

(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2010-49261

(P2010-49261A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/163 (2006.01)	G O 2 B 15/163	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	5 C 1 2 2
H 0 4 N 5/225 (2006.01)	H O 4 N 5/225	
H 0 4 N 101/00 (2006.01)	H O 4 N 101:00	D

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 50 頁)

(21) 出願番号	特願2009-204609 (P2009-204609)	(71) 出願人	000000376
(22) 出願日	平成21年9月4日 (2009.9.4)		オリンパス株式会社
(62) 分割の表示	特願2006-130118 (P2006-130118) の分割	(74) 代理人	100097777
原出願日	平成11年11月12日 (1999.11.12)		弁理士 荏澤 弘
(特許庁注：以下のものは登録商標)		(74) 代理人	100088041
1. フロッピー			弁理士 阿部 龍吉
		(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦
		(74) 代理人	100095980
			弁理士 菅井 英雄
		(74) 代理人	100094787
			弁理士 青木 健二

最終頁に続く

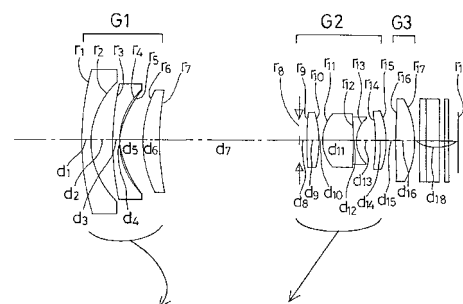
(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びズームレンズと撮像素子を備えたカメラ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】変倍比が約3倍程度で、広角側の画角が広く、Fナンバーも明るいズームレンズであって、良好な結像性能を得ることのできるズームレンズとそのズームレンズを備えたカメラの提供。

【解決手段】負のパワーを持つ第1群G1、開口絞り、正のパワーを持つ第2群G2、正のパワーを持つ第3群G3からなり、第1群G1と第2群G2が光軸上を移動し、また、第3群G3を固定して第1群、第2群、第3群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、その変倍に際して絞りは第2群と一体となって移動し、第1群は、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、第3群は1枚のレンズからなり、第2群は、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、第3群の構成枚数が少ない状態で結像性能と射出瞳位置を好適にするための条件式を満たす。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【請求項 2】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式 (5) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

【請求項 3】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式 (6) を満たすことを特徴とするズームレンズと電子撮像素子を備えたカメラ。

$$2 < f_3 / IH < 12 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【請求項 4】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群を構成するレンズは全て物体側に凸のメニスカスレンズであり、かつ、以下の条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

【請求項 5】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそ

10

20

30

40

50

れぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群を構成するレンズは全て物体側に凸のメニスカスレンズであり、かつ、以下の条件式 (8) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$-1.35 < f_1 / f_3 < -0.4 \quad \dots (8)$$

ただし、 f_1 は第 1 レンズ群の焦点距離、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離である。

【請求項 6】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式 (9) を満たすことを特徴とするズームレンズと電子撮像素子を備えたカメラ。

$$2.7 < \Sigma_{2g} / IH < 4.7 \quad \dots (9)$$

ただし、 Σ_{2g} は開口絞りから第 2 レンズ群の最も像面側の面までの光軸上での距離、 IH は像高である。

【請求項 7】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【請求項 8】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、前記第 1 レンズ群の最も物体側から少なくとも 2 枚のレンズは負のレンズであり、以下の条件式 (5) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

【請求項 9】

物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式 (

6) を満たすことを特徴とするズームレンズと電子撮像素子を備えたカメラ。

$$2 < f_3 / IH < 1.2 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【請求項10】

物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合

10

レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式(10)を満たし、かつ、以下の条件式(4)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

$$1.9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 1.2 \quad (10)$$

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 d_{ce1} は第2レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第2レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【請求項11】

物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式(10)を満たし、かつ、第1レンズ群の最も物体側から少なくとも2枚のレンズは負のレンズであり、以下の条件式(5)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

20

$$1.9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 1.2 \quad (10)$$

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 d_{ce1} は第2レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第2レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_{1-N} は第1レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第1レンズ群の物体側より2番目の凹レンズの焦点距離である。

30

【請求項12】

物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式(10)を満たし、かつ、以下の条件式(6)を満たすことを特徴とするズームレンズと電子撮像素子を備えたカメラ。

40

$$1.9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 1.2 \quad (10)$$

$$2 < f_3 / IH < 1.2 \quad \dots (6)$$

ただし、 d_{ce1} は第2レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第2レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズームレンズ及びズームレンズと電子撮像素子を備えたカメラに関し、特に、CCDやCMOS等の電子撮像素子を用いたビデオカメラや電子スチルカメラに好適な

50

ズームレンズに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、電子撮像素子を用いたカメラに好適なズームレンズとして、特許文献1等で、物体側より、負のパワーを有する第1レンズ群、正のパワーを有する第2レンズ群、正のパワーを有する第3レンズ群、ローパス機能等を有するフィルター、撮像素子から構成され、第1レンズ群、第2レンズ群を光軸上を移動させ、第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群の間の間隔を変化させることによりズームを行う光学系が提案されている。

【0003】

一方、近年、CCDやCMOS等の電子撮像素子の画素数の増加により高い結像性能のズームレンズや、変倍比の高いズームレンズ、特に広角側の画角の広いズームレンズが求められている。

【0004】

また、撮像素子自体の小型化や画素数の増加により電子撮像素子の一つ一つの画素の受光面積が小さくなり、よりFナンバーの明るいレンズ系が求められている。

【0005】

広角側の画角(2ω)が、 60° から 67° 程度で、変倍比が3倍程度で、Fナンバーが約2に関する提案としては、特許文献2や特許文献3での提案があるが、画角の広さや広角端での歪曲収差の点で不満が残る。広角側の画角(2ω)が、 70° を超えるものとしては、特許文献4、特許文献5のものがあるが、Fナンバーの明るさの点で不満が残る。また、特許文献6や特許文献7のものは、歪曲収差等に不満が残る。

【0006】

一般に、画角を広げていくと、軸外収差、特に歪曲収差の補正や倍率の色収差の補正が困難になる。また、Fナンバーが明るくなると、球面収差やコマ収差の補正が困難になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平7-261083号公報

【特許文献2】特開平11-23967号公報

【特許文献3】特開平11-52246号公報

【特許文献4】特開平11-174322号公報

【特許文献5】特開平10-39214号公報

【特許文献6】特開平10-39214号公報

【特許文献7】特開平9-21950号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、変倍比も約3倍程度で、広角側の画角が広く、Fナンバーも明るいズームレンズであって、良好な結像性能を得ることのできるズームレンズのレンズレイアウトとそのようなズームレンズを備えてカメラを提供することである。また、別の目的は、製作性に考慮したレンズレイアウトを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成する本発明の第1のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることに

10

20

30

40

50

より変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りには前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、負レンズ、正レンズからなり、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第1レンズ群に下記条件式(1)を満足する非球面を有するレンズを有し、かつ、前記第3レンズ群に下記条件式(2)を満足する非球面を有するレンズを有することを特徴とするズームレンズである。

【0010】

$$0 < (1/r_{a1} - 1/r_{m1}) h_1 / (n_{a1} - n_{a1}') < 1 \quad \cdots (1)$$

$$-1 < (1/r_{a3} - 1/r_{m3}) h_3 / (n_{a3} - n_{a3}') < 0 \quad \cdots (2)$$

ただし、 r_{a1} は第1レンズ群に配置されている非球面Iの近軸曲率半径、 r_{m1} は、光軸と第1レンズ群に配置されている該非球面Iの交点から、該非球面I上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(1)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a1} は該非球面Iの物体側の屈折率、 n_{a1}' は該非球面Iの像側の屈折率、 h_1 は前記点(1)の光軸からの高さ、 r_{a3} は第3レンズ群に配置されている非球面IIIの近軸曲率半径、 r_{m3} は、光軸と第3レンズ群に配置されている該非球面IIIの交点から、該非球面III上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(3)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a3} は該非球面IIIの物体側の屈折率、 n_{a3}' は該非球面IIIの像側の屈折率、 h_3 は前記点(3)の光軸からの高さである。

【0011】

上記本発明の第1のズームレンズの作用効果を説明する。

【0012】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。ここで、シェーディングとは、CCD等の撮像素子は、素子の構造、例えばカラーフィルターや受光部が電荷転送路の遮光部等の奥に位置すること等や、さらに、電荷転送路の遮光部等の物体側にマイクロレンズ等が配置される場合があること等により、光線が素子に斜めに入射すると、色調の変化(色シェーディング)や周辺光量変化(シェーディング)を生じる。これらの変化がここで言うシェーディングである。このシェーディングの問題を回避するため射出瞳は遠くにあることが望ましい。

【0013】

第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

【0014】

このとき、第3レンズ群は、軸上光束に対しては収差の劣化は大きく影響しないが、軸外光束、特に非点収差の発生が起こりやすい。撮像素子の性能等に応じ、結像性能を高めるには、第3レンズ群の構成枚数を増やすことにより対応することもできるが、条件式(2)を満足する非球面を配置することにより、正の一枚のレンズで構成することができる。すなわち、条件式(2)を満足することにより、レンズの中心厚と周辺部の厚みの差を小さくすることができ、高画素数の撮像素子等、高い結像性能が求められる際等の非点収差の発生を少なくすることができる。条件式(2)の上限の0を越えると、非球面の効果がなくなり、非点収差の発生が抑えられなくなり、下限の-1を越えると、軸外光束に関する実質的な射出瞳位置が不利になり、軸外光束が撮像面に対して垂直方向から大きくズレた方向から入射することになり好ましくない。

【0015】

また、第1レンズ群を負レンズ、負レンズ、正レンズと構成して、負レンズ成分を物体側に置くことにより、レンズの外径を小さくすることができる。また、負レンズを二つに分けることで、諸収差の発生を少なくできる。特に広角化や小型化で第1レンズ群に負担がかかり、性能が劣化するディストーションやコマ収差を条件式(1)を満足する非球面

10

20

30

40

50

を導入することにより、性能の維持を行える。条件式(1)を満たすことにより、前記の第3レンズ群での軸外光束に関わる収差の発生とのバランスがとれ望ましい。条件式(1)の下限の0を越えると、非球面効果が失われ好ましくない。上限の1を越えると、レンズ系全体での収差補正のバランスがとれなくなり好ましくない。

【0016】

本発明の第2のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第1レンズ群に、条件式(3)を満足する球面レンズの凹面に樹脂を薄く塗布することによって非球面を形成したレンズを用いたことを特徴とするズームレンズである。

【0017】

$$-0.1 < (1/r_{a1}' - 1/r_{m1})h_1 / (n_{a1} - n_{a1}') < 1 \quad \dots (3)$$

ただし、 r_{a1}' は第1レンズ群に配置されている非球面Iを形成する樹脂を塗布する凹面の近軸曲率半径、 r_{m1} は、光軸と第1レンズ群に配置されている該非球面Iの交点から、該非球面上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(1)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a1} は該非球面の物体側の屈折率、 n_{a1}' は該非球面の像側の屈折率、 h_1 は前記点(1)の光軸からの高さある。

【0018】

上記本発明の第2のズームレンズの作用効果を説明する。

【0019】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

【0020】

また、広角化や小型化等に第1レンズ群に負担がかかり、性能が劣化するディストーションやコマ収差を条件式(1)を満足する非球面を導入することにより、性能の維持を行える。このとき、球面レンズの凹面に樹脂を薄く塗布することによって非球面を形成したレンズを用いると、非球面を容易に形成することができるので望ましく、特に条件式(3)を満足することが望ましい。すなわち、条件式(3)を満足することにより、塗布する樹脂の厚さを大きく変化させることなく良好な結像性能を得るための非球面を形成できる。塗布する樹脂の厚さが大きく変化すると、温度、湿度の変化による性能の変化や、製作時の樹脂を凝固させるときの容易さの点で好ましくない。条件式(3)の下限の-0.1を越えると、必要な非球面性能が得られなくなる。上限の1を越えると、塗布する樹脂の厚さの変化が大きくなり好ましくない。なお、樹脂を塗布する凹面の近軸曲率半径と非球面そのものの近軸曲率半径は等しい必要はなく、製作性等から決定してもよい。

【0021】

本発明の第3のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は

、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式(4)を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0022】

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【0023】

上記本発明の第3のズームレンズの作用効果を説明する。

【0024】

10

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

【0025】

また、第1レンズ群を負レンズ、負レンズ、正レンズと構成して、負レンズ成分を物体側に置くことにより、レンズの外径を小さくすることができる。また、負レンズを二つに分けることで、諸収差の発生を少なくできる。特に、この3つのレンズを接合でなく、それぞれの間に空気間隔を設け、また、独立した曲率半径を持たせることにより、ディストーションを小さくすることができる。

20

【0026】

第2レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される2枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第3レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から2枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを2枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。

30

【0027】

条件式(4)を満たすことにより、第3レンズ群の構成枚数を少ない状態で結像性能と射出瞳位置を好適にすることができる。その上限の2.5より大きいと、全長を短く保ったまま射出瞳を遠ざけることが困難となる。下限の0.4より小さいと、第3レンズ群で発生する収差が大きくなりすぎ、性能を維持できなくなる。

【0028】

40

本発明の第4のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式(5)を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0029】

50

$$1. \quad 2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

【0030】

上記本発明の第 4 のズームレンズの作用効果を説明する。

【0031】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

10

【0032】

また、第 1 レンズ群を負レンズ、負レンズ、正レンズと構成して、負レンズ成分を物体側に置くことにより、レンズの外径を小さくすることができる。また、負レンズを二つに分けることで、諸収差の発生を少なくできる。特に、この 3 つのレンズを接合でなく、それぞれの間に空気間隔を設け、また、独立した曲率半径を持たせることにより、ディストーションを小さくすることができる。

20

【0033】

第 2 レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される 2 枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第 3 レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から 2 枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを 2 枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2 枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。

30

【0034】

条件式 (5) は、第 1 レンズ群の第 1 レンズと第 2 レンズのパワーの比を規定したものである。特に広角側での軸外光束は光軸に対して大きな入射角度を有し、第 1 面への入射角度も大きい。この光束を第 1 レンズと第 2 レンズの 4 つの面で光軸に対する角度を緩やかにするのが、第 1 レンズと第 2 レンズの一つの作用であるが、条件式 (5) を満足することによりこの機能をより効果的に作用させることができる。条件式 (5) の下限の 1.2 より小さいと、最も物体側の凹レンズで発生するコマ収差、非点収差の補正が困難となる。上限の 2.7 より大きいと、物体側から 2 番目の凹レンズで発生する収差が大きくなりすぎる。

【0035】

本発明の第 5 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式 (6) を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0036】

40

50

$$2 < f_3 / IH < 12$$

・・・(6)

ただし、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【0037】

上記本発明の第5のズームレンズの作用効果を説明する。

【0038】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

10

【0039】

また、第1レンズ群を負レンズ、負レンズ、正レンズと構成して、負レンズ成分を物体側に置くことにより、レンズの外径を小さくすることができる。また、負レンズを二つに分けることで、諸収差の発生を少なくできる。特に、この3つのレンズを接合でなく、それぞれの間に空気間隔を設け、また、独立した曲率半径を持たせることにより、ディストーションを小さくすることができる。

【0040】

20

第2レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される2枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第3レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から2枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを2枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。

【0041】

30

条件式(6)の下限の2を越えると、像高に対して第3レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、第3レンズ群を構成する正レンズの中心厚と周辺の厚みの差が大きくなり、軸外光束の収差の発生が大きくなり好ましくない。また、上限の12を越えると、像高に対して第3レンズ群の屈折力が弱くなりすぎ、全長を短く保ったままだと像高の高いところで上記のシェーディングが起きやすくなり好ましくない。

【0042】

本発明の第6のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群の最も物体側の面に条件式(7)を満足する非球面を用い、かつ、以下の条件式(4)を満たすことを特徴とするズームレンズである。

40

【0043】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \dots (7)$$

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 r_{a2} は第2レンズ群の最も物体側に配置されている非球面IIの近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第2レンズ群に配置されている該非球面IIの交点から、該非球面II上

50

の軸上光束の最大径の 0.7 倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点(2)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2}' は第 2 レンズ群の最も物体側に配置されているレンズの屈折率、 h_2 前記点(2)の光軸からの高さ、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 f_1 は望遠端での全系での焦点距離である。

【0044】

上記本発明の第 6 のズームレンズの作用効果を説明する。

【0045】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

【0046】

また、第 1 レンズ群を負レンズ、負レンズ、正レンズと構成して、負レンズ成分を物体側に置くことにより、レンズの外径を小さくすることができる。また、負レンズを二つに分けることで、諸収差の発生を少なくできる。特に、この 3 つのレンズを接合でなくそれぞれの間に空気間隔を設け、また、独立した曲率半径を持たせることにより、ディストーションを小さくすることができる。

【0047】

第 2 レンズ群の最も物体側の面は軸上光束が広がる一つの面であり、かつ、軸外光束が光軸に近いところを通過する面でもある。この面に非球面レンズを配置することにより、非点収差やディストーション等に影響を与えず球面収差の発生を小さくできる。

【0048】

条件式(7)は非球面の形状を規定するものであり、下限の -1 を越えると、球面収差が補正不足の状態になり好ましくなく、上限の 0 を越えると、非球面の効果が少なくなり、球面レンズが持つ補正過剰な状態のまま反映され好ましくない。

【0049】

また、条件式(4)を満たすことにより、第 3 レンズ群の構成枚数を少ない状態で結像性能と射出瞳位置を好適にすることができる。その上限の 2.5 より大きいと、全長を短く保ったまま射出瞳を遠ざけることが困難となる。下限の 0.4 より小さいと、第 3 レンズ群で発生する収差が大きくなりすぎ、性能を維持できなくなる。

【0050】

本発明の第 7 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も物体側の面に条件式(7)を満足する非球面を用い、かつ、以下の条件式(5)を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0051】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \dots (7)$$

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 r_{a2} は第 2 レンズ群の最も物体側に配置されている非球面 I I の近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第 2 レンズ群に配置されている該非球面 I I の交点から、該非球面 I I 上の軸上光束の最大径の 0.7 倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点(2)における法線

10

20

30

40

50

が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2}' は第 2 レンズ群の最も物体側に配置されているレンズの屈折率、 h_2 前記点 (2) の光軸からの高さ、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

【 0 0 5 2 】

上記本発明の第 7 のズームレンズの作用効果を説明する。

【 0 0 5 3 】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

【 0 0 5 4 】

また、第 1 レンズ群を負レンズ、負レンズ、正レンズと構成して、負レンズ成分を物体側に置くことにより、レンズの外径を小さくすることができる。また、負レンズを二つに分けることで、諸収差の発生を少なくできる。特に、この 3 つのレンズを接合でなくそれぞれの間に空気間隔を設け、また、独立した曲率半径を持たせることにより、ディストーションを小さくすることができる。

【 0 0 5 5 】

第 2 レンズ群の最も物体側の面は軸上光束が広がる一つの面であり、かつ、軸外光束が光軸に近いところを通過する面でもある。この面に非球面レンズを配置することにより、非点収差やディストーション等に影響を与えず球面収差の発生を小さくできる。

【 0 0 5 6 】

条件式 (7) は非球面の形状を規定するものであり、下限の - 1 を越えると、球面収差が補正不足の状態になり好ましくなく、上限の 0 を越えると、非球面の効果が少なくなり、球面レンズが持つ補正過剰な状態のまま反映され好ましくない。

【 0 0 5 7 】

また、条件式 (5) は、第 1 レンズ群の第 1 レンズと第 2 レンズのパワーの比を規定したものである。特に広角側での軸外光束は光軸に対して大きな入射角度を有し、第 1 面への入射角度も大きい。この光束を第 1 レンズと第 2 レンズの 4 つの面で光軸に対する角度を緩やかにするのが、第 1 レンズと第 2 レンズの一つの作用であるが、条件式 (5) を満足することによりこの機能をより効果的に作用させることができる。条件式 (5) の下限の 1 . 2 より小さいと、最も物体側の凹レンズで発生するコマ収差、非点収差の補正が困難となる。上限の 2 . 7 より大きいと、物体側から 2 番目の凹レンズで発生する収差が大きくなりすぎる。

【 0 0 5 8 】

本発明の第 8 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も物体側の面に条件式 (7) を満足する非球面を用い、かつ、以下の条件式 (6) を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【 0 0 5 9 】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \cdots (7)$$

10

20

30

40

50

$$2 < f_3 / IH < 12$$

・・・(6)

ただし、 r_{a2} は第2レンズ群の最も物体側に配置されている非球面IIの近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第2レンズ群に配置されている該非球面IIの交点から、該非球面II上の軸上光束の最大径の0.7倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点(2)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2} は第2レンズ群の最も物体側に配置されているレンズの屈折率、 h_2 前記点(2)の光軸からの高さ、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【0060】

上記本発明の第8のズームレンズの作用効果を説明する。

【0061】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

【0062】

また、第1レンズ群を負レンズ、負レンズ、正レンズと構成して、負レンズ成分を物体側に置くことにより、レンズの外径を小さくすることができる。また、負レンズを二つに分けることで、諸収差の発生を少なくできる。特に、この3つのレンズを接合でなくそれぞれの間に空気間隔を設け、また、独立した曲率半径を持たせることにより、ディストーションを小さくすることができる。

【0063】

第2レンズ群の最も物体側の面は軸上光束が広がる一つの面であり、かつ、軸外光束が光軸に近いところを通過する面でもある。この面に非球面レンズを配置することにより、非点収差やディストーション等に影響を与えず球面収差の発生を小さくできる。

【0064】

条件式(7)は非球面の形状を規定するものであり、下限の-1を越えると、球面収差が補正不足の状態になり好ましくなく、上限の0を越えると、非球面の効果が少なくなり、球面レンズが持つ補正過剰な状態のまま反映され好ましくない。

【0065】

また、条件式(6)の下限の2を越えると、像高に対して第3レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、第3レンズ群を構成する正レンズの中心厚と周辺の厚みの差が大きくなり、軸外光束の収差の発生が大きくなり好ましくない。また、上限の12を越えると、像高に対して第3レンズ群の屈折力が弱くなりすぎ、全長を短く保ったままだと像高の高いところで上記のシェーディングが起きやすくなり好ましくない。

【0066】

本発明の第9のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群を構成するレンズは全て物体側に凸のメニスカスレンズであり、かつ、以下の条件式を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0067】

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7$$

・・・(5)

ただし、 f_{1-N} は第1レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第1レンズ群の物体側より2番目の凹レンズの焦点距離である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

上記本発明の第 9 のズームレンズの作用効果を説明する。

【 0 0 6 9 】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。特に、広角側での軸外光束は光軸に対して大きな入射角度を有し、第 1 面への入射角度も大きい。第 1 レンズ群の構成レンズをメニスカスレンズにすることで各面でこの光束の光線を少しずつ曲げるようにでき、収差発生量を小さく抑えることができる。

10

【 0 0 7 0 】

特に、条件式 (5) を満足するように第 1 レンズと第 2 レンズのパワー比を規定するとすると、この効果がより発揮でき好ましい。条件式 (5) の下限の 1 . 2 より小さいと、最も物体側の凹レンズで発生するコマ収差、非点収差の補正が困難となる。上限の 2 . 7 より大きいと、物体側から 2 番目の凹レンズで発生する収差が大きくなりすぎる。

【 0 0 7 1 】

本発明の第 1 0 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群を構成するレンズは全て物体側に凸のメニスカスレンズであり、かつ、以下の条件式 (8) を満たすことを特徴とするズームレンズである。

20

【 0 0 7 2 】

$$- 1 . 3 5 < f_1 / f_3 < - 0 . 4 \quad \cdots (8)$$

ただし、 f_1 は第 1 レンズ群の焦点距離、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離である。

【 0 0 7 3 】

30

上記本発明の第 1 0 のズームレンズの作用効果を説明する。

【 0 0 7 4 】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。特に、広角側での軸外光束は光軸に対して大きな入射角度を有し、第 1 面への入射角度も大きい。第 1 レンズ群の構成レンズをメニスカスレンズにすることで各面でこの光束の光線を少しずつ曲げるようにでき、収差発生量を小さく抑えることができる。

40

【 0 0 7 5 】

条件式 (8) は、高変倍比、広画角を保ちつつ、射出瞳を遠ざけるのに好ましい条件を規定したもので、上限の - 0 . 4 より大きいと、第 1 レンズ群での収差発生量が大きくなりすぎる。下限の - 1 . 3 5 より小さいと、高変倍比と小型化を両立できない。

【 0 0 7 6 】

本発明の第 1 1 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ

50

群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りには前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第2レンズ群の最も物体側の面に条件式(7)を満足する非球面を用いたことを特徴とするズームレンズである。

【0077】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \dots (7)$$

ただし、 r_{a2} は第2レンズ群の最も物体側に配置されている非球面IIの近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第2レンズ群に配置されている該非球面IIの交点から、該非球面II上の軸上光束の最大径の0.7倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点(2)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2}' は第2レンズ群の最も物体側に配置されているレンズの屈折率、 h_2 前記点(2)の光軸からの高さである。

【0078】

上記本発明の第11のズームレンズの作用効果を説明する。

【0079】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。第2レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される2枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第3レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から2枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを2枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。また、第2レンズ群の最も物体側の面は軸上光束が広がる一つの面であり、かつ、軸外光束が光軸に近いところを通過する面でもある。この面に非球面レンズを配置することにより、非点収差やディストーション等に影響を与えず、球面収差の発生を小さくできる。

【0080】

条件式(7)は非球面の形状を規定するものであり、下限の-1を越えると、球面収差が補正不足の状態になり好ましくなく、上限の0を越えると、非球面の効果が少なくなり、球面レンズが持つ補正過剰な状態のまま反映され好ましくない。

【0081】

本発明の第12のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りには前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第2レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式(9)を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0082】

$$2.7 < \Sigma \tau_{2g} / IH < 4.7 \quad \dots (9)$$

。

ただし、 Σ_{2g} は開口絞りから第2レンズ群の最も像面側の面までの光軸上での距離、IHは像高である。

【0083】

上記本発明の第12のズームレンズの作用効果を説明する。

【0084】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。第2レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される2枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第3レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から2枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを2枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。また、第2レンズ群の最も像面側のレンズを像面側に凸のメニスカスレンズにすることで、変倍時のコマ収差、色収差の変動を小さくできる。

【0085】

また、条件式(9)の上限の4.7より大きいと、テレ端の全長、及び、沈胴時の全長が大きくなるので好ましくない。下限の2.7より小さいと、第2レンズ群で発生する収差が大きくなり好ましくない。

【0086】

本発明の第13のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第2レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式(4)を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0087】

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【0088】

上記本発明の第13のズームレンズの作用効果を説明する。

【0089】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望まし

い。第 2 レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される 2 枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第 3 レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から 2 枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを 2 枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2 枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。また、第 2 レンズ群の最も像面側のレンズを像面側に凸のメニスカスレンズにすることで、変倍時のコマ収差、色収差の変動を小さくできる。

10

【 0 0 9 0 】

条件式 (4) を満たすことにより、第 3 レンズ群の構成枚数を少ない状態で結像性能と射出瞳位置を好適にすることができる。その上限の 2 . 5 より大きいと、全長を短く保ったまま射出瞳を遠ざけることが困難となる。下限の 0 . 4 より小さいと、第 3 レンズ群で発生する収差が大きくなりすぎ、性能を維持できなくなる。

【 0 0 9 1 】

本発明の第 1 4 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、前記第 1 レンズ群の最も物体側から少なくとも 2 枚のレンズは負のレンズであり、以下の条件式 (5) を満たすことを特徴とするズームレンズである。

20

【 0 0 9 2 】

$$1 . 2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2 . 7 \quad \cdots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

30

【 0 0 9 3 】

上記本発明の第 1 4 のズームレンズの作用効果を説明する。

【 0 0 9 4 】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。第 2 レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される 2 枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第 3 レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から 2 枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを 2 枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2 枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。また、第 2 レンズ群の最も像面側のレンズを像面側に凸のメニスカスレンズにすることで、変倍時のコマ収差、色収差の変動を小さくできる。

40

50

。

【 0 0 9 5 】

条件式 (5) は、第 1 レンズ群の第 1 レンズと第 2 レンズのパワーの比を規定したものである。特に広角側での軸外光束は光軸に対して大きな入射角度を有し、第 1 面への入射角度も大きい。この光束を第 1 レンズと第 2 レンズの 4 つの面で光軸に対する角度を緩やかにするのが、第 1 レンズと第 2 レンズの一つの作用であるが、条件式 (5) を満足することによりこの機能をより効果的に作用させることができる。条件式 (5) の下限の 1 . 2 より小さいと、最も物体側の凹レンズで発生するコマ収差、非点収差の補正が困難となる。上限の 2 . 7 より大きいと、物体側から 2 番目の凹レンズで発生する収差が大きくなりすぎる。

10

【 0 0 9 6 】

本発明の第 1 5 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式 (6) を満たすことを特徴とするズームレンズである。

20

【 0 0 9 7 】

$$2 < f_3 / IH < 12 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【 0 0 9 8 】

上記本発明の第 1 5 のズームレンズの作用効果を説明する。

【 0 0 9 9 】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。第 2 レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される 2 枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第 3 レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から 2 枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを 2 枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2 枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。また、第 2 レンズ群の最も像面側のレンズを像面側に凸のメニスカスレンズにすることで、変倍時のコマ収差、色収差の変動を小さくできる。

30

40

【 0 1 0 0 】

条件式 (6) の下限の 2 を越えると、像高に対して第 3 レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、第 3 レンズ群を構成する正レンズの中心厚と周辺の厚みの差が大きくなり、軸外光束の収差の発生が大きくなり好ましくない。また、上限の 12 を越えると、像高に対して第 3 レンズ群の屈折力が弱くなりすぎ、全長を短く保ったままだと像高の高いところで上記のシェーディングが起きやすくなり好ましくない。

50

【 0 1 0 1 】

本発明の第 1 6 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式 (1 0) を満たし、かつ、以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とするズームレンズである。

10

【 0 1 0 2 】

$$1. \quad 9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 12 \quad (10)$$

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \cdots (4)$$

ただし、 d_{ce1} は第 2 レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第 2 レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【 0 1 0 3 】

上記本発明の第 1 6 のズームレンズの作用効果を説明する。

【 0 1 0 4 】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。第 2 レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される 2 枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第 3 レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から 2 枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを 2 枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2 枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。

20

30

【 0 1 0 5 】

また、この接合される正レンズと負レンズの厚さの比を条件式 (1 0) のように規定することにより、小型化と特に非点収差の発生を抑えることの両立が容易になり好ましい。条件式 (1 0) の下限の 1.9 を越えると、非点収差の補正が困難になり好ましくない。上限の 12 を越えると、接合レンズが厚くなりすぎて小型化に不利となり、好ましくない。

40

【 0 1 0 6 】

条件式 (4) を満たすことにより、第 3 レンズ群の構成枚数を少ない状態で結像性能と射出瞳位置を好適にすることができる。その上限の 2.5 より大きいと、全長を短く保ったまま射出瞳を遠ざけることが困難となる。下限の 0.4 より小さいと、第 3 レンズ群で発生する収差が大きくなりすぎ、性能を維持できなくなる。

【 0 1 0 7 】

本発明の第 1 7 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ

50

群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りとは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式 (10) を満たし、かつ、第 1 レンズ群の最も物体側から少なくとも 2 枚のレンズは負のレンズであり、以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【0108】

$$1.9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 1.2 \quad (10)$$

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 d_{ce1} は第 2 レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第 2 レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

【0109】

上記本発明の第 17 のズームレンズの作用効果を説明する。

【0110】

負のパワーを持つ第 1 レンズ群、正のパワーを持つ第 2 レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第 3 レンズ群と変倍に際して前記第 2 レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第 3 レンズ群は、構成枚数を 1 枚とすることにより、第 3 レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。第 2 レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される 2 枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第 3 レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から 2 枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを 2 枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、2 枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。

【0111】

また、この接合される正レンズと負レンズの厚さの比を条件式 (10) のように規定することにより、小型化と特に非点収差の発生を抑えることの両立が容易になり好ましい。条件式 (10) の下限の 1.9 を越えると、非点収差の補正が困難になり好ましくない。上限の 1.2 を越えると、接合レンズが厚くなりすぎて小型化に不利となり、好ましくない。

【0112】

条件式 (5) は、第 1 レンズ群の第 1 レンズと第 2 レンズのパワーの比を規定したものである。特に広角側での軸外光束は光軸に対して大きな入射角度を有し、第 1 面への入射角度も大きい。この光束を第 1 レンズと第 2 レンズの 4 つの面で光軸に対する角度を緩やかにするのが、第 1 レンズと第 2 レンズの一つの作用であるが、条件式 (5) を満足することによりこの機能をより効果的に作用させることができる。条件式 (5) の下限の 1.2 より小さいと、最も物体側の凹レンズで発生するコマ収差、非点収差の補正が困難となる。上限の 2.7 より大きいと、物体側から 2 番目の凹レンズで発生する収差が大きくなりすぎる。

【0113】

本発明の第 18 のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第

１レンズ群と第２レンズ群が光軸上を移動し、また、第３レンズ群を固定して第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞り（前記第２レンズ群と一体となって移動し、前記第３レンズ群は１枚のレンズからなり、前記第２レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式（１０）を満たし、かつ、以下の条件式（６）を満たすことを特徴とするズームレンズである。

【０１１４】

$$1.9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 1.2 \quad (10)$$

$$2 < f_3 / IH < 1.2 \quad \dots (6)$$

ただし、 d_{ce1} は第２レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第２レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_3 は第３レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【０１１５】

上記本発明の第１８のズームレンズの作用効果を説明する。

【０１１６】

負のパワーを持つ第１レンズ群、正のパワーを持つ第２レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第３レンズ群と変倍に際して前記第２レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。このとき、第３レンズ群は、構成枚数を１枚とすることにより、第３レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。第２レンズ群を、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成することにより、開口絞り付近に配置される２枚の正レンズにより球面収差や軸外のコマ収差の発生を抑え、像側の正レンズにより第３レンズ群と協働し、射出瞳位置を結像面から離しながら軸外収差のコントロールを行い、負レンズを物体側から２枚目の正レンズと像側の正レンズの間に配置することにより、色収差をコントロールする。この負レンズは、開口絞りより像側で唯一の負レンズとなるため、収差補正上の負担が大きく製造誤差も厳しくなる。この負レンズを２枚目の正レンズと接合することにより、製造誤差に強い光学系にでき、また、２枚目の正レンズと負レンズの間での高次の収差の発生を抑え、より効果的に色収差を抑えることができる。

【０１１７】

また、この接合される正レンズと負レンズの厚さの比を条件式（１０）のように規定することにより、小型化と特に非点収差の発生を抑えることの両立が容易になり好ましい。条件式（１０）の下限の１．９を越えると、非点収差の補正が困難になり好ましくない。上限の１．２を越えると、接合レンズが厚くなりすぎて小型化に不利となり、好ましくない。

【０１１８】

条件式（６）の下限の２を越えると、像高に対して第３レンズ群の屈折力が強くなりすぎ、第３レンズ群を構成する正レンズの中心厚と周辺の厚みの差が大きくなり、軸外光束の収差の発生が大きくなり好ましくない。また、上限の１．２を越えると、像高に対して第３レンズ群の屈折力が弱くなりすぎ、全長を短く保ったままだと像高の高いところで上記のシェーディングが起きやすくなり好ましくない。

【０１１９】

本発明の第１９のズームレンズは、物体側より順に、負のパワーを持つ第１レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第２レンズ群、正のパワーを持つ第３レンズ群からなり、第１レンズ群と第２レンズ群が光軸上を移動し、また、第３レンズ群を固定して第１レンズ群、第２レンズ群、第３レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞り（前記第２レンズ群と一体となって移動し、前記第１レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、負レンズ、正レンズからなり、前記第３レンズ群は条件

式(2)を満足する物体側に非球面を持つ1枚のレンズからなることを特徴とするズームレンズである。

【0120】

$$-1 < (1/r_{a3} - 1/r_{m3})h_3 / (n_{a3} - n_{a3}') < 0 \cdots (2)$$

ただし、 r_{a3} は第3レンズ群に配置されている非球面IIIの近軸曲率半径、 r_{m3} は、光軸と第3レンズ群に配置されている該非球面IIIの交点から、該非球面III上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(3)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a3} は該非球面IIIの物体側の屈折率、 n_{a3}' は該非球面IIIの像側の屈折率、 h_3 は前記点(3)の光軸からの高さである。

【0121】

上記本発明の第19のズームレンズの作用効果を説明する。

【0122】

負のパワーを持つ第1レンズ群、正のパワーを持つ第2レンズ群を移動させ変倍させることにより、簡単な構成で、特に広角端の画角の広いズームレンズを性能良くコンパクトに構成できる。また、変倍時の固定の正のパワーを持つ第3レンズ群と変倍に際して前記第2レンズ群と一体となって移動する開口絞りにより、電子撮像素子に適した射出瞳位置を構成できる。すなわち、シェーディング等を考慮し射出瞳位置を結像面から離れた位置に配置できる。第3レンズ群は、構成枚数を1枚とすることにより、第3レンズ群の光軸上の長さを短くすることができ、全体の全長をコンパクトにする上でも望ましい。

【0123】

このとき、第3レンズ群は、軸上光束に対しては収差の劣化は大きく影響しないが、軸外光束、特に非点収差の発生が起こりやすい。撮像素子の性能等に応じ、結像性能を高めるには、第3レンズ群の構成枚数を増やすことにより対応することもできるが、条件式(2)を満足する非球面を配置することにより、正の一枚のレンズで構成することができる。すなわち、条件式(2)を満足することにより、レンズの中心厚と周辺部の厚みの差を小さくすることができ、高画素数の撮像素子等、高い結像性能が求められる際等の非点収差の発生を少なくすることができる。特に、軸外光束が光軸に対して傾きを持ち、レンズへの入射角度も大きくなる傾向の物体側に非球面を配置することにより、全長を短く保ったまま、射出瞳を遠ざけつつ、非点収差やコマ収差の補正上有利になる。条件式(2)の上限の0を越えると、非球面の効果がなくなり、非点収差の発生が抑えられなくなり、下限の-1を越えると、軸外光束に関する実質的な射出瞳位置が不利になり、軸外光束が撮像面に対して垂直方向から大きくズレた方向から入射することになり好ましくない。

【発明の効果】

【0124】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、変倍比が約3倍程度で、広角側の画角が広く、Fナンバーも明るいズームレンズであって、良好な結像性能を得ることのできるズームレンズを提供することができ、また、製作性の良いズームレンズを提供することができる。さらに、小型でとりわけ小型の携帯情報端末に好適なズームレンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1】本発明の実施例1のズームレンズの広角端での断面図である。

【図2】本発明の実施例2のズームレンズの広角端での断面図である。

【図3】本発明の実施例3のズームレンズの広角端での断面図である。

【図4】本発明の実施例4のズームレンズの広角端での断面図である。

【図5】本発明の実施例5のズームレンズの広角端での断面図である。

【図6】本発明の実施例6のズームレンズの広角端での断面図である。

【図7】本発明の実施例7のズームレンズの広角端での断面図である。

【図8】本発明の実施例8のズームレンズの広角端での断面図である。

【図9】本発明の実施例9のズームレンズの広角端での断面図である。

【図 10】本発明の実施例 10 のズームレンズの広角端での断面図である。

【図 11】本発明の実施例 11 のズームレンズの広角端での断面図である。

【図 12】実施例 1 の無限遠合焦時の収差図である。

【図 13】本発明のズームレンズが対物光学系として組み込まれた電子カメラの外観を示す前方斜視図である。

【図 14】本発明のズームレンズが対物光学系として組み込まれた電子カメラの後方斜視図である。

【図 15】本発明のズームレンズが対物光学系として組み込まれた電子カメラの構成を示す断面図である。

【図 16】本発明のズームレンズが対物光学系として組み込まれたパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。 10

【図 17】パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図 18】図 16 の状態の側面図である。

【図 19】本発明のズームレンズが対物光学系として組み込まれた携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0126】

以下、本発明のズームレンズの実施例 1 ~ 11 について説明する。

【0127】

図 1 ~ 図 11 にそれぞれ実施例 1 ~ 11 のズームレンズの広角端でのレンズ配置を示す断面図を示す。各実施例の数値データは後記する。なお、図 1 ~ 図 11 においては、何れも第 3 群 G3 と像面の間に平行平板が配置されているが、これらは、IR カットフィルターや、ローパスフィルター、撮像素子のカバーガラス等のフィルター類である。これらの平行平板は、後記の数値データ中では省かれている。 20

【0128】

実施例 1 は、焦点距離 4.386 ~ 12.642 mm、F ナンバー 2.36 ~ 3.99、半画角 37.9 ~ 14.4°、像高 3.32 mm のズームレンズであり、図 1 に示すように、第 1 群 G1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであってその凹面に樹脂を薄く塗布して非球面化したレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G2 は、物体側に配置した絞り 30 と、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 3 群 G3 は、両凸レンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G1 の 2 番目の負メニスカスレンズに設けられた樹脂の非球面と、第 2 群 G2 の最も物体側の面と、第 3 群 G3 の両凸レンズの物体側の面の 3 面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第 1 群 G1 は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻り、第 2 群 G2 は像面側から物体側に移動する。第 3 群 G3 は固定である。

【0129】

実施例 2 は、焦点距離 4.375 ~ 12.649 mm、F ナンバー 2.83 ~ 4.62、半画角 37.8 ~ 15.8°、像高 3.32 mm のズームレンズであり、図 2 に示すように、第 1 群 G1 は、3 枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G2 は、物体側に配置した絞り 40 と、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、両凸レンズとからなり、第 3 群 G3 は、両凸レンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G1 の 3 番目の負メニスカスレンズの像面側の面と、第 2 群 G2 の最も物体側の面と、第 3 群 G3 の両凸レンズの物体側の面の 3 面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第 1 群 G1 は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻り、第 2 群 G2 は像面側から物体側に移動する。第 3 群 G3 は固定である。

【0130】

実施例 3 は、焦点距離 4.374 ~ 12.649 mm、F ナンバー 2.31 ~ 4.00 50

、半画角 $37.9 \sim 15.8^\circ$ 、像高 3.32 mm のズームレンズであり、図3に示すように、第1群G1は、2枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の2番目の負メニスカスレンズの像面側の面と、第2群G2の最も物体側の面と、第3群G3の両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻る。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0131】

実施例4は、焦点距離 $4.374 \sim 12.648\text{ mm}$ 、Fナンバー $2.31 \sim 4.00$ 、半画角 $38.0 \sim 15.6^\circ$ 、像高 3.32 mm のズームレンズであり、図4に示すように、第1群G1は、2枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、両凸レンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の1番目の負メニスカスレンズの像面側の面と、第2群G2の最も物体側の面と、第3群G3の両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻る。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0132】

実施例5は、焦点距離 $4.387 \sim 12.643\text{ mm}$ 、Fナンバー $2.42 \sim 4.09$ 、半画角 $37.9 \sim 14.9^\circ$ 、像高 3.32 mm のズームレンズであり、図5に示すように、第1群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであってその凹面に樹脂を薄く塗布して非球面化したレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の2番目の負メニスカスレンズに設けられた樹脂の非球面と、第2群G2の最も物体側の面の2面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻る。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0133】

実施例6は、焦点距離 $4.371 \sim 12.622\text{ mm}$ 、Fナンバー $2.32 \sim 4.00$ 、半画角 $38.1 \sim 13.9^\circ$ 、像高 3.32 mm のズームレンズであり、図6に示すように、第1群G1は、2枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第2群G2の最も物体側の面と、接合レンズ物体側の面と、第3群G3の両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動する。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0134】

実施例7は、焦点距離 $2.973 \sim 8.568\text{ mm}$ 、Fナンバー $2.42 \sim 4.09$ 、半画角 $37.9 \sim 14.4^\circ$ 、像高 2.25 mm のズームレンズであり、図7に示すように、第1群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであってその凹面に樹脂を薄く塗布して非球面化したレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、像面側に凸面を向けた正

メニスカスレンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の2番目の負メニスカスレンズに設けられた樹脂の非球面と、第2群G2の最も物体側の面の2面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻る。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0135】

実施例8は、焦点距離3.293~9.524mm、Fナンバー2.31~4.00、半画角38.0~15.6°、像高2.5mmのズームレンズであり、図8に示すように、第1群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、両凸レンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の負メニスカスレンズの像面側の面と、第2群G2の最も物体側の面と、第3群G3の両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻る。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0136】

実施例9は、焦点距離2.378~6.854mm、Fナンバー2.36~3.99、半画角37.9~14.4°、像高1.8mmのズームレンズであり、図9に示すように、第1群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズであってその凹面に樹脂を薄く塗布して非球面化したレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の2番目の負メニスカスレンズに設けられた樹脂の非球面と、第2群G2の最も物体側の面と、第3群G3の両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ若干戻る。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0137】

実施例10は、焦点距離1.975~5.703mm、Fナンバー2.32~4.00、半画角38.1~13.9°、像高1.5mmのズームレンズであり、図10に示すように、第1群G1は、2枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第2群G2の最も物体側の面と、接合レンズ物体側の面と、第3群G3の両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動する。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0138】

実施例11は、焦点距離2.635~7.620mm、Fナンバー2.31~4.00、半画角37.9~15.8°、像高2.0mmのズームレンズであり、図11に示すように、第1群G1は、2枚の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、物体側に配置した絞りと、両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズとの接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第3群G3は、両凸レンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の2番目の負メニスカスレンズの像面側の面と、第2群G2の最も物体側の面と、第3群G3の両凸レンズの物体側の面の3面に用いられている。広角端から望遠端への変倍の際、図に矢印で示すように、第1群G1は物体側から像面側に移動し途中で反転して物体側へ

若干戻る。第2群G2は像面側から物体側に移動する。第3群G3は固定である。

【0139】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 f は全系焦点距離、 F_{NO} はFナンバー、 ω は半画角、 r_1 、 r_2 ...は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 ...は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} ...は各レンズのd線の屈折率、 v_{d1} 、 v_{d2} ...は各レンズのd線のアッペ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直行する方向にとると、下記の式にて表される。

【0140】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} \quad 10$$

ただし、 r は近軸曲率半径、 K は円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0141】

実施例1

f	=	4.386 ~ 7.451 ~ 12.642			
F_{NO}	=	2.36 ~ 2.96 ~ 3.99			
ω	=	37.9 ° ~ 23.7 ° ~ 14.4 °			
r_1	=	30.608	d_1	= 1.10	n_{d1} = 1.69680 v_{d1} = 55.53
r_2	=	9.922	d_2	= 2.42	
r_3	=	27.009	d_3	= 0.95	n_{d2} = 1.78590 v_{d2} = 44.20
r_4	=	8.504	d_4	= 0.10	n_{d3} = 1.52555 v_{d3} = 52.45
r_5	=	6.982 (非球面)	d_5	= 2.73	
r_6	=	12.311	d_6	= 2.23	n_{d4} = 1.80518 v_{d4} = 25.42
r_7	=	32.087	d_7	= (可変)	
r_8	=	∞ (絞り)	d_8	= 0.94	
r_9	=	30.723 (非球面)	d_9	= 1.60	n_{d5} = 1.60311 v_{d5} = 60.64
r_{10}	=	-12.949	d_{10}	= 0.50	
r_{11}	=	5.242	d_{11}	= 3.55	n_{d6} = 1.61272 v_{d6} = 58.72
r_{12}	=	-89.064	d_{12}	= 0.50	n_{d7} = 1.74077 v_{d7} = 27.79
r_{13}	=	3.847	d_{13}	= 2.19	
r_{14}	=	-20.881	d_{14}	= 1.37	n_{d8} = 1.51633 v_{d8} = 64.14
r_{15}	=	-9.365	d_{15}	= (可変)	
r_{16}	=	39.137 (非球面)	d_{16}	= 2.46	n_{d9} = 1.56384 v_{d9} = 60.67
r_{17}	=	-9.532	d_{17}	= 4.20	
r_{18}	=	∞ (像面)			

ズーム間隔

f	4.386	7.451	12.642
d_7	17.15	6.98	1.00
d_{15}	1.00	5.01	11.77

非球面係数

第5面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -4.37407 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.95376 \times 10^{-10}$$

$$A_8 = -1.05245 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -2.15246 \times 10^{-9}$$

第 9 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.05174 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -6.60605 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 8.45958 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -3.81345 \times 10^{-8}$$

第 16 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.57767 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.64691 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -8.27513 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.69001 \times 10^{-8}$$

。

【 0 1 4 2 】

10

実施例 2

$$f = 4.375 \sim 7.411 \sim 12.649$$

$$F_{NO} = 2.83 \sim 3.48 \sim 4.62$$

$$\omega = 37.8^\circ \sim 24.1^\circ \sim 15.8^\circ$$

$r_1 =$	15.773	$d_1 =$	1.10	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	9.476	$d_2 =$	1.53				
$r_3 =$	14.021	$d_3 =$	1.00	$n_{d2} =$	1.69680	$v_{d2} =$	55.53
$r_4 =$	8.058	$d_4 =$	2.59				
$r_5 =$	40.949	$d_5 =$	0.80	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	7.484 (非球面)	$d_6 =$	2.33				
$r_7 =$	14.074	$d_7 =$	2.21	$n_{d4} =$	1.80518	$v_{d4} =$	25.42
$r_8 =$	315.362	$d_8 =$	(可変)				
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	0.87				
$r_{10} =$	8.943 (非球面)	$d_{10} =$	2.80	$n_{d5} =$	1.60311	$v_{d5} =$	60.64
$r_{11} =$	-19.486	$d_{11} =$	1.74				
$r_{12} =$	11.249	$d_{12} =$	3.34	$n_{d6} =$	1.61272	$v_{d6} =$	58.72
$r_{13} =$	-8.479	$d_{13} =$	0.50	$n_{d7} =$	1.74077	$v_{d7} =$	27.79
$r_{14} =$	5.482	$d_{14} =$	3.17				
$r_{15} =$	15.126	$d_{15} =$	2.29	$n_{d8} =$	1.60342	$v_{d8} =$	38.03
$r_{16} =$	-48.736	$d_{16} =$	(可変)				
$r_{17} =$	12.445 (非球面)	$d_{17} =$	1.39	$n_{d9} =$	1.56384	$v_{d9} =$	60.67
$r_{18} =$	-250.472	$d_{18} =$	4.21				
$r_{19} =$	∞ (像面)						

20

30

ズーム間隔

f	4.375	7.411	12.649
d_8	16.57	6.83	1.00
d_{16}	0.50	5.03	12.82

40

非球面係数

第 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.68865 \times 10^{-4}$$

50

$$A_6 = -1.90729 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -9.53501 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 8.24639 \times 10^{-12}$$

第 10 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.77414 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.77354 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.45517 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.14044 \times 10^{-8}$$

第 17 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.92081 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.48703 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.56437 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.02200 \times 10^{-8}$$

10

【 0 1 4 3 】

実施例 3

$$f = 4.374 \sim 7.448 \sim 12.649$$

$$F_{NO} = 2.31 \sim 2.93 \sim 4.00$$

$$\omega = 37.9^\circ \sim 24.0^\circ \sim 15.8^\circ$$

20

$r_1 =$	20.947	$d_1 =$	0.95	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	6.794	$d_2 =$	3.43				
$r_3 =$	25.746	$d_3 =$	0.70	$n_{d2} =$	1.78590	$v_{d2} =$	44.20
$r_4 =$	6.745 (非球面)	$d_4 =$	2.48				
$r_5 =$	13.847	$d_5 =$	2.10	$n_{d3} =$	1.80518	$v_{d3} =$	25.42
$r_6 =$	102.749	$d_6 =$	(可変)				
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.70				
$r_8 =$	8.691 (非球面)	$d_8 =$	3.92	$n_{d4} =$	1.60311	$v_{d4} =$	60.64
$r_9 =$	-18.462	$d_9 =$	0.50				
$r_{10} =$	9.505	$d_{10} =$	3.45	$n_{d5} =$	1.61272	$v_{d5} =$	58.72
$r_{11} =$	-10.051	$d_{11} =$	0.50	$n_{d6} =$	1.74077	$v_{d6} =$	27.79
$r_{12} =$	4.905	$d_{12} =$	3.42				
$r_{13} =$	15.706	$d_{13} =$	1.01	$n_{d7} =$	1.60342	$v_{d7} =$	38.03
$r_{14} =$	17250.422	$d_{14} =$	(可変)				
$r_{15} =$	11.303 (非球面)	$d_{15} =$	1.78	$n_{d8} =$	1.56384	$v_{d8} =$	60.67
$r_{16} =$	-48.249	$d_{16} =$	3.94				
$r_{17} =$	∞ (像面)						

30

ズーム間隔

f	4.374	7.448	12.649
d ₆	15.02	6.19	1.00
d ₁₄	1.00	5.80	13.87

40

非球面係数

第 4 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -5.75781 \times 10^{-4}$$

50

$$A_6 = -2.01153 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.60007 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -3.72946 \times 10^{-10}$$

第 8 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.80524 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.61468 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.94898 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = -1.27601 \times 10^{-10}$$

第 15 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.70433 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.36913 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.86548 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.27612 \times 10^{-8}$$

10

【 0 1 4 4 】

実施例 4

$$f = 4.374 \sim 7.448 \sim 12.648$$

$$F_{NO} = 2.31 \sim 2.93 \sim 4.00$$

20

$$\omega = 38.0^\circ \sim 23.8^\circ \sim 15.6^\circ$$

$r_1 = 73.199$	$d_1 = 1.10$	$n_{d1} = 1.69680$	$v_{d1} = 55.53$
$r_2 = 13.721$ (非球面)	$d_2 = 3.98$		
$r_3 = -1281.699$	$d_3 = 0.95$	$n_{d2} = 1.81600$	$v_{d2} = 46.62$
$r_4 = 8.202$	$d_4 = 3.12$		
$r_5 = 14.786$	$d_5 = 2.05$	$n_{d3} = 1.80518$	$v_{d3} = 25.42$
$r_6 = 88.390$	$d_6 =$ (可変)		
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 0.42$		
$r_8 = 23.686$ (非球面)	$d_8 = 1.66$	$n_{d4} = 1.60311$	$v_{d4} = 60.64$
$r_9 = -16.220$	$d_9 = 0.50$		
$r_{10} = 6.386$	$d_{10} = 4.62$	$n_{d5} = 1.61272$	$v_{d5} = 58.72$
$r_{11} = -13.321$	$d_{11} = 0.50$	$n_{d6} = 1.72825$	$v_{d6} = 28.46$
$r_{12} = 4.469$	$d_{12} = 2.75$		
$r_{13} = 46.980$	$d_{13} = 1.64$	$n_{d7} = 1.51633$	$v_{d7} = 64.14$
$r_{14} = -18.186$	$d_{14} =$ (可変)		
$r_{15} = 19.128$ (非球面)	$d_{15} = 2.30$	$n_{d8} = 1.56384$	$v_{d8} = 60.67$
$r_{16} = -14.925$	$d_{16} = 4.19$		
$r_{17} = \infty$ (像面)			

30

ズーム間隔

f	4.374	7.448	12.648
d ₆	16.12	6.58	1.00
d ₁₄	1.00	5.73	13.69

40

非球面係数

第 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.83153 \times 10^{-4}$$

50

$$A_6 = -3.40705 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 1.25210 \times 10^{-13}$$

$$A_{10} = -9.97522 \times 10^{-12}$$

第 8 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.00639 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.18430 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 2.11991 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -9.90194 \times 10^{-9}$$

第 15 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -4.01115 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.35678 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.19449 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.00098 \times 10^{-8}$$

10

【 0 1 4 5 】

実施例 5

$$f = 4.387 \sim 7.451 \sim 12.643$$

$$F_{NO} = 2.42 \sim 3.04 \sim 4.09$$

$$\omega = 37.9^\circ \sim 24.2^\circ \sim 14.9^\circ$$

20

$r_1 =$	20.677	$d_1 =$	1.10	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	8.565	$d_2 =$	3.49				
$r_3 =$	37.351	$d_3 =$	0.95	$n_{d2} =$	1.81600	$v_{d2} =$	46.62
$r_4 =$	9.087	$d_4 =$	0.10	$n_{d3} =$	1.52555	$v_{d3} =$	52.45
$r_5 =$	7.102 (非球面)	$d_5 =$	3.09				
$r_6 =$	15.013	$d_6 =$	2.20	$n_{d4} =$	1.80518	$v_{d4} =$	25.42
$r_7 =$	78.101	$d_7 =$	(可変)				
$r_8 =$	∞ (絞り)	$d_8 =$	0.96				
$r_9 =$	192.084 (非球面)	$d_9 =$	1.47	$n_{d5} =$	1.60311	$v_{d5} =$	60.64
$r_{10} =$	-12.882	$d_{10} =$	0.50				
$r_{11} =$	6.097	$d_{11} =$	5.24	$n_{d6} =$	1.61272	$v_{d6} =$	58.72
$r_{12} =$	-9.764	$d_{12} =$	0.50	$n_{d7} =$	1.74077	$v_{d7} =$	27.79
$r_{13} =$	4.498	$d_{13} =$	2.15				
$r_{14} =$	-58.594	$d_{14} =$	1.47	$n_{d8} =$	1.60342	$v_{d8} =$	38.03
$r_{15} =$	-11.441	$d_{15} =$	(可変)				
$r_{16} =$	14.316	$d_{16} =$	2.75	$n_{d9} =$	1.56384	$v_{d9} =$	60.67
$r_{17} =$	-18.860	$d_{17} =$	4.20				
$r_{18} =$	∞ (像面)						

30

ズーム間隔

40

f	4.387	7.451	12.643
d ₇	17.82	7.23	1.00
d ₁₅	1.00	5.63	13.44

非球面係数

第 5 面

$$K = 0.000$$

50

$$A_4 = -5.06617 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.08894 \times 10^{-10}$$

$$A_8 = -1.83217 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -2.12210 \times 10^{-10}$$

第 9 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.20398 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.22111 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 5.21447 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.71674 \times 10^{-8}$$

。

10

【 0 1 4 6 】

実施例 6

$$f = 4.371 \sim 4.898 \sim 12.622$$

$$F_{NO} = 2.32 \sim 2.42 \sim 4.00$$

$$\omega = 38.1^\circ \sim 24.8^\circ \sim 13.9^\circ$$

$r_1 =$	26.445	$d_1 =$	1.10	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	11.792	$d_2 =$	2.81				
$r_3 =$	68.200	$d_3 =$	1.00	$n_{d2} =$	1.69680	$v_{d2} =$	55.53
$r_4 =$	14.028	$d_4 =$	3.16				
$r_5 =$	-23.225	$d_5 =$	0.90	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	-4325.882	$d_6 =$	1.34				
$r_7 =$	-20.775	$d_7 =$	1.72	$n_{d4} =$	1.80518	$v_{d4} =$	25.42
$r_8 =$	-11.656	$d_8 =$	(可変)				
$r_9 =$	∞ (絞り)	$d_9 =$	1.70				
$r_{10} =$	6.001 (非球面)	$d_{10} =$	2.03	$n_{d5} =$	1.60311	$v_{d5} =$	60.64
$r_{11} =$	-18.104	$d_{11} =$	2.19				
$r_{12} =$	132.728 (非球面)	$d_{12} =$	1.01	$n_{d6} =$	1.61272	$v_{d6} =$	58.72
$r_{13} =$	-11.240	$d_{13} =$	0.50	$n_{d7} =$	1.74077	$v_{d7} =$	27.79
$r_{14} =$	4.411	$d_{14} =$	1.28				
$r_{15} =$	7.374	$d_{15} =$	1.11	$n_{d8} =$	1.60342	$v_{d8} =$	38.03
$r_{16} =$	53.534	$d_{16} =$	(可変)				
$r_{17} =$	88.907 (非球面)	$d_{17} =$	4.56	$n_{d9} =$	1.56384	$v_{d9} =$	60.67
$r_{18} =$	-8.781	$d_{18} =$	4.35				
$r_{19} =$	∞ (像面)						

20

30

ズーΔ間隔

f	4.371	4.898	12.622
d_8	18.99	15.85	1.00
d_{16}	0.50	1.25	11.73

40

非球面係数

第 10 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -6.37232 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.39285 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.16573 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.24269 \times 10^{-8}$$

50

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = 3.49239 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.39146 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 3.75806 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 5.39048 \times 10^{-9}$$

第 1 7 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.22514 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.04830 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.78577 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 4.26779 \times 10^{-8}$$

10

【 0 1 4 7 】

実施例 7

$$f = 2.973 \sim 5.050 \sim 8.568$$

$$F_{NO} = 2.42 \sim 3.04 \sim 4.09$$

$$\omega = 37.9^\circ \sim 23.7^\circ \sim 14.4^\circ$$

$r_1 =$	14.013	$d_1 =$	0.75	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	5.805	$d_2 =$	2.36				
$r_3 =$	25.313	$d_3 =$	0.64	$n_{d2} =$	1.81600	$v_{d2} =$	46.62
$r_4 =$	6.158	$d_4 =$	0.07	$n_{d3} =$	1.52555	$v_{d3} =$	52.45
$r_5 =$	4.813 (非球面)	$d_5 =$	2.10				
$r_6 =$	10.175	$d_6 =$	1.49	$n_{d4} =$	1.80518	$v_{d4} =$	25.42
$r_7 =$	52.930	$d_7 =$	(可変)				
$r_8 =$	∞ (絞り)	$d_8 =$	0.65				
$r_9 =$	130.178 (非球面)	$d_9 =$	1.00	$n_{d5} =$	1.60311	$v_{d5} =$	60.64
$r_{10} =$	-8.730	$d_{10} =$	0.34				
$r_{11} =$	4.132	$d_{11} =$	3.55	$n_{d6} =$	1.61272	$v_{d6} =$	58.72
$r_{12} =$	-6.617	$d_{12} =$	0.34	$n_{d7} =$	1.74077	$v_{d7} =$	27.79
$r_{13} =$	3.048	$d_{13} =$	1.46				
$r_{14} =$	-39.710	$d_{14} =$	0.99	$n_{d8} =$	1.60342	$v_{d8} =$	38.03
$r_{15} =$	-7.754	$d_{15} =$	(可変)				
$r_{16} =$	9.702	$d_{16} =$	1.86	$n_{d9} =$	1.56384	$v_{d9} =$	60.67
$r_{17} =$	-12.781	$d_{17} =$	2.85				
$r_{18} =$	∞ (像面)						

20

30

ズーム間隔

f	2.973	5.050	8.568
d_7	12.07	4.90	0.68
d_{15}	0.68	3.82	9.11

40

非球面係数

第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.62760 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.46118 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = -2.79032 \times 10^{-6}$$

50

$$A_{10} = -7.03666 \times 10^{-9}$$

第 9 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.86799 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.95260 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 7.94144 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = -5.69253 \times 10^{-7}$$

。

【 0 1 4 8 】

実施例 8

10

$$f = 3.293 \sim 5.609 \sim 9.524$$

$$F_{NO} = 2.31 \sim 2.93 \sim 4.00$$

$$\omega = 38.0^\circ \sim 23.8^\circ \sim 15.6^\circ$$

$r_1 =$	55.120	$d_1 =$	0.83	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	10.332 (非球面)	$d_2 =$	3.00				
$r_3 =$	-965.135	$d_3 =$	0.72	$n_{d2} =$	1.81600	$v_{d2} =$	46.62
$r_4 =$	6.176	$d_4 =$	2.35				
$r_5 =$	11.134	$d_5 =$	1.54	$n_{d3} =$	1.80518	$v_{d3} =$	25.42
$r_6 =$	66.559	$d_6 =$	(可変)				
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.31				
$r_8 =$	17.836 (非球面)	$d_8 =$	1.25	$n_{d4} =$	1.60311	$v_{d4} =$	60.64
$r_9 =$	-12.214	$d_9 =$	0.38				
$r_{10} =$	4.809	$d_{10} =$	3.48	$n_{d5} =$	1.61272	$v_{d5} =$	58.72
$r_{11} =$	-10.031	$d_{11} =$	0.38	$n_{d6} =$	1.72825	$v_{d6} =$	28.46
$r_{12} =$	3.365	$d_{12} =$	2.07				
$r_{13} =$	35.376	$d_{13} =$	1.24	$n_{d7} =$	1.51633	$v_{d7} =$	64.14
$r_{14} =$	-13.694	$d_{14} =$	(可変)				
$r_{15} =$	14.404 (非球面)	$d_{15} =$	1.73	$n_{d8} =$	1.56384	$v_{d8} =$	60.67
$r_{16} =$	-11.239	$d_{16} =$	3.16				
$r_{17} =$	∞ (像面)						

20

30

ズーΔ間隔

┌──┴──┐	┌──┴──┐	┌──┴──┐	┌──┴──┐
f	3.293	5.609	9.524
└──┬──┘	└──┬──┘	└──┬──┘	└──┬──┘
d ₆	12.14	4.96	0.75
└──┬──┘	└──┬──┘	└──┬──┘	└──┬──┘
d ₁₄	0.75	4.32	10.31
└──┬──┘	└──┬──┘	└──┬──┘	└──┬──┘

非球面係数

40

第 2 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -4.28951 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.40724 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 9.12064 \times 10^{-13}$$

$$A_{10} = -1.28146 \times 10^{-10}$$

第 8 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.35699 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.89159 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.54420 \times 10^{-6}$$

50

$$A_{10} = -1.27205 \times 10^{-7}$$

第 15 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -9.39428 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.60401 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.51224 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 1.28590 \times 10^{-7}$$

。

【 0 1 4 9 】

実施例 9

10

$$f = 2.378 \sim 4.040 \sim 6.854$$

$$F_{NO} = 2.36 \sim 2.96 \sim 3.99$$

$$\omega = 37.9^\circ \sim 23.7^\circ \sim 14.4^\circ$$

$r_1 =$	16.595	$d_1 =$	0.60	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	5.379	$d_2 =$	1.31				
$r_3 =$	14.644	$d_3 =$	0.52	$n_{d2} =$	1.78590	$v_{d2} =$	44.20
$r_4 =$	4.611	$d_4 =$	0.05	$n_{d3} =$	1.52555	$v_{d3} =$	52.45
$r_5 =$	3.785 (非球面)	$d_5 =$	1.48				
$r_6 =$	6.675	$d_6 =$	1.21	$n_{d4} =$	1.80518	$v_{d4} =$	25.42
$r_7 =$	17.397	$d_7 =$	(可変)				
$r_8 =$	∞ (絞り)	$d_8 =$	0.51				
$r_9 =$	16.657 (非球面)	$d_9 =$	0.87	$n_{d5} =$	1.60311	$v_{d5} =$	60.64
$r_{10} =$	-7.020	$d_{10} =$	0.27				
$r_{11} =$	2.842	$d_{11} =$	1.93	$n_{d6} =$	1.61272	$v_{d6} =$	58.72
$r_{12} =$	-48.288	$d_{12} =$	0.27	$n_{d7} =$	1.74077	$v_{d7} =$	27.79
$r_{13} =$	2.086	$d_{13} =$	1.19				
$r_{14} =$	-11.321	$d_{14} =$	0.74	$n_{d8} =$	1.51633	$v_{d8} =$	64.14
$r_{15} =$	-5.077	$d_{15} =$	(可変)				
$r_{16} =$	21.219 (非球面)	$d_{16} =$	1.34	$n_{d9} =$	1.56384	$v_{d9} =$	60.67
$r_{17} =$	-5.168	$d_{17} =$	2.28				
$r_{18} =$	∞ (像面)						

20

30

ズーム間隔

f	2.378	4.040	6.854
d_7	9.30	3.79	0.54
d_{15}	0.54	2.72	6.38

非球面係数

40

第 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.74462 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 6.30526 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = -7.64294 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = -5.31771 \times 10^{-7}$$

第 9 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.28741 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -1.41016 \times 10^{-4}$$

50

$$A_8 = 6.14338 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -9.42124 \times 10^{-6}$$

第 1 6 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.49985 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.51560 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -6.00944 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 4.17522 \times 10^{-6}$$

。

【 0 1 5 0 】

10

実施例 1 0

$$f = 1.975 \sim 2.213 \sim 5.703$$

$$F_{NO} = 2.32 \sim 2.42 \sim 4.00$$

$$\omega = 38.1^\circ \sim 24.8^\circ \sim 13.9^\circ$$

$r_1 =$	11.948	$d_1 =$	0.50	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	5.328	$d_2 =$	1.27				
$r_3 =$	30.813	$d_3 =$	0.45	$n_{d2} =$	1.69680	$v_{d2} =$	55.53
$r_4 =$	6.338	$d_4 =$	1.43				
$r_5 =$	-10.493	$d_5 =$	0.41	$n_{d3} =$	1.88300	$v_{d3} =$	40.76
$r_6 =$	-1954.465	$d_6 =$	0.60				
$r_7 =$	-9.386	$d_7 =$	0.78	$n_{d4} =$	1.80518	$v_{d4} =$	25.42
$r_8 =$	-5.266	$d_8 =$	(可 変)				
$r_9 =$	∞ (絞 り)	$d_9 =$	0.77				
$r_{10} =$	2.711 (非 球 面)	$d_{10} =$	0.92	$n_{d5} =$	1.60311	$v_{d5} =$	60.64
$r_{11} =$	-8.179	$d_{11} =$	0.99				
$r_{12} =$	59.968 (非 球 面)	$d_{12} =$	0.46	$n_{d6} =$	1.61272	$v_{d6} =$	58.72
$r_{13} =$	-5.078	$d_{13} =$	0.23	$n_{d7} =$	1.74077	$v_{d7} =$	27.79
$r_{14} =$	1.993	$d_{14} =$	0.58				
$r_{15} =$	3.332	$d_{15} =$	0.50	$n_{d8} =$	1.60342	$v_{d8} =$	38.03
$r_{16} =$	24.187	$d_{16} =$	(可 変)				
$r_{17} =$	40.169 (非 球 面)	$d_{17} =$	2.06	$n_{d9} =$	1.56384	$v_{d9} =$	60.67
$r_{18} =$	-3.967	$d_{18} =$	2.52				
$r_{19} =$	∞ (像 面)						

20

30

ズ ー ム 間 隔

f	1.975	2.213	5.703
d ₈	8.58	7.16	0.45
d ₁₆	0.23	0.57	5.30

40

非 球 面 係 数

第 1 0 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -6.90936 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.33335 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -3.03337 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 4.13358 \times 10^{-5}$$

第 1 2 面

$$K = 0.000$$

50

$$A_4 = 3.78672 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -7.39104 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 9.77894 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 6.87146 \times 10^{-6}$$

第 17 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.32840 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -5.56828 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.76574 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 5.44032 \times 10^{-5}$$

。

10

【 0 1 5 1 】

実施例 11

$$f = 2.635 \sim 4.487 \sim 7.620$$

$$F_{NO} = 2.31 \sim 2.93 \sim 4.00$$

$$\omega = 37.9^\circ \sim 24.0^\circ \sim 15.8^\circ$$

$r_1 =$	12.619	$d_1 =$	0.57	$n_{d1} =$	1.69680	$v_{d1} =$	55.53
$r_2 =$	4.093	$d_2 =$	2.07				
$r_3 =$	15.510	$d_3 =$	0.42	$n_{d2} =$	1.78590	$v_{d2} =$	44.20
$r_4 =$	4.063 (非球面)	$d_4 =$	1.50				
$r_5 =$	8.342	$d_5 =$	1.27	$n_{d3} =$	1.80518	$v_{d3} =$	25.42
$r_6 =$	61.897	$d_6 =$	(可変)				
$r_7 =$	∞ (絞り)	$d_7 =$	0.42				
$r_8 =$	5.236 (非球面)	$d_8 =$	2.36	$n_{d4} =$	1.60311	$v_{d4} =$	60.64
$r_9 =$	-11.121	$d_9 =$	0.30				
$r_{10} =$	5.726	$d_{10} =$	2.08	$n_{d5} =$	1.61272	$v_{d5} =$	58.72
$r_{11} =$	-6.055	$d_{11} =$	0.30	$n_{d6} =$	1.74077	$v_{d6} =$	27.79
$r_{12} =$	2.955	$d_{12} =$	2.06				
$r_{13} =$	9.461	$d_{13} =$	0.61	$n_{d7} =$	1.60342	$v_{d7} =$	38.03
$r_{14} =$	10391.820	$d_{14} =$	(可変)				
$r_{15} =$	6.809 (非球面)	$d_{15} =$	1.07	$n_{d8} =$	1.56384	$v_{d8} =$	60.67
$r_{16} =$	-29.066	$d_{16} =$	2.38				
$r_{17} =$	∞ (像面)						

20

30

ズーム間隔

f	2.635	4.487	7.620
d ₆	9.05	3.73	0.60
d ₁₄	0.60	3.50	8.36

40

非球面係数

第 4 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.63379 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.53552 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -9.03111 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = -3.56959 \times 10^{-8}$$

第 8 面

$$K = 0.000$$

50

$$A_4 = -1.28320 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -2.03529 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.76960 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.22132 \times 10^{-8}$$

第 1 5 面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -1.23704 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.72577 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -2.38467 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 1.22142 \times 10^{-6}$$

。

10

【 0 1 5 2 】

上記実施例 1 の無限遠合焦時の収差図を図 1 2 に示す。図中、(a) は広角端、(b) は中間状態、(c) は望遠端での収差カーブであり、各図中、S A は球面収差、A S は非点収差、D T は歪曲収差、C C は倍率色収差を示す。

【 0 1 5 3 】

また、上記実施例 1 ~ 1 1 の条件式 (1) ~ (1 0) の値を下記に示す。

実施例	条件 (1)	条件 (2)	条件 (3)	条件 (4)	条件 (5)
1	0.3(h=5)	-0.19(h=4)	0.05(h=5)	1.10	1.62
2	0.1(h=4)	-0.05(h=3.7)	* * *	1.67	1.26
3	0.2(h=4)	-0.06(h=4)	* * *	1.30	1.26
4	0.2(h=6)	-0.1 (h=4)	* * *	1.20	2.45
5	0.4(h=5)	* * *	0.07(h=5)	1.18	1.81
6	* * *	-0.3 (h=3)	* * *	1.14	1.23
7	0.3(h=3)	* * *	-0.001(h=3)	1.18	1.81
8	0.2(h=4.5)	-0.06(h=2.3)	* * *	1.20	2.45
9	0.4(h=3)	-0.08(h=1.5)	0.1 (h=3)	1.10	1.62
1 0	* * *	-0.2 (h=1.2)	* * *	1.14	1.23
1 1	0.2(h=2.5)	-0.02(h=1.6)	* * *	1.30	1.26

20

実施例	条件 (6)	条件 (7)	条件 (8)	条件 (9)	条件 (10)
1	4.17	-0.02(h=2.2)	-0.980	3.208	7.10
2	6.35	-0.03(h=2.5)	-0.524	4.431	6.69
3	4.95	-0.01(h=2.8)	-0.673	4.071	6.90
4	4.59	-0.01(h=2.5)	-0.784	3.642	9.24
5	4.48	-0.01(h=2.5)	-0.900	3.702	10.48
6	4.34	-0.09(h=2.8)	-1.055	2.957	2.03
7	4.48	-0.03(h=2)	-0.901	3.702	10.44
8	4.59	-0.01(h=2)	-0.784	3.644	9.16
9	4.17	-0.02(h=1.2)	-0.980	3.211	7.15
1 0	4.34	-0.7 (h=1.2)	-1.059	2.967	2.00
1 1	4.95	-0.04(h=1)	-0.673	4.065	6.93

30

40

注) 条件 (1)、(2)、(3)、(7) の数値の後の括弧内の h は、算出した点の光軸からの高さ、* * * はその実施例の構成が該当しないことを示す。

【 0 1 5 4 】

上述した本発明のズームレンズは、C C D や C M O S センサー等の電子撮像素子を用いた各種撮影装置に用いることができる。以下にその具体的な適用例を示す。

【 0 1 5 5 】

本発明のズームレンズが対物光学系として組み込まれた電子カメラが図 1 3 ~ 図 1 5 に示される。図 1 3 は電子カメラ 2 0 0 の外観を示す前方斜視図、図 1 4 は同後方斜視図、図 1 5 は電子カメラ 2 0 0 の構成を示す断面図である。図 1 3 ~ 図 1 5 に示されるように、

50

電子カメラ 200 は、撮影用光路 201 を有する撮影光学系 202、ファインダー用光路 203 を有するファインダー光学系 204、シャッター 205、フラッシュ 206、液晶表示モニター 207 を備えている。カメラ 200 の上部に配置されたシャッター 205 が押圧されることにより、それに連動して撮影用対物光学系として配置された本発明のズームレンズ（図では略記）からなる対物レンズ 12 を通して撮影が行われる。この撮影用対物光学系によって形成された対物像が、1 R（赤外線）カットフィルター 80 を介して CCD 等の撮像素子チップ 62 上に形成される。

【0156】

ここで、撮像素子チップ 62 上には付加的に 1 R カットフィルター 80 が貼り付けられて撮像ユニット 60 として一体に形成され、対物レンズ 12 の鏡枠 13 の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ 12 と撮像素子チップ 62 の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっており、カメラ装置の生産性を高め、コスト低下を実現できるという商業的メリットがあるように構成されている。また、鏡枠 13 の先端には、対物レンズ 12 を保護するためのカバーガラス 14 が配置されている。なお、鏡枠 13 中のズームレンズの駆動機構は図示を省いてある。

【0157】

撮像素子チップ 62 で受光された物体像は、端子 66 と電氣的に接続された処理手段 208 を介して、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター 207 に表示される。また、この処理手段 208 は、撮像素子チップ 62 で撮影された物体像を電子情報として記録する記録手段 209 の制御も行う。この記録手段 209 は、処理手段 208 に設けられたメモリーであってもよく、図示されるように、処理手段 208 と電氣的に接続され、フロッピーディスクやスマートメディア等の磁気記録媒体に電子的に記録を書き込むデバイスであってもよい。

【0158】

さらに、ファインダー用光路 203 を有するファインダー用光学系 204 は、ファインダー用対物光学系 210 と、このファインダー用対物光学系 210 で形成された物体像を正立させるポロプリズム 211 と、物体像を観察者眼球 E に導く接眼レンズ 212 とを備えている。ポロプリズム 211 は、前部分と後部分とに分割され、その間に物体像が形成される面があり、その面上に視野枠 213 が配置されている。このポロプリズム 211 は、4 つの反射面を有し、ファインダー用対物光学系 210 で形成された物体像を正立正像させている。

【0159】

また、このカメラ 200 は、部品を減らし、コンパクトにし、低コストにするために、ファインダー光学系 204 が排除されてもよい。この場合、観察者は、液晶表示モニター 207 を見ながら撮影する、

次に、本発明のズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンが図 16～図 18 に示される。図 16 はパソコン 300 のカバーを開いた前方斜視図、図 17 はパソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図、図 18 は図 16 の状態の側面図である。図 16～図 18 に示されるように、パソコン 300 は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード 301 と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター 302 と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系 303 とを有している。ここで、モニター 302 は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRT ディスプレイ等であってもよい。また、図中、撮影光学系 303 は、モニター 302 の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター 302 の周囲や、キーボード 301 の周囲のどこであってもよい。

【0160】

この撮影光学系 303 は、撮影光路 304 上に、本発明のズームレンズ（図では略記）からなる対物レンズ 12 と、像を受光する撮像素子チップ 62 とを有している。これらはパソコン 300 に内蔵されている。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 1 】

ここで、撮像素子チップ 6 2 上には付加的に 1 R カットフィルター 8 0 が貼り付けられて撮像ユニット 6 0 として一体に形成され、対物レンズ 1 2 の鏡枠 1 3 の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ 1 2 と撮像素子チップ 6 2 の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠 1 3 の先端には、対物レンズ 1 2 を保護するためのカバーガラス 1 4 が配置されている。なお、鏡枠 1 3 中のズームレンズの駆動機構は図示を省いてある。

【 0 1 6 2 】

撮像素子チップ 6 2 で受光された物体像は、端子 6 6 を介して、パソコン 3 0 0 の処理手段に入力され、電子画像としてモニター 3 0 2 に表示される、図 1 6 には、その一例として、操作者の撮影された画像 3 0 5 が示されている。また、この画像 3 0 5 は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

10

【 0 1 6 3 】

次に、本発明のズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図 1 9 に示される。図 1 9 (a) は携帯電話 4 0 0 の正面図、図 1 9 (b) は側面図、図 1 9 (c) は撮影光学系 4 0 5 の断面図である。図 1 9 (a) ~ (c) に示されるように、携帯電話 4 0 0 は、操作者の声を情報として入力するマイク部 4 0 1 と、通話相手の声を出力するスピーカ部 4 0 2 と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル 4 0 3 と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター 4 0 4 と、撮影光学系 4 0 5 と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ 4 0 6 と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター 4 0 4 は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系 4 0 5 は、撮影光路 4 0 7 上に配置された本発明のズームレンズ（図では略記）からなる対物レンズ 1 2 と、物体像を受光する撮像素子チップ 6 2 とを有している。これらは、携帯電話 4 0 0 に内蔵されている。

20

【 0 1 6 4 】

ここで、撮像素子チップ 6 2 上には付加的に 1 R カットフィルター 8 0 が貼り付けられて撮像ユニット 6 0 として一体に形成され、対物レンズ 1 2 の鏡枠 1 3 の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ 1 2 と撮像素子チップ 6 2 の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠 1 3 の先端には、対物レンズ 1 2 を保護するためのカバーガラス 1 4 が配置されている。なお、鏡枠 1 3 中のズームレンズの駆動機構は図示を省いてある。

30

【 0 1 6 5 】

撮像素子チップ 6 2 で受光された物体像は、端子 6 6 を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター 4 0 4 に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ 6 2 で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【 0 1 6 6 】

以上の本発明のズームレンズは例えば次のように構成することができる。

40

【 0 1 6 7 】

〔 1 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りには前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、負レンズ、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 1 レンズ群に下記条件式（ 1 ）を満足する非球面を有するレンズを有し、かつ、前記第 3 レンズ群に下記条件式（ 2 ）を満足する非球面を有するレンズを有することを特徴とす

50

るズームレンズ。

【0168】

$$0 < (1/r_{a1} - 1/r_{m1}) h_1 / (n_{a1} - n_{a1}') < 1 \quad \dots (1)$$

$$-1 < (1/r_{a3} - 1/r_{m3}) h_3 / (n_{a3} - n_{a3}') < 0 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{a1} は第1レンズ群に配置されている非球面Ⅰの近軸曲率半径、 r_{m1} は、光軸と第1レンズ群に配置されている該非球面Ⅰの交点から、該非球面Ⅰ上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(1)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a1} は該非球面Ⅰの物体側の屈折率、 n_{a1}' は該非球面Ⅰの像側の屈折率、 h_1 は前記点(1)の光軸からの高さ、 r_{a3} は第3レンズ群に配置されている非球面Ⅲの近軸曲率半径、 r_{m3} は、光軸と第3レンズ群に配置されている該非球面Ⅲの交点から、該非球面Ⅲ上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(3)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a3} は該非球面Ⅲの物体側の屈折率、 n_{a3}' は該非球面Ⅲの像側の屈折率、 h_3 は前記点(3)の光軸からの高さである。

10

【0169】

〔2〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りには前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第1レンズ群に、条件式(3)を満足する球面レンズの凹面に樹脂を薄く塗布することによって非球面を形成したレンズを用いたことを特徴とするズームレンズ。

20

【0170】

$$-0.1 < (1/r_{a1}' - 1/r_{m1}) h_1 / (n_{a1} - n_{a1}') < 1 \quad \dots (3)$$

ただし、 r_{a1}' は第1レンズ群に配置されている非球面Ⅰを形成する樹脂を塗布する凹面の近軸曲率半径、 r_{m1} は、光軸と第1レンズ群に配置されている該非球面Ⅰの交点から、該非球面上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(1)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a1} は該非球面の物体側の屈折率、 n_{a1}' は該非球面の像側の屈折率、 h_1 は前記点(1)の光軸からの高さである。

30

【0171】

〔3〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りには前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式(4)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【0172】

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

40

【0173】

〔4〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りには前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式(5)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

50

【 0 1 7 4 】

$$1. \quad 2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

【 0 1 7 5 】

〔 5 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズで構成され、以下の条件式 (6) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【 0 1 7 6 】

$$2 < f_3 / IH < 12 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【 0 1 7 7 】

〔 6 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も物体側の面に条件式 (7) を満足する非球面を用い、かつ、以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【 0 1 7 8 】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \dots (7)$$

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 r_{a2} は第 2 レンズ群の最も物体側に配置されている非球面 II の近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第 2 レンズ群に配置されている該非球面 II の交点から、該非球面 II 上の軸上光束の最大径の 0.7 倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点 (2) における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2}' は第 2 レンズ群の最も物体側に配置されているレンズの屈折率、 h_2 前記点 (2) の光軸からの高さ、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【 0 1 7 9 】

〔 7 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も物体側の面に条件式 (7) を満足する非球面を用い、かつ、以下の条件式 (5) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【 0 1 8 0 】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \dots (7)$$

$$1. \quad 2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 r_{a2} は第 2 レンズ群の最も物体側に配置されている非球面 II の近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第 2 レンズ群に配置されている該非球面 II の交点から、該非球面 II 上の軸上光束の最大径の 0.7 倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点 (2) における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2}' は第 2 レンズ群の最も物体側に配置さ

10

20

30

40

50

れているレンズの屈折率、 h_2 前記点(2)の光軸からの高さ、 f_{1-N} は第1レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第1レンズ群の物体側より2番目の凹レンズの焦点距離である。

【0181】

〔8〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、空気、負レンズ、空気、正レンズからなり、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群の最も物体側の面に条件式(7)を満足する非球面を用い、かつ、以下の条件式(6)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

10

【0182】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \dots (7)$$

$$2 < f_3 / IH < 12 \quad \dots (6)$$

ただし、 r_{a2} は第2レンズ群の最も物体側に配置されている非球面IIの近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第2レンズ群に配置されている該非球面IIの交点から、該非球面II上の軸上光束の最大径の0.7倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点(2)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2}' は第2レンズ群の最も物体側に配置されているレンズの屈折率、 h_2 前記点(2)の光軸からの高さ、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、IHは像高である。

20

【0183】

〔9〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群を構成するレンズは全て物体側に凸のメニスカスレンズであり、かつ、以下の条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

30

【0184】

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第1レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第1レンズ群の物体側より2番目の凹レンズの焦点距離である。

【0185】

〔10〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群を構成するレンズは全て物体側に凸のメニスカスレンズであり、かつ、以下の条件式(8)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

40

【0186】

$$-1.35 < f_1 / f_3 < -0.4 \quad \dots (8)$$

ただし、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離である。

【0187】

〔11〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからな

50

り、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第2レンズ群の最も物体側の面に条件式(7)を満足する非球面を用いたことを特徴とするズームレンズ。

【0188】

$$-1 < (1/r_{a2} - 1/r_{m2})h_2 / (1 - n_{a2}') < 0 \quad \dots (7)$$

ただし、 r_{a2} は第2レンズ群の最も物体側に配置されている非球面IIの近軸曲率半径、 r_{m2} は、光軸と第2レンズ群に配置されている該非球面IIの交点から、該非球面II上の軸上光束の最大径の0.7倍の径と軸上光束の最大径の間の任意の点(2)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a2}' は第2レンズ群の最も物体側に配置されているレンズの屈折率、 h_2 前記点(2)の光軸からの高さである。

10

【0189】

〔12〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第2レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式(9)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【0190】

$$2.7 < \Sigma_{2g} / IH < 4.7 \quad \dots (9)$$

ただし、 Σ_{2g} は開口絞りから第2レンズ群の最も像面側の面までの光軸上での距離、 IH は像高である。

20

【0191】

〔13〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第2レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式(4)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

30

【0192】

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【0193】

〔14〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第3レンズ群は1枚のレンズからなり、前記第2レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第2レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、前記第1レンズ群の最も物体側から少なくとも2枚のレンズは負のレンズであり、以下の条件式(5)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

40

【0194】

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_{1-N} は第1レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第1レンズ群の物体側より2番目の凹レンズの焦点距離である。

【0195】

50

〔 1 5 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記第 2 レンズ群の最も像面側のレンズは像面側に凸のメニスカスレンズであり、以下の条件式 (6) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【 0 1 9 6 】

$$2 < f_3 / IH < 12 \quad \cdots (6)$$

10

ただし、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【 0 1 9 7 】

〔 1 6 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式 (1 0) を満たし、かつ、以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

20

【 0 1 9 8 】

$$1.9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 12 \quad (10)$$

$$0.4 < f_3 / f_t < 2.5 \quad \cdots (4)$$

ただし、 d_{ce1} は第 2 レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第 2 レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_3 は第 3 レンズ群の焦点距離、 f_t は望遠端での全系での焦点距離である。

【 0 1 9 9 】

〔 1 7 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式 (1 0) を満たし、かつ、第 1 レンズ群の最も物体側から少なくとも 2 枚のレンズは負のレンズであり、以下の条件式 (4) を満たすことを特徴とするズームレンズ。

30

【 0 2 0 0 】

$$1.9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 12 \quad (10)$$

$$1.2 < f_{1-N} / f_{2-N} < 2.7 \quad \cdots (5)$$

ただし、 d_{ce1} は第 2 レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第 2 レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_{1-N} は第 1 レンズ群の最も物体側の凹レンズの焦点距離、 f_{2-N} は第 1 レンズ群の物体側より 2 番目の凹レンズの焦点距離である。

40

【 0 2 0 1 】

〔 1 8 〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第 1 レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第 2 レンズ群、正のパワーを持つ第 3 レンズ群からなり、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群が光軸上を移動し、また、第 3 レンズ群を固定して第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第 2 レンズ群と一体となって移動し、前記第 3 レンズ群は 1 枚のレンズからなり、前記第 2 レンズ群は、物体側より順に、正レンズ、正負の接合レンズ、正レンズからなり、前記接合レンズの正レンズと負レンズの厚さの比が、以下の条件式 (1 0) を満た

50

し、かつ、以下の条件式(6)を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【0202】

$$1. \quad 9 < d_{ce1} / d_{ce2} < 12 \quad (10)$$

$$2 < f_3 / IH < 12 \quad \dots (6)$$

ただし、 d_{ce1} は第2レンズ群の接合レンズの凸レンズの厚さ、 d_{ce2} は第2レンズ群の接合レンズの凹レンズの厚さ、 f_3 は第3レンズ群の焦点距離、 IH は像高である。

【0203】

〔19〕 物体側より順に、負のパワーを持つ第1レンズ群、開口絞り、正のパワーを持つ第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群からなり、第1レンズ群と第2レンズ群が光軸上を移動し、また、第3レンズ群を固定して第1レンズ群、第2レンズ群、第3レンズ群のそれぞれの間隔を変化させることにより変倍を行い、前記変倍に際して前記絞りは前記第2レンズ群と一体となって移動し、前記第1レンズ群は、物体側より順に、負レンズ、負レンズ、正レンズからなり、前記第3レンズ群は条件式(2)を満足する物体側に非球面を持つ1枚のレンズからなることを特徴とするズームレンズ。

10

【0204】

$$-1 < (1/r_{a3} - 1/r_{m3})h_3 / (n_{a3} - n_{a3}') < 0 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_{a3} は第3レンズ群に配置されている非球面IIIの近軸曲率半径、 r_{m3} は、光軸と第3レンズ群に配置されている該非球面IIIの交点から、該非球面III上の軸上光束の最大径と軸外光束を含めた有効径の間の任意の点(3)における法線が光軸に最も近づく光軸上の点までの距離、 n_{a3} は該非球面IIIの物体側の屈折率、 n_{a3}' は該非球面IIIの像側の屈折率、 h_3 は前記点(3)の光軸からの高さである。

20

【産業上の利用可能性】

【0205】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、変倍比が約3倍程度で、広角側の画角が広く、Fナンバーも明るいズームレンズであって、良好な結像性能を得ることができるズームレンズを提供することができ、また、製作性の良いズームレンズを提供することができる。さらに、小型でとりわけ小型の携帯情報端末に好適なズームレンズを提供することができる。

【符号の説明】

【0206】

G1 ... 第1群

G2 ... 第2群

G3 ... 第2群

E ... 観察者眼球

12 ... 対物レンズ

13 ... 鏡枠

14 ... カバーガラス

60 ... 撮像ユニット

62 ... 撮像素子チップ

66 ... 端子

80 ... 1Rカットフィルター

200 ... 電子カメラ

201 ... 撮影用光路

202 ... 撮影光学系

203 ... ファインダー用光路

204 ... ファインダー光学系

205 ... シャッター

206 ... フラッシュ

207 ... 液晶表示モニター

208 ... 処理手段

30

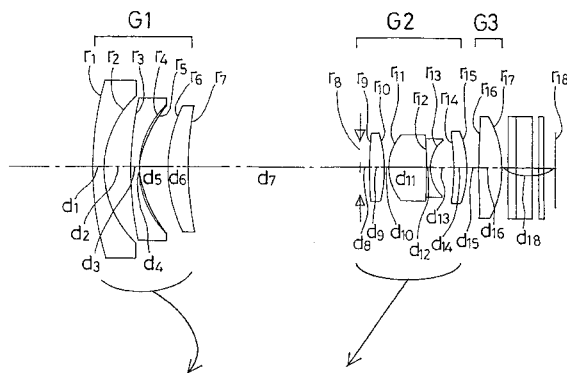
40

50

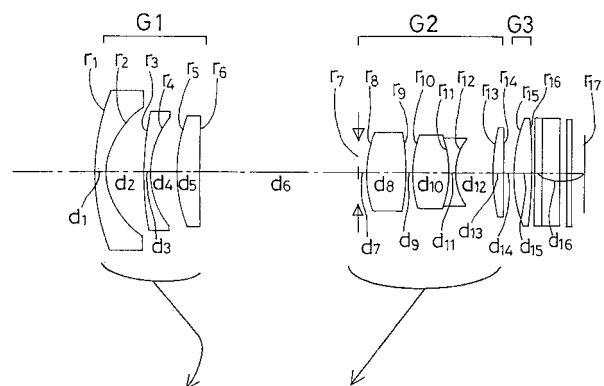
2 0 9 ... 記録手段
 2 1 0 ... ファインダー用対物光学系
 2 1 1 ... ポロプリズム
 2 1 2 ... 接眼レンズ
 2 1 3 ... 視野枠
 3 0 0 ... パソコン
 3 0 1 ... キーボード
 3 0 2 ... モニター
 3 0 3 ... 撮影光学系
 3 0 4 ... 撮影光路
 3 0 5 ... 画像
 4 0 0 ... 携帯電話
 4 0 1 ... マイク部
 4 0 2 ... スピーカ部
 4 0 3 ... 入力ダイアル
 4 0 4 ... モニター
 4 0 5 ... 撮影光学系
 4 0 6 ... アンテナ
 4 0 7 ... 撮影光路

10

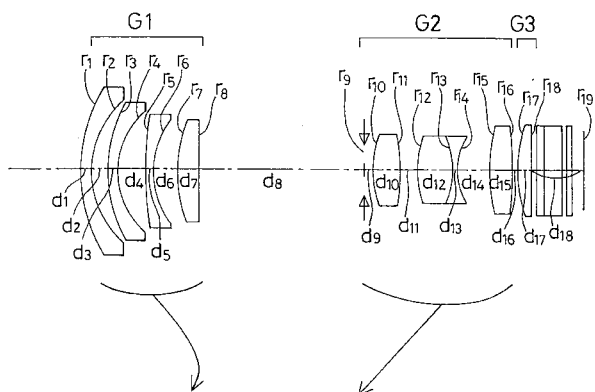
【 図 1 】



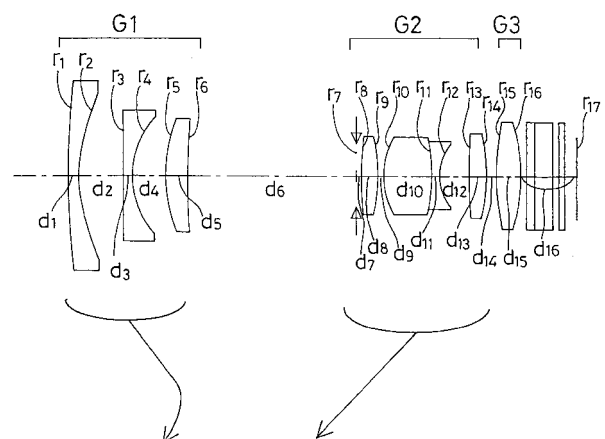
【 図 3 】



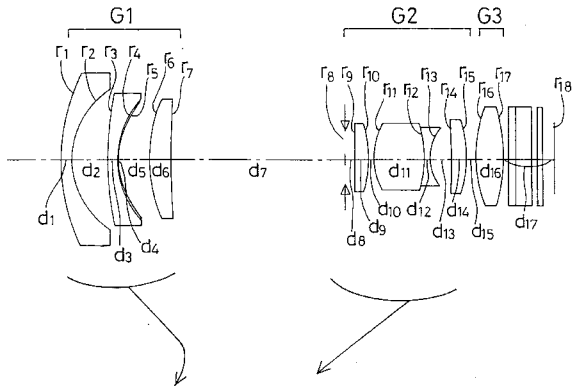
【 図 2 】



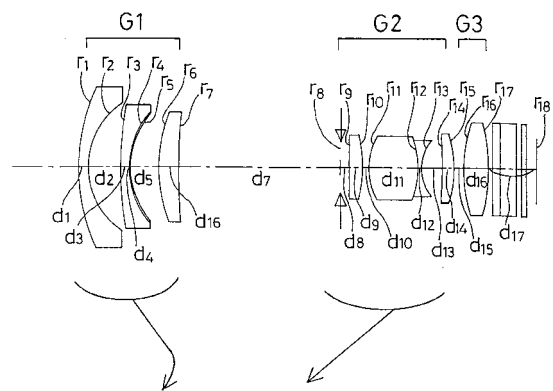
【 図 4 】



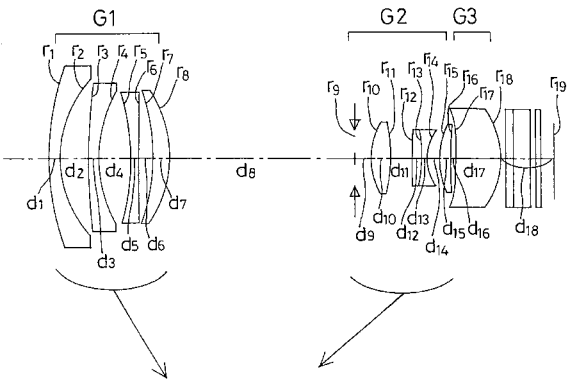
【図 5】



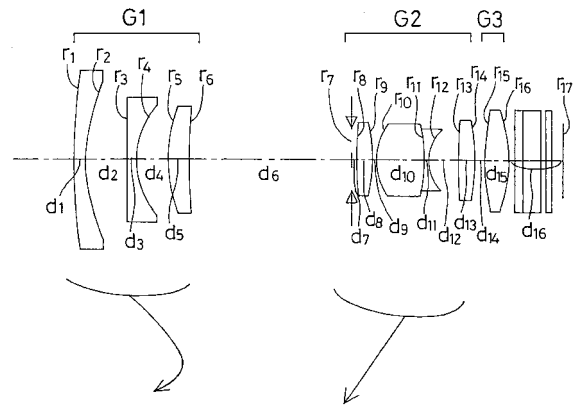
【図 7】



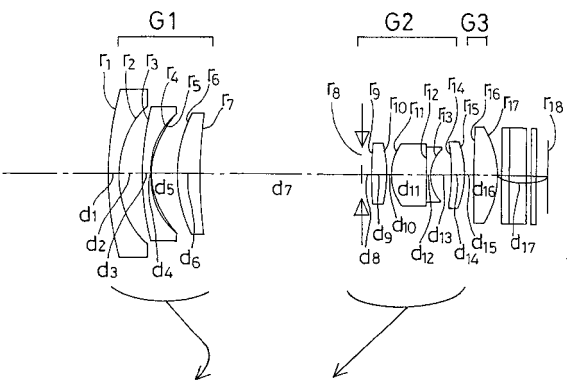
【図 6】



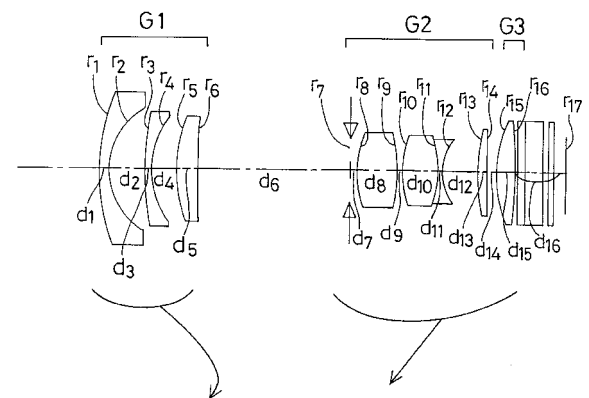
【図 8】



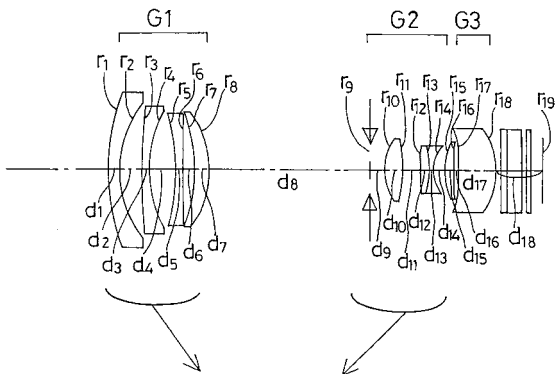
【図 9】



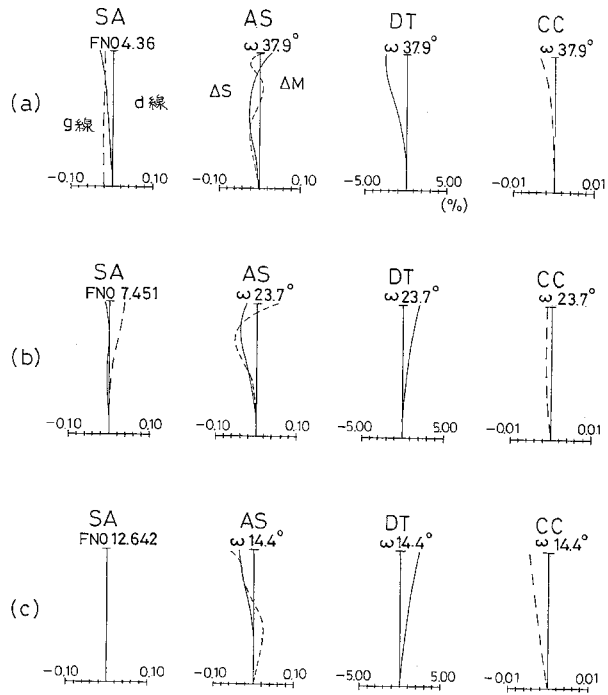
【図 11】



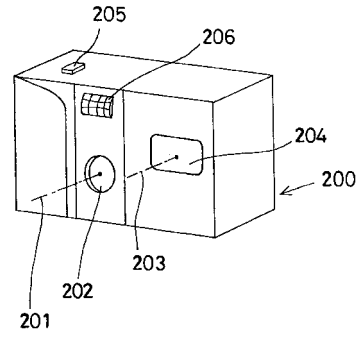
【図 10】



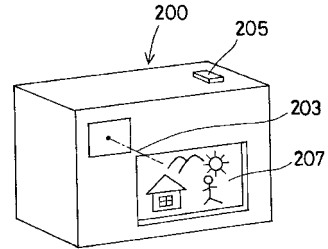
【図 1 2】



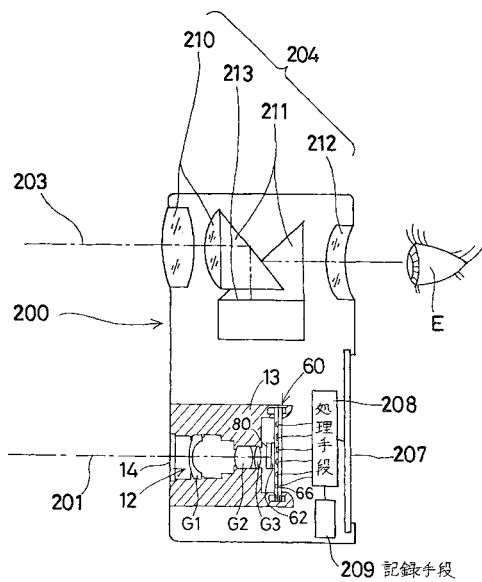
【図 1 3】



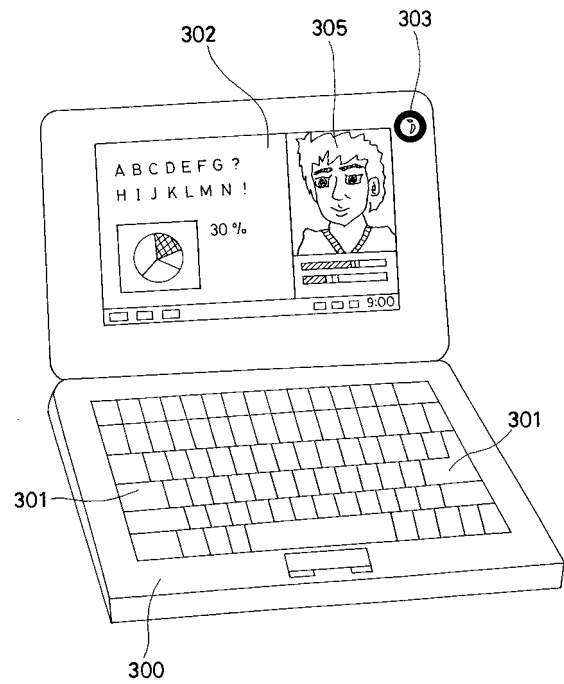
【図 1 4】



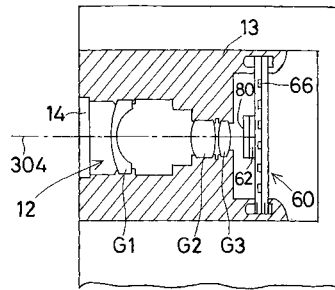
【図 1 5】



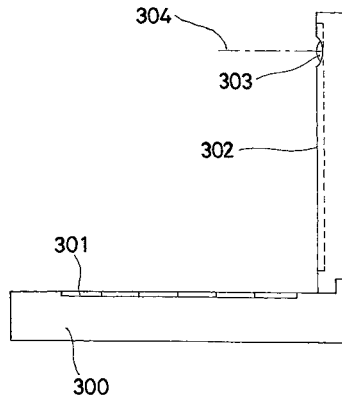
【図 1 6】



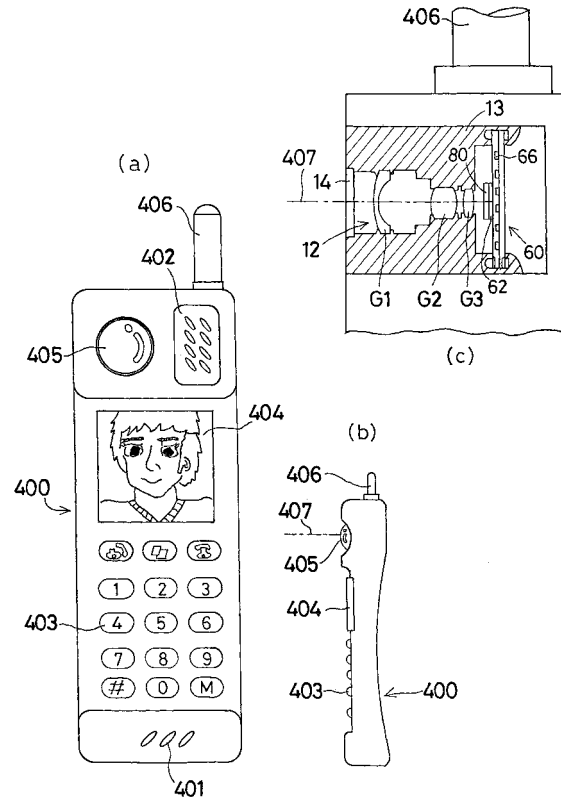
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 渡邊 正仁

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内

F ターム(参考) 2H087 KA01 PA07 PA08 PA18 PB08 PB09 QA02 QA07 QA17 QA22
QA25 QA26 QA32 QA34 QA41 QA45 RA05 RA12 RA36 RA42
RA43 SA14 SA16 SA19 SA62 SA63 SA74 SB04 SB05 SB15
SB22 UA01
5C122 DA04 FB03 FB15 FB20 FE02 FK12 HB06 HB10