群を有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 1 8】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群と前記第 3 レンズ群ないし前記第 6 レンズ群は物体側へ移動することを特徴とする請求項 1 乃至 1 7 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 1 9】

請求項 1 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、監視カメラ、フィルム用カメラ、放送用カメラ等に好適に用いられるものである。

【背景技術】

【0002】

従来よりデジタルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置用のズームレンズとしては、広角域を含み高ズーム比で所定の長さのバックフォーカスを有し、光学系全体が小型であることが要求されている。更に無限遠物体から近距離物体に至る全物体距離にわたり高い光学性能を有すること等が要求されている。

【0003】

高ズーム比化が容易なズームレンズとして最も物体側のレンズ群が正の屈折力のレンズ

群より成るポジティブリードタイプのズームレンズが知られている。また光学系全体の小型化が容易なズームレンズとして、第2レンズ群以降のレンズ群を光軸方向に移動させてフォーカシングする所謂インナーフォーカス方式又はリアフォーカス方式を用いたズームレンズが知られている。ポジティブリードタイプでリアフォーカス方式を用い、全系が小型で高ズーム比のズームレンズが知られている（特許文献1，2）。

【0004】

特許文献1は、物体側より像側へ順に正、負、正、負、正、負の屈折力の第1～第6レンズ群より成り、各レンズ群を移動させてズーミングを行い、第6レンズ群を移動させてフォーカスを行ったズームレンズを開示している。特許文献2は物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正、負の屈折力のレンズ群より成る7群ズームレンズにおいて第1レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群、第6レンズ群を移動させてズーミングを行い、第6レンズ群でフォーカスを行うリアフォーカス型のズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平04-186212号公報

【特許文献2】特開2004-317867号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に所定のズーム比を有しつつ、全系が小型化のズームレンズを得るためにには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）を強めつつ、レンズ枚数を削減すれば良い。しかしながら、このようにしたズームレンズは、ズーミング及びフォーカシングに伴う収差変動が多くなり、全ズーム範囲及び全物体距離にわたり高い光学性能を得るのが難しくなってくる。

【0007】

ポジティブリードタイプのズームレンズにおいて、全ズーム範囲および全物体距離で高い光学性能を得るためにには、ズームタイプや各レンズ群のパワー、そして各レンズ群のレンズ構成等を適切に設定する必要がある。例えば各レンズ群のズーミングに伴う移動条件を適切に設定することが高ズーム比化及び全系の小型化を図るのに重要になってくる。また、フォーカシングに伴う収差変動を少なくし、全物体距離にわたり高い光学性能を得るには、フォーカスレンズ群の選定及びフォーカスレンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。

【0008】

本発明は、光学系全体が小型で、広画角かつ高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能が容易に得られるズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が大きくなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が小さくなり、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が大きくなり、前記第4レンズ群と前記第5レンズ群の間隔が小さくなり、前記第5レンズ群と前記第6レンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動し、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して前記第6レンズ群が像側へ移動するズームレンズであって、前記第2レンズ群の広角端における後側主点位置から、前記第2レンズ群より像側に配置された各レンズ群からなる後続レンズ群の広角端における前側主点位置までの距離をD2Rw、広角端における前記後続レンズ群の焦点距離をfRwとするとき、

1 . 4 4 1 D 2 R w / f R w < 2 . 0

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、光学系全体が小型で、広画角かつ高ズーム比で、しかも全ズーム範囲及び全物体距離にわたり高い光学性能が容易に得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 実施例1の広角端と望遠端における収差図

【図3】実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B) 実施例2の広角端と望遠端における収差図

【図5】実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B) 実施例3の広角端と望遠端における収差図

【図7】実施例4の広角端におけるレンズ断面図

【図8】(A)、(B) 実施例4の広角端と望遠端における収差図

【図9】実施例5の広角端におけるレンズ断面図

【図10】(A)、(B) 実施例5の広角端と望遠端における収差図

【図11】実施例6の広角端におけるレンズ断面図

【図12】(A)、(B) 実施例6の広角端と望遠端における収差図

【図13】実施例7の広角端におけるレンズ断面図

【図14】(A)、(B) 実施例7の広角端と望遠端における収差図

【図15】実施例8の広角端におけるレンズ断面図

【図16】(A)、(B) 実施例8の広角端と望遠端における収差図

【図17】実施例9の広角端におけるレンズ断面図

【図18】(A)、(B) 実施例9の広角端と望遠端における収差図

【図19】実施例10の広角端におけるレンズ断面図

【図20】(A)、(B) 実施例10の広角端と望遠端における収差図

【図21】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群を有する。更に正の屈折力の第7レンズ群を有する場合もある。

【0013】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群と第3レンズ群乃至第6レンズ群は物体側へ移動する。具体的には第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が大きくなり、第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が小さくなり、第3レンズ群と第4レンズ群の間隔が大きくなるように移動する。また、第4レンズ群と第5レンズ群の間隔が小さくなり、第5レンズ群と第6レンズ群の間隔が変化するように各レンズ群が移動する。無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、前記第6レンズ群が像側へ移動する。

【0014】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端(短焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)は本発明の実施例1の広角端と望遠端(長焦点距離端)における縦収差図である。図3は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)は本発明の実施例2の広角端と望遠端における縦収差

図である。図5は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)は本発明の実施例3の広角端と望遠端における縦収差図である。

【0015】

図7は本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)は本発明の実施例4の広角端と望遠端における縦収差図である。図9は本発明の実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図10(A)、(B)は本発明の実施例5の広角端と望遠端における縦収差図である。図11は本発明の実施例6のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図12(A)、(B)は本発明の実施例6の広角端と望遠端における縦収差図である。

【0016】

図13は本発明の実施例7のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図14(A)、(B)は本発明の実施例7の広角端と望遠端における縦収差図である。図15は本発明の実施例8のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図16(A)、(B)は本発明の実施例8の広角端と望遠端における縦収差図である。図17は本発明の実施例9のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図18(A)、(B)は本発明の実施例9の広角端と望遠端における縦収差図である。

【0017】

図19は本発明の実施例10のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図20(A)、(B)は本発明の実施例10の広角端と望遠端における縦収差図である。図21は、本発明のズームレンズを備えるビデオカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0018】

レンズ断面図において左方が物体側(前方)で、右方が像側(後方)である。各実施例のズームレンズはビデオカメラ、デジタルカメラ等の撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。レンズ断面図において、L1は正の屈折力を有する第1レンズ群、L2は負の屈折力を有する第2レンズ群、L3は正の屈折力を有する第3レンズ群、L4は負の屈折力を有する第4レンズ群、L5は正の屈折力を有する第5レンズ群である。L6は負の屈折力の第6レンズ群である。

【0019】

L7は正の屈折力の第7レンズ群である。LRは第3レンズ群L3よりも像側の各レンズ群よりなる後続レンズ群である。ここで屈折力とは、光学的パワー=焦点距離の逆数である。SPは開口絞りであり、第3レンズ群L3の物体側に配置されている。IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサーやCMOSセンサー等の固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面等の感光面に相当する。

【0020】

矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。フォーカスに関する矢印は無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際してのレンズ群の移動方向を示している。

【0021】

球面収差図において、実線、2点鎖線、点線は各々d線(波長587.56nm)、g線(波長435.8nm)、正弦条件である。非点収差図において点線、実線は各々d線に関するメリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差はg線によって表わしている。FnoはFナンバー、は半画角である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群が機構上光軸上移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0022】

本発明のズームレンズは物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群L1乃至第6レンズ群L2を有し、第6レンズ群L6でフォーカシングを行うことにより、高ズーム比化を容易にしている。また、広画角化を容易にするため、広角端における第2レンズ群L2の後側主点位置から第3レンズ群L3より像側の各レンズ群か

らなる後続レンズ群 L R の前側主点位置まで間隔を大とし、各レンズ群の屈折力を適切に設定している。その結果、撮影半画角 34 度以上でズーム比 10 倍以上の小型なズームレンズを実現している。

【0023】

本発明のズームレンズは所謂ポジティブリードタイプのズームレンズである。広角端から望遠端へのズーミングに際して、各レンズ群間隔が前述の如く変化するように所定のレンズ群を移動している。このとき、各レンズ群が変倍に寄与するようにして、高ズーム比化を容易にしている。

【0024】

特に、本発明のズームレンズは広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群 L 1 を物体側に繰り出している。これにより、広角端においてレトロフォーカスタイル、望遠端においてテレフォトタイプの傾向を有しつつ、広角端におけるレンズ全長を短くしている。

【0025】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第6レンズ群 L 6 を像面側に動かすことを行っている。そのため、フォーカシングのためのスペースを確保する必要性から各レンズ群のズームにおける移動量が制限されることはなく、高ズーム比化と全系の小型化を容易にしている。

【0026】

また、第6レンズ群 L 6 は広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側に動かしている。これにより広角端と比較して望遠端におけるフォーカス敏感度（フォーカスレンズ群を動かした時のピントの移動量）を大きくすることが出来ることを利用して、望遠端においてフォーカシングのための移動量が増大しないようにしている。

【0027】

各実施例では広角端において、第2レンズ群 L 2 の後側主点位置から、第3レンズ群 L 3 より像側の各レンズ群からなる後続レンズ群 L R の前側主点位置までの距離を D 2 R w とする。広角端における後続レンズ群 L R の焦点距離を f R w とする。このとき、

$$\frac{1.441}{D 2 R w / f R w} < 2.0 \quad \dots \quad (1)$$

なる条件を満足している。

【0028】

条件式 (1) は広角端において第2レンズ群 L 2 の後側主点から後続レンズ群 L R の前側主点までの間隔と、後続レンズ群 L R の合成焦点距離の関係を規定するものである。下限を下回ると広角端において第2レンズ群 L 2 の作る像点から後続レンズ群 L R までの距離が近づきすぎて、後続レンズ群 L R の結像倍率が大きくなってしまい、広画角化が困難となる。上限を上回ると、広画角化には有利となるが、レンズ全長が大型化してくる。更に好ましくは条件式 (1) の数値範囲を以下のように設定するのが良い。

【0029】

$$\frac{1.441}{D 2 R w / f R w} < 1.70 \quad \dots \quad (1a)$$

さらに、好ましくは以下の条件式のいずれか 1 つ以上を満足するのが良い。

【0030】

第1レンズ群 L 1 の焦点距離を f 1 、第2レンズ群 L 2 の焦点距離を f 2 、第3レンズ群 L 3 の焦点距離を f 3 、第4レンズ群 L 4 の焦点距離を f 4 、第5レンズ群 L 5 の焦点距離を f 5 、第6レンズ群 L 6 の焦点距離を f 6 とする。広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f w 、 f t とする。広角端におけるズームレンズのバックフォーカスを S k w とする。 望遠端における第2レンズ群 L 2 の結像倍率を 2 t とする。望遠端において第6レンズ群 L 6 の最も像側のレンズ面から像面までの望遠端における光軸上の距離を s k t とする。第1レンズ群 L 1 に含まれる正レンズの材料のアッベ数を d 1 p 、 g 線と F 線を基準とした部分分散比を g F 1 p とする。

【0031】

第5レンズ群 L 5 に含まれる正レンズの材料のアッベ数を d 5 p 、 g 線と F 線を基準

とした部分分散比を $g_F 5 p$ とする。第 6 レンズ群 L 6 に含まれる正レンズの材料のアッベ数を $d_6 p$ とする。ここで部分分散比 g_F は材料の g 線、 F 線、 C 線に対する屈折率を各々 n_g 、 n_F 、 n_C とする。このとき、

$$g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

の式で表される。

【0032】

またアッベ数 d は材料の d 線、 F 線、 C 線に対する屈折率を各々 n_d 、 n_F 、 n_C とする。このとき、

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

の式で表される。

【0033】

このとき、以下の条件式のうち 1 以上を満足するのが良い。

【0034】

$$\begin{aligned} 1.2 < f_1 / (f_w \times f_t) &< 1.8 & \cdots (2) \\ -0.3 < f_2 / (f_w \times f_t) &< -0.18 & \cdots (3) \\ -1.6 < 2t &< -0.9 & \cdots (4) \\ 0.9 < f_3 / f_5 &< 3.0 & \cdots (5) \\ -8.0 < f_1 / f_2 &< -5.0 & \cdots (6) \\ -1.3 < f_4 / (f_w \times f_t) &< -0.4 & \cdots (7) \\ -1.00 < f_6 / s_k t &< -0.26 & \cdots (8) \\ 7.0 < d_1 p &< 9.6 & \cdots (9) \\ 0.0185 < g_F 1p - 0.6438 + 0.001682 \times d_1 p &< 0.0510 & \cdots (10) \\ 7.0 < d_5 p &< 9.6 & \cdots (11) \\ 0.0185 < g_F 5p - 0.6438 + 0.001682 \times d_5 p &< 0.051 & \cdots (12) \\ 1.8 < d_6 p &< 2.6 & \cdots (13) \\ 1.4 < S_k w / f_w &< 2.5 & \cdots (14) \end{aligned}$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0035】

条件式 (2) は第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離に対する広角端と、望遠端における全系の焦点距離の関係を規定している。第 1 レンズ群 L 1 で発生した収差は第 2 レンズ群 L 2 以降で拡大される関係にあるので、出来る限り第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を長く設定するのが望ましい。

【0036】

しかしながら、ポジティブリードのズームレンズにおいて第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を長く設定すると、ズーミングのためのスペースを多く必要となり、全系が大型化していく。従って、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を適切に設定することが高ズーム比化と全系の小型化を図る際に重要となる。条件式 (2) の下限値を下回り第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を短くしすぎると、全系の小型化には有利となるが、特に望遠端において高次の球面収差、コマ収差が多く発生し、これらの補正が困難となる。

【0037】

また、これらの収差を補正するために第 1 レンズ群 L 1 の正レンズに屈折率の大きな硝材を用いると、一般にこれらの硝材の異常分散性は比較的小さい。このため望遠端において二次の倍率色収差及び軸上色収差が極めて大きくなってくる。一方、条件式 (2) の上限を上回り第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を長くしすぎると、望遠端においてテレフォトタイプの傾向が弱まり、変倍のための第 1 レンズ群 L 1 の移動量が増加していく。第 1 レンズ群 L 1 の移動量が大きくなりすぎると、ズーミングのためのメカ機構が複雑になってしまい、全系が大型化していく。

【0038】

条件式(3)は第2レンズ群L2の焦点距離に対する広角端と望遠端における焦点距離の関係を規定している。第2レンズ群L2の焦点距離は前玉有効径とズーム比、そして諸収差の補正に密接な関係がある。一般にレンズの外径はレンズ系の明るさによって決まる軸上光線の入射高、または十分な軸外光線の光量を確保するために必要な軸外光線の入射高によって決まっている。ポジティブリードで広角域を含む高ズーム比のズームレンズは広角側における前玉への軸外光線の入射高が大きく、前玉有効径はこれにより決まっている。

【0039】

従って前玉有効径を小さくするには、傾きの大きな光線を大きく屈折させる必要がある。このためには、第2レンズ群L2の負の屈折力を大きくして第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の負の合成屈折力を強くするのが良い。条件式(3)の下限値を下回り第2レンズ群L2の負の屈折力が弱くなりすぎると、前玉有効径が大きくなり全系が大型化してくる。また、前玉有効径が大きくなると広角端において第1レンズ群L1を通る光線の入射高が大きくなりすぎるため、第1レンズ群L1より高次の歪曲収差が多く発生してくる。

【0040】

従って、広角端において第1レンズ群L1より発生する高次の歪曲収差により、所謂陣笠形状の歪曲収差が多く発生する。また、第2レンズ群L2はポジティブリードのズームレンズにおいて最も大きな変倍分担を持っているレンズ群である。従って、第2レンズ群L2の負の屈折力を強くするとさらに変倍効果が大きくなり、高ズーム比化や第1レンズ群L1のズーミングにおける移動量の短縮が容易になる。

【0041】

一方で、ポジティブリードのズームレンズでは広角側と望遠側において第2レンズ群L2を通る光線の通り方が著しく変わる。このため、第2レンズ群L2において収差変動、特に像面湾曲や歪曲収差の変動が発生しやすくなっている。さらに、広角端において第2レンズ群L2に入射する軸外光の入射角は、第1レンズ群L1でさらに傾きが大きくなるため、極めて大きくなっている。

【0042】

そのため、広角端において第2レンズ群L2で高次の歪曲収差や像面湾曲が発生しやすくなっている。従って、条件式(3)の上限値を超えて第2レンズ群L2の負の屈折力を強くしすぎると広角端における高次の歪曲や像面湾曲が大きくなってくる。さらに、第2レンズ群L2はズーミングによる光線の通り方の変化が大きいため、諸収差のズーミングによる変動が大きい。そのため、条件式(3)の上限値を超えて第2レンズ群L2の負の屈折力を強くしすぎると非点収差や歪曲収差等のズーミングによる変動が大きくなってきて、ズーム全域で良好な光学性能を得るのが難しくなってくる。

【0043】

条件式(4)は第2レンズ群L2の望遠端における結像倍率を規定している。一般にズーミングに際して結像倍率が等倍をはさむ軌跡を取ることでズーミングにおけるレンズ群の移動量を少なくすることが出来る。従って条件式(4)の上限を超えて結像倍率 $2t$ の値を等倍の-1よりも遠ざけてしまうとズーミングにおける第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の相対移動量が大きくなってくる。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の相対移動量が大きくなると、望遠端において第1レンズ群L1を大きく繰り出す必要があり、全系が大型化してくる。

【0044】

一方、条件式(4)の下限を下回り、結像倍率 $2t$ の絶対値が大きくなりすぎると、第1レンズ群L1の屈折力が大きくなってきて、第1レンズ群L1の屈折力を条件式(2)の条件式の数値範囲に設定することが困難となる。

【0045】

条件式(5)は第3レンズ群L3と第5レンズ群L5の焦点距離の比を規定している。第5レンズ群L5の焦点距離を第3レンズ群L3と比較して短くして物体側の正の屈折力

を強くすることで、広角端においてレトロフォーカスタイプの配置として広角端のバックフォーカスを十分長く確保することが容易となる。

【0046】

条件式(5)の下限を下回り第5レンズ群L5の焦点距離が長くなりすぎると、広角端において十分なバックフォーカスを確保することが難しくなってくる。また、条件式(5)の上限を上回り第5レンズ群L5の焦点距離を短くしすぎると、第5レンズ群L5より発生する収差が大きくなってきて、主に広角端におけるサジタルフレアーやコマ収差のズーム変動が大となってくる。

【0047】

条件式(6)は第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離の比を規定している。条件式(6)を満足せず、十分なバックフォーカスが確保できない場合、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離の比を条件式(6)の条件内に設定すると良い。条件式(6)のように第1レンズ群L1に対して第2レンズ群L2の屈折力を比較的強くすることにより、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2が広角端において強い負の合成屈折力を持たせることが出来る。

【0048】

従って条件式(5)を満足していない場合も全系として広角端においてレトロフォーカスの構成をとることが出来るので、十分な長さのバックフォーカスを得ることが出来る。条件式(5)を満足せず、かつ条件式(6)の上限を超えて第2レンズ群L2の負の屈折力が弱くなになると、広角端において十分な長さのバックフォーカスを得ることが難しくなる。一方、条件式(6)の下限を下回り、第2レンズ群L2の負の屈折力が強くなりすぎると条件式(3)を満足することが困難となる。

【0049】

条件式(7)は第4レンズ群L4の焦点距離を規定している。第4レンズ群L4の負の屈折力を強くすると、ズーミングの際に後続レンズ群LRの前側主点位置の移動量を大きくすることが出来るので、高ズーム比化が容易となる。条件式(7)の下限を下回り第4レンズ群L4の負の屈折力が弱くなりすぎると、高ズーム比化が難しくなる。一方、条件式(7)の上限を超えて第4レンズ群L4の負の屈折力が強くなりすぎると、後続レンズ群LRに適切な屈折力を持たせるために第3レンズ群L3の正の屈折力が強くなり、特に望遠端において高次の球面収差が多く発生し、これの補正が困難となる。

【0050】

条件式(8)は第6レンズ群L6の焦点距離を規定している。条件式(8)の上限を超えて第6レンズ群L6の負の屈折力が弱くなりすぎると、望遠端においてフォーカスのための移動量が大きくなりすぎ、最短撮影距離を短くするのが難しくなってくる。条件式(8)の下限を下回り第6レンズ群L6の負の屈折力が強くなりすぎると、球面収差やコマ収差のズーミングによる変動や像面湾曲のフォーカスシングによる変動が増大してくる。

【0051】

条件式(9)、(10)は第1レンズ群L1が物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズの接合レンズ、メニスカス形状の正レンズを有しているときの1つの正レンズの材料のアッベ数d1pと部分分散比gF1pに関する。条件式(9)、(10)を満足することにより、特に望遠端において軸上色収差及び倍率色収差を良好に補正することが容易となる。条件式(11)、(12)は第5レンズ群L5中の1つの正レンズの材料のアッベ数d5pと部分分散比gF5pに関する。条件式(11)、(12)を満足することにより、特に広角端において倍率色収差を良好に補正することが容易となる。

【0052】

第6レンズ群L6は正レンズと負レンズの貼り合わせレンズを有していると良い。条件式(13)は第6レンズ群L6が1以上の正レンズを有し、このうち少なくとも1つの正レンズの材料のアッベ数d6pに関する。条件式(13)を満足することにより、第6レンズ群L6の各レンズのレンズ面の曲率を小さく設定することができる。これにより第6レンズ群L6の重量を軽くすることができる、フォーカシングの際の作動性が良好

になる。

【0053】

条件式(14)は、広角端におけるバックフォーカスと広角端における全系の焦点距離の比に関する。一眼レフカメラなどの長いバックフォーカスを必要とする撮像装置に最適な条件を設定したものである。ここでバックフォーカスとは曲率を有するレンズの内、最も像側に位置するレンズの像側のレンズ面から近軸像面までの距離である。更に好ましくは条件式(2)乃至(14)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0054】

1.25 < f1 / (fw × ft) < 1.70	... (2a)
-0.28 < f2 / (fw × ft) < -0.20	... (3a)
-1.40 < 2t < -0.95	... (4a)
0.95 < f3 / f5 < 2.70	... (5a)
-7.5 < f1 / f2 < -5.6	... (6a)
-1.20 < f4 / (fw × ft) < -0.45	... (7a)
-0.96 < f6 / skt < -0.40	... (8a)
70 < d1p < 95	... (9a)
0.019 < gF1p - 0.6438 + 0.001682 × d1p < 0.050	... (10a)
70 < d5p < 95	... (11a)
0.019 < gF5p - 0.6438 + 0.001682 × d5p < 0.050	... (12a)
18.5 < d6p < 25.7	... (13a)
1.6 < Skw / fw < 2.4	... (14a)

各実施例において、第2レンズ群L2は3枚の負レンズと2枚以下の正レンズを有するのが良い。各レンズ群のうち第2レンズ群L2は屈折力の絶対値が最も大きいレンズ群なので、このように構成レンズ枚数を多くして屈折力を複数のレンズで分担することにより、諸収差の発生を抑えている。さらに好ましくは1以上の非球面レンズを有しているのが良い。これによれば、特に広角端における像面湾曲を良好に補正することが容易となる。

【0055】

第3レンズ群L3は正レンズと負レンズの貼り合わせレンズを有するのが良い。さらに好ましくは1以上の非球面レンズを有しているのが良い。これによれば、特にズーム全域において球面収差を良好に補正することが容易となる。

【0056】

第4レンズ群L4は正レンズと負レンズの貼り合わせレンズを有しているのが良い。また、第4レンズ群L4の屈折力を条件式(7)の数値範囲に設定し、1以上の非球面レンズを有する構成にすれば、第4レンズ群L4を光軸と垂直な方向の成分を持つように移動させることによる結像位置を移動、即ち手ぶれ補正を行うことが容易となる。

【0057】

第5レンズ群L5は3枚の正レンズと1枚の負レンズより構成するのが良い。第5レンズ群L5は広角化のために屈折力が大きいレンズ群なので、このように構成レンズ枚数を多くして屈折力を複数のレンズで分担することにより、諸収差の発生を抑えている。さらに好ましくは1以上の非球面レンズを有しているのが良い。これによれば、特に広角端における歪曲収差等を良好に補正することが容易となる。実施例1、3乃至10のズームレンズは物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群から構成される。また、第6レンズ群L6の像側にズーミングに際して不動であり正の屈折力の第7レンズ群を配置するのが良い。これによればズーミングに際しての収差変動を軽減するのが容易になる。

【0058】

本発明において開口絞りは第3群と一体移動としている。しかしながら絞りを第3群と

独立に動かしても本発明の効果を得ることが出来る。

【0059】

以上のように各実施例によれば、高ズーム比で、広角域を含みつつ十分な長さのバックフォーカスを有し、全ズーム範囲、全物体距離にわたり良好な光学性能を有した小型のズームレンズを得ることができる。

【0060】

次に、各実施例に示したようなズームレンズを撮影光学系として用いた、デジタルカメラの実施形態を図21を用いて説明する。図21において、20はカメラ本体、21は本発明のズームレンズによって構成された撮像光学系である。22は撮像光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDなどの固体撮像素子である。23は固体撮像素子22が受光した被写体像を記録する記録手段、24は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。

【0061】

上記表示素子は液晶パネルなどによって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像が表示される。このように本発明のズームレンズをビデオカメラなどの光学機器に適用することにより、高ズーム比で、全系の小さなズームレンズを有する撮像装置を実現している。

【0062】

本発明のズームレンズはクイックリターンミラーのないミラーレス一眼レフカメラにも適用することができる。

【0063】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0064】

次に、本発明の実施例1～10に各々対応する数値実施例1～10を示す。各数値実施例において、iは物体側から数えた面の番号を示す。riは第i番目の光学面(第i面)の曲率半径である。diは第i面と第(i+1)面との軸上間隔である。ndi、diはそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数である。広角(広角端)、中間(中間のズーム位置)、望遠(望遠端)について焦点距離、Fナンバーを示している。また、非球面には面番号の横に*の印を記す。近軸曲率半径をR、離心率をK、非球面係数をA4、A6、A8、A10とする。

【0065】

光軸からの高さhの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてxとするとき、非球面形状は、

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

で表わされる。なお、各非球面係数における「E±XX」は「×10±XX」を意味している。また、各数値実施例における上述した条件式(1)乃至(8)との対応を表1に示す。

【0066】

[数値実施例1]

面番号	r	d	nd	d
1	115.267	1.10	1.74950	35.3
2	56.531	9.15	1.49700	81.5
3	-462.423	0.12		
4	56.973	5.10	1.49700	81.5
5	339.321	(可変)		
6*	45.434	1.20	1.77250	49.6

7	15.218	7.47		
8	-37.803	1.09	1.81600	46.6
9	36.183	0.15		
10	27.918	4.60	1.84666	23.9
11	-47.920	1.57		
12	-23.870	0.87	1.77250	49.6
13	-245.672	(可变)		
14(絞り)		0.66		
15	21.615	2.76	1.64769	33.8
16*	141.673	1.23		
17	55.773	2.71	1.58144	40.8
18	-333.154	0.09		
19	42.193	0.90	1.80518	25.4
20	12.349	5.01	1.51633	64.1
21	-275.204	(可变)		
22*	-29.049	2.07	1.85026	32.3
23	-15.359	0.76	1.69680	55.5
24	81.782	(可变)		
25*	83.000	3.49	1.48749	70.2
26	-26.399	0.00		
27	117.198	4.05	1.49700	81.5
28	-23.283	1.05	1.84666	23.9
29	-152.463	0.14		
30	58.079	3.55	1.80100	35.0
31	-50.647	(可变)		
32	-372.933	2.79	1.84666	23.9
33	-34.747	1.07	1.81600	46.6
34	33.628	(可变)		

像面

【0 0 6 7】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.41662e-006 A 6= 4.06417e-009 A 8=-5.44223e-011 A10= 1.86232e-013

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.07693e-005 A 6= 1.03287e-008 A 8=-1.30214e-011

第22面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.01237e-006 A 6= 3.34207e-009 A 8=-2.22213e-010 A10= 2.46915e-012

第25面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.82792e-005 A 6= 2.52931e-008 A 8=-5.32668e-011

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.75	59.52	270.67
Fナンバー	3.18	4.69	5.88
半画角(度)	36.08	12.93	2.89

d 5	0.41	27.22	58.52
d13	32.24	15.49	0.47
d21	1.82	7.39	10.06
d24	9.16	3.59	0.92
d31	0.94	0.96	0.91
d34	35.76	56.72	71.52

【 0 0 6 8 】

[数値実施例 2]

面番号	r	d	nd	d
1	115.594	1.25	1.74950	35.3
2	58.382	8.50	1.49700	81.5
3	-543.881	0.12		
4	56.650	5.00	1.49700	81.5
5	255.169	(可変)		
6*	40.034	1.25	1.77250	49.6
7	14.681	7.87		
8	-36.261	1.25	1.81600	46.6
9	40.861	0.15		
10	29.123	4.50	1.84666	23.9
11	-53.894	1.25		
12	-26.719	1.25	1.77250	49.6
13	-703.034	(可変)		
14(絞り)		0.75		
15	24.464	3.31	1.64769	33.8
16*	-301.124	0.10		
17	39.789	1.00	1.80518	25.4
18	14.477	5.28	1.51633	64.1
19	-41.259	(可変)		
20*	-23.416	2.30	1.80518	25.4
21	-16.046	1.00	1.64000	60.1
22	126.554	(可変)		
23*	148.132	3.50	1.48749	70.2
24	-21.599	0.10		
25	-267.802	4.20	1.49700	81.5
26	-17.543	1.25	1.84666	23.9
27	-113.528	0.10		
28	77.730	3.20	1.85026	32.3
29	-43.144	(可変)		
30	-584.224	2.50	1.80809	22.8
31	-39.009	1.00	1.81600	46.6
32	29.031	(可変)		
33	-113.308	2.00	1.48749	70.2
34	-48.950	35.42		

像面

【 0 0 6 9 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.67557e-007 A 6= 2.58408e-009 A 8=-4.37755e-011 A10= 1.05064e-013

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.06810e-005 A 6= 6.59227e-009 A 8=-5.28137e-011

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.21078e-005 A 6= 1.92087e-008 A 8=-7.95974e-010 A10= 6.32000e-012

第23面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.62525e-005 A 6= 2.74013e-008 A 8= 6.20287e-011

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.69	60.72	270.83
Fナンバー	3.50	4.80	5.88
半画角(度)	36.16	12.68	2.89

d 5	0.35	31.36	62.38
d13	35.80	16.16	0.54
d19	2.03	5.53	7.29
d22	6.49	2.99	1.24
d29	0.97	3.16	3.55
d32	3.00	20.45	35.68

【 0 0 7 0 】

[数値実施例 3]

面番号	r	d	nd	d
1	122.431	0.99	1.83400	37.2
2	60.793	8.72	1.49700	81.5
3	-392.652	0.12		
4	58.524	5.91	1.49700	81.5
5	426.044	(可変)		
6*	48.981	1.20	1.77250	49.6
7	14.829	7.80		
8	-37.698	1.25	1.81600	46.6
9	50.174	0.15		
10	31.714	4.34	1.84666	23.9
11	-57.423	1.09		
12	-28.580	1.01	1.77250	49.6
13	-220.269	(可変)		
14(絞り)		0.87		
15	24.523	2.73	1.64769	33.8
16*	278.118	2.24		
17	76.181	1.99	1.58144	40.8
18	1771.317	0.26		
19	52.020	0.90	1.80518	25.4

20	17.446	3.97	1.51633	64.1
21	205.969	(可变)		
22*	-29.159	2.16	1.85026	32.3
23	-16.343	0.91	1.69680	55.5
24	89.053	(可变)		
25*	88.343	3.38	1.48749	70.2
26	-21.238	0.00		
27	26.255	4.68	1.49700	81.5
28	-25.486	1.11	1.84666	23.9
29	354.962	0.20		
30	78.659	2.90	1.80100	35.0
31	-42.560	(可变)		
32	154.242	1.20	1.88300	40.8
33	16.960	3.00		
34	-72.975	2.43	1.80518	25.4
35	-25.285	1.20	1.88300	40.8
36	219.033	0.15		
37	29.491	3.40	1.69895	30.1
38	-222.141	(可变)		

像面

【 0 0 7 1 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.17915e-006 A 6= 8.18325e-009 A 8=-7.65482e-011 A10= 1.27716e-013

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.18351e-005 A 6=-4.59099e-009 A 8= 6.07038e-011

第22面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.02052e-005 A 6=-5.73784e-008 A 8= 9.44671e-011 A10= 1.15157e-012

第25面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.76395e-005 A 6= 7.73456e-008 A 8=-2.24833e-010

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.67	54.99	299.50
Fナンバー	3.39	4.79	5.88
半画角(度)	36.18	13.95	2.61

d 5	0.16	28.20	64.25
d13	39.73	21.34	0.55
d21	2.15	4.22	5.19
d24	4.13	2.06	1.09
d31	1.06	0.93	0.86
d38	35.61	60.09	78.93

【 0 0 7 2 】

[数値実施例 4]

面番号	r	d	nd	d
1	104.956	2.00	1.80610	33.3
2	57.843	9.20	1.49700	81.5
3	-395.223	0.10		
4	53.823	5.60	1.49700	81.5
5	259.317 (可変)			
6	55.974	1.20	1.88300	40.8
7	19.148	4.70		
8	-72.361	1.20	1.77250	49.6
9	25.866	3.20	1.68893	31.1
10	-239.696	1.90		
11	-33.205	1.00	1.83481	42.7
12	24.506	2.50	1.84666	23.9
13	-136.787 (可変)			
14(絞り)		1.00		
15	28.747	3.20	1.71300	53.9
16	-21.749	1.00	1.85026	32.3
17*	-109.187 (可変)			
18	-40.784	1.13	1.65160	58.5
19	32.120	2.25	1.85026	32.3
20	101.352 (可変)			
21*	136.686	3.60	1.60300	65.4
22	-27.798	0.10		
23	45.798	4.70	1.49700	81.5
24	-24.721	1.00	1.80610	33.3
25	340.461	0.10		
26	50.000	3.50	1.60300	65.4
27	-51.026 (可変)			
28	103.719	2.00	1.80809	22.8
29	-109.878	1.10	1.83481	42.7
30	28.098 (可変)			

像面

【 0 0 7 3 】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.14631e-006 A 6= 3.62393e-009 A 8=-7.35936e-011

第21面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.05962e-005 A 6=-1.59212e-009 A 8= 2.34394e-011

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.54	49.15	194.16
Fナンバー	3.22	4.22	5.66
半画角(度)	36.36	15.52	4.02
d 5	1.00	27.02	53.04
d13	23.28	12.13	0.99

d17	2.00	7.55	13.09
d20	15.82	8.52	1.23
d27	2.15	2.44	1.00
d30	36.33	48.94	63.28

【 0 0 7 4 】

[数値実施例 5]

面番号	r	d	nd	d
1	111.209	2.00	1.80610	33.3
2	61.478	9.20	1.49700	81.5
3	-328.477	0.10		
4	54.425	5.60	1.49700	81.5
5	206.846	(可変)		
6	82.870	1.20	1.88300	40.8
7	17.562	6.20		
8	-48.213	1.20	1.88300	40.8
9	63.063	0.10		
10	32.914	4.80	1.84666	23.9
11	-47.188	1.00		
12	-30.254	1.00	1.60300	65.4
13	79.574	(可変)		
14(絞り)		1.00		
15	19.573	3.20	1.51633	64.1
16	-35.591	1.00	1.80400	46.6
17*	356.624	(可変)		
18	-23.660	1.13	1.62041	60.3
19	102.735	2.25	1.80100	35.0
20	-89.943	(可変)		
21*	108.954	3.30	1.60300	65.4
22	-21.060	0.10		
23	112.509	4.20	1.49700	81.5
24	-19.644	1.00	1.80610	33.3
25	-1936.602	0.10		
26	50.000	3.10	1.60300	65.4
27	-51.026	(可変)		
28	133.696	2.00	1.92286	18.9
29	-203.728	1.10	1.88300	40.8
30	32.244	(可変)		

像面

【 0 0 7 5 】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.68781e-006 A 6= 4.33121e-008 A 8=-3.05233e-010

第21面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.30316e-005 A 6= 3.15515e-008 A 8=-1.52565e-010

広角 中間 望遠

焦点距離	18.54	50.09	194.17
Fナンバー	3.45	4.48	5.66
<u>半画角(度)</u>	36.36	15.24	4.02

d 5	1.00	28.01	55.02
d13	31.30	16.45	1.60
d17	2.00	3.83	5.65
d20	7.66	4.33	1.00
d27	1.61	1.59	1.00
d30	43.02	59.40	76.33

【 0 0 7 6 】

[数値実施例 6]

面番号	r	d	nd	d
1	112.705	1.25	1.73800	32.3
2	55.432	7.64	1.49700	81.5
3	-2753.053	0.12		
4	56.614	5.02	1.60300	65.4
5	210.789	(可変)		
6*	54.671	1.20	1.88300	40.8
7	13.657	6.67		
8	-33.734	1.19	1.88300	40.8
9	35.557	0.15		
10	28.953	4.58	1.84666	23.9
11	-30.521	0.93		
12	-20.391	1.20	1.77250	49.6
13	-68.003	(可変)		
14(絞り)		1.00		
15	22.967	3.31	1.68893	31.1
16*	-947.226	0.15		
17	37.902	1.07	1.80518	25.4
18	13.701	5.39	1.51633	64.1
19	-61.032	(可変)		
20*	-29.117	2.66	1.85026	32.3
21	-14.230	1.00	1.72916	54.7
22	107.497	(可変)		
23*	120.621	3.76	1.48749	70.2
24	-20.796	0.00		
25	71.956	4.17	1.49700	81.5
26	-20.210	1.20	1.84666	23.9
27	147.624	0.32		
28	49.357	4.06	1.71736	29.5
29	-41.276	(可変)		
30	-247.069	2.22	1.92286	18.9
31	-48.567	1.19	1.88300	40.8
32	45.614	(可変)		

像面

【 0 0 7 7 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.30178e-006 A 6= 1.50511e-008 A 8=-2.05234e-010 A10= 6.44127e-013

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.05568e-005 A 6= 1.21789e-008 A 8=-5.63360e-011

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.19379e-006 A 6= 5.86158e-009 A 8=-4.04284e-010 A10= 2.91147e-012

第23面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.55268e-005 A 6= 1.94963e-008 A 8=-1.64421e-011

	広角	中間	望遠
焦点距離	16.53	54.38	237.95
Fナンバー	3.42	4.72	5.88
<u>半画角(度)</u>	39.56	14.10	3.29
d 5	0.96	31.96	62.96
d13	30.58	12.66	0.99
d19	1.95	6.83	10.61
d22	9.85	4.97	1.19
d29	0.50	1.99	0.97
d32	35.81	52.23	64.92

【 0 0 7 8 】

[数値実施例 7]

面番号	r	d	nd	d
1	132.300	2.00	1.80610	33.3
2	60.730	10.50	1.49700	81.5
3	-442.264	0.10		
4	57.694	6.20	1.60300	65.4
5	293.297	(可変)		
6	62.842	1.20	1.88300	40.8
7	17.194	6.20		
8	-44.702	1.20	1.88300	40.8
9	37.538	0.10		
10	29.115	4.80	1.84666	23.9
11	-43.870	1.00		
12	-28.464	1.00	1.60300	65.4
13	148.350	(可変)		
14(絞り)		1.00		
15	18.675	3.20	1.51633	64.1
16	-33.730	1.00	1.83481	42.7
17*	1510.611	(可変)		
18	-22.929	1.13	1.62041	60.3
19	74.851	2.25	1.80610	33.3
20	-115.242	(可変)		

21*	123.011	3.30	1.60300	65.4
22	-19.574	0.10		
23	111.247	4.20	1.49700	81.5
24	-18.838	1.00	1.80610	33.3
25	-749.449	0.10		
26	50.000	3.10	1.60300	65.4
27	-51.026	(可变)		
28	109.537	2.00	1.80809	22.8
29	-103.657	1.10	1.83481	42.7
30	30.074	(可变)		

像面

【0 0 7 9】

非球面データ

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.37673e-006 A 6= 6.44817e-008 A 8=-5.16882e-010

第21面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.63449e-005 A 6= 4.22269e-008 A 8=-2.50996e-010

	広角	中間	望遠
焦点距離	16.81	47.39	194.13
Fナンバー	3.32	4.46	5.66
<u>半画角(度)</u>	39.07	16.07	4.02

d 5	1.00	28.34	55.55
d13	31.64	16.25	1.29
d17	2.00	2.10	4.34
d20	7.17	4.76	0.99
d27	2.02	1.10	1.00
d30	38.68	57.24	73.90

【0 0 8 0】

[数值実施例8]

面番号	r	d	nd	d
1	115.222	1.13	1.74950	35.3
2	55.688	7.06	1.49700	81.5
3	-500.424	0.12		
4	55.022	4.92	1.49700	81.5
5	309.513	(可变)		
6*	44.933	1.20	1.77250	49.6
7	14.944	6.53		
8	-44.748	1.15	1.81600	46.6
9	37.931	0.15		
10	26.892	4.33	1.84666	23.9
11	-51.741	1.59		
12	-24.658	1.09	1.77250	49.6
13	901.405	(可变)		
14(絞り)		0.82		

15	20.790	2.99	1.64769	33.8
16*	151.892	0.36		
17	51.742	2.22	1.58144	40.8
18	-803.666	0.16		
19	41.084	0.90	1.80518	25.4
20	12.139	4.59	1.51633	64.1
21	662.736	(可变)		
22*	-28.060	2.16	1.85026	32.3
23	-15.093	0.91	1.69680	55.5
24	92.898	(可变)		
25*	115.879	3.87	1.48749	70.2
26	-23.514	0.00		
27	62.601	4.17	1.49700	81.5
28	-30.923	1.07	1.84666	23.9
29	198.855	0.16		
30	46.530	3.89	1.80100	35.0
31	-58.894	(可变)		
32	-785.553	2.43	1.92286	18.9
33	-49.800	1.09	1.88300	40.8
34	36.102	(可变)		

像面

【0 0 8 1】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.24738e-006 A 6= 5.98808e-009 A 8=-5.81939e-011 A10= 2.17699e-013

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.23929e-005 A 6= 1.15677e-008 A 8=-1.10386e-011

第22面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.02281e-006 A 6= 3.36811e-009 A 8=-2.74174e-010 A10= 2.78737e-012

第25面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.27904e-005 A 6= 2.16566e-008 A 8=-3.79959e-011

	広角	中間	望遠
焦点距離	20.14	62.85	259.66
Fナンバー	3.31	4.63	5.88
半画角(度)	34.15	12.26	3.01

d 5	0.40	29.18	58.42
d13	29.03	13.26	0.89
d21	2.01	6.77	9.54
d24	8.76	4.00	1.23
d31	1.71	3.11	0.93
d34	35.83	52.43	68.74

【 0 0 8 2 】

[数値実施例 9]

面番号	r	d	nd	d
1	88.225	1.50	1.80100	35.0
2	58.096	8.60	1.43875	94.9
3	-250.533	0.12		
4	57.401	5.12	1.43875	94.9
5	187.731	(可変)		
6*	89.048	1.50	1.85400	40.4
7	16.392	6.00		
8	-41.056	1.20	1.88300	40.8
9	44.973	0.15		
10	33.211	4.83	1.84666	23.9
11	-33.154	0.65		
12	-23.510	1.10	1.80400	46.6
13	-92.766	(可変)		
14(絞り)		0.75		
15	23.534	2.85	1.68893	31.1
16*	188.709	0.10		
17	39.015	1.00	1.80518	25.4
18	15.110	5.89	1.48749	70.2
19	-66.433	(可変)		
20*	-29.388	3.88	1.80518	25.4
21	-16.392	1.00	1.62230	53.2
22	58.889	(可変)		
23*	53.929	5.01	1.48749	70.2
24	-25.927	0.10		
25	-394.712	3.80	1.43875	94.9
26	-24.576	1.25	1.84666	23.9
27	-119.423	0.10		
28	50.435	4.46	1.74100	52.6
29	-58.015	(可変)		
30	120.618	2.62	1.80809	22.8
31	-118.028	1.00	1.77250	49.6
32	26.456	(可変)		

像面

【 0 0 8 3 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.19405e-006 A 6= 1.52063e-008 A 8=-1.33705e-010 A10= 3.65346e-013

第16面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.69558e-006 A 6= 1.39771e-008 A 8=-6.74331e-011

第20面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.95464e-006 A 6= 1.01796e-008 A 8=-1.83369e-010 A10=

6.01235e-013

第23面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.05239e-005 A 6= 1.51354e-008 A 8=-2.24418e-011

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.87	70.18	239.70
Fナンバー	3.15	4.68	5.71
<u>半画角(度)</u>	35.90	11.01	3.26

d 5	0.77	30.75	60.73
d13	31.31	8.85	0.32
d19	1.73	9.10	12.29
d22	11.80	4.43	1.24
d29	2.17	5.40	0.94
d32	37.71	56.94	69.92

【0 0 8 4】

[数値実施例 1 0]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	88.225	1.50	1.80100	35.0
2	58.096	8.60	1.43875	94.9
3	-250.533	0.12		
4	57.401	5.12	1.43875	94.9
5	187.731	(可変)		
6*	89.048	1.50	1.85400	40.4
7	16.392	6.00		
8	-41.056	1.20	1.88300	40.8
9	44.973	0.15		
10	33.211	4.83	1.84666	23.9
11	-33.154	0.65		
12	-23.510	1.10	1.80400	46.6
13	-92.766	(可変)		
14(絞り)		0.75		
15	23.534	2.85	1.68893	31.1
16*	188.709	0.10		
17	39.015	1.00	1.80518	25.4
18	15.110	5.89	1.48749	70.2
19	-66.433	(可変)		
20*	-29.388	3.88	1.80518	25.4
21	-16.392	1.00	1.62230	53.2
22	58.889	(可変)		
23*	53.929	5.01	1.48749	70.2
24	-25.927	0.10		
25	-394.712	3.80	1.43875	94.9
26	-24.576	1.25	1.84666	23.9
27	-119.423	0.10		

28	50.435	4.46	1.74100	52.6
29	-58.015	(可变)		
30	120.618	2.62	1.80809	22.8
31	-118.028	1.00	1.77250	49.6
32	26.456	(可变)		

像面

【 0 0 8 5 】

非球面データ

第6面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 2.19405e-006$ $A_6 = 1.52063e-008$ $A_8 = -1.33705e-010$ $A_{10} = 3.65346e-013$

第16面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 7.69558e-006$ $A_6 = 1.39771e-008$ $A_8 = -6.74331e-011$

第20面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 2.95464e-006$ $A_6 = 1.01796e-008$ $A_8 = -1.83369e-010$ $A_{10} = 6.01235e-013$

第23面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -2.05239e-005$ $A_6 = 1.51354e-008$ $A_8 = -2.24418e-011$

	広角	中間	望遠
焦点距離	18.87	70.18	239.70
Fナンバー	3.15	4.68	5.71
<u>半画角(度)</u>	35.90	11.01	3.26

d 5	0.77	30.75	60.73
d13	31.31	8.85	0.32
d19	1.73	9.10	12.29
d22	11.80	4.43	1.24
d29	2.17	5.40	0.94
d32	37.71	56.94	69.92

【 0 0 8 6 】

【表1】

	条件式(1) D2Rw/fRw	条件式(2) f1/√fw×ft	条件式(3) f2/√fw×ft	条件式(4) β 2t	条件式(5) f3/f5	条件式(6) f1/f2	条件式(7) f4/√fw×ft	条件式(8) f6/skt
実施例 1	1.535	1.362	-0.210	-1.13	1.293	-6.488	-0.505	-0.54
実施例 2	1.539	1.426	-0.211	-1.13	1.004	-6.745	-0.485	-0.47
実施例 3	1.597	1.360	-0.214	-1.35	1.961	-6.350	-0.482	-0.51
実施例 4	1.547	1.537	-0.254	-1.13	1.654	-6.056	-0.911	-0.94
実施例 5	1.596	1.597	-0.273	-1.13	2.675	-5.851	-1.104	-0.84
実施例 6	1.569	1.567	-0.216	-1.00	1.060	-7.248	-0.580	-0.86
実施例 7	1.661	1.664	-0.278	-1.12	2.523	-5.975	-1.018	-0.87
実施例 8	1.441	1.335	-0.210	-1.15	1.293	-6.350	-0.501	-0.77
実施例 9	1.571	1.486	-0.237	-1.10	1.320	-6.264	-0.535	-0.66
実施例 10	1.605	1.506	-0.244	-1.11	1.282	-6.176	-0.553	-0.66

	条件式(9) v d1p	条件式(10) θ gF1p-0.6438+ 0.001682×v d1p	条件式(11) v d5p	条件式(12) θ gF5p-0.6438+ 0.001682×v d5p	条件式(13) v d6p	条件式(14) Skw/fw
実施例 1	81.5	0.03085	81.5	0.03085	23.9	2.01
実施例 2	81.5	0.03085	81.5	0.03085	22.8	2.16
実施例 3	81.5	0.03085	81.5	0.03085	25.4	1.91
実施例 4	81.5	0.03085	81.5	0.03085	22.8	1.96
実施例 5	81.5	0.03085	81.5	0.03085	18.9	2.32
実施例 6	81.5	0.03085	81.5	0.03085	18.9	2.17
実施例 7	81.5	0.03085	81.5	0.03085	22.8	2.30
実施例 8	81.5	0.03085	81.5	0.03085	18.9	1.78
実施例 9	70.2	0.02113	70.2	0.02113	18.9	2.06
実施例 10	94.9	0.04987	94.9	0.04987	18.9	2.00

【符号の説明】

【0 0 8 7】

L 1 第1レンズ群、 L 2 第2レンズ群、 L 3 第3レンズ群、 L 4 第4レンズ群、
 L 5 第5レンズ群、 L 6 第6レンズ群、 L 7 第7レンズ群