

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3943922号  
(P3943922)

(45) 発行日 平成19年7月11日(2007.7.11)

(24) 登録日 平成19年4月13日(2007.4.13)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>GO2B 15/20 (2006.01)</b>	GO2B 15/20	
<b>GO2B 13/18 (2006.01)</b>	GO2B 13/18	
<b>GO2B 15/16 (2006.01)</b>	GO2B 15/16	
<b>HO4N 5/225 (2006.01)</b>	HO4N 5/225	D
<b>HO4N 5/335 (2006.01)</b>	HO4N 5/335	V

請求項の数 15 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2001-377264 (P2001-377264)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成13年12月11日(2001.12.11)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2003-177316 (P2003-177316A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成15年6月27日(2003.6.27)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成16年10月14日(2004.10.14)		弁理士 荏澤 弘
		(74) 代理人	100088041
			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】 撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ズームレンズを備えた撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側から順に、負パワーの第1レンズ群と、全体として正の屈折力を有する後続レンズ群とからなり、前記後続レンズ群は正パワーの第2レンズ群を含み、各々のレンズ群間隔を変更することで変倍を行うズームレンズであって、

前記ズームレンズは明るさ絞りを有し、

前記負パワーの第1レンズ群は前記明るさ絞り側に非球面の凹面を向けた負レンズを有し、前記非球面は、光軸上の屈折力に対して外側程屈折力が弱くなる形状であり、

前記絞りと前記非球面との相対的距離は、広角端に対し望遠端で短くなり、

以下の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

$$0.51 < a / R_h < 2.50 \quad \dots (1')$$

$$0.30 < R_c / R < 0.95 \quad \dots (2)$$

$$0.70 < R_c / R_h < 1.02 \quad \dots (3')$$

$$3.2 < f_2 / f_w < 4.0 \quad \dots (8')$$

ただし、aは非球面の面頂点(非球面と光軸との交点)から非球面における広角端時の最大画角の主光線の通過位置までの光軸方向での距離の絶対値、R<sub>h</sub>は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置と光軸との距離の絶対値、R<sub>c</sub>は面頂点における曲率半径(非球面の光軸上の曲率半径)の絶対値、Rは光軸を対称軸とし面頂点と非球面の広角端時の最軸外主光線の通過位置とを含む球面の曲率半径の絶対値であり、R = | (

$a^2 + R h^2) / (2a)$  | で表され、 $f_2$  は第2レンズ群の焦点距離、 $f_w$  は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【請求項2】

前記非球面の形状が以下の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

$$1.3 < R_e / R_c < 1.6 \quad \dots (4)$$

ただし、 $R_c$  は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値、 $R_e$  は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置からその通過位置における面の法線と光軸との距離が最も小さくなる法線上の点までの距離の絶対値である。

【請求項3】

前記後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの前記第2レンズ群、正パワーの第3レンズ群からなり、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が狭まり、前記絞りが前記第1レンズ群と第3レンズ群との間に配されることを特徴とする請求項1又は2記載の撮像装置。

10

【請求項4】

前記後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの前記第2レンズ群、正パワーの第3レンズ群、正又は負のパワーを有する第4レンズ群を有し、前記絞りが前記第1レンズ群と第3レンズ群との間に配されることを特徴とする請求項1又は2記載の撮像装置。

【請求項5】

前記ズームレンズが、物体側より順に、負のパワーを持つ前記第1レンズ群、前記絞りである開口絞り、正のパワーを持つ前記第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群を有し、

20

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は非球面レンズを有し、前記第1レンズ群は、物体側に凸面を向けた少なくとも1枚の負メニスカスレンズと正レンズを有し、前記第2レンズ群は、正レンズと負レンズからなる接合レンズと正レンズからなることを特徴とする請求項1又は2記載の撮像装置。

【請求項6】

前記ズームレンズが、物体側より順に、負のパワーを持つ前記第1レンズ群、前記絞りである開口絞り、正のパワーを持つ前記第2レンズ群、正のパワーを持つ第3レンズ群を有し、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は非球面レンズを有し、前記第1レンズ群は、物体側に凸面を向けた少なくとも1枚の負メニスカスレンズと正レンズを有し、前記第2レンズ群は、正レンズと負レンズからなる接合レンズと2枚の正レンズからなることを特徴とする請求項1又は2記載の撮像装置。

30

【請求項7】

前記第3レンズ群が、以下の条件を満足する正レンズを有することを特徴とする請求項5又は6記載の撮像装置。

$${}_3 > 4.9 \quad \dots (5)$$

ただし、 ${}_3$  は第3レンズ群に含まれる何れかの正レンズのd線基準のアップベ数である。

【請求項8】

前記第3レンズ群が負レンズと正レンズからなる接合レンズからなることを特徴とする請求項5又は6記載の撮像装置。

40

【請求項9】

前記第2レンズ群の接合レンズの形状が以下の条件を満足することを特徴とする請求項5から8の何れか1項記載の撮像装置。

$$0.6 < R_{23} / R_{21} < 1.0 \quad \dots (6)$$

ただし、 $R_{21}$  は接合レンズの最も物体側の面の曲率半径、 $R_{23}$  は接合レンズの最も像面側の面の曲率半径である。

【請求項10】

前記第2レンズ群の接合レンズの接合面の形状が、以下の条件を満足することを特徴とする請求項9記載の撮像装置。

50

$$-0.1 < f_w / R_{22} < 0.2 \quad \dots (7)$$

ただし、 $R_{22}$ は接合レンズの接合面の曲率半径、 $f_w$ は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【請求項11】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項9記載の撮像装置。

$$2.0 < |f_1| / Y < 5.0 \quad \dots (9)$$

ただし、 $f_1$ は第1レンズ群の焦点距離、 $Y$ は撮像面の有効対角長の1/2である。

【請求項12】

前記ズームレンズの像面側に電子撮像素子を配し、かつ、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項9記載の撮像装置。

$$0.7 < f_w / ER_3 < 1.2 \quad \dots (10)$$

ただし、 $f_w$ は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離、 $ER_3$ は望遠端における最も像側の群で光線が光軸から最も離れた点での光軸からの距離である。

【請求項13】

前記非球面を含む負レンズは、前記絞りとは反対側に凸面を向けた負メニスカスレンズであることを特徴とする請求項1から12の何れか1項記載の撮像装置。

【請求項14】

前記非球面を含む前記第1レンズ群が前記絞り側に凹面を向けた1枚の正レンズと、1枚又は2枚の負レンズからなることを特徴とする請求項1から13の何れか1項記載の撮像装置。

【請求項15】

前記ズームレンズの広角端における半画角が35°より大であり50°より小であることを特徴とする請求項1から14の何れか1項記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ズームレンズを備えた撮像装置に関し、特に、負の屈折力のレンズ群が先行するズームレンズに関し、これらの各レンズ群のレンズ構成を適切に設定することにより、画角が広く、かつ、レンズ系全体の小型化を図ったビデオカメラやデジタルスチルカメラ等に好適なズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置（カメラ）の高機能化に伴い、それに用いる光学系には広画角、高変倍比のズームレンズが求められている。この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間にローパスフィルター等の各種光学部材を配置するため、比較的長いバックフォーカスが要求され、さらに、撮像素子の角度に対する感度特性によるシェーディングを避けるため、像側でのテレセントリック性が要求される。これらの要求される特性を満たしつつ、広画角を達成するのは従来困難であった。

【0003】

これらの要求を満たすものとして、特開2000-111798や、特開2001-141997に開示された3群ズームレンズがあるが、特開2000-111798に開示されたズームレンズは、広角化のためには画面周辺部の収差補正に不利であったり、製造誤差に弱い等の欠点があった。また、特開2001-141997に開示されたズームレンズは、第1群でフォーカシングを行うため、枠構成が複雑化し、ズームレンズの小型化が困難になる等の欠点を有していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は従来技術のこのような問題点を鑑みてなされたものであり、その目的は、ズームレンズに使用するレンズ面形状を工夫することにより、種々ズームレンズにおける広角化

10

20

30

40

50

とレンズ枚数の低減等により撮像装置の性能向上を行うことを目的とする。さらには、構成枚数が少なくリアフォーカス方式等、機構レイアウト上小型で簡素にしやすく、無限遠から近距離まで安定した高い結像性能を有するズーム方式で広画角でかつ変倍比が大きいズームレンズを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第1の撮像装置は、ズームレンズを備えた撮像装置において、

前記ズームレンズは、負パワーのレンズ群及び正パワーのレンズ群を含んだ複数のレンズ群を有し、各々のレンズ群間隔を変更することで変倍を行うズームレンズであって、

10

前記ズームレンズは明るさ絞りを有し、

少なくとも1つの負パワーのレンズ群は前記明るさ絞り側に非球面の凹面を向けた負レンズを有し、前記非球面は、光軸上の屈折力に対して外側程屈折力が弱くなる形状であり、以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0006】

$$0.30 < a / R_h < 2.50 \quad \dots (1)$$

$$0.30 < R_c / R < 0.95 \quad \dots (2)$$

ただし、 $a$ は非球面の面頂点（非球面と光軸との交点）から非球面における広角端時の最大画角の主光線の通過位置までの光軸方向での距離の絶対値、 $R_h$ は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置と光軸との距離の絶対値、 $R_c$ は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値、 $R$ は光軸を対称軸とし面頂点と非球面の広角端時の最軸外主光線の通過位置とを含む球面の曲率半径の絶対値であり、 $R = |(a^2 + R_h^2) / (2a)|$ で表される。

20

【0007】

本発明の第2の撮像装置は、ズームレンズを備えた撮像装置において、

前記ズームレンズは、負パワーのレンズ群及び正パワーのレンズ群を含んだ複数のレンズ群を有し、各々のレンズ群間隔を変更することで変倍を行うズームレンズであって、

負パワーのレンズ群の中最も物体側に配される負レンズ群は面のパワーが負である非球面を有し、前記非球面の形状が以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0008】

$$0.70 < R_c / R_h < 1.3 \quad \dots (3)$$

ただし、 $R_h$ は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置と光軸との距離の絶対値、 $R_c$ は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値である。

30

【0009】

本発明の第3の撮像装置は、ズームレンズを備えた撮像装置において、

前記ズームレンズは、負パワーのレンズ群及び正パワーのレンズ群を含んだ複数のレンズ群を有し、各々のレンズ群間隔を変更することで変倍を行うズームレンズであって、

負パワーのレンズ群の中最も物体側に配される負レンズ群は面のパワーが負である非球面を有し、前記非球面の形状が以下の条件を満足することを特徴とするものである。

40

【0010】

$$1.3 < R_e / R_c < 1.6 \quad \dots (4)$$

ただし、 $R_c$ は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値、 $R_e$ は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置からその通過位置における面の法線と光軸との距離が最も小さくなる法線上の点までの距離の絶対値である。

【0011】

以下、本発明において上記構成をとる理由と作用について説明する。

【0012】

本発明の撮像装置は、負レンズ群と正レンズ群を含むズームレンズ、例えば、物体側より順に、負レンズ群と正レンズ群とからなる2群ズームレンズ、物体側より順に、負レンズ

50

群と正レンズ群と正レンズ群とからなる3群ズームレンズ、物体側より順に、負レンズ群と正レンズ群と正レンズ群と正レンズ群とからなる4群ズームレンズ、に代表される、物体側から順に、負レンズ群、全体として正パワーを持つ後続レンズ群とからなる2群以上のズームレンズ、あるいは、物体側側から順に、正レンズ群、負レンズ群、正レンズ群、正レンズ群とからなる4群ズームレンズ、に代表される、物体側から順に、正レンズ群、負レンズ群、全体として正パワーを持つ後続レンズ群とからなる3群以上のズームレンズ、あるいは、物体側より順に、正レンズ群と負レンズ群とからなる2群ズームレンズ、物体側より順に、正レンズ群と正レンズ群と負レンズ群とからなる3群ズームレンズ、に代表される、物体側より順に、全体として正パワーの先行レンズ群と、最像側の負レンズ群とからなる2群以上のズームレンズ、における高画角化を図りつつ、かつ、レンズ構成枚数を少なくしてもなお良好な収差補正が行える技術を提案するものである。

10

## 【0013】

本発明の第1の撮像装置のズームレンズは、負レンズ群中の負レンズに、明るさ絞り側が周辺部パワーが弱くなる負パワーの非球面を持たせている。しかも、その非球面形状が、以下の条件を満足するように構成することを特徴としている。

## 【0014】

$$0.30 < a / R_h < 2.50 \quad \dots (1)$$

$$0.30 < R_c / R < 0.95 \quad \dots (2)$$

ただし、 $a$ は非球面の面頂点（非球面と光軸との交点）から非球面における広角端時の最大画角の主光線の通過位置までの光軸方向での距離の絶対値、 $R_h$ は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置と光軸との距離の絶対値、 $R_c$ は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値、 $R$ は光軸を対称軸とし面頂点と非球面の広角端時の最軸外主光線の通過位置とを含む球面の曲率半径の絶対値であり、 $R = |(a^2 + R_h^2) / (2a)|$ で表される。

20

## 【0015】

ここで、まず、パラメータ $a$ 、 $R_h$ 、 $R_c$ 、 $R_e$ （後で出てくる。）を図18に示す。図18に示すように、 $a$ は、非球面の面頂点（つまり、非球面と光軸との交点）から、非球面における広角端時の最大画角の主光線の通過位置までの光軸方向での距離の絶対値、 $R_h$ は、非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置と光軸との距離の絶対値、 $R_c$ は、面頂点における曲率半径（つまり、非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値、 $R_e$ は、非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置から、その通過位置における面の法線と光軸との距離が最も小さくなる法線上の点までの距離（図の場合は、法線と光軸が交差しているのでその交点までの距離）の絶対値である。また、 $R$ は、光軸を対称軸とし、面頂点と非球面の広角端時の最軸外主光線の通過位置とを含む球面（曲率中心は光軸上にある。）の曲率半径の絶対値であり、簡単な幾何学から、 $R = |(a^2 + R_h^2) / (2a)|$ となる。

30

## 【0016】

条件式(1)は、非球面の面頂点から、広角端時最軸外主光線の通過位置までの奥行き（絞りが像側の場合）、若しくは、広角端時最軸外主光線の通過位置から非球面の面頂点までの奥行き（絞りが物体側の場合）を表す式であり、広角端における最軸外光束の光量を確保するために、この光束の入射する非球面の周辺部を絞り側に相当量傾けることを意味している。この条件式の下限の0.30を越えると、奥行きが浅くなるため、広画角とした際には最軸外光束の入射角度が大きくなってしまい軸外収差が補正し切れなくなる。一方、上限の2.50を越えると、奥行きが深くなりすぎるため、周辺光量低下が起こりやすく、また、非球面精度を確保することが難しくなる。

40

## 【0017】

また、条件式(2)は、面頂点における局所的曲率半径を規定するものである。つまり、条件式(2)は、広角端画角を大きくしたときの中心部ないし周辺部に至るまで良好な収差補正を行うための条件式である。この式は、非球面全体に対し中心部の負パワーをより強くすることを意味するものである。この条件式の下限の0.30を越えて面頂点の曲率

50

半径が小さくなるか、若しくは、上限の 0.95 を越えて曲率半径が大きくなると、球面収差を良好に保つことが難しくなる。

【0018】

本発明は、このような非球面を、絞りに対して凹面を向けて配する構成とすることで、この凹面に強い負パワーを持たせつつ、広画角とした際の収差補正作用、周辺光量の確保をなし得るものである。ひいては、少ないレンズ枚数で、広角端画角が大であっても性能の良く、かつ、レンズ枚数の少ないズームレンズを提供することができる。

【0019】

また、条件式(1)において、下限値をさらに 0.35 又は 0.39 とすると、より好ましい。また、その上限値を 1.00 又は 0.70 とするとより好ましい。例えば、

$$0.35 < a / R_h < 1.00 \quad \dots (1)$$

としてもよい。

10

【0020】

また、条件式(2)において、下限値をさらに 0.50 又は 0.80 とすると、より好ましい。また、その上限値を 0.90 又は 0.85 とするとより好ましい。例えば、

$$0.50 < R_c / R < 0.90 \quad \dots (2)$$

としてもよい。

【0021】

また、次の条件式(3)を満たすことが望ましい。

【0022】

$$0.70 < R_c / R_h < 1.3 \quad \dots (3)$$
この条件式(3)は、最大軸外主光線の通過位置( $R_h$ )を基に、非球面の光軸上の曲率半径( $R_c$ )を規定するものである。つまり、非球面の中心部分の曲率半径を適度に強めることにより、軸外光束の光量を確保することを意味するものである。

20

【0023】

この条件式(3)の上限の 1.3 を越えると、歪曲収差を抑えつつ広角端での画角を広げることが困難になる。逆に、下限の 0.70 を越えると、負レンズ群の径が大きくなりすぎて小型化には不利となる。

【0024】

さらに、この条件式の下限値を 0.8 又は 0.88 とすることがより好ましい。また、この条件式の上限値を 1.24 又は 1.0 とすることがより好ましい。

30

【0025】

もちろん、第1発明の非球面の構成と同時に満足することが高性能の撮像装置とし得る点でより好ましい。

【0026】

また、次の条件式(4)を満たすことが望ましい。

【0027】

$$1.3 < R_e / R_c < 1.6 \quad \dots (4)$$
ただし、 $R_e$  は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置からその通過位置における面の法線と光軸との距離が最も小さくなる法線上の点までの距離の絶対値である(図18参照)。

40

【0028】

この条件式は、非球面の中心部の曲率半径( $R_c$ )に対して非球面の周辺部にて曲率半径が相当量大きくなる旨を規定するものである。

【0029】

広画角を確保しつつ倍率色収差、歪曲収差、非点収差を同時に小さくすることは非常に困難であり、条件式(4)の下限値の 1.3 を越えて小さくなると、周辺部での収差が出やすくなり、上限値の 1.6 を越えて大きくなると、非球面の加工が困難となる。そして、この条件式(4)の上限以下で下限以上の非球面を導入することで、広画角を確保しつつ倍率色収差、歪曲収差、非点収差を同時に小さくすることが可能になる。

50

## 【0030】

さらに、この条件式の下限値を1.32又は1.34とすることがより好ましい。また、この条件式の上限値を1.5又は1.4とすることがより好ましい。

## 【0031】

もちろん、第1発明又は第2発明の非球面の構成と同時に満足することが高性能の撮像装置とし得る点でより好ましい。

## 【0032】

本発明におけるズームレンズにおいて、絞りと非球面との相対的距離は、広角端に対し望遠端で短くなることが望ましい。

## 【0033】

このような構成とすることで、広角端時の軸外光束の透過位置に対し、望遠端の軸外光束の透過位置を光軸側に近づけることができるため、画角が狭くなる望遠端での収差の悪化を抑えることが可能となる。

## 【0034】

また、本発明におけるズームレンズは、物体側から順に、負パワーの第1レンズ群と、全体として正の屈折力を有する後続レンズ群とからなり、その非球面が第1レンズ群中に配されるものとする事ができる。

## 【0035】

本発明に記載の非球面は、広角端時に軸上光束と軸外光束が離れた位置に用いることで、広画角化したときの収差補正に寄与し得るものである。そのため、最も物体側が負レンズ群であるズームレンズの第1レンズ群中に用いることが、レンズ構成枚数の削減、収差補正の点からより好ましい。

## 【0036】

この場合に、後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの第2レンズ群、正パワーの第3レンズ群とからなり、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が狭まり、絞りが第1レンズ群と第3レンズ群との間に配されることが望ましい。

## 【0037】

物体側より、負レンズ群、正レンズ群、正レンズ群の3群構成のズームレンズの場合、負のパワーが第1レンズ群に集中するため、本発明における非球面を第1レンズ群に用いることが軸外収差補正の点で好ましい。また、このときに、絞りをズームレンズ全体の中心近傍に配する構成となるので、第1レンズ群の直径の肥大化を抑え、また、ズームレンズの射出光束を光軸に対し平行に近づけられる配置となるため、電子撮像装置に用いる場合に特に適する。同時に、広角端時の軸外光束を非球面に対して小さい入射角で入射させられるため、収差補正と小型化のバランスがとれ好ましい。また、第1レンズと第2レンズ群との間隔が、広角端から望遠端への変倍に際して狭くなるため、絞りを移動させ際にその可動範囲を大きくとることができるのでより好ましい。

## 【0038】

また、その後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの第2レンズ群、正パワーの第3レンズ群、正又は負のパワーを有する第4レンズ群を有し、絞りが第1レンズ群と第3レンズ群との間に配されるものとする事もできる。

## 【0039】

上記の3群ズームレンズの構成に対し、第4レンズ群を設けることで、より変倍比の増加、収差補正の効果を備えるようになる。

## 【0040】

また、本発明によるズームレンズは、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レンズ群を有し、第1レンズ群と第2レンズ群は非球面レンズを有し、第1レンズ群は、物体側に凸面を向けた少なくとも1枚の負メニスカスレンズと正レンズを有し、第2レンズ群は、正レンズと負レンズからなる接合レンズと正レンズからなるものとする事ができる。

## 【0041】

10

20

30

40

50

また、本発明によるズームレンズは、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レンズ群を有し、第1レンズ群と第2レンズ群は非球面レンズを有し、第1レンズ群は、物体側に凸面を向けた少なくとも1枚の負メニスカスレンズと正レンズを有し、第2レンズ群は、正レンズと負レンズからなる接合レンズと2枚の正レンズからなるものとする事ができる。

【0042】

このように、第2レンズ群を、正レンズ、負レンズ、正レンズのトリプレット、又は、正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズの構成とすることで、各収差を良好に補正しつつ、3倍以上の変倍比を確保できる。また、第2レンズ群中の正負のレンズを接合することで、色収差を補正でき、製造誤差に強い光学系を構成できる。

10

【0043】

上記の構成において、第3レンズ群が、以下の条件を満足する正レンズを有することが望ましい。

【0044】

$${}_3 > 49 \quad \dots (5)$$

ただし、 ${}_3$  は第3レンズ群に含まれる何れかの正レンズのd線基準のアップベ数である。

【0045】

第3レンズ群を条件式(5)を満足する低分散ガラスで構成することにより、倍率色収差を良好に補正しつつ、画角を大きくすることができる。

【0046】

また、第3レンズ群が負レンズと正レンズからなる接合レンズからなることが望ましい。

20

【0047】

第3レンズ群を負レンズと正レンズからなる接合レンズで構成することにより、倍率色収差を良好に補正しつつ、画角を大きくすることができる。

【0048】

なお、 ${}_3 > 60$  とするとよい。また、 ${}_3$  が90より小さいことがより好ましい。 ${}_3$  が90以上になると、レンズ材料が高価となる。

【0049】

以上の第2レンズ群の接合レンズの形状が以下の条件を満足することが望ましい。

【0050】

$$0.6 < R_{23} / R_{21} < 1.0 \quad \dots (6)$$

ただし、 $R_{21}$  は接合レンズの最も物体側の曲率半径、 $R_{23}$  は接合レンズの最も像面側の曲率半径である。

30

【0051】

この接合レンズの最も物体側の曲率半径と最も像面側の曲率半径の比が条件式(6)の範囲より大きすぎても小さすぎても、接合レンズ全体の偏心に対して性能が劣化しやすくなる。

【0052】

さらには、この条件式の下限値を0.65又は0.7とすることがより好ましい。また、この条件式の上限値を0.95又は0.9とすることがより好ましい。

40

【0053】

また、第2レンズ群の接合レンズの接合面の形状が、以下の条件を満足することが望ましい。

【0054】

$$-0.1 < f_w / R_{22} < 0.2 \quad \dots (7)$$

ただし、 $R_{22}$  は接合レンズの接合面の曲率半径、 $f_w$  は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0055】

ズーム全域にわたって軸上色収差を小さく保つには、この条件式(7)の上限0.2以下、下限の-0.1以上の範囲内にあるのが望ましい。

50

## 【0056】

さらには、この条件式の下限値を  $-0.5$  又は  $0.001$  とすることがより好ましい。また、この条件式の上限値を  $0.1$  又は  $0.05$  とすることがより好ましい。

## 【0057】

なお、ズームレンズの変倍比を  $2.7$  乃至  $6.0$  の高変倍比としたときに、条件式(7)を満足することが、全変倍域で色収差を良好に補正できるので好ましい。

## 【0058】

また、以下の条件式を満足することが望ましい。

## 【0059】

$$2.6 < f_2 / f_w < 4.0 \quad \dots (8)$$

10

ただし、 $f_2$  は第2レンズ群の焦点距離、 $f_w$  は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

## 【0060】

この条件式(8)の上限の  $4.0$  より大きいと、全長が長くなりやすく、カメラを小型化するために好ましくない。また、下限の  $2.6$  より小さいと、軸外の収差を小さくすることが困難になる。また、第2レンズ群が製造誤差に弱いものとなる。

## 【0061】

さらには、この条件式の下限値を  $2.9$  又は  $3.2$  とすることがより好ましい。また、この条件式の上限値を  $3.7$  又は  $3.5$  とすることがより好ましい。

## 【0062】

20

なお、ズームレンズの変倍比を  $2.7$  乃至  $6.0$  の高変倍比としたときに、条件式(8)を満足することが、全変倍域での小型化と収差とのバランスを良好に補正できるので好ましい。

## 【0063】

また、以下の条件式を満足することが望ましい。

## 【0064】

$$2.0 < |f_1| / Y < 5.0 \quad \dots (9)$$

ただし、 $f_1$  は第1レンズ群の焦点距離、 $Y$  は撮像面の有効対角長の  $1/2$  である。

## 【0065】

この条件式(9)の上限の  $5.0$  より大きいと、変倍比を確保するために全長が長くなりやすい。また、下限の  $2.0$  より小さいと、倍率色収差の補正が困難になる。

30

## 【0066】

さらには、この条件式の下限値を  $2.5$  又は  $3.2$  とすることがより好ましい。また、この条件式の上限値を  $4.7$  又は  $4.5$  とすることがより好ましい。

## 【0067】

ここで、有効対角長  $L$  について説明しておく。図19は、撮像面が電子撮像素子の場合の有効撮像面の対角長を示す図であり、有効撮像面は撮影した映像の再生(パソコン上での表示、プリンターによる印刷等)に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能(光学系の性能が確保し得るイメージサークル)に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長  $L$  は、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明のズームレンズを用いる際は、その有効撮像面の対角長  $L$  が変化する。そのような場合は、本発明における有効撮像面の対角長  $L$  は、 $L$  のとり得る範囲における最大値とする。なお、図19は、画素間隔  $a$  で  $R$ (赤)、 $G$ (緑)、 $B$ (青)の画素あるいはシアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の画素がモザイク状に配されている画素配列の例を示すものである。

40

## 【0068】

また、撮像面がフィルム面の場合は、撮像範囲を規制するフィルム想定面直前の視野絞りの対角長の半分が上記  $Y$  となる。

50

## 【 0 0 6 9 】

また、ズームレンズの像面側に電子撮像素子を配し、かつ、以下の条件式を満足することが望ましい。

## 【 0 0 7 0 】

$$0.7 < f_w / ER_3 < 1.2 \quad \dots (10)$$

ただし、 $f_w$  は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離、 $ER_3$  は望遠端における最も像側の群で光線が光軸から最も離れた点での光軸からの距離である。

## 【 0 0 7 1 】

この条件式(10)の上限の1.2より大きいと、撮像素子の感度特性との相まって周辺光量不足になりやすい。また、下限の0.7より小さいと、画角を広くしたときのコマ収差、非点収差の補正が困難になる。

10

## 【 0 0 7 2 】

さらには、この条件式の下限値を0.8又は0.9とすることがより好ましい。また、この条件式の上限値を1.15又は1.00とすることがより好ましい。

## 【 0 0 7 3 】

なお、ズームレンズの変倍比を2.7乃至6.0の高変倍比としたときに、この条件を満足することが、全変倍域での性能を良好にできるので好ましい。

## 【 0 0 7 4 】

また、物体側から順に、正パワーを有する第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、全体として正の屈折力を有する後続レンズ群とからなり、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が広がり、非球面が第2レンズ群中に配されるようにすることができる。

20

## 【 0 0 7 5 】

このような構成とすることで、第2レンズ群の負レンズに主だった変倍作用を持たせ、高変倍比化がなされる。一方で、第2レンズ群に本発明の非球面を配する構成とすることで、第2レンズ群自身で収差補正を良好に行い得る。そのため、第1レンズ群のレンズ構成を簡素化(例えば、1枚又は2枚構成)することができる。

## 【 0 0 7 6 】

この場合に、後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの第3レンズ群と、正又は負のパワーを有する第4レンズ群とを有し、広角端から望遠端への変倍時に、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が狭まり、絞りが第2レンズ群と第4レンズ群との間に配されるようにすることができる。

30

## 【 0 0 7 7 】

第2レンズと第3レンズ群との間隔が、広角端から望遠端への変倍に際して狭くなるため、絞りを移動させた際にその可動範囲を大きくとることができるので、より好ましい。

## 【 0 0 7 8 】

また、以上において、非球面を含む負レンズは、絞りとは反対側に凸面を向けた負メニスカスレンズとすることができる。

## 【 0 0 7 9 】

非球面の中心部の屈折力は強くなるため、対向する面を凹面とすると、負レンズ中心部のパワーが強くなりすぎると共に、周辺部でのレンズ厚が厚くなる。そのため、この非球面を有するレンズはメニスカス形状とすることが好ましい。

40

## 【 0 0 8 0 】

より好ましくは、以下の条件(A)、(B)何れか又は両方を満足するメニスカス形状とすることが好ましい。

## 【 0 0 8 1 】

$$1.2 < (Ra + Rc) / (Ra - Rc) < 3.0 \quad \dots (A)$$

ただし、 $Ra$  は非球面を有するレンズにおける非球面に対向する空気接触面の光軸上曲率半径、 $Rc$  は面頂点における曲率半径(非球面の光軸上の曲率半径)の絶対値である。

## 【 0 0 8 2 】

50

この条件式 (A) の下限の 1.2 を越えると、非球面に対向する面での収差が補正し難くなる。上限の 3.0 を越えると、形状がきつくなり加工し難くなる。

【0083】

さらに、この条件式の下限値を 1.3 又は 1.5 としてもよい。また、上限値を 2.3 又は 1.7 としてもよい。

【0084】

$2.0 < R_a / R_c < 20.0 \quad \dots (B)$

この条件式 (B) の下限の 2.0 下限を越えると、加工がし難くなり、上限の 20.0 を越えると、レンズの縁肉が厚くなる。

【0085】

さらに、この条件式 (B) の下限値を 2.5 又は 4.5 としてもよい。また、上限値を 15.0 又は 10.0 としてもよい。

【0086】

また、非球面を含む負レンズ群が絞り側に凹面を向けた 1 枚の正レンズと、1 枚又は 2 枚の負レンズからなることができる。

【0087】

また、ズームレンズの広角端における半画角が 35° より大であり 50° より小であることが望ましい。

【0088】

この下限の 35° を越えて画角が小さくなると、一般的な撮像装置に求められる撮影画角が得られなくなり、また、本発明の非球面を用いて周辺部での性能を良くする必要も低くなる。上限の 50° を越えると、レンズ枚数を多くしないと、収差補正が困難となる。

【0089】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の撮像装置に用いられるズームレンズの実施例 1 ~ 8 について説明する。ただし、実施例 2 ~ 3、8 は参考例である。実施例 1 ~ 8 の無限遠物点合焦時の広角端 (a)、中間状態 (b)、望遠端 (c) でのレンズ断面図をそれぞれ図 1 ~ 図 8 に示す。図中、第 1 レンズ群は G1、絞りは S、第 2 レンズ群は G2、第 3 レンズ群は G3、第 4 レンズ群は G4、赤外カットフィルター、ローパスフィルター、電子撮像素子のカバーガラス等の平行平板群は P、像面は I で示してある。

【0090】

実施例 1 のズームレンズは、図 1 に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズ 2 枚と、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第 1 レンズ群 G1、開口絞り S、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、像面側に凸の正メニスカスレンズとからなる正屈折力の第 2 レンズ群 G2、物体側に凸の正メニスカスレンズ 1 枚からなる正屈折力の第 3 レンズ群 G3、像面側に凸の正メニスカスレンズ 1 枚からなる正屈折力の第 4 レンズ群 G4 からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 レンズ群 G1 は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第 2 レンズ群 G2 は開口絞り S と一体に物体側に移動し、第 3 レンズ群 G3 は像面側に移動し、第 4 レンズ群 G4 は固定である。

【0091】

非球面については、第 1 レンズ群 G1 の 2 枚目の負メニスカスレンズの像面側の面、第 2 レンズ群 G2 の最も物体側の面、第 4 レンズ群 G4 の単レンズの物体側の面の 3 面に用いられている。

【0092】

実施例 2 のズームレンズは、図 2 に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズ 2 枚と、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第 1 レンズ群 G1、開口絞り S、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、像面側に凸の正メニスカスレンズとからなる正屈折力の第 2 レンズ群 G2、物体側に凸の正メニスカスレンズ 1 枚からなる正屈折力の第 3 レンズ群 G3、像面側

10

20

30

40

50

に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる正屈折力の第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では中間状態より若干物体側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体に物体側に移動し、第3レンズ群G3は若干物体側に移動し、第4レンズ群G4は固定である。

【0093】

非球面については、第1レンズ群G1の2枚目の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第4レンズ群G4の単レンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0094】

実施例3のズームレンズは、図3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズ2枚と、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、像面側に凸の正メニスカスレンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、両凸正レンズ1枚からなる正屈折力の第3レンズ群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる正屈折力の第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は像面側に移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体に物体側に移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2との間隔を広げながら物体側に移動し、第4レンズ群G4は固定である。

10

【0095】

非球面については、第1レンズ群G1の2枚目の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第4レンズ群G4の単レンズの物体側の面の3面に用いられている。

20

【0096】

実施例4のズームレンズは、図4に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズからなる正屈折力の第3レンズ群G3からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では中間状態より若干物体側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体に物体側に移動し、第3レンズ群G3は像面側に若干移動する。

30

【0097】

非球面については、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面と最も像面側の面の3面に用いられている。

【0098】

実施例5のズームレンズは、図5に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、両凸正レンズ1枚からなる正屈折力の第3レンズ群G3からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は像面側に移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体に物体側に移動し、第3レンズ群G3は像面側に若干移動する。

40

【0099】

非球面については、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面と最も像面側の面の3面に用いられている。

【0100】

実施例6のズームレンズは、図6に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズ2枚と、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、像面側に凸の正メニスカスレンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G

50

2、両凸正レンズ1枚からなる正屈折力の第3レンズ群G3からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では中間状態より若干物体側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体に物体側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より若干物体側の位置になる。

【0101】

非球面については、第1レンズ群G1の2枚目の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面、第3レンズ群G3の単レンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0102】

実施例7のズームレンズは、図7に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズ2枚と、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、像面側に凸の正メニスカスレンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる正屈折力の第3レンズ群G3からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は像面側に移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体に物体側に移動し、第3レンズ群G3は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より若干物体側の位置になる。

【0103】

非球面については、第1レンズ群G1の2枚目の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の最も物体側の面の2面に用いられている。

【0104】

実施例8のズームレンズは、図8に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、両凸正レンズと、物体側に凸の負メニスカスレンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は像面側に移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSと一体に物体側に移動する。

【0105】

非球面については、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2の全てのレンズ面8面に用いられている。

【0106】

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、 $F_{N0}$ はFナンバー、 $\omega$ は半画角、 $WE$ は広角端、 $ST$ は中間状態、 $TE$ は望遠端、 $r_1$ 、 $r_2$ ...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、 $\nu_{d1}$ 、 $\nu_{d2}$ ...は各レンズのアッペ数である。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、 $y$ を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0107】

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

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。

【0108】

10

20

30

40

## 実施例 1

$r_1 =$	53.863	$d_1 =$	0.80	$n_{d1} =$	1.58913	$\nu_{d1} =$	61.14	
$r_2 =$	8.727	$d_2 =$	3.23					
$r_3 =$	13.958	$d_3 =$	0.80	$n_{d2} =$	1.58913	$\nu_{d2} =$	61.14	
$r_4 =$	5.417 (非球面)	$d_4 =$	3.50					
$r_5 =$	10.862	$d_5 =$	2.90	$n_{d3} =$	1.84666	$\nu_{d3} =$	23.78	
$r_6 =$	16.667	$d_6 =$	(可変)					10
$r_7 =$	$\infty$ (絞り)	$d_7 =$	1.60					
$r_8 =$	32.314 (非球面)	$d_8 =$	1.29	$n_{d4} =$	1.80100	$\nu_{d4} =$	34.97	
$r_9 =$	-39.109	$d_9 =$	0.10					
$r_{10} =$	6.376	$d_{10} =$	2.11	$n_{d5} =$	1.78590	$\nu_{d5} =$	44.20	
$r_{11} =$	263.101	$d_{11} =$	0.75	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78	
$r_{12} =$	5.345	$d_{12} =$	1.61					
$r_{13} =$	-205.936	$d_{13} =$	1.55	$n_{d7} =$	1.48749	$\nu_{d7} =$	70.23	20
$r_{14} =$	-10.013	$d_{14} =$	(可変)					
$r_{15} =$	26.276	$d_{15} =$	1.68	$n_{d8} =$	1.49700	$\nu_{d8} =$	81.54	
$r_{16} =$	37.524	$d_{16} =$	(可変)					
$r_{17} =$	-77283.543 (非球面)	$d_{17} =$	2.36	$n_{d9} =$	1.49700	$\nu_{d9} =$	81.54	
$r_{18} =$	-10.224	$d_{18} =$	1.00					
$r_{19} =$	$\infty$	$d_{19} =$	0.80	$n_{d10} =$	1.51633	$\nu_{d10} =$	64.14	
$r_{20} =$	$\infty$	$d_{20} =$	1.44	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84	30
$r_{21} =$	$\infty$	$d_{21} =$	0.50					
$r_{22} =$	$\infty$	$d_{22} =$	0.70	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14	
$r_{23} =$	$\infty$	$d_{23} =$	1.20					
$r_{24} =$	$\infty$ (像面)							

## 非球面係数

第 4 面

 $K = -0.688$  $A_4 = -1.33236 \times 10^{-4}$

$$A_6 = -2.28141 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.99065 \times 10^{-16}$$

$$A_{10} = -6.74877 \times 10^{-10}$$

第 8 面

$$K = -0.001$$

$$A_4 = -1.19858 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.55060 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -1.47680 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.71581 \times 10^{-9}$$

第 17 面

$$K = 0.001$$

$$A_4 = -6.59160 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.38111 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = -2.00709 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 2.22153 \times 10^{-16}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	3.760	6.512	10.834	
FNO	2.55	3.11	4.00	
$\omega$ (°)	43.1	26.9	16.5	
d <sub>6</sub>	18.80	7.81	1.80	30
d <sub>14</sub>	0.80	6.85	14.09	
d <sub>16</sub>	2.64	1.20	0.75	

【 0 1 0 9 】

## 実施例 2

$r_1 =$	45.674	$d_1 =$	1.00	$n_{d1} =$	1.72916	$\nu_{d1} =$	54.68	
$r_2 =$	16.270	$d_2 =$	2.23					
$r_3 =$	53.871	$d_3 =$	1.00	$n_{d2} =$	1.78590	$\nu_{d2} =$	44.20	
$r_4 =$	6.933 (非球面)	$d_4 =$	2.60					
$r_5 =$	14.477	$d_5 =$	2.49	$n_{d3} =$	1.84666	$\nu_{d3} =$	23.78	
$r_6 =$	75.130	$d_6 =$	(可変)					10
$r_7 =$	$\infty$ (絞り)	$d_7 =$	1.50					
$r_8 =$	22.339 (非球面)	$d_8 =$	1.97	$n_{d4} =$	1.80610	$\nu_{d4} =$	40.92	
$r_9 =$	-32.495	$d_9 =$	0.10					
$r_{10} =$	5.780	$d_{10} =$	2.43	$n_{d5} =$	1.78590	$\nu_{d5} =$	44.20	
$r_{11} =$	4646.777	$d_{11} =$	0.70	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78	
$r_{12} =$	4.287	$d_{12} =$	1.66					
$r_{13} =$	-71.661	$d_{13} =$	1.52	$n_{d7} =$	1.48749	$\nu_{d7} =$	70.23	20
$r_{14} =$	-16.125	$d_{14} =$	(可変)					
$r_{15} =$	30.255	$d_{15} =$	1.89	$n_{d8} =$	1.48749	$\nu_{d8} =$	70.23	
$r_{16} =$	224.778	$d_{16} =$	(可変)					
$r_{17} =$	-715.920 (非球面)	$d_{17} =$	2.46	$n_{d9} =$	1.48749	$\nu_{d9} =$	70.23	
$r_{18} =$	-9.321	$d_{18} =$	1.00					
$r_{19} =$	$\infty$	$d_{19} =$	0.80	$n_{d10} =$	1.51633	$\nu_{d10} =$	64.14	
$r_{20} =$	$\infty$	$d_{20} =$	1.44	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84	30
$r_{21} =$	$\infty$	$d_{21} =$	0.50					
$r_{22} =$	$\infty$	$d_{22} =$	0.70	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14	
$r_{23} =$	$\infty$	$d_{23} =$	1.20					
$r_{24} =$	$\infty$ (像面)							

## 非球面係数

第 4 面

 $K = -0.230$  $A_4 = -2.48383 \times 10^{-4}$

$$A_6 = -2.50032 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 1.41426 \times 10^{-13}$$

$$A_{10} = -9.76753 \times 10^{-10}$$

第 8 面

$$K = 0.001$$

$$A_4 = -6.03222 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -1.53579 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -4.56287 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 8.02280 \times 10^{-10}$$

第 17 面

$$K = -0.001$$

$$A_4 = -6.18342 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 7.82501 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -5.28304 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = -5.11357 \times 10^{-16}$$

ズームデータ ( $\infty$ )

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.443	6.982	12.964	
FNO	2.75	3.26	4.50	
$\omega$ (°)	38.0	25.5	14.0	
d <sub>6</sub>	20.29	9.89	1.70	30
d <sub>14</sub>	0.19	3.26	11.18	
d <sub>16</sub>	0.96	1.27	1.60	.

【 0 1 1 0 】

## 実施例 3

$r_1 = 170.130$	$d_1 = 1.00$	$n_{d1} = 1.72916$	$\nu_{d1} = 54.68$	
$r_2 = 23.771$	$d_2 = 1.25$			
$r_3 = 48.101$	$d_3 = 1.00$	$n_{d2} = 1.78590$	$\nu_{d2} = 44.20$	
$r_4 = 6.850$ (非球面)	$d_4 = 3.00$			
$r_5 = 15.108$	$d_5 = 2.39$	$n_{d3} = 1.84666$	$\nu_{d3} = 23.78$	
$r_6 = 75.289$	$d_6 =$ (可変)			10
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 1.50$			
$r_8 = 22.807$ (非球面)	$d_8 = 1.43$	$n_{d4} = 1.77250$	$\nu_{d4} = 49.60$	
$r_9 = -38.276$	$d_9 = 0.10$			
$r_{10} = 6.259$	$d_{10} = 3.21$	$n_{d5} = 1.78590$	$\nu_{d5} = 44.20$	
$r_{11} = 101748.729$	$d_{11} = 0.70$	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$	
$r_{12} = 4.406$	$d_{12} = 1.67$			
$r_{13} = -244.579$	$d_{13} = 1.24$	$n_{d7} = 1.48749$	$\nu_{d7} = 70.23$	20
$r_{14} = -21.974$	$d_{14} =$ (可変)			
$r_{15} = 25.000$	$d_{15} = 1.31$	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$	
$r_{16} = -200.000$	$d_{16} =$ (可変)			
$r_{17} = -472.650$ (非球面)	$d_{17} = 2.56$	$n_{d9} = 1.48749$	$\nu_{d9} = 70.23$	
$r_{18} = -8.225$	$d_{18} = 1.00$			
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.80$	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 1.44$	$n_{d11} = 1.54771$	$\nu_{d11} = 62.84$	30
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 0.50$			
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 0.70$	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$	
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 1.20$			
$r_{24} = \infty$ (像面)				

## 非球面係数

第 4 面

 $K = -0.520$  $A_4 = -1.71150 \times 10^{-4}$

$$A_6 = -9.18982 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -1.90211 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = -2.10007 \times 10^{-10}$$

第 8 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -6.24211 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -1.75655 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -3.26422 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 1.13753 \times 10^{-9}$$

第 17 面

$$K = -0.000$$

$$A_4 = -7.31548 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.85030 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = 2.75107 \times 10^{-13}$$

$$A_{10} = 2.53692 \times 10^{-16}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.452	6.795	12.920	
FNO	2.82	3.25	4.50	
$\omega$ (°)	37.9	26.2	14.1	
d <sub>6</sub>	21.86	10.93	1.70	30
d <sub>14</sub>	1.00	1.28	5.88	
d <sub>16</sub>	0.73	3.21	7.55	

【 0 1 1 1 】

## 実施例 4

$r_1 =$	63.617	$d_1 =$	2.12	$n_{d1} =$	1.69350	$\nu_{d1} =$	53.21	
$r_2 =$	6.538 (非球面)	$d_2 =$	3.55					
$r_3 =$	11.870	$d_3 =$	2.17	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78	
$r_4 =$	19.010	$d_4 =$	(可変)					
$r_5 =$	$\infty$ (絞り)	$d_5 =$	0.80					
$r_6 =$	5.378 (非球面)	$d_6 =$	2.86	$n_{d3} =$	1.77250	$\nu_{d3} =$	49.60	10
$r_7 =$	11.272	$d_7 =$	0.69	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78	
$r_8 =$	4.648	$d_8 =$	2.91					
$r_9 =$	13.776	$d_9 =$	2.24	$n_{d5} =$	1.58913	$\nu_{d5} =$	61.14	
$r_{10} =$	-20.661 (非球面)	$d_{10} =$	(可変)					
$r_{11} =$	14.943	$d_{11} =$	0.80	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78	
$r_{12} =$	7.838	$d_{12} =$	3.29	$n_{d7} =$	1.77250	$\nu_{d7} =$	49.60	
$r_{13} =$	-8009.973	$d_{13} =$	(可変)					20
$r_{14} =$	$\infty$	$d_{14} =$	1.44	$n_{d8} =$	1.54771	$\nu_{d8} =$	62.84	
$r_{15} =$	$\infty$	$d_{15} =$	0.80					
$r_{16} =$	$\infty$	$d_{16} =$	0.80	$n_{d9} =$	1.51633	$\nu_{d9} =$	64.14	
$r_{17} =$	$\infty$	$d_{17} =$	1.20					
$r_{18} =$	$\infty$ (像面)							

## 非球面係数

第2面

$$K = -0.664$$

$$A_4 = -1.46542 \times 10^{-11}$$

$$A_6 = 8.11091 \times 10^{-10}$$

$$A_8 = -4.88691 \times 10^{-12}$$

$$A_{10} = -4.13146 \times 10^{-11}$$

第6面

$$K = -0.006$$

$$A_4 = -2.90892 \times 10^{-4}$$

30

40

$$A_6 = 1.51972 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.20416 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 3.30172 \times 10^{-9}$$

第10面

$$K = -4.430$$

$$A_4 = 7.07242 \times 10^{-13}$$

$$A_6 = -3.27642 \times 10^{-11}$$

$$A_8 = -1.02075 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = 9.05277 \times 10^{-15}$$

スームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.414	8.084	13.501	
FNO	2.82	3.46	4.50	
$\omega$ (°)	38.0	23.2	14.1	20
d <sub>4</sub>	24.68	8.98	2.00	
d <sub>10</sub>	0.18	5.91	15.38	
d <sub>13</sub>	3.35	3.45	3.00	.

【 0 1 1 2 】

## 実施例 5

$r_1 =$	36.437	$d_1 =$	0.90	$n_{d1} =$	1.69350	$\nu_{d1} =$	53.21	
$r_2 =$	6.102 (非球面)	$d_2 =$	4.45					
$r_3 =$	10.424	$d_3 =$	2.50	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78	
$r_4 =$	14.410	$d_4 =$	(可変)					
$r_5 =$	$\infty$ (絞り)	$d_5 =$	0.80					
$r_6 =$	5.672 (非球面)	$d_6 =$	2.38	$n_{d3} =$	1.77250	$\nu_{d3} =$	49.60	10
$r_7 =$	14.357	$d_7 =$	1.96	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78	
$r_8 =$	4.570	$d_8 =$	2.33					
$r_9 =$	9.382	$d_9 =$	2.78	$n_{d5} =$	1.49700	$\nu_{d5} =$	81.54	
$r_{10} =$	-12.963 (非球面)	$d_{10} =$	(可変)					
$r_{11} =$	12.128	$d_{11} =$	2.30	$n_{d6} =$	1.49700	$\nu_{d6} =$	81.54	
$r_{12} =$	-293675319.751	$d_{12} =$	(可変)					
$r_{13} =$	$\infty$	$d_{13} =$	1.44	$n_{d7} =$	1.54771	$\nu_{d7} =$	62.84	20
$r_{14} =$	$\infty$	$d_{14} =$	0.80					
$r_{15} =$	$\infty$	$d_{15} =$	0.80	$n_{d8} =$	1.51633	$\nu_{d8} =$	64.14	
$r_{16} =$	$\infty$	$d_{16} =$	1.20					
$r_{17} =$	$\infty$ (像面)							

## 非球面係数

第2面

$$K = -0.590$$

$$A_4 = -1.00944 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.47776 \times 10^{-9}$$

$$A_8 = 1.53887 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = -1.91708 \times 10^{-10}$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.83702 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.75075 \times 10^{-7}$$

30

40

$$A_8 = -9.53163 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 3.40481 \times 10^{-9}$$

第10面

$$K = -2.651$$

$$A_4 = 5.36943 \times 10^{-9}$$

$$A_6 = -1.97440 \times 10^{-11}$$

$$A_8 = -1.52527 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = -1.68233 \times 10^{-15}$$

10

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.401	7.500	12.800
FNO	2.92	3.44	4.50
$\omega$ (°)	38.2	24.7	14.8
d <sub>4</sub>	24.30	9.63	2.00
d <sub>10</sub>	1.50	5.76	14.17
d <sub>12</sub>	2.91	2.69	1.00

20

【 0 1 1 3 】

## 実施例 6

$r_1 =$	32.911	$d_1 =$	0.80	$n_{d1} =$	1.62299	$\nu_{d1} =$	58.16	
$r_2 =$	11.068	$d_2 =$	2.78					
$r_3 =$	15.252	$d_3 =$	0.80	$n_{d2} =$	1.77250	$\nu_{d2} =$	49.60	
$r_4 =$	5.879 (非球面)	$d_4 =$	3.27					
$r_5 =$	10.978	$d_5 =$	2.82	$n_{d3} =$	1.84666	$\nu_{d3} =$	23.78	
$r_6 =$	19.975	$d_6 =$	(可変)					10
$r_7 =$	$\infty$ (絞り)	$d_7 =$	1.60					
$r_8 =$	29.758 (非球面)	$d_8 =$	1.31	$n_{d4} =$	1.77250	$\nu_{d4} =$	49.60	
$r_9 =$	-32.015	$d_9 =$	0.10					
$r_{10} =$	6.838	$d_{10} =$	3.45	$n_{d5} =$	1.78590	$\nu_{d5} =$	44.20	
$r_{11} =$	1130.844	$d_{11} =$	0.75	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78	
$r_{12} =$	4.987	$d_{12} =$	1.72					
$r_{13} =$	-345.379	$d_{13} =$	1.59	$n_{d7} =$	1.48749	$\nu_{d7} =$	70.23	20
$r_{14} =$	-11.493	$d_{14} =$	(可変)					
$r_{15} =$	12.194 (非球面)	$d_{15} =$	3.27	$n_{d8} =$	1.49700	$\nu_{d8} =$	81.54	
$r_{16} =$	-18.566	$d_{16} =$	(可変)					
$r_{17} =$	$\infty$	$d_{17} =$	0.80	$n_{d9} =$	1.51633	$\nu_{d9} =$	64.14	
$r_{18} =$	$\infty$	$d_{18} =$	1.44	$n_{d10} =$	1.54771	$\nu_{d10} =$	62.84	
$r_{19} =$	$\infty$	$d_{19} =$	0.50					
$r_{20} =$	$\infty$	$d_{20} =$	0.70	$n_{d11} =$	1.51633	$\nu_{d11} =$	64.14	30
$r_{21} =$	$\infty$	$d_{21} =$	1.20					
$r_{22} =$	$\infty$ (像面)							

## 非球面係数

## 第 4 面

$$K = -0.617$$

$$A_4 = -1.93253 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -2.75457 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -6.46843 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = -3.95500 \times 10^{-10}$$

第 8 面

$$K = -0.087$$

$$A_4 = -8.72704 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 8.82630 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -2.16086 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 2.03920 \times 10^{-9}$$

10

第 1 5 面

$$K = 0.548$$

$$A_4 = -1.59439 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.63544 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -9.44027 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = -9.77603 \times 10^{-16}$$

ズームデータ (∞)

20

	WE	ST	TE
f (mm)	3.760	6.397	10.853
FNO	2.89	3.41	4.50
$\omega$ (°)	42.3	27.9	17.1
d <sub>6</sub>	21.11	8.25	1.80
d <sub>14</sub>	1.00	4.21	11.45
d <sub>16</sub>	0.78	1.23	1.00

30

【 0 1 1 4 】

## 実施例7

$r_1 =$	30.082	$d_1 =$	1.40	$n_{d1} =$	1.58913	$\nu_{d1} =$	61.14	
$r_2 =$	12.719	$d_2 =$	3.66					
$r_3 =$	24.428	$d_3 =$	1.50	$n_{d2} =$	1.69350	$\nu_{d2} =$	53.21	
$r_4 =$	5.930 (非球面)	$d_4 =$	3.42					
$r_5 =$	11.043	$d_5 =$	2.93	$n_{d3} =$	1.84666	$\nu_{d3} =$	23.78	
$r_6 =$	18.335	$d_6 =$	(可変)					10
$r_7 =$	$\infty$ (絞り)	$d_7 =$	1.60					
$r_8 =$	31.458 (非球面)	$d_8 =$	1.31	$n_{d4} =$	1.77250	$\nu_{d4} =$	49.60	
$r_9 =$	-40.051	$d_9 =$	0.10					
$r_{10} =$	6.689	$d_{10} =$	3.00	$n_{d5} =$	1.79952	$\nu_{d5} =$	42.22	
$r_{11} =$	1112.110	$d_{11} =$	0.75	$n_{d6} =$	1.84666	$\nu_{d6} =$	23.78	
$r_{12} =$	5.112	$d_{12} =$	1.98					
$r_{13} =$	-105.042	$d_{13} =$	1.71	$n_{d7} =$	1.69680	$\nu_{d7} =$	55.53	20
$r_{14} =$	-13.133	$d_{14} =$	(可変)					
$r_{15} =$	12.617	$d_{15} =$	3.04	$n_{d8} =$	1.51633	$\nu_{d8} =$	64.14	
$r_{16} =$	-15.100	$d_{16} =$	0.80	$n_{d9} =$	1.78472	$\nu_{d9} =$	25.68	
$r_{17} =$	-24.333	$d_{17} =$	(可変)					
$r_{18} =$	$\infty$	$d_{18} =$	0.80	$n_{d10} =$	1.51633	$\nu_{d10} =$	64.14	
$r_{19} =$	$\infty$	$d_{19} =$	1.44	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84	
$r_{20} =$	$\infty$	$d_{20} =$	0.50					30
$r_{21} =$	$\infty$	$d_{21} =$	0.70	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14	
$r_{22} =$	$\infty$	$d_{22} =$	1.20					
$r_{23} =$	$\infty$ (像面)							

## 非球面係数

第4面

 $K = -0.662$  $A_4 = 3.24127 \times 10^{-6}$  $A_6 = -1.03867 \times 10^{-9}$ 

40

$$A_8 = 1.21579 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = -2.40782 \times 10^{-10}$$

第8面

$$K = -0.798$$

$$A_4 = -9.62860 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 1.42380 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.20150 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 2.08820 \times 10^{-9}$$

10

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	3.774	6.546	10.881
FNO	2.97	3.62	4.50
$\omega$ (°)	42.9	27.6	17.3
d <sub>6</sub>	21.54	9.26	1.90
d <sub>14</sub>	1.20	5.77	11.87
d <sub>17</sub>	1.20	1.10	1.70

20

【 0 1 1 5 】

## 実施例 8

$r_1 = -728766774.650$ (非球面)	$d_1 = 1.20$	$n_{d1} = 1.79952$	$\nu_{d1} = 42.22$	
$r_2 = 5.056$ (非球面)	$d_2 = 1.98$			
$r_3 = 5.667$ (非球面)	$d_3 = 1.70$	$n_{d2} = 1.82114$	$\nu_{d2} = 24.06$	
$r_4 = 9.397$ (非球面)	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 0.80$			
$r_6 = 3.929$ (非球面)	$d_6 = 2.93$	$n_{d3} = 1.49700$	$\nu_{d3} = 81.54$	10
$r_7 = -9.956$ (非球面)	$d_7 = 0.10$			
$r_8 = 405054.351$ (非球面)	$d_8 = 0.80$	$n_{d4} = 1.82114$	$\nu_{d4} = 24.06$	
$r_9 = 9.890$ (非球面)	$d_9 =$ (可変)			
$r_{10} = \infty$	$d_{10} = 0.96$	$n_{d5} = 1.54771$	$\nu_{d5} = 62.84$	
$r_{11} = \infty$	$d_{11} = 0.60$			
$r_{12} = \infty$	$d_{12} = 0.50$	$n_{d6} = 1.51633$	$\nu_{d6} = 64.14$	
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.99$			20
$r_{14} = \infty$ (像面)				

## 非球面係数

## 第 1 面

$$K = 1.000$$

$$A_4 = 9.94300 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.78716 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.02248 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 9.42736 \times 10^{-14}$$

30

## 第 2 面

$$K = -0.354$$

$$A_4 = -1.03647 \times 10^{-9}$$

$$A_6 = 4.10242 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.41162 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 8.30750 \times 10^{-14}$$

40

## 第 3 面

$$K = -1.944$$

$$A_4 = 2.28074 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.40815 \times 10^{-11}$$

$$A_8 = 3.19088 \times 10^{-10}$$

$$A_{10} = -1.99260 \times 10^{-12}$$

第4面

$$K = -0.002$$

10

$$A_4 = -5.04587 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -8.52842 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -6.20027 \times 10^{-12}$$

$$A_{10} = -8.50488 \times 10^{-13}$$

第6面

$$K = -0.816$$

$$A_4 = 2.77495 \times 10^{-8}$$

20

$$A_6 = 1.01467 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -1.01668 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 5.38886 \times 10^{-8}$$

第7面

$$K = 0.001$$

$$A_4 = 2.30715 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -7.18727 \times 10^{-4}$$

30

$$A_8 = 6.62890 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = -2.13592 \times 10^{-6}$$

第8面

$$K = -9001285239.731$$

$$A_4 = 8.43472 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -8.10855 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 5.82965 \times 10^{-5}$$

40

$$A_{10} = -8.91948 \times 10^{-7}$$

## 第9面

$$K = -0.031$$

$$A_4 = 1.02466 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -2.25829 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 3.60456 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 5.29958 \times 10^{-6}$$

ズームデータ ( $\infty$ )

	WE	ST	TE
f (mm)	4.602	8.000	13.499
FNO	3.18	3.83	4.90
$\omega$ (°)	39.3	24.2	14.9
d <sub>4</sub>	18.24	7.64	1.80
d <sub>g</sub>	6.93	9.42	13.50

## 【0116】

以上の実施例1、3、4、8の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図9～図12に示す。各図中、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端での収差図である。

## 【0117】

次に、上記各実施例における条件(1)～(4)、(6)～(10)、(A)、(B)の値を示す。

実施例	1	2	3	4	5	6	7	8
(1)	0.51	0.39	0.41	0.60	0.66	0.60	0.60	0.63
(2)	0.82	0.88	0.86	0.82	0.82	0.82	0.82	0.92
(3)	1.01	1.29	1.23	0.93	0.89	0.93	0.93	1.02
(4)	1.38	1.24	1.27	1.33	1.31	1.34	1.34	1.18
(6)	0.84	0.74	0.70	0.86	0.81	0.73	0.76	-
(7)	0.014	0.001	0.000	0.392	0.307	0.003	0.003	-
(8)	3.37	2.94	3.17	3.55	3.22	3.41	3.49	1.99
(9)	3.33	4.45	4.61	5.16	5.00	4.14	3.96	3.77
(10)	0.99	1.14	1.11	1.04	1.14	0.91	0.93	1.14
(A)	2.27	1.30	1.33	1.23	1.40	2.25	1.64	1.00
(B)	2.58	7.77	7.02	9.73	5.97	2.59	4.12	-

## 【0118】

本発明は、上記実施例に示すズームレンズタイプの他にも、種々タイプのズームレンズに応用が可能である。例えば、図13に模式的に断面図を示したように、実施例1の物体側に弱いパワーの正レンズを追加して第1レンズ群G1とし、それより物体側を、負の第2レンズ群G2、開口絞りS、正の第3レンズ群G3、正の第4レンズ群G4、正の第5レンズ群G5として、正・負・正・正・正タイプの5群ズームレンズとして構成してもよい。また、図14に模式的に断面図を示したように、実施例4の物体側と像側を逆にして、正・正・負タイプの像面Iに銀塩写真フィルムを配置する銀塩カメラ用3群ズームレンズとして構成してもよい。

## 【0119】

さて、以上のような本発明の撮像装置は、ズームレンズで物体像を形成しその像をCCD等の電子撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカ

10

20

30

40

50

メラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0120】

図15～図17は、本発明によるズームレンズをデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図を示す。図15はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図16は同後方斜視図、図17はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例1のズームレンズを通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットコートがダミー透明平板上に施してなる赤外カット吸収フィルターIF、光学的ローパスフィルターLF、カバーガラスCGを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、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47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

10

【0121】

さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム55の視野枠57上に形成される。このポロプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

20

【0122】

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。

30

【0123】

なお、図17の例では、カバー部材50として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0124】

以上の本発明の撮像装置は例えば次のように構成することができる。

【0125】

〔1〕ズームレンズを備えた撮像装置において、前記ズームレンズは、負パワーのレンズ群及び正パワーのレンズ群を含んだ複数のレンズ群を有し、各々のレンズ群間隔を変更することで変倍を行うズームレンズであって、前記ズームレンズは明るさ絞りを有し、少なくとも1つの負パワーのレンズ群は前記明るさ絞り側に非球面の凹面を向けた負レンズを有し、前記非球面は、光軸上の屈折力に対して外側程屈折力が弱くなる形状であり、以下の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

40

【0126】

$$0.30 < a/R_h < 2.50 \quad \dots (1)$$

$$0.30 < R_c/R < 0.95 \quad \dots (2)$$

ただし、aは非球面の面頂点（非球面と光軸との交点）から非球面における広角端時の最大画角の主光線の通過位置までの光軸方向での距離の絶対値、R<sub>h</sub>は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置と光軸との距離の絶対値、R<sub>c</sub>は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値、Rは光軸を対称軸とし面頂点と非球面

50

の広角端時の最軸外主光線の通過位置とを含む球面の曲率半径の絶対値であり、 $R = | ( a^2 + R h^2 ) / ( 2 a ) |$ で表される。

【0127】

〔2〕ズームレンズを備えた撮像装置において、前記ズームレンズは、負パワーのレンズ群及び正パワーのレンズ群を含んだ複数のレンズ群を有し、各々のレンズ群間隔を変更することで変倍を行うズームレンズであって、負パワーのレンズ群の中最も物体側に配される負レンズ群は面のパワーが負である非球面を有し、前記非球面の形状が以下の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

【0128】

$0.70 < R_c / R_h < 1.3$  . . . (3)

10

ただし、 $R_h$ は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置と光軸との距離の絶対値、 $R_c$ は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値である。

【0129】

〔3〕ズームレンズを備えた撮像装置において、前記ズームレンズは、負パワーのレンズ群及び正パワーのレンズ群を含んだ複数のレンズ群を有し、各々のレンズ群間隔を変更することで変倍を行うズームレンズであって、負パワーのレンズ群の中最も物体側に配される負レンズ群は面のパワーが負である非球面を有し、前記非球面の形状が以下の条件を満足することを特徴とする撮像装置。

【0130】

$1.3 < R_e / R_c < 1.6$  . . . (4)

20

ただし、 $R_c$ は面頂点における曲率半径（非球面の光軸上の曲率半径）の絶対値、 $R_e$ は非球面における広角端時の最大画角の軸外主光線の通過位置からその通過位置における面の法線と光軸との距離が最も小さくなる法線上の点までの距離の絶対値である。

【0131】

〔4〕前記絞りと前記非球面との相対的距離は、広角端に対し望遠端で短くなることを特徴とする上記1記載の撮像装置。

【0132】

〔5〕前記ズームレンズが、物体側から順に、負パワーの第1レンズ群と、全体として正の屈折力を有する後続レンズ群とからなり、前記非球面が前記第1レンズ群中に配されることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の撮像装置。

30

【0133】

〔6〕前記後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの第2レンズ群、正パワーの第3レンズ群からなり、広角端から望遠端への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が狭まり、前記絞りが前記第1レンズ群と第3レンズ群との間に配されることを特徴とする上記5記載の撮像装置。

【0134】

〔7〕前記後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの第2レンズ群、正パワーの第3レンズ群、正又は負のパワーを有する第4レンズ群を有し、前記絞りが前記第1レンズ群と第3レンズ群との間に配されることを特徴とする上記5記載の撮像装置。

40

【0135】

〔8〕前記ズームレンズが、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レンズ群を有し、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群は非球面レンズを有し、前記第1レンズ群は、物体側に凸面を向けた少なくとも1枚の負メニスカスレンズと正レンズを有し、前記第2レンズ群は、正レンズと負レンズからなる接合レンズと正レンズからなることを特徴とする上記1から3の何れか1項記載の撮像装置。

【0136】

〔9〕前記ズームレンズが、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レンズ群を有し、前記第1レ

50

レンズ群と前記第2レンズ群は非球面レンズを有し、前記第1レンズ群は、物体側に凸面を向けた少なくとも1枚の負メニスカスレンズと正レンズを有し、前記第2レンズ群は、正レンズと負レンズからなる接合レンズと2枚の正レンズからなることを特徴とする上記1から3の何れか1項記載の撮像装置。

【0137】

〔10〕 前記第3レンズ群が、以下の条件を満足する正レンズを有することを特徴とする上記8又は9記載の撮像装置。

【0138】

$${}_3 > 49 \quad \dots (5)$$

ただし、 ${}_3$  は第3レンズ群に含まれる何れかの正レンズのd線基準のアッペ数である。

10

【0139】

〔11〕 前記第3レンズ群が負レンズと正レンズからなる接合レンズからなることを特徴とする上記8又は6記載の撮像装置。

【0140】

〔12〕 前記第2レンズ群の接合レンズの形状が以下の条件を満足することを特徴とする上記8から11の何れか1項記載の撮像装置。

【0141】

$$0.6 < R_{23} / R_{21} < 1.0 \quad \dots (6)$$

ただし、 $R_{21}$  は接合レンズの最も物体側の曲率半径、 $R_{23}$  は接合レンズの最も像面側の曲率半径である。

20

【0142】

〔13〕 前記第2レンズ群の接合レンズの接合面の形状が、以下の条件を満足することを特徴とする上記12記載の撮像装置。

【0143】

$$-0.1 < f_w / R_{22} < 0.2 \quad \dots (7)$$

ただし、 $R_{22}$  は接合レンズの接合面の曲率半径、 $f_w$  は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0144】

〔14〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記12記載の撮像装置。

【0145】

$$2.6 < f_2 / f_w < 4.0 \quad \dots (8)$$

ただし、 $f_2$  は第2レンズ群の焦点距離、 $f_w$  は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

30

【0146】

〔15〕 以下の条件式を満足することを特徴とする上記12記載の撮像装置。

【0147】

$$2.0 < |f_1| / Y < 5.0 \quad \dots (9)$$

ただし、 $f_1$  は第1レンズ群の焦点距離、 $Y$  は撮像面の有効対角長の1/2である。

【0148】

〔16〕 前記ズームレンズの像面側に電子撮像素子を配し、かつ、以下の条件式を満足することを特徴とする上記12記載の撮像装置。

40

【0149】

$$0.7 < f_w / ER_3 < 1.2 \quad \dots (10)$$

ただし、 $f_w$  は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離、 $ER_3$  は望遠端における最も像側の群で光線が光軸から最も離れた点での光軸からの距離である。

【0150】

〔17〕 物体側から順に、正パワーを有する第1レンズ群と、負パワーの第2レンズ群と、全体として正の屈折力を有する後続レンズ群とからなり、広角端から望遠端への変倍時に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が広がり、前記非球面が前記第2レンズ群中に配されることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の撮像装置。

50

## 【 0 1 5 1 】

〔 1 8 〕 前記後続レンズ群が、物体側より順に、正パワーの第 3 レンズ群と、正又は負のパワーを有する第 4 レンズ群とを有し、広角端から望遠端への変倍時に、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が狭まり、前記絞りが前記第 2 レンズ群と前記第 4 レンズ群との間に配されることを特徴とする上記 1 7 記載の撮像装置。

## 【 0 1 5 2 】

〔 1 9 〕 前記非球面を含む負レンズは、絞りとは反対側に凸面を向けた負メニスカスレンズであることを特徴とする上記 1 から 1 8 の何れか 1 項記載の撮像装置。

## 【 0 1 5 3 】

〔 2 0 〕 前記非球面を含む負レンズ群が絞り側に凹面を向けた 1 枚の正レンズと、1 枚又は 2 枚の負レンズからなることを特徴とする上記 1 から 1 9 の何れか 1 項記載の撮像装置。

10

## 【 0 1 5 4 】

〔 2 1 〕 前記ズームレンズの広角端における半画角が  $35^\circ$  より大であり  $50^\circ$  より小であることを特徴とする上記 1 から 2 0 の何れか 1 項記載の撮像装置。

## 【 0 1 5 5 】

## 【 発明の効果 】

以上の本発明によると、ズームレンズに使用するレンズ面形状を工夫することにより、種々ズームレンズにおける広角化とレンズ枚数の低減等の撮像装置の性能向上を行うことができる。さらには、固体撮像素子を用いた撮影系に好適な広画角、高変倍比、かつ、構成レンズ枚数の少なく、コンパクトで、製造誤差にも強く、優れた光学性能を有するズームレンズを達成することができる。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の撮像装置に用いられるズームレンズの実施例 1 の無限遠物点合焦時の広角端 ( a )、中間状態 ( b )、望遠端 ( c ) でのレンズ断面図である。

【 図 2 】 実施例 2 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【 図 3 】 実施例 3 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【 図 4 】 実施例 4 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【 図 5 】 実施例 5 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【 図 6 】 実施例 6 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

30

【 図 7 】 実施例 7 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【 図 8 】 実施例 8 のズームレンズの図 1 と同様のレンズ断面図である。

【 図 9 】 実施例 1 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【 図 1 0 】 実施例 3 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【 図 1 1 】 実施例 4 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【 図 1 2 】 実施例 8 の無限遠物点合焦時の収差図である。

【 図 1 3 】 本発明によるズームレンズの変形例を模式的に示す断面図である。

【 図 1 4 】 本発明によるズームレンズの別の変形例を模式的に示す断面図である。

【 図 1 5 】 本発明によるズームレンズを組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

40

【 図 1 6 】 図 1 5 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【 図 1 7 】 図 1 5 のデジタルカメラの断面図である。

【 図 1 8 】 本発明において用いるパラメータ a、R h、R c、R e の定義を説明するための図である。

【 図 1 9 】 電子撮像素子にて撮影を行う場合の有効撮像面の対角長について説明するための図である。

## 【 符号の説明 】

G 1 ... 第 1 レンズ群

G 2 ... 第 2 レンズ群

G 3 ... 第 3 レンズ群

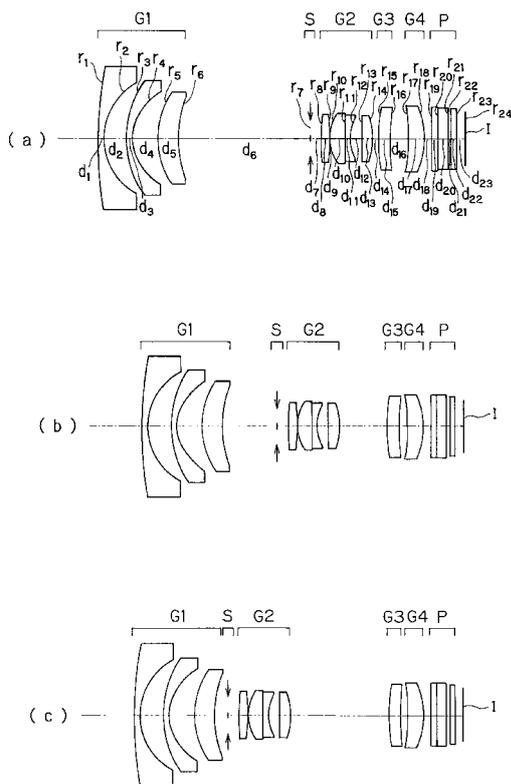
50

- G 4 ... 第 3 レンズ群
- G 5 ... 第 3 レンズ群
- S ... 開口絞り
- P ... 平行平板群
- I ... 像面
- E ... 観察者眼球
- I F ... 赤外カット吸収フィルター
- L F ... ローパスフィルター
- C G ... カバーガラス
- 4 0 ... デジタルカメラ
- 4 1 ... 撮影光学系
- 4 2 ... 撮影用光路
- 4 3 ... ファインダー光学系
- 4 4 ... ファインダー用光路
- 4 5 ... シャッター
- 4 6 ... フラッシュ
- 4 7 ... 液晶表示モニター
- 4 9 ... C C D
- 5 0 ... カバー部材
- 5 1 ... 処理手段
- 5 2 ... 記録手段
- 5 3 ... ファインダー用対物光学系
- 5 5 ... ポロプリズム
- 5 7 ... 視野枠
- 5 9 ... 接眼光学系

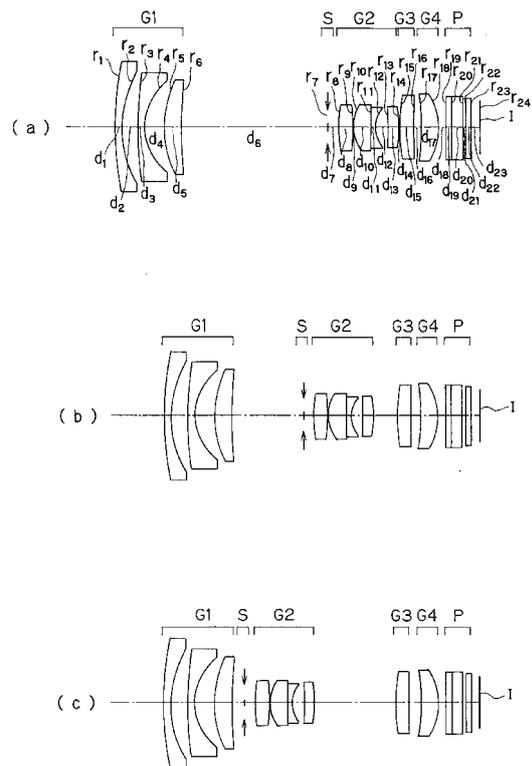
10

20

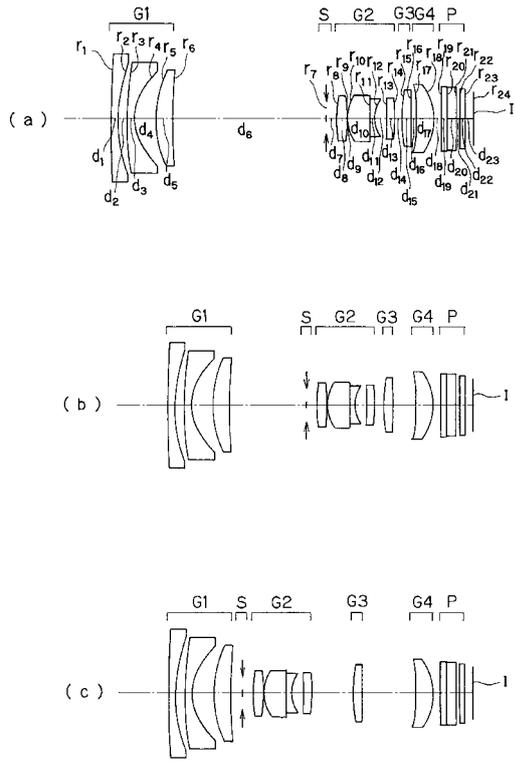
【 図 1 】



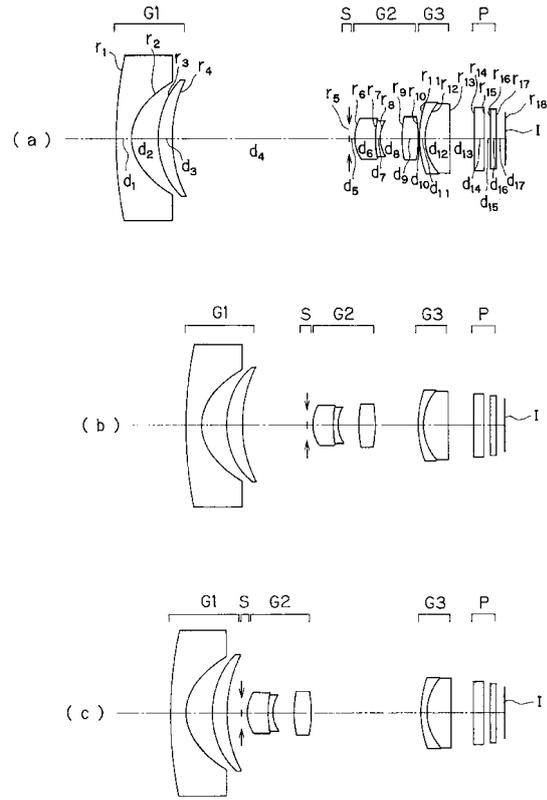
【 図 2 】



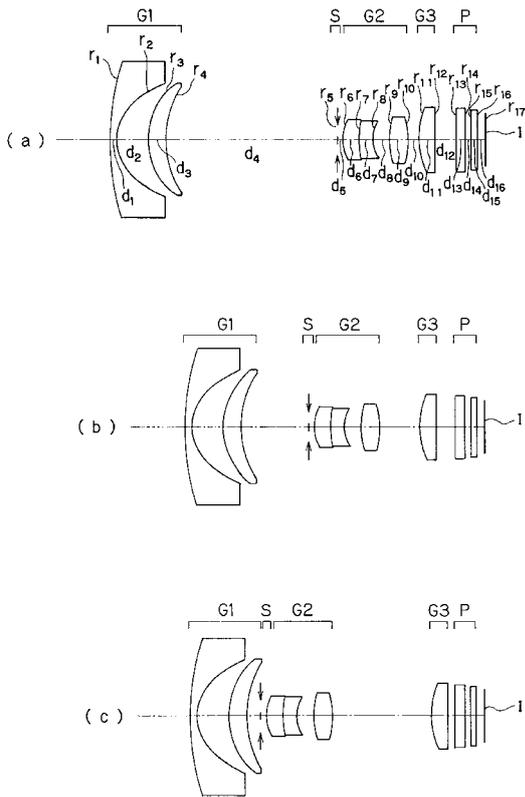
【 図 3 】



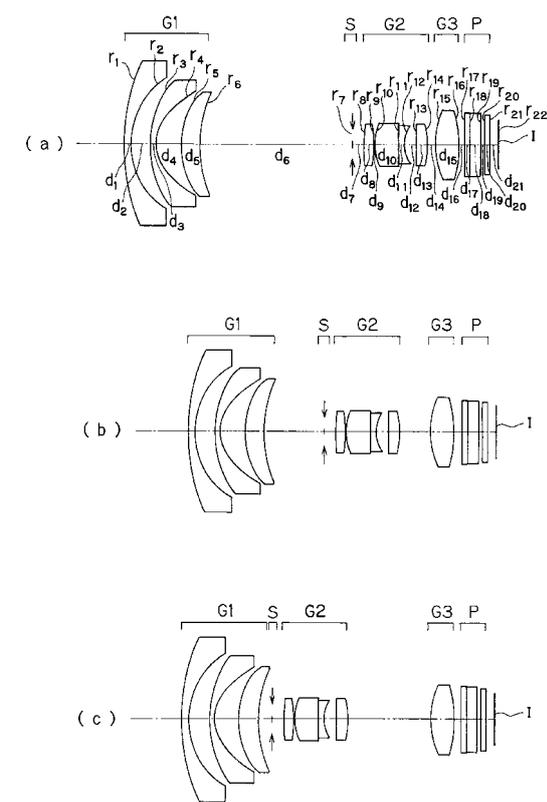
【 図 4 】



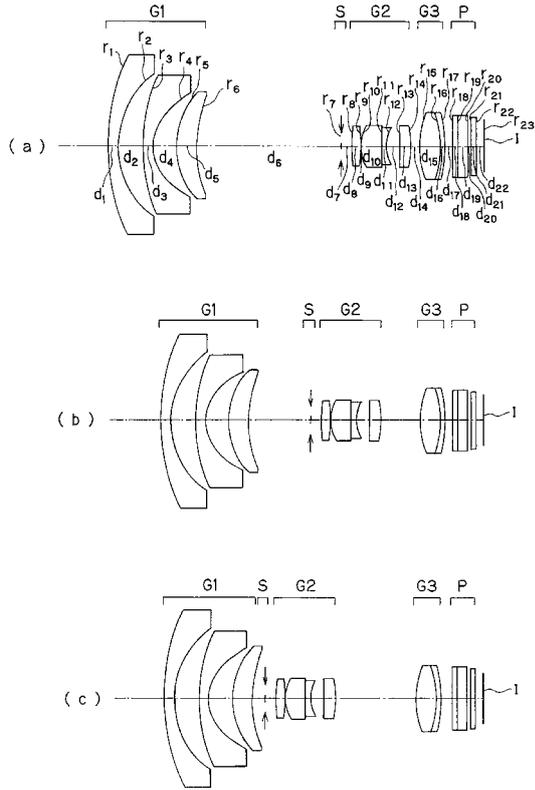
【 図 5 】



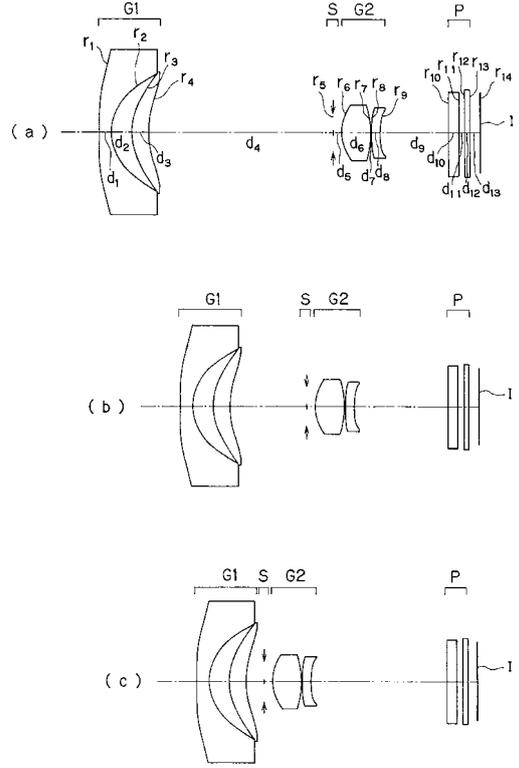
【 図 6 】



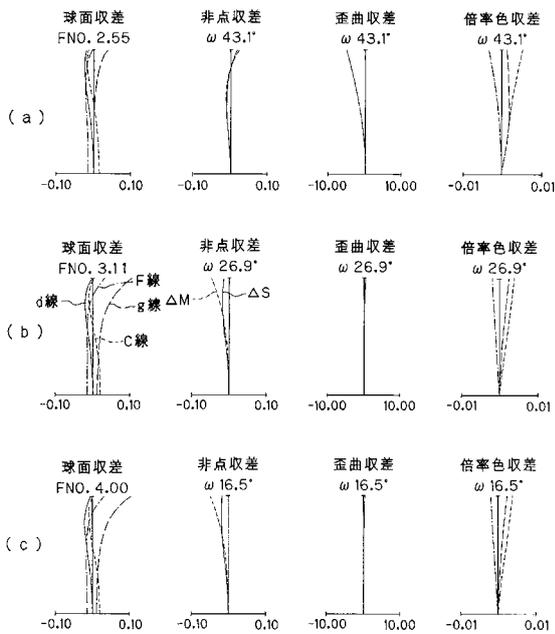
【 図 7 】



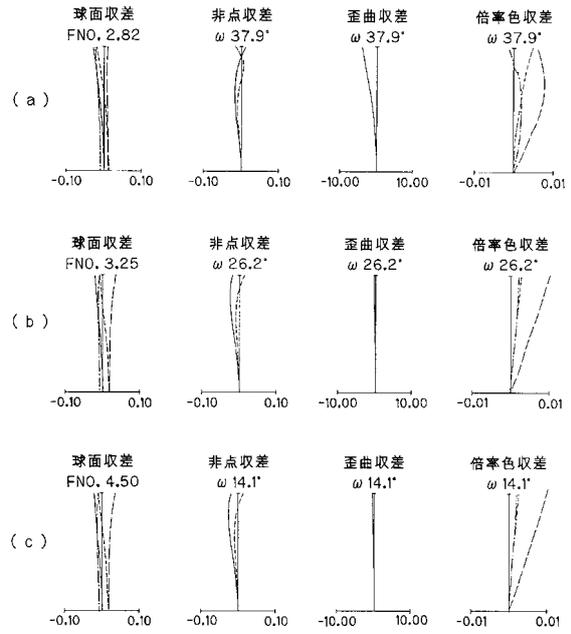
【 図 8 】



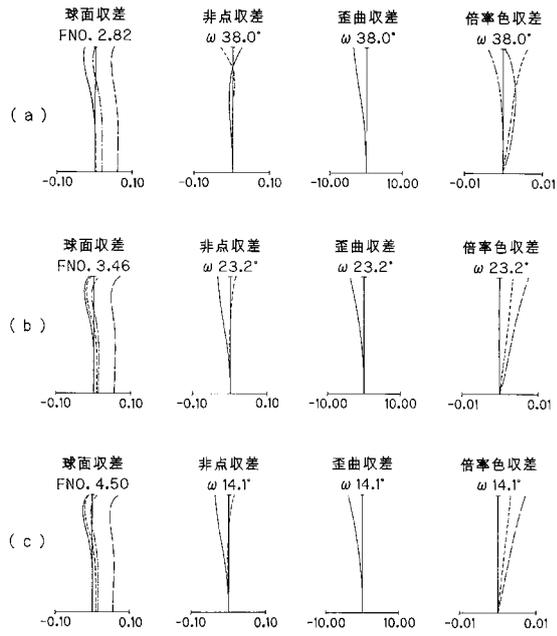
【 図 9 】



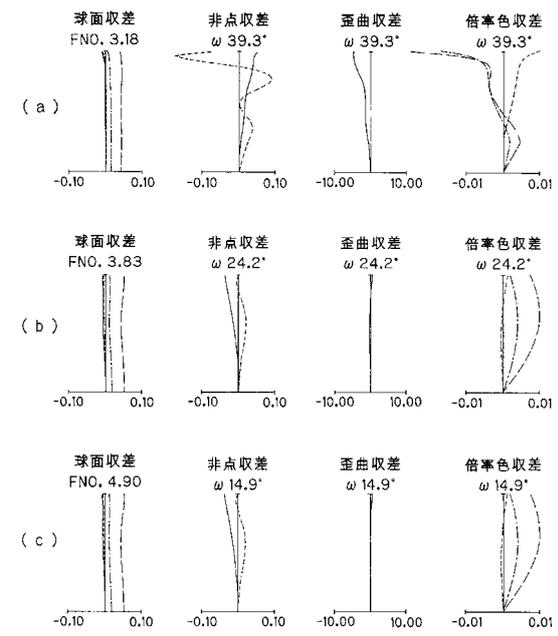
【 図 10 】



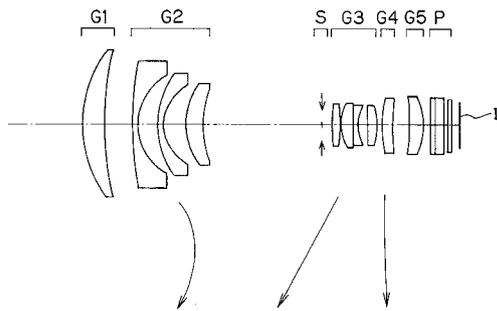
【 図 1 1 】



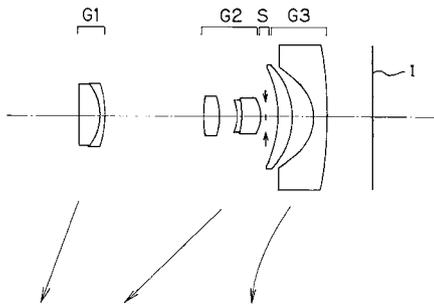
【 図 1 2 】



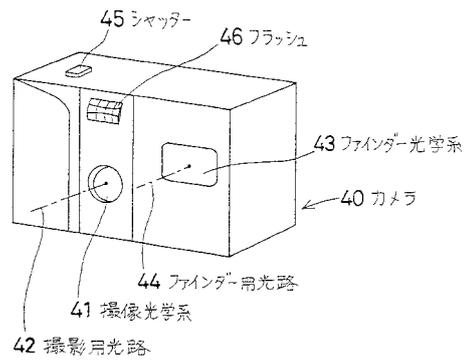
【 図 1 3 】



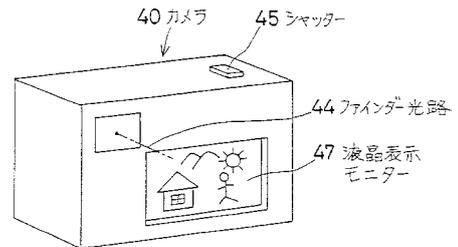
【 図 1 4 】



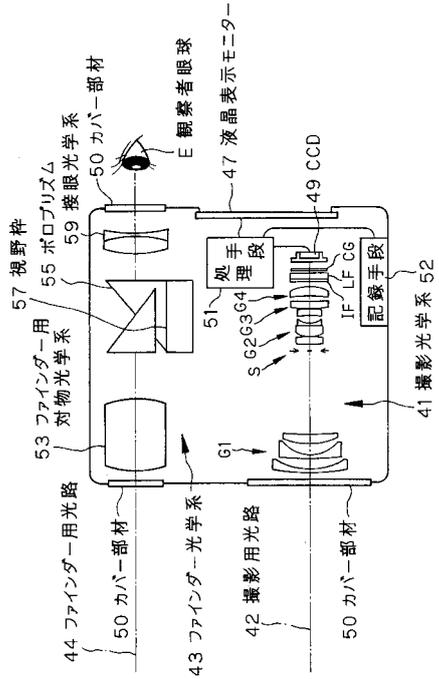
【 図 1 5 】



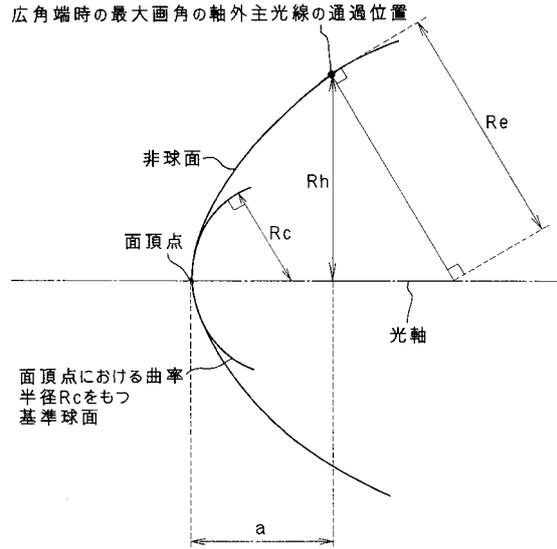
【 図 1 6 】



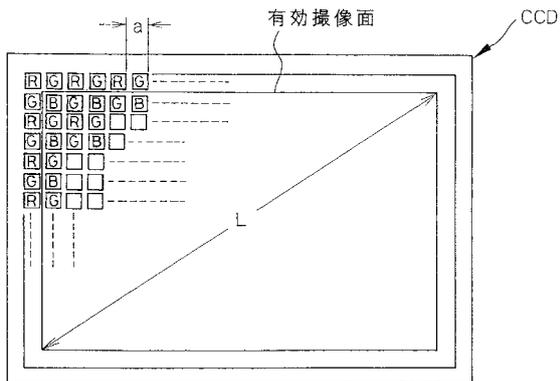
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



---

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43番2号

オリンパス光学工業株式会社内

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 特開2001-033702(JP,A)

特開平09-021950(JP,A)

特開2001-141997(JP,A)

特開2001-033701(JP,A)

特開2001-296475(JP,A)

特開平09-033810(JP,A)

特開平11-305125(JP,A)

特開2000-111798(JP,A)

特開昭61-162021(JP,A)

特開昭60-169818(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08