

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-265323

(P2009-265323A)

(43) 公開日 平成21年11月12日(2009.11.12)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 15/16 (2006.01)	G02B 15/16	2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-113936 (P2008-113936)
 (22) 出願日 平成20年4月24日 (2008.4.24)

(71) 出願人 000005430
 フジノン株式会社
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地
 (74) 代理人 100109656
 弁理士 三反崎 泰司
 (74) 代理人 100098785
 弁理士 藤島 洋一郎
 (72) 発明者 佐藤 賢一
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 フジノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

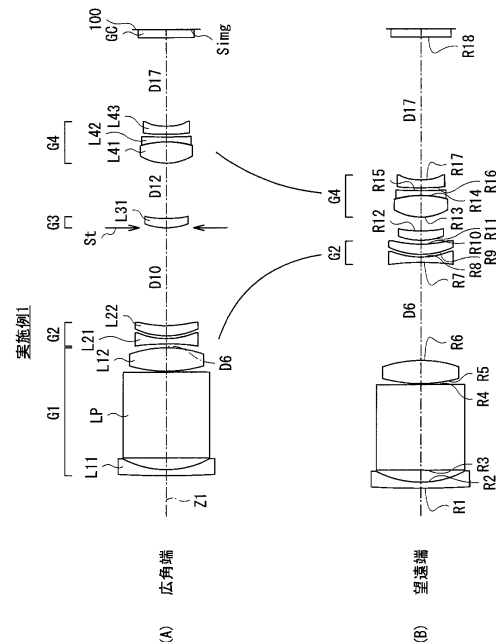
【課題】小型で良好な光学性能を維持しつつ、低コスト化を図ることができるようにしたズームレンズおよび撮像装置を提供する。

【解決手段】第1レンズ群G1を全体として正のパワーとし、負レンズL11と、直角プリズムLPと、少なくとも1面を非球面とした樹脂材よりなる両凸形状の正レンズL12とで構成する。第2レンズ群G2を全体として負のパワーとし、2枚のレンズL21, L22で構成する。第3レンズ群G3を1枚の正レンズL31で構成する。第4レンズ群G4を全体で正のパワーとし、正のパワーの接合レンズと、少なくとも1面が非球面で像面側が凹面とされた樹脂材よりなる負レンズL43とで構成する。以下の条件を満足する。f_wは広角端での全系の近軸焦点距離、f₂は第2レンズ群G2の近軸焦点距離、f₄は第4レンズ群G4の近軸焦点距離。

$$-1.0 < f_2 / f_w < -3.0 \quad \dots (1)$$

$$2.0 < f_4 / f_w < 5.0 \quad \dots (2)$$

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、変倍時に固定の第 1 レンズ群と、変倍時に移動する第 2 レンズ群と、変倍時に固定の第 3 レンズ群と、変倍時および合焦時に移動する第 4 レンズ群とからなり、

前記第 1 レンズ群は全体として正のパワーを有し、物体側から順に、負レンズと、光路を折り曲げる反射部材と、少なくとも 1 面を非球面とした樹脂材よりなる両凸形状の正レンズとで構成され、

前記第 2 レンズ群は全体として負のパワーを有すると共に、2 枚のレンズで構成され、

前記第 3 レンズ群は 1 枚の正レンズで構成され、

前記第 4 レンズ群は全体で正のパワーを有し、物体側から順に、正のパワーの接合レンズと、少なくとも 1 面が非球面で像面側が凹面とされた樹脂材よりなる負レンズとで構成されている

ことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

さらに、以下の条件式を満足するように構成されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$$-1.0 < f_2 / f_w < -3.0 \quad \dots \dots (1)$$

ただし、

f_w : 広角端での全系の近軸焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の近軸焦点距離

とする。

【請求項 3】

さらに、以下の条件式を満足するように構成されている

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。

$$2.0 < f_4 / f_w < 5.0 \quad \dots \dots (2)$$

ただし、

f_4 : 第 4 レンズ群の近軸焦点距離

とする。

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、両凹形状の負レンズと、物体側の面が凸面とされたメニスカス形状の正レンズとからなり、かつ、以下の条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$R_P / R_N < 1.1 \quad \dots \dots (3)$$

ただし、

R_N : 第 2 レンズ群内の負レンズの像面側の面の近軸曲率半径

R_P : 第 2 レンズ群内の正レンズの物体側の面の近軸曲率半径

とする。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群内の 1 枚の前記正レンズは、少なくとも 1 面が非球面の樹脂材よりなる正メニスカスレンズで構成されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

さらに以下の条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

$$-10.0 < P_4 / f_w < 0 \quad \dots \dots (4)$$

ただし、

P_4 : 第 4 レンズ群内の最も像面側の負レンズの近軸焦点距離

とする。

【請求項 7】

10

20

30

40

50

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、
前記ズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子と
を備えたことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像機能を有する小型の機器、特にデジタルスチルカメラ、カメラ付き携帯電話機、および情報携帯端末（PDA：Personal Digital Assistance）等に好適に用いられるズームレンズおよび撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルスチルカメラ等の撮像装置においては、CCD（Charge Coupled Device）やCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等の撮像素子の小型化が進むにつれて、装置全体としてもさらなる小型化が求められている。そこで最近では、レンズ系の光路を途中で折り曲げ、いわゆる屈曲光学系とすることで撮像装置に組み込んだときの奥行き方向の薄型化を図ったものが開発されている。

【0003】

屈曲光学系を用いたズームレンズとして、特許文献 1 には、物体側から順に、正の屈折力を有すると共に光路を折り曲げる反射部材を有する第 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 レンズ群とから構成され、負の第 2 レンズ群と正の第 4 レンズ群とを移動させることにより変倍を行うようになされた 4 群ズームの構成例が記載されている。特に特許文献 1 の図 1 に記載の構成例では、第 1 レンズ群内において反射部材の後ろには 2 枚のレンズが配置され、第 2 レンズ群には 3 枚のレンズが使用され、第 3 レンズ群には接合レンズが使用されている。

【特許文献 1】特開 2003 - 202500 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述のように、屈曲光学系を用いることにより、撮像装置に組み込んだときの奥行き方向の薄型化を図ることができるため、近年では、種々の撮像機器に搭載され始めている。一方で、市場では薄型化と共に低コスト化への要求もある。このため、薄型化を図りつつも、コスト的に有利な構成とされた屈曲光学系の開発が望まれている。低コスト化を図るためには、レンズ材料に樹脂材料を用いることが考えられるが、樹脂レンズを用いる場合には、ガラスレンズに比べて温度による特性変化が大きいので、温度特性を十分考慮した構成とすることが望ましい。また、レンズ構成全体の小型化と低コスト化を図るためには、レンズ枚数は少ない方が好ましい。特許文献 1 に記載の 4 群ズームレンズは、小型化と低コスト化の点で改善の余地がある。

【0005】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、小型で良好な光学性能を維持しつつ、低コスト化を図ることができるようにしたズームレンズおよび撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明によるズームレンズは、物体側から順に、変倍時に固定の第 1 レンズ群と、変倍時に移動する第 2 レンズ群と、変倍時に固定の第 3 レンズ群と、変倍時および合焦時に移動する第 4 レンズ群とからなり、第 1 レンズ群は全体として正のパワーを有し、物体側から順に、負レンズと、光路を折り曲げる反射部材と、少なくとも 1 面を非球面とした樹脂材よりなる両凸形状の正レンズとで構成され、第 2 レンズ群は全体として負のパワーを有すると共に、2 枚のレンズで構成され、第 3 レンズ群は 1 枚の正レンズで構成され、第 4

10

20

30

40

50

レンズ群は全体で正のパワーを有し、物体側から順に、正のパワーの接合レンズと、少なくとも1面が非球面で像面側が凹面とされた樹脂材よりなる負レンズとで構成されているものである。

【0007】

本発明によるズームレンズでは、第1レンズ群内に配置された反射部材によって光路が折り曲げられる屈曲光学系の構成とされていることで、良好な光学性能を維持しつつ、光学系の厚さ方向の長さが抑えられ、撮像装置に組み込んだときの薄型化が容易となる。また、第1レンズ群内において反射部材の後ろには1枚のレンズのみを配置し、第2レンズ群には2枚のレンズのみを配置する等してレンズ枚数を比較的少なく構成したことで、小型化と低コスト化に有利とされている。また、第1レンズ群と第4レンズ群のそれぞれにおいて、非球面を用いて収差補正に有利な構成にしつつ、それら非球面レンズを樹脂材で構成することで低コスト化が図られる。また、第1レンズ群の非球面の樹脂レンズを正レンズとし、第4レンズ群の非球面の樹脂レンズを負レンズとすることで、それらの樹脂レンズが互いに温度補償するように働き、樹脂レンズを用いて低コスト化を図りつつも、温度変化による特性変動が良好に抑えられる。

10

そして、さらに、次の好ましい構成を適宜採用して満足することで、光学性能をより良好なものとすることができると共に、より低コスト化に有利となる。

【0008】

本発明によるズームレンズにおいて、以下の条件式を満足することが好ましい。式中、 f_w は広角端での全系の近軸焦点距離、 f_2 は第2レンズ群の近軸焦点距離、 f_4 は第4レンズ群の近軸焦点距離を示す。これにより、移動群である第2レンズ群および第4レンズ群の焦点距離に関して適切な条件が満たされ、ズーム移動を考慮してレンズ系の小型化に有利となる。

20

$$-1.0 < f_2 / f_w < -3.0 \quad \dots \dots (1)$$

$$2.0 < f_4 / f_w < 5.0 \quad \dots \dots (2)$$

【0009】

また、第2レンズ群は、物体側から順に、両凹形状の負レンズと、物体側の面が凸面とされたメニスカス形状の正レンズとからなり、かつ、以下の条件式を満足することが好ましい。式中、 R_N は第2レンズ群内の負レンズの像面側の面の近軸曲率半径、 R_P は第2レンズ群内の正レンズの物体側の面の近軸曲率半径を示す。

30

$$R_P / R_N < 1.1 \quad \dots \dots (3)$$

【0010】

また、第3レンズ群内の1枚の正レンズは、少なくとも1面が非球面の樹脂材よりなる正メニスカスレンズで構成されていることが好ましい。

【0011】

また、以下の条件式を満足することが好ましい。式中、 P_4 は第4レンズ群内の最も像面側の負レンズの近軸焦点距離を示す。これにより、他の正のパワーを有する樹脂レンズに対して温度補償するように働き、樹脂レンズを用いて低コスト化を図りつつも、温度変化による特性変動が良好に抑えられる。

$$-10.0 < P_4 / f_w < 0 \quad \dots \dots (4)$$

40

【0012】

本発明による撮像装置は、本発明によるズームレンズと、このズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを備えたものである。

本発明による撮像装置では、本発明の小型、低コスト化の図られた高性能のズームレンズを撮像レンズとして用いて、装置全体としての小型化と低コスト化が図られる。

【発明の効果】

【0013】

本発明のズームレンズによれば、屈曲光学系として小型化に有利な構成にすると共に、レンズ枚数を比較的少なくして各レンズ群の構成の最適化を図るようにしたので、小型で良好な光学性能を維持しつつ、低コスト化を図ることができる。

50

【0014】

また、本発明の撮像装置によれば、上記本発明の小型、低コスト化の図られた高性能のズームレンズを撮像レンズとして用いるようにしたので、良好な撮像性能を維持しつつ、装置全体としての小型化と低コスト化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1(A)、(B)は、本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第1の構成例を示している。この構成例は、後述の第1の数値実施例(図6(A)、(B)および図7)のレンズ構成に対応している。なお、図1(A)は広角端(最短焦点距離状態)での光学系配置、図1(B)は望遠端(最長焦点距離状態)での光学系配置に対応している。同様に、後述の第2ないし第5の数値実施例のレンズ構成に対応する第2ないし第5の構成例の断面構成を、図2(A)、(B)~図5(A)、(B)に示す。図1(A)、(B)~図5(A)、(B)において、符号 R_i は、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側(結像側)に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の曲率半径を示す。符号 D_i は、 i 番目の面と $i+1$ 番目の面との光軸 Z_1 上の面間隔を示す。なお符号 D_i については、変倍に伴って変化する部分の面間隔 D_6 、 D_{10} 、 D_{12} 、 D_{17} のみ符号を付す。なお、各構成例共に基本的な構成は同じなので、以下では図1(A)、(B)に示した第1の構成例を基本にして説明する。

10

【0016】

20

このズームレンズは、光軸 Z_1 に沿って物体側から順に、第1レンズ群 G_1 と、第2レンズ群 G_2 と、第3レンズ群 G_3 と、第4レンズ群 G_4 とを備えている。光学的な開口絞り St は、例えば第3レンズ群 G_3 の物体側に配置されている。

【0017】

このズームレンズは、撮像機能を有する小型の機器、例えばデジタルカメラやビデオカメラ、カメラ付き携帯電話機、およびPDA等の撮影装置に搭載可能である。このズームレンズの像側には、搭載されるカメラの撮影部の構成に応じた部材が配置される。例えば、このズームレンズの結像面(撮像面) S_{img} には、CCD(Charge Coupled Device)やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)等の撮像素子100が配置される。撮像素子100は、このズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するものである。少なくとも、このズームレンズと撮像素子100とで、本実施の形態における撮像装置が構成される。最終レンズ群(第4レンズ群 G_4)と撮像素子100との間には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、種々の光学部材 GC が配置されていても良い。例えば撮像面保護用のカバーガラスや赤外線カットフィルタなどの平板状の光学部材が配置されていても良い。

30

【0018】

このズームレンズは、各群間隔を変化させることにより変倍を行うようになされている。より詳しくは、第1レンズ群 G_1 および第3レンズ群 G_3 が変倍の際に常時固定であり、第2レンズ群 G_2 、および第4レンズ群 G_4 が変倍時に光軸 Z_1 上で移動するようになっている。このズームレンズは、広角端から望遠端へと変倍させるに従い、各移動群は、図1(A)の状態から図1(B)の状態へと、図に実線で示した軌跡を描くように移動する。この場合において、第2レンズ群 G_2 が主に変倍作用を担い、第4レンズ群 G_4 は変倍に伴う像面変動の補正作用を担っている。第4レンズ群 G_4 は合焦時にも移動する。

40

【0019】

このズームレンズは、少なくとも第1レンズ群 G_1 および第4レンズ群 G_4 内に樹脂レンズを有している。また、第3レンズ群 G_3 内にも樹脂レンズを有していることが好ましい。また、必要に応じて各レンズ群内に非球面レンズが用いられていても良い。非球面レンズにする場合、樹脂材料を用いて成形すると加工性が良く低コスト化が図れるので、非球面レンズは樹脂レンズであること好ましい。

【0020】

50

このズームレンズは、以下の条件式を満足するように構成されていることが好ましい。ただし、 f_w は広角端での全系の近軸焦点距離、 f_2 は第2レンズ群G2の近軸焦点距離、 f_4 は第4レンズ群G4の近軸焦点距離を示す。

$$-1.0 < f_2 / f_w < -3.0 \quad \dots \dots (1)$$

$$2.0 < f_4 / f_w < 5.0 \quad \dots \dots (2)$$

【0021】

第1レンズ群G1は、全体として正のパワーを有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に負レンズと、光路を略90度折り曲げる反射部材と、正レンズとを有している。より具体的には、第1レンズ群G1は例えば、図1(A)、(B)に示したように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、反射部材としての直角プリズムLPと、少なくとも1面を非球面とした樹脂材よりなる両凸形状の正レンズL12とで構成される。

10

【0022】

なお、本実施の形態に係るズームレンズは屈曲光学系であり、実際には、図27に示すように、第1レンズ群G1において、例えば直角プリズムLPの内部反射面で光路が略90°折り曲げられている。図1(A)、(B)~図5(A)、(B)では、光軸Z1を直線状とし、反射部材LPの内部反射面を省略して同一方向に展開し、等価的に直線的な光学系として示している。なお、直角プリズムLPに代えて、反射ミラー等の他の反射部材を用いても良い。

【0023】

第2レンズ群G2は全体として負のパワーを有している。第2レンズ群G2は、2枚のレンズで構成されている。より具体的には、第2レンズ群G2は例えば、図1(A)、(B)に示したように、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と、物体側の面が凸面とされたメニスカス形状の正レンズL22とで構成される。第2レンズ群G2は、負レンズL21の像面側の面の近軸曲率半径をRN、正レンズL22の物体側の面の近軸曲率半径RPとしたとき、以下の条件を満足することが好ましい。

$$RP / RN < 1.1 \quad \dots \dots (3)$$

20

【0024】

第3レンズ群G3は1枚の正レンズで構成されている。より具体的には、第3レンズ群G3は例えば、図1(A)、(B)に示したように、少なくとも1面が非球面の樹脂材よりなる1枚の正メニスカスレンズL31で構成することが好ましい。特に第3レンズ群G3に近い位置に絞りStを配置した場合、絞りStに近いレンズ面を非球面にすることが好ましい。これにより、球面収差の補正に有利となる。

30

【0025】

第4レンズ群G4は全体で正のパワーを有している。第4レンズ群G4は物体側から順に、正のパワーの接合レンズと、少なくとも1面が非球面で像面側が凹面とされた樹脂材よりなる負レンズL43とで構成されている。接合レンズは物体側から順に、例えば正レンズL41と負レンズL42とからなる。最も像側の負レンズL43は、他の正のパワーを有する樹脂レンズに対して温度補償するように、比較的負のパワーが強いことが好ましく、例えば両凹レンズ、または像面側に凹面を向けた負のメニスカスレンズであることが好ましい。また、以下の条件を満足することが好ましい。P4は負レンズL43の近軸焦点距離を示す。

$$-10.0 < P_4 / f_w < 0 \quad \dots \dots (4)$$

40

【0026】

図28(A)、(B)は、このズームレンズが搭載される撮像装置の一例として、デジタルスチルカメラを示している。図28(A)は、このデジタルスチルカメラ10を前側から見た外観を示し、図28(B)は、このデジタルスチルカメラ10を背面側から見た外観を示している。このデジタルスチルカメラ10は、その前面側の中央上部に、ストロボ光を照射するストロボ発光部21を備えている。また、その前面側においてストロボ発光部21の側方部には、撮影対象からの光が入射する撮影開口22が設けられている。こ

50

のデジタルスチルカメラ10はまた、上面側に、リリースボタン23と電源ボタン24とを備えている。このデジタルスチルカメラ10はまた、背面側に、表示部25と操作部26, 27とを備えている。表示部25は、撮像された画像を表示するためのものである。このデジタルスチルカメラ10では、リリースボタン23を押圧操作することにより、1フレーム分の静止画の撮影が行われ、この撮影で得られる画像データがデジタルスチルカメラ10に装着されたメモリカード(図示せず)に記録される。

【0027】

このデジタルスチルカメラ10は、筐体内部に撮像レンズ1を備えている。この撮像レンズ1として、本実施の形態に係るズームレンズが用いられている。撮像レンズ1は、前面側に設けられた撮影開口22に、最も物体側のレンズ(負メニスカスレンズL11)が位置するように配置されている。撮像レンズ1は、直角プリズムLPによる折り曲げ後の光軸Z1がカメラボディの縦方向と一致するようにして、デジタルスチルカメラ10の内部に全体として縦方向に組み込まれている。なお、折り曲げ後の光軸Z1がカメラボディの横方向となるようにして、デジタルスチルカメラ10の内部に全体として横方向に組み込まれていても良い。

10

【0028】

次に、以上のように構成されたズームレンズの作用および効果を説明する。

このズームレンズでは、第1レンズ群G1内に配置された反射部材によって光路が折り曲げられる屈曲光学系の構成とされていることで、良好な光学性能を維持しつつ、光学系の厚さ方向の長さが抑えられ、撮像装置に組み込んだときの薄型化が容易となる。また、第1レンズ群G1内において反射部材の後ろには1枚の正レンズL12のみを配置し、第2レンズ群には2枚のレンズのみを配置する等してレンズ枚数を比較的少なく構成したことで、小型化と低コスト化に有利とされている。また、移動群である第2レンズ群G2および第4レンズ群G4の焦点距離に関して適切な条件式(1), (2)を満たすことで、ズーム移動を考慮してレンズ系の小型化を図ることができる。また、少なくとも第1レンズ群G1と第4レンズ群G4のそれぞれにおいて、非球面を用いて収差補正に有利な構成にしつつ、それら非球面レンズを樹脂材で構成することで低コスト化を図られる。また、第4レンズ群G4の樹脂レンズを負レンズL43とすることで、他の正の樹脂レンズ(例えば第1レンズ群G1の正レンズL12)に対して、互いに温度補償するように働き、樹脂レンズを用いて低コスト化を図りつつも、温度変化による特性変動が良好に抑えられる。また、非球面レンズを樹脂レンズとすることで、ガラスの非球面レンズに比べて製造が容易となり、高性能化を図りつつ低コスト化を図ることができる。

20

30

【0029】

条件式(1)は、第2レンズ群G2のパワーに関するもので、上限を超えるとパワーが大きくなり過ぎて、設計値に対する誤差の感度が高くなり過ぎ好ましくない。また下限を下回ると、第2レンズ群G2の移動量が大きくなり過ぎて、レンズ系が大きくなり好ましくない。

【0030】

上記条件式(2)は、第4レンズ群G4のパワーに関するもので、下限を下回るとパワーが大きくなり過ぎて、設計値に対する誤差の感度が高くなり過ぎ好ましくない。また上限を上回ると、第4レンズ群G4の移動量が大きくなり過ぎて、レンズ系が大きくなり好ましくない。

40

【0031】

条件式(3)は、第2レンズ群G2内のレンズの面形状に関する。条件式(3)の条件を外れると像面湾曲等の収差補正が困難となる。

【0032】

条件式(4)は、第4レンズ群G2内の樹脂レンズ(負レンズL43)のパワーに関する。条件式(4)の条件を外れると、負レンズL43による他の正の樹脂レンズに対する温度補償が困難となる。

【0033】

50

以上説明したように、本実施の形態に係るズームレンズによれば、屈曲光学系として小型化に有利な構成にすると共に、レンズ枚数を比較的少なくして各レンズ群の構成の最適化を図るようにしたので、小型で良好な光学性能を維持しつつ、低コスト化を図ることができる。また、本実施の形態に係るズームレンズを搭載した撮像装置によれば、良好な撮像性能を維持しつつ、装置全体としてのコンパクト化と低コスト化とを図ることができる。

【実施例】

【0034】

次に、本実施の形態に係るズームレンズの具体的な数値実施例について説明する。以下では、複数の数値実施例をまとめて説明する。

10

【0035】

図6(A)、(B)および図7は、図1(A)、(B)に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを示している。特に図6(A)にはその基本的なレンズデータを示し、図6(B)および図7にはその他のデータを示す。図6(A)に示したレンズデータにおける面番号 S_i の欄には、実施例1に係るズームレンズについて、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目($i = 1 \sim 22$)の面の番号を示している。曲率半径 R_i の欄には、図1(B)において付した符号 R_i に対応させて、物体側から i 番目の面の曲率半径の値(mm)を示す。面間隔 D_i の欄についても、同様に物体側から i 番目の面 S_i と $i + 1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔(mm)を示す。 N_{dj} の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線(587.6nm)に対する屈折率の値を示す。 d_j の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数の値を示す。図6(A)にはまた、諸データとして、広角端および望遠端における全系の近軸焦点距離 f (mm)、画角(2°)およびFナンバー(FNO.)の値についても示す。

20

【0036】

実施例1に係るズームレンズは、第1レンズ群 G_1 内で最も像側の正レンズ L_{12} と、第3レンズ群 G_3 内の正メニスカスレンズ L_{31} と、第4レンズ群 G_4 内で最も像側の負レンズ L_{43} とが樹脂レンズとなっている。

【0037】

実施例1に係るズームレンズは、変倍に伴って第2レンズ群 G_2 、および第4レンズ群 G_4 が光軸上を移動するため、これらの各群の前後の面間隔 D_6 、 D_{10} 、 D_{12} 、 D_{17} の値は可変となっている。図6(B)には、これらの面間隔 D_6 、 D_{10} 、 D_{12} 、 D_{17} の変倍時のデータとして、広角端および望遠端における値を示す。

30

【0038】

図6(A)のレンズデータにおいて、面番号の左側に付された記号「*」は、そのレンズ面が非球面形状であることを示す。実施例1に係るズームレンズは、第1レンズ群 G_1 内の正レンズ L_{12} の両面 S_5 、 S_6 と、第3レンズ群 G_3 内の正メニスカスレンズ L_{31} の両面 S_{11} 、 S_{12} と、第4レンズ群 G_4 内の負レンズ L_{43} の両面 S_{16} 、 S_{17} とがすべて非球面形状となっている。図6(A)の基本レンズデータには、これらの非球面の曲率半径として、光軸近傍の曲率半径の数値を示している。

40

【0039】

図7には実施例1に係るズームレンズにおける非球面データを示す。非球面データとして示した数値において、記号“E”は、その次に続く数値が10を底とした“べき指数”であることを示し、その10を底とした指数関数で表される数値が“E”の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「 $1.0E-02$ 」であれば、「 1.0×10^{-2} 」であることを示す。

【0040】

実施例1に係るズームレンズの非球面データとしては、以下の式(A)によって表される非球面形状の式における各係数 A_n 、 K_A の値を記す。 Z は、より詳しくは、光軸から高さ h の位置にある非球面上の点から、非球面の頂点の接平面(光軸に垂直な平面)に下

50

るした垂線の長さ (mm) を示す。

$$Z = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K A \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + A_n \cdot h^n \dots \dots (A)$$

(n = 3 以上の整数)

ただし、

Z : 非球面の深さ (mm)

h : 光軸からレンズ面までの距離 (高さ) (mm)

KA : 離心率

C : 近軸曲率 = 1 / R

(R : 近軸曲率半径)

A_n : 第 n 次の非球面係数

10

【0041】

実施例 1 に係るズームレンズは、非球面係数 A_n として A₃ ~ A₁₂ までの次数を適宜有効に用いて表されている。

【0042】

以上の実施例 1 に係るズームレンズと同様にして、図 2 (A), (B) に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 2 として、図 8 (A), (B) および図 9 に示す。また同様にして、図 3 (A), (B) に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 3 として、図 10 (A), (B) および図 11 に示す。また同様にして、図 4 (A), (B) に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 4 として、図 12 (A), (B) および図 13 に示す。また同様

20

【0043】

なお、実施例 2 ないし 5 のいずれのズームレンズについても、実施例 1 に係るズームレンズと同様の面が非球面形状となっている。また、実施例 2 ないし 5 のいずれのズームレンズについても、実施例 1 に係るズームレンズと同様のレンズが樹脂レンズとなっている。

【0044】

図 16 には、上述の各条件式に関する値を、各実施例についてまとめたものを示す。図 16 から分かるように、各実施例の値が各条件式の数値範囲内となっている。

30

【0045】

図 17 (A) ~ (C) はそれぞれ、実施例 1 に係るズームレンズにおける広角端での球面収差、非点収差、およびディストーション (歪曲収差) を示している。図 18 (A) ~ (C) は、望遠端における同様の各収差を示している。各収差図には、d 線 (587.6 nm) を基準波長とした収差を示す。球面収差図には、g 線 (波長 435.8 nm), C 線 (波長 656.3 nm) についての収差も示す。非点収差図において、実線はサジタル方向、破線はタンジェンシャル方向の収差を示す。FNO は F 値、θ は半画角を示す。

【0046】

同様に、実施例 2 に係るズームレンズについての諸収差を図 19 (A) ~ (C) (広角端) および図 20 (A) ~ (C) (望遠端) に示す。同様にして、実施例 3 ないし 5 に係るズームレンズについての諸収差を図 21 ~ 図 26 の (A) ~ (C) に示す。

40

【0047】

以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について、非球面および樹脂レンズを効率的に用いることで、諸収差が良好に補正され、小型で良好な光学性能を維持しつつ、低コスト化が図られたズームレンズが実現できている。

【0048】

なお、本発明は、上記実施の形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値などは、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 4 9 】

【 図 1 】 本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第 1 の構成例を示すものであり、実施例 1 に対応するレンズ断面図である。

【 図 2 】 本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第 2 の構成例を示すものであり、実施例 2 に対応するレンズ断面図である。

【 図 3 】 本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第 3 の構成例を示すものであり、実施例 3 に対応するレンズ断面図である。

【 図 4 】 本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第 4 の構成例を示すものであり、実施例 4 に対応するレンズ断面図である。

【 図 5 】 本発明の一実施の形態に係るズームレンズの第 5 の構成例を示すものであり、実施例 5 に対応するレンズ断面図である。

【 図 6 】 実施例 1 に係るズームレンズのレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【 図 7 】 実施例 1 に係るズームレンズの非球面に関するデータを示す図である。

【 図 8 】 実施例 2 に係るズームレンズのレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【 図 9 】 実施例 2 に係るズームレンズの非球面に関するデータを示す図である。

【 図 1 0 】 実施例 3 に係るズームレンズのレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【 図 1 1 】 実施例 3 に係るズームレンズの非球面に関するデータを示す図である。

【 図 1 2 】 実施例 4 に係るズームレンズのレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【 図 1 3 】 実施例 4 に係るズームレンズの非球面に関するデータを示す図である。

【 図 1 4 】 実施例 5 に係るズームレンズのレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【 図 1 5 】 実施例 5 に係るズームレンズの非球面に関するデータを示す図である。

【 図 1 6 】 条件式に関する値を各実施例についてまとめて示した図である。

【 図 1 7 】 実施例 1 に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 1 8 】 実施例 1 に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 1 9 】 実施例 2 に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 0 】 実施例 2 に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 1 】 実施例 3 に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 2 】 実施例 3 に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 3 】 実施例 4 に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 4 】 実施例 4 に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 5 】 実施例 5 に係るズームレンズの広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 6 】 実施例 5 に係るズームレンズの望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーションを示す。

【 図 2 7 】 屈曲光学系の説明図である。

【 図 2 8 】 本発明の一実施の形態に係る撮像装置としてのデジタルカメラの一構成例を示す外観図である。

10

20

30

40

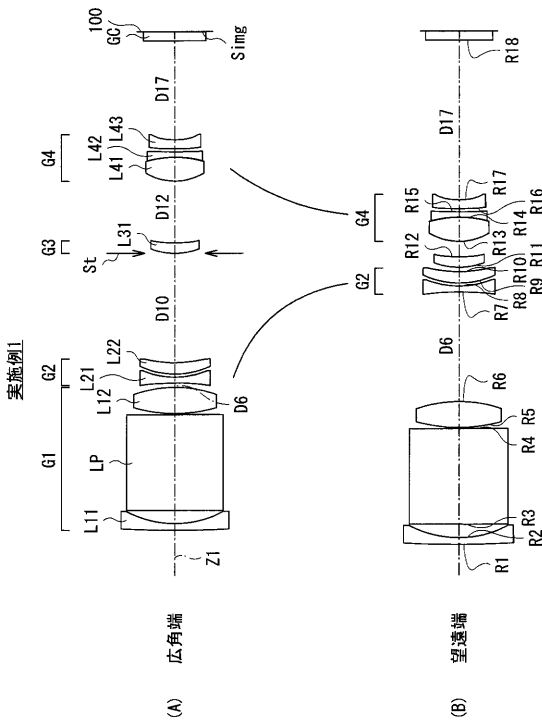
50

【符号の説明】

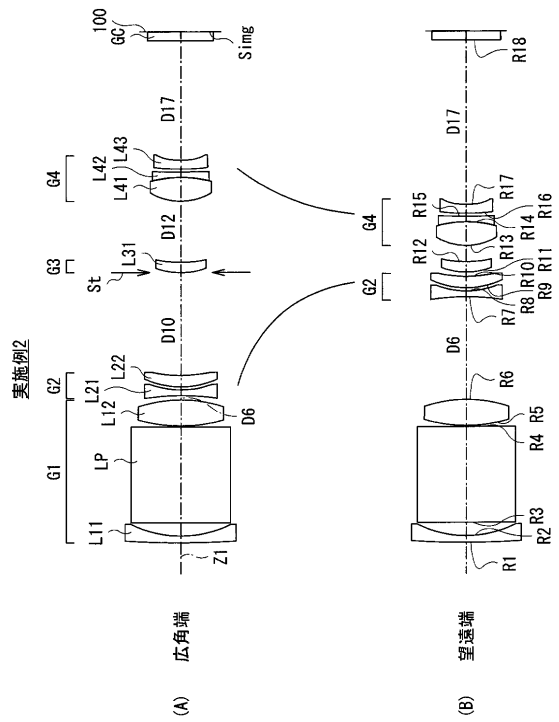
【0050】

G C ... 光学部材、G 1 ... 第 1 レンズ群、G 2 ... 第 2 レンズ群、G 3 ... 第 3 レンズ群、G 4 ... 第 4 レンズ群、L P ... 直角プリズム、S t ... 開口絞り、R i ... 物体側から第 i 番目のレンズ面の曲率半径、D i ... 物体側から第 i 番目と第 i + 1 番目のレンズ面との面間隔、Z 1 ... 光軸、1 0 0 ... 撮像素子。

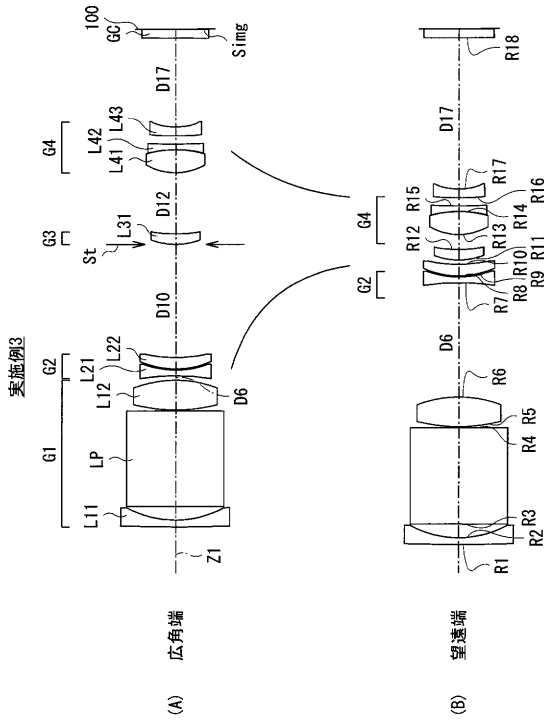
【図 1】



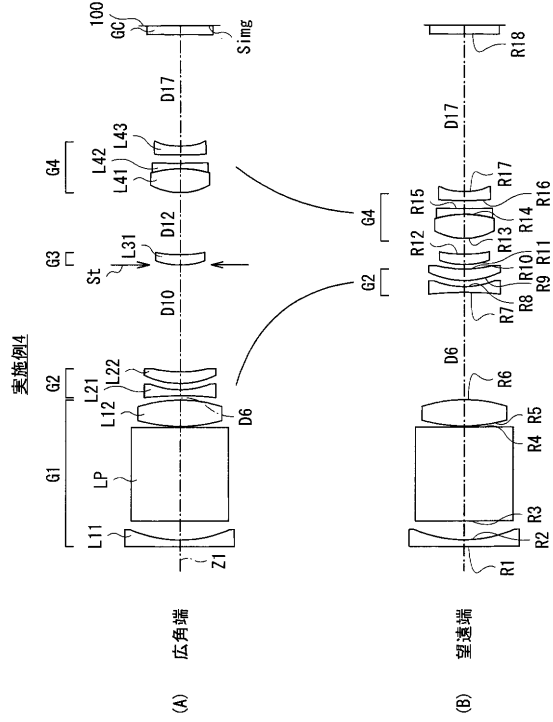
【図 2】



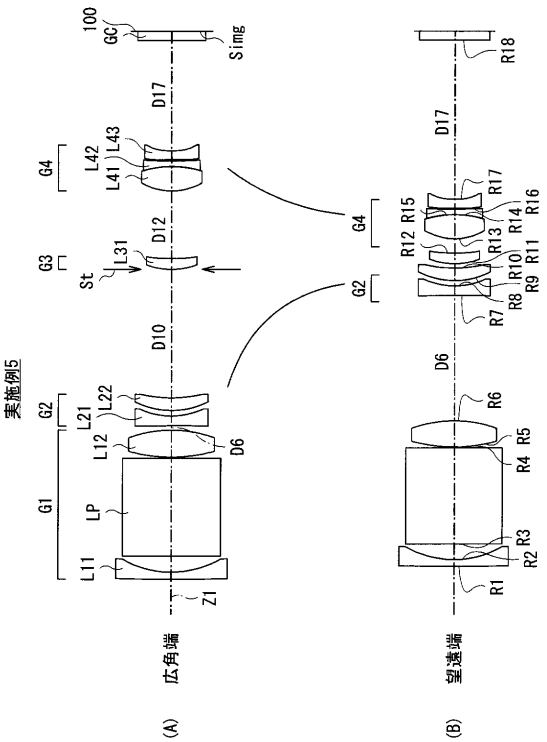
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

実施例1・基本レンズデータ

Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	νdj (7 \times ヘ数)
1	99.5221	0.650	1.90366	31.3
2	9.8066	1.300		
3	∞	9.200	1.78590	44.2
4	∞	0.100		
*5	13.6017	2.500	1.51007	56.2
*6	-12.0799	D6(可変)		
7	-24.7829	0.550	1.78800	47.4
8	7.9930	0.300		
9	7.9330	1.100	1.92286	18.9
10	12.3606	D10(可変)		
*11(絞リ)	7.2216	1.000	1.51007	56.2
*12	15.0134	D12(可変)		
13	5.4720	2.310	1.72916	54.7
14	-10.3367	0.520	1.90366	31.3
15	64.5017	0.300		
*16	240.3705	0.850	1.60595	27.0
*17	8.2726	D17(可変)		
18	∞	0.850	1.51680	64.2
IMG	∞	0.000		

(*) : 非球面 (f=6.6~18.6mm, FNO.=3.7~4.8, 2 ω =61.4° ~21.7°)

実施例1・可変面間隔データ

	D6	D10	D12	D17
広角端	0.42	10.54	5.91	10.93
望遠端	10.55	0.42	1.47	15.35

【 図 7 】

実施例 1・非球面データ					
面番号	係数				
5	KA	A3	A4	A5	A6
	9.854030E-01	-1.2759488E-03	3.9272227E-04	-1.6254562E-05	-2.2705145E-05
	A7	A8	A9	A10	
6	KA	A3	A4	A5	A6
	5.4687500E-01	-1.5444254E-03	9.8029070E-04	-2.9544678E-04	3.8061044E-05
	A7	A8	A9	A10	
11	KA	A3	A4	A5	A6
	4.1159144E+00	3.0129579E-04	-4.1609973E-04	6.0429035E-05	-1.0681952E-05
	A7	A8	A9	A10	
12	KA	A3	A4	A5	A6
	1.2759763E+00	-1.8011482E-04	1.8169457E-03	-5.2505445E-04	1.6982830E-04
	A7	A8	A9	A10	
16	KA	A3	A4	A5	A6
	5.5830830E-01	2.8061221E-04	5.0125225E-03	-4.4158983E-04	-1.0053043E-04
	A7	A8	A9	A10	A11
17	KA	A3	A4	A5	A6
	3.9568256E+00	8.3557806E-04	6.5650310E-03	-8.8274003E-05	-6.9415721E-06
	A7	A8	A9	A10	A11

【 図 8 】

実施例 2・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	νdj (アッベ数)
G1	1	73.8464	0.650	1.90366	31.3
	2	10.1274	1.300		
	3	∞	9.200	1.78590	44.2
	4	∞	0.100		
	*5	13.4610	2.500	1.51007	56.2
	*6	-12.4151	D6(可変)		
G2	7	-22.3002	0.550	1.78800	47.4
	8	7.9427	0.300		
	9	7.8626	1.100	1.92286	18.9
G3	10	12.3164	D10(可変)		
	*11(絞リ)	7.2496	1.000	1.51007	56.2
	*12	13.1679	D12(可変)		
G4	13	5.4566	2.310	1.72916	54.7
	14	-10.2768	0.520	1.90366	31.3
	15	75.9730	0.300		
	*16	137.5954	0.850	1.60595	27.0
GC	*17	8.6754	D17(可変)		
	18	∞	0.850	1.51680	64.2
IMG	∞	0.000			

(*) : 非球面 (f=6.8~19.3mm, FNO.=3.7~4.8, 2 ω =59.7° ~21.0°)

実施例 2・可変面間隔データ				
	D6	D10	D12	D17
広角端	0.42	9.91	5.91	11.49
望遠端	9.91	0.42	1.55	15.83

【 図 9 】

実施例 2・非球面データ					
面番号	係数				
5	KA	A3	A4	A5	A6
	9.8446620E-01	-1.2329809E-03	3.8483096E-04	-1.6379630E-05	-2.2700896E-05
	A7	A8	A9	A10	
6	KA	A3	A4	A5	A6
	5.4715450E-01	-1.5077411E-03	9.7801765E-04	-2.9647320E-04	3.8022401E-05
	A7	A8	A9	A10	
11	KA	A3	A4	A5	A6
	4.1345816E+00	3.6173198E-04	-4.1080072E-04	6.0736067E-05	-1.0666829E-05
	A7	A8	A9	A10	
12	KA	A3	A4	A5	A6
	1.2754536E+00	-1.0713978E-04	1.8119281E-03	-5.2535242E-04	1.6981677E-04
	A7	A8	A9	A10	
16	KA	A3	A4	A5	A6
	5.5830770E-01	1.5078538E-04	4.9981787E-03	-4.4263397E-04	-1.0061142E-04
	A7	A8	A9	A10	A11
17	KA	A3	A4	A5	A6
	3.9596620E+00	7.1189981E-04	6.5618350E-03	-8.8186842E-05	-6.9265355E-06
	A7	A8	A9	A10	A11

【 図 10 】

実施例 3・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	νdj (アッベ数)
G1	1	140.9130	0.650	1.90366	31.3
	2	9.6399	1.300		
	3	∞	9.200	1.78590	44.2
	4	∞	0.100		
	*5	14.7384	2.850	1.51007	56.2
	*6	-11.2269	D6(可変)		
G2	7	-21.0704	0.550	1.78800	47.4
	8	8.8171	0.100		
	9	8.4142	1.100	1.92286	18.9
G3	10	13.6174	D10(可変)		
	*11(絞リ)	7.2069	1.000	1.51007	56.2
	*12	16.4543	D12(可変)		
G4	13	5.6924	2.210	1.72916	54.7
	14	-10.1108	0.520	1.90366	31.3
	15	58.8475	0.800		
	*16	-3188.84	0.850	1.60595	27.0
GC	*17	8.9450	D17(可変)		
	18	∞	0.850	1.51680	64.2
IMG	∞	0.000			

(*) : 非球面 (f=6.4~18.1mm, FNO.=3.7~4.7, 2 ω =62.9° ~22.1°)

実施例 3・可変面間隔データ				
	D6	D10	D12	D17
広角端	0.42	10.89	5.91	9.98
望遠端	10.90	0.42	1.43	14.46

【図 1 1】

実施例 3・非球面データ					
面番号	係数				
5	KA	A3	A4	A5	A6
	9.8427810E-01	-1.2329976E-03	3.7389777E-04	-1.4113070E-05	-2.2752988E-05
	A7	A8	A9	A10	
6	KA	A3	A4	A5	A6
	5.4621460E-01	-1.5286195E-03	9.6963127E-04	-2.9655414E-04	3.8173100E-05
	A7	A8	A9	A10	
11	KA	A3	A4	A5	A6
	4.1109608E+00	2.5171435E-04	-4.3555486E-04	5.9868929E-05	-1.0719199E-05
	A7	A8	A9	A10	
12	KA	A3	A4	A5	A6
	1.2736643E+00	-1.9193737E-04	1.7870217E-03	-5.2569155E-04	1.6987673E-04
	A7	A8	A9	A10	
16	KA	A3	A4	A5	A6
	5.5830820E-01	2.4035798E-04	5.0002746E-03	-4.4068723E-04	-1.0040664E-04
	A7	A8	A9	A10	A11
17	KA	A3	A4	A5	A6
	3.9535877E+00	8.8772218E-04	6.5868866E-03	-8.8215353E-05	-6.9881625E-06
	A7	A8	A9	A10	A11

【図 1 2】

実施例 4・基本レイズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	νdj (γ 値数)
G1	1	854.0577	0.650	1.90366	31.3
	2	11.7890	1.800		
	3	∞	9.000	1.78590	44.2
	4	∞	0.100		
	*5	13.3377	2.500	1.51007	56.2
	*6	-13.2120	D6(可変)		
G2	7	-32.4934	0.550	1.78800	47.4
	8	7.5441	0.600		
	9	7.7246	1.100	1.92286	18.9
	10	11.0661	D10(可変)		
G3	*11(絞リ)	7.3809	1.000	1.51007	56.2
	*12	15.5354	D12(可変)		
G4	13	5.7352	2.310	1.72916	54.7
	14	-9.7998	0.520	1.90366	31.3
	15	79.2534	0.800		
	*16	-82.2948	0.850	1.60595	27.0
G0	*17	10.1892	D17(可変)		
	18	∞	0.850	1.51680	64.2
	IMG	∞	0.000		

(*) : 非球面 (f=6.8~19.1mm, FNO.=3.8~4.9, 2 ω =59.8° ~21.0°)

実施例 4・可変面間隔データ				
	D6	D10	D12	D17
広角端	0.42	10.29	5.91	13.30
望遠端	10.29	0.42	1.50	17.71

【図 1 3】

実施例 4・非球面データ					
面番号	係数				
5	KA	A3	A4	A5	A6
	9.8448240E-01	-1.4277012E-03	3.8995614E-04	-1.3651288E-05	-2.2704123E-05
	A7	A8	A9	A10	
6	KA	A3	A4	A5	A6
	5.3658860E-01	-1.7743770E-03	1.0248291E-03	-2.9851989E-04	3.8141882E-05
	A7	A8	A9	A10	
11	KA	A3	A4	A5	A6
	4.3194081E+00	3.4636477E-04	-4.4375142E-04	6.3467089E-05	-1.0495429E-05
	A7	A8	A9	A10	
12	KA	A3	A4	A5	A6
	1.2691174E+00	-9.6773204E-05	1.7311703E-03	-5.2676793E-04	1.7008248E-04
	A7	A8	A9	A10	
16	KA	A3	A4	A5	A6
	5.5830210E-01	1.1789472E-04	5.0287144E-03	-4.3652612E-04	-1.0009005E-04
	A7	A8	A9	A10	A11
17	KA	A3	A4	A5	A6
	3.9171079E+00	8.8848964E-04	6.5690126E-03	-9.0435353E-05	-7.1162468E-06
	A7	A8	A9	A10	A11

【図 1 4】

実施例 5・基本レイズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndj (屈折率)	νdj (γ 値数)
G1	1	241.6528	0.650	1.90366	31.3
	2	9.0926	1.500		
	3	∞	9.200	1.78590	44.2
	4	∞	0.100		
	*5	13.6675	2.500	1.51007	56.2
	*6	-11.9742	D6(可変)		
G2	7	-103.077	0.900	1.88300	40.8
	8	7.0185	0.500		
	9	7.4303	1.200	1.92286	18.9
	10	12.5819	D10(可変)		
G3	*11(絞リ)	7.3235	1.000	1.51007	56.2
	*12	20.1693	D12(可変)		
G4	13	5.5577	2.310	1.72916	54.7
	14	-9.3305	0.520	1.90366	31.3
	15	56.6161	0.100		
	*16	-171.511	0.850	1.60595	27.0
G0	*17	8.4170	D17(可変)		
	18	∞	0.850	1.51680	64.2
	IMG	∞	0.000		

(*) : 非球面 (f=6.0~16.9mm, FNO.=3.7~4.8, 2 ω =66.3° ~23.8°)

実施例 5・可変面間隔データ				
	D6	D10	D12	D17
広角端	0.42	12.04	6.31	12.93
望遠端	12.04	0.42	1.38	17.86

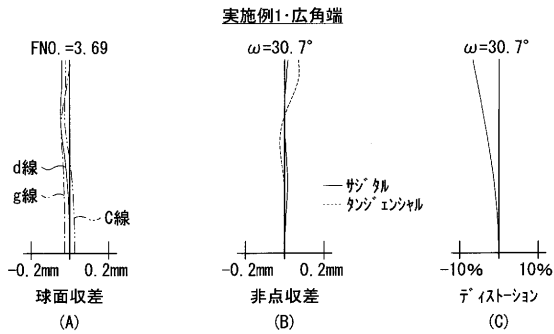
【 図 1 5 】

実施例 5・非球面 τ' - τ						
面番号	係数					
5	KA	A3	A4	A5	A6	
	9.8627420E-01	-1.5150547E-03	4.0850770E-04	-1.6584365E-05	-2.2956514E-05	
	A7	A8	A9	A10		
	1.4257255E-06	5.4485569E-07	7.7251366E-09	-1.4004185E-08		
6	KA	A3	A4	A5	A6	
	5.4368840E-01	-1.7951486E-03	9.8481444E-04	-2.9578714E-04	3.8130275E-05	
	A7	A8	A9	A10		
	1.1786031E-06	-5.9338929E-07	-4.4935344E-08	9.8927256E-09		
11	KA	A3	A4	A5	A6	
	4.2424327E+00	2.4667755E-04	-4.8998927E-04	6.5849666E-05	-1.0213658E-05	
	A7	A8	A9	A10		
	-4.2733277E-06	1.8492661E-06	-2.3917934E-08	-1.2783654E-07		
12	KA	A3	A4	A5	A6	
	1.2701808E+00	-1.9053717E-04	1.7068011E-03	-5.3312538E-04	1.6950405E-04	
	A7	A8	A9	A10		
	1.4634713E-05	-1.0204310E-06	3.5999487E-08	1.1073110E-07		
16	KA	A3	A4	A5	A6	
	5.5822490E-01	1.4459696E-03	5.1463036E-03	-4.3127516E-04	-9.9622452E-05	
	A7	A8	A9	A10	A11	
	-4.6209828E-06	-6.5713820E-08	1.0235214E-08	1.2120605E-09	7.5218667E-11	
	A12					
	5.4298371E-12					
17	KA	A3	A4	A5	A6	
	3.9494832E+00	2.1528255E-03	6.6113473E-03	-8.6589154E-05	-6.8721254E-06	
	A7	A8	A9	A10	A11	
	-1.2956204E-06	-1.8543160E-07	-1.4724296E-08	-1.0267775E-09	1.6366575E-12	
	A12					
	1.2143337E-12					

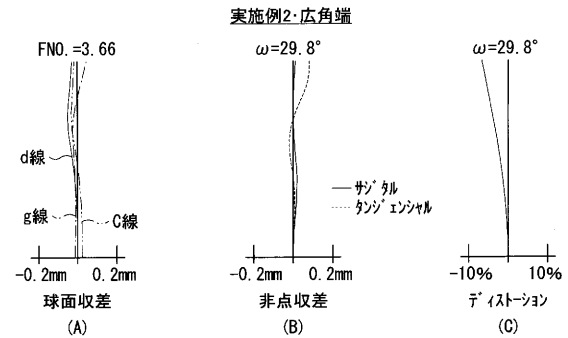
【 図 1 6 】

条件式に関する値						
条件式	式の番号	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
$-1.0 < f2/fw < -3.0$	(1)	-1.73	-1.61	-1.83	-1.64	-2.08
$2.0 < f4/fw < 5.0$	(2)	2.58	2.26	2.81	2.53	3.49
RN	(3)	7.9930	7.9427	8.8171	7.5441	7.0185
RP	(3)	7.9330	7.8626	8.4142	7.7246	7.4303
$ RP / RN < 1.1$	(3)	1.0000	0.9899	0.9543	1.0239	1.0587
$-10.0 < P4/fw < 0$	(4)	-2.16	-2.25	-2.31	-2.21	-2.21

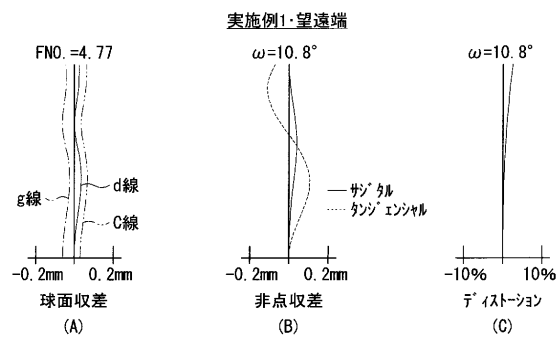
【 図 1 7 】



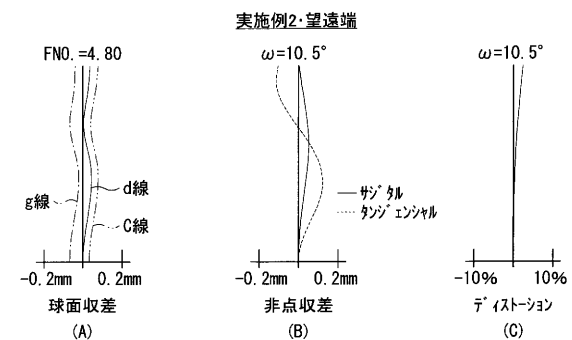
【 図 1 9 】



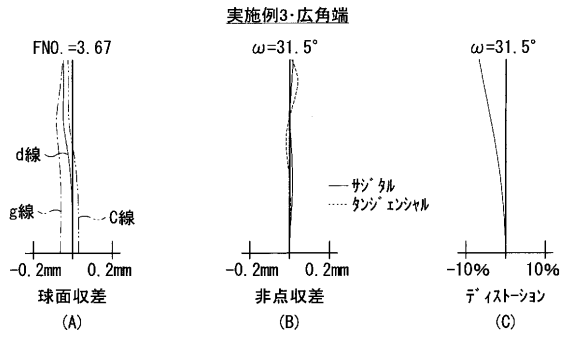
【 図 1 8 】



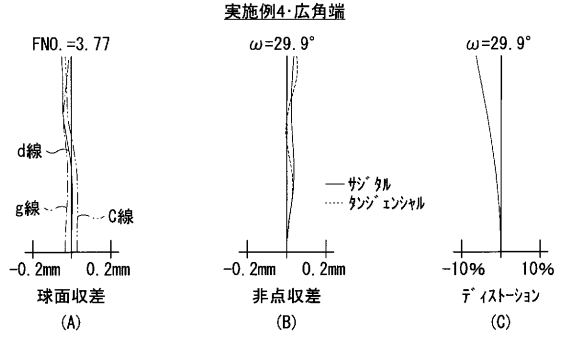
【 図 2 0 】



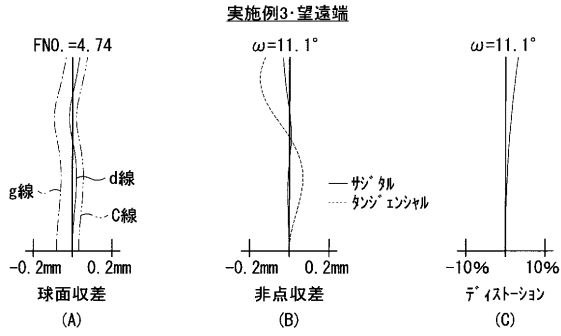
【 図 2 1 】



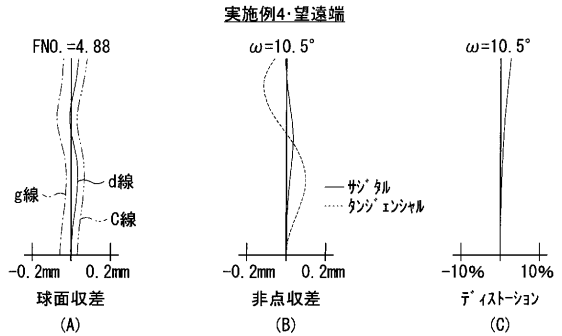
【 図 2 3 】



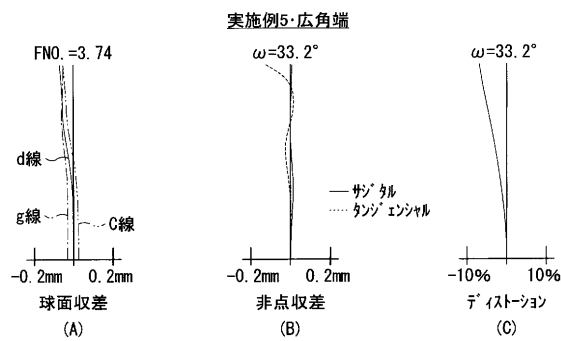
【 図 2 2 】



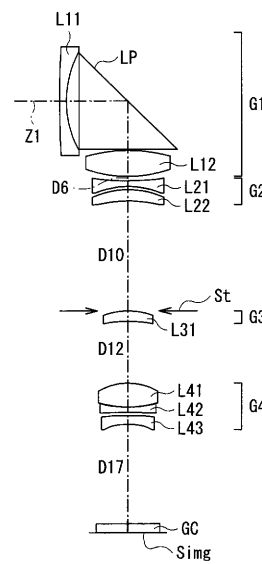
【 図 2 4 】



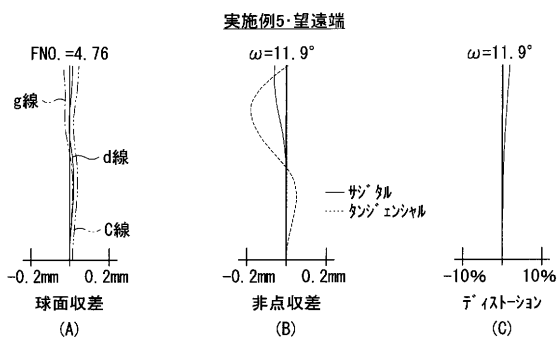
【 図 2 5 】



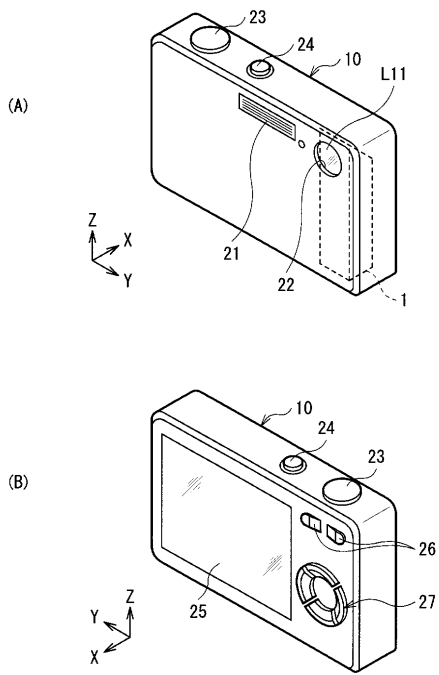
【 図 2 7 】



【 図 2 6 】



【 図 28 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA02 KA03 LA01 MA08 MA15 PA08 PA18 PB09 QA02 QA06
QA17 QA25 QA37 QA39 QA42 QA45 RA05 RA12 RA13 RA32
RA41 RA42 RA43 RA44 SA23 SA27 SA29 SA32 SA63 SA65
SA72 SA74 SB04 SB14 SB22 SB34 TA01 TA03 UA01