

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5703869号

(P5703869)

(45) 発行日 平成27年4月22日(2015.4.22)

(24) 登録日 平成27年3月6日(2015.3.6)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 15/20 (2006.01)
G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 15/20
 G O 2 B 13/18

請求項の数 7 (全 48 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-57060 (P2011-57060) | (73) 特許権者 | 000002185 |
| (22) 出願日 | 平成23年3月15日(2011.3.15) | | ソニー株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2012-194280 (P2012-194280A) | | 東京都港区港南1丁目7番1号 |
| (43) 公開日 | 平成24年10月11日(2012.10.11) | (74) 代理人 | 100116942 |
| 審査請求日 | 平成26年2月28日(2014.2.28) | | 弁理士 岩田 雅信 |
| | | (72) 発明者 | 山野 裕貴 |
| | | | 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株 式会社内 |
| | | 審査官 | 原田 英信 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及び撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群と正の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、

前記第2レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第1負レンズと第2負レンズと正レンズの3枚のレンズにより構成され、

少なくとも前記正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成され、

以下の条件式(1)、条件式(2)、条件式(3)及び条件式(4)を満足する
ズームレンズ。

$$(1) \quad 0.8 < 1.0 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) \quad 3.0 < 1.00 \times \{D(2, 23) / TH2\} < 7.0$$

$$(3) \quad 1.6 < f(2, 3) / |f2| < 2.5$$

$$(4) \quad 1.1 < \{R_{23f} / (n_{23} - 1)\} / |f2| < 1.564$$

但し、

R_{22r} : 第2レンズ群の第2負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} : 第2レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$: 第2レンズ群の第2負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間隔

$TH2$: 第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚み

$f(2, 3)$: 第2レンズ群の正レンズの焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

n_{23} : 第2レンズ群の正レンズの屈折率

とする。

【請求項2】

以下の条件式(5)及び条件式(6)を満足する

請求項1に記載のズームレンズ。

$$(5) \quad 1.0 < |f_2| / f_W < 1.5$$

$$(6) \quad 0.05 < |f_2| / f_T < 0.15$$

但し、

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_W : 広角端における全光学系の焦点距離

f_T : 望遠端における全光学系の焦点距離

とする。

【請求項3】

前記第2負レンズにおける像側の面の外周部と前記正レンズにおける物体側の面の外周部とが接触された

請求項1又は請求項2に記載のズームレンズ。

【請求項4】

前記正レンズにおける物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、

前記正レンズの平面に前記第2負レンズにおける像側の面の外周部が接触された

請求項3に記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記正レンズがガラス材料によって金型成形により形成された

請求項1乃至請求項4の何れかに記載のズームレンズ。

【請求項6】

広角端から望遠端へのズーミングの際に、前記第1レンズ群が前記第2レンズ群から離れるように物体側へ移動し、前記第3レンズ群が前記第2レンズ群に近付くように物体側へ移動する

請求項1乃至請求項5の何れかに記載のズームレンズ。

【請求項7】

ズームレンズと前記ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備え、

前記ズームレンズは、

物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群と正の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、

前記第2レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第1負レンズと第2負レンズと正レンズの3枚のレンズにより構成され、

少なくとも前記正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成され、

以下の条件式(1)、条件式(2)、条件式(3)及び条件式(4)を満足する

撮像装置。

$$(1) \quad 0.8 < 1.0 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) \quad 3.0 < 1.0 \times \{D(2, 23) / TH_2\} < 7.0$$

$$(3) \quad 1.6 < f(2, 3) / |f_2| < 2.5$$

$$(4) \quad 1.1 < \{R_{23f} / (n_{23} - 1)\} / |f_2| < 1.564$$

但し、

R_{22r} : 第2レンズ群の第2負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} : 第2レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$: 第2レンズ群の第2負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間

10

20

30

40

50

隔

$T H 2$: 第 2 レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚み

$f (2 , 3)$: 第 2 レンズ群の正レンズの焦点距離

$f 2$: 第 2 レンズ群の焦点距離

$n 2 3$: 第 2 レンズ群の正レンズの屈折率

とする。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本技術はズームレンズ及び撮像装置に関する。詳しくは、高いズーム倍率と十分な明るさを有すると共に撮影画角の十分な広角化が可能なデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ等に好適に用いられるズームレンズ及びズームレンズを備えた撮像装置の技術分野に関する。

10

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

近年、デジタルカメラ等の撮像装置の市場は非常に大きくなっており、ユーザーのデジタルカメラ等に対する要望も多岐に亘っている。例えば、高画質化、小型化、薄型化は言うまでもなく、撮影レンズの高倍率化や明るさ、さらには広角化への要望も非常に大きくなってきている。

【 0 0 0 3 】

20

一般に、撮像装置に備えられるズームレンズのうち、最も物体側のレンズ群が正の屈折力を有する所謂ポジティブリードタイプのズームレンズは、ズーム倍率を大きくできると言う利点や全ズーム領域における光学系を明るく設計できると言う利点がある。従って、ポジティブリードタイプのズームレンズは、例えば、ズーム倍率が 10 倍を超えるような高倍率化のタイプに適するものとして多く用いられている。

【 0 0 0 4 】

このようなポジティブリードタイプのズームレンズとして、物体側から像側へ順に正負正の屈折力を有する 3 群構成のレンズ群を含む 4 群以上の構成にされたズームレンズが存在する（例えば、特許文献 1 乃至特許文献 5 参照）。

【 0 0 0 5 】

30

特許文献 1 乃至特許文献 4 には、物体側から像側へ順に正負正正の屈折力を有する 4 群構成のズームレンズが記載されている。

【 0 0 0 6 】

特許文献 5 には、物体側から像側へ順に正負正正の屈折力を有する 4 群構成のズームレンズと物体側から像側へ順に正負正正正の屈折力を有する 5 群構成のズームレンズとが記載されている。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 2 3 5 2 9 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 5 - 3 3 8 7 4 0 号公報

【特許文献 3】特許第 3 9 7 7 1 5 0 号

40

【特許文献 4】特開 2 0 1 0 - 4 8 8 5 5 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 0 7 - 1 0 6 9 5 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

ところが、特許文献 1 及び特許文献 3 に記載されたズームレンズにあつては、十分な高倍率化が達成されていない。また、特許文献 1 乃至特許文献 4 に記載されたズームレンズにあつては、広角化を図る際には最も物体側に配置されたレンズの外径が大型化し易い特性を有するタイプであるため、撮影画角の十分な広角化と小型化を実現するには至っていない。

50

【 0 0 0 9 】

また、一般に、光学系の広角化や高倍率化には良好な収差補正を行い、かつ、製造時における誤差感度を低減する光学設計が必要になるため、レンズの枚数を多くするか、光学系の全長を大きくすることが必要である。

【 0 0 1 0 】

このような観点において、特許文献 5 に記載されたズームレンズにあっても、第 2 レンズ群のレンズの枚数の増加やズーミング時のストロークの増大に伴う光学全長の大型化が必要とされており、十分な小型化の実現には至っていない。

【 0 0 1 1 】

特に、非使用時（非撮影時）にレンズを沈胴させて良好な収納性を図った所謂沈胴式のズームレンズにおいては、レンズの枚数と厚みを削減し、かつ、ズーミング時のストロークを短縮して全体の厚みを薄くすることが極めて困難である。従って、高倍率化や広角化と同時に小型のズームレンズの必要性が高い。

【 0 0 1 2 】

また、固体撮像素子を用いた撮像装置には像側がテレセントリックに近いズームレンズが像面照度を均一にすることができるので望ましく、このようなズームレンズとしては最も像側のレンズ群が正の屈折力を有することが望ましい。

【 0 0 1 3 】

そこで、本技術ズームレンズ及び撮像装置は、上記した問題点を克服し、小型でズーム全域において明るく良好な光学性能を有しながらも、広角化及び高倍率化を図ることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 4 】

ズームレンズは、上記した課題を解決するために、物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第 1 レンズ群と負の屈折力を有する第 2 レンズ群と正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有し、前記第 2 レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第 1 負レンズと第 2 負レンズと正レンズの 3 枚のレンズにより構成され、少なくとも前記正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成され、以下の条件式（ 1 ）、条件式（ 2 ）、条件式（ 3 ）及び条件式（ 4 ）を満足するものである。

$$(1) \quad 0.8 < 1.0 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) \quad 3.0 < 1.00 \times \{ D(2, 23) / TH2 \} < 7.0$$

$$(3) \quad 1.6 < f(2, 3) / |f_2| < 2.5$$

$$(4) \quad 1.1 < \{ R_{23f} / (n_{23} - 1) \} / |f_2| < 1.564$$

但し、

R_{22r} ：第 2 レンズ群の第 2 負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} ：第 2 レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$ ：第 2 レンズ群の第 2 負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間隔

$TH2$ ：第 2 レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚み

$f(2, 3)$ ：第 2 レンズ群の正レンズの焦点距離

f_2 ：第 2 レンズ群の焦点距離

n_{23} ：第 2 レンズ群の正レンズの屈折率

とする。

【 0 0 1 5 】

従って、ズームレンズにあつては、正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径、空気レンズの屈折力及び空気レンズの間隔が適正化される。

【 0 0 1 7 】

そして、ズームレンズが条件式（ 3 ）を満足することにより、第 2 レンズ群の正レンズの屈折力が適正化される。

【 0 0 1 9 】

そして、ズームレンズが条件式(4)を満足することにより、正レンズの物体側の面の正の屈折力が適正化される。

【 0 0 2 0 】

上記したズームレンズにおいては、以下の条件式(5)及び条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 1.0 < |f_2| / f_W < 1.5$$

$$(6) \quad 0.05 < |f_2| / f_T < 0.15$$

但し、

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

10

f_W : 広角端における全光学系の焦点距離

f_T : 望遠端における全光学系の焦点距離

とする。

【 0 0 2 1 】

ズームレンズが条件式(5)及び条件式(6)を満足することにより、広角端と望遠端における全光学系の焦点距離に対する第2レンズ群の焦点距離の比がそれぞれ適正化される。

【 0 0 2 2 】

上記したズームレンズにおいては、前記第2負レンズにおける像側の面の外周部と前記正レンズにおける物体側の面の外周部とが接触されることが望ましい。第2負レンズにおける像側の面の外周部と正レンズにおける物体側の面の外周部とが接触されることにより、第2負レンズに対する正レンズの相対的なチルト精度をレンズの成形精度により確保することが可能になる。

20

【 0 0 2 3 】

上記したズームレンズにおいては、前記正レンズにおける物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、前記正レンズの平面に前記第2負レンズにおける像側の面の外周部が接触されることが望ましい。

【 0 0 2 4 】

正レンズにおける物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、正レンズの平面に第2負レンズにおける像側の面の外周部が接触されることにより、撮像装置の使用時等に発生する振動により、第2負レンズと正レンズの間の相対的なチルト精度が向上する。

30

【 0 0 2 5 】

上記したズームレンズにおいては、前記正レンズがガラス材料によって金型成形により形成されることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

正レンズがガラス材料によって金型成形により形成されることにより、金型の精度によって正レンズの良好な成形精度が確保される。

【 0 0 2 7 】

上記したズームレンズにおいては、広角端から望遠端へのズーミングの際に、前記第1レンズ群が前記第2レンズ群から離れるように物体側へ移動し、前記第3レンズ群が前記第2レンズ群に近付くように物体側へ移動することが望ましい。

40

【 0 0 2 8 】

広角端から望遠端へのズーミングの際に、第1レンズ群が第2レンズ群から離れるように物体側へ移動し、第3レンズ群が第2レンズ群に近付くように物体側へ移動することにより、ズーミングの際に変倍効果に大きく寄与している第2レンズ群及び第3レンズ群の当該変倍効果が最大限に引き出される。

【 0 0 2 9 】

撮像装置は、上記した課題を解決するために、ズームレンズと前記ズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備え、前記ズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第

50

2 レンズ群と正の屈折力を有する第3 レンズ群とを有し、前記第2 レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第1 負レンズと第2 負レンズと正レンズの3 枚のレンズにより構成され、少なくとも前記正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成され、以下の条件式(1)、条件式(2)、条件式(3)及び条件式(4)を満足するものである。

$$(1) \quad 0.8 < 10 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) \quad 3.0 < 100 \times \{D(2, 23) / TH2\} < 7.0$$

$$(3) \quad 1.6 < f(2, 3) / |f_2| < 2.5$$

$$(4) \quad 1.1 < \{R_{23f} / (n_{23} - 1)\} / |f_2| < 1.564$$

但し、

R_{22r} : 第2 レンズ群の第2 負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} : 第2 レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$: 第2 レンズ群の第2 負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間隔

$TH2$: 第2 レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚み

$f(2, 3)$: 第2 レンズ群の正レンズの焦点距離

f_2 : 第2 レンズ群の焦点距離

n_{23} : 第2 レンズ群の正レンズの屈折率

とする。

【0030】

従って、撮像装置にあっては、正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径、空気レンズの屈折力及び空気レンズの間隔が適正化される。

【発明の効果】

【0031】

本技術ズームレンズ及び撮像装置は、小型でズーム全域において明るく良好な光学性能を有しながらも、広角化及び高倍率化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下に、本技術ズームレンズ及び撮像装置を実施するための最良の形態について説明する。

【0033】

[ズームレンズの構成]

本技術ズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第1 レンズ群と負の屈折力を有する第2 レンズ群と正の屈折力を有する第3 レンズ群とを有している。

【0034】

また、本技術ズームレンズは、第2 レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第1 負レンズと第2 負レンズと正レンズの3 枚のレンズにより構成され、少なくとも正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成されている(図1 参照)。

【0035】

図1 は、正レンズG6 の物体側の面に形成された非球面 r_{10} の形状と正レンズG6 の近軸曲率半径R とを比較して示す模式図である。正レンズG6 の非球面 r_{10} は光軸S から外周に向かうに従って近軸曲率半径R との間隔が大きくなるようにされ、光軸S から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなるように形成されている。

【0036】

このような形状の非球面を形成することにより、第2 レンズ群を3 枚という少ないレンズの枚数によって構成した場合においても、広角端から望遠端における周辺画角のコマ収差及び望遠端における軸上画角の球面収差を効果的に補正することが可能になるため、画質の向上を図ることができる。

【0037】

さらに、本技術ズームレンズは、以下の条件式(1)及び条件式(2)を満足する。

$$(1) \quad 0.8 < 10 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) \quad 3.0 < 100 \times \{D(2, 23) / TH2\} < 7.0$$

但し、

R_{22r} : 第2レンズ群の第2負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} : 第2レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$: 第2レンズ群の第2負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間隔

$TH2$: 第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚みとする。

10

【0038】

条件式(1)は、第2レンズ群の第2負レンズと正レンズの間に存在する空気レンズ(空気間隔)のシェイプファクターを規定する式である。

【0039】

条件式(1)の上限を上回ると、正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径が小さくなり過ぎるため、全ズーム領域に亘って良好な収差補正を行って広角化及び高倍率化を図ることができなくなり、画質の劣化を来たしてしまう。

【0040】

一方、条件式(1)の下限を下回ると、空気レンズの屈折力が小さくなり過ぎるため、第2レンズ群の十分な小型化を実現することが困難になり、光学系全体の大型化を来たしてしまう。

20

【0041】

従って、ズームレンズが条件式(1)を満足することにより、正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径が適正化されて全ズーム領域に亘って良好な収差補正を行って広角化及び高倍率化を図ることができると共に空気レンズの屈折力が適正化されて光学系全体の小型化を図ることができる。

【0042】

条件式(2)は、第2レンズ群の第2負レンズと正レンズの間に存在する空気レンズの空気間隔を規定する式である。

30

【0043】

条件式(2)の上限を上回ると、空気レンズの間隔(光軸方向における大きさ)が大きくなり過ぎるため、第2レンズ群が大型化してしまい、光学系全体の大型化を来たしてしまう。

【0044】

一方、条件式(2)の下限を下回ると、空気レンズの間隔が小さくなり過ぎるため、第2レンズ群の組立時に第2負レンズと正レンズが接触して光学面が傷付いてしまうおそれがあり、また、撮像装置において結露した水分が表面張力によりレンズの隙間に侵入するおそれもある。

【0045】

従って、ズームレンズが条件式(2)を満足することにより、空気レンズの間隔が適正化され、光学系の小型化及びレンズの接触の防止等を図ることができる。

40

【0046】

本技術ズームレンズにあっては、さらに、以下の条件式(3)を満足する。(3) $1.6 < f(2, 3) / |f_2| < 2.5$

但し、

$f(2, 3)$: 第2レンズ群の正レンズの焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

とする。

【0047】

50

条件式(3)は、第2レンズ群の正レンズの屈折力を規定する式である。

【0048】

条件式(3)の上限を上回ると、正レンズの屈折力が弱くなり過ぎるため、特に、広角端における光学系の入射瞳位置を十分に物体側に配置することができなくなり、第1レンズ群及び第2レンズ群の大型化を来たしてしまう。

【0049】

一方、条件式(3)の下限を下回ると、正レンズの屈折力が強くなり過ぎるため、第2レンズ群における全ズーム領域に亘る良好な収差補正を行うことができなくなり、画質の劣化を来たしてしまう。

【0050】

従って、ズームレンズが条件式(3)を満足することにより、第2レンズ群の正レンズの屈折力が適正化され、第1レンズ群及び第2レンズ群の小型化を図ることができると共に第2レンズ群における全ズーム領域に亘る良好な収差補正を行うことができ画質の向上を図ることができる。

【0051】

本技術ズームレンズにあっては、さらに、以下の条件式(4)を満足する。

$$(4) \quad 1.1 < \{ R_{23} f / (n_{23} - 1) \} / |f_2| < 1.564$$

但し、

n_{23} ：第2レンズ群の正レンズの屈折率

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離

とする。

【0052】

条件式(4)は、正レンズの物体側の面における屈折力を規定する式である。

【0053】

条件式(4)の下限を下回ると、正レンズの物体側の面の正の屈折力が強くなり過ぎるため、特に、広角端と望遠端におけるコマ収差と、望遠端における球面収差の補正が困難になり、また、正レンズの偏芯敏感度が高くなり過ぎてしまい、製造の難易度が高くなってしまう。

【0054】

一方、条件式(4)の上限を上回ると、正レンズの物体側の面の正の屈折力が弱くなり過ぎるため、第2レンズ群の像側の主点位置を十分に物体側に配置することができなくなり、広角端における入射瞳位置も十分に物体側に配置することができなくなり、特に、第1レンズ群と第2レンズ群における径方向の大型化を来たしてしまう。

【0055】

従って、ズームレンズが条件式(4)を満足することにより、正レンズの物体側の面の正の屈折力が適正化され、各収差の補正を良好に行うことができると共に偏芯敏感度の低下を図ることができ、また、第1レンズ群と第2レンズ群の小型化を図ることができる。

【0056】

本技術の一実施形態によるズームレンズにあっては、以下の条件式(5)及び条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 1.0 < |f_2| / f_W < 1.5$$

$$(6) \quad 0.05 < |f_2| / f_T < 0.15$$

但し、

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離

f_W ：広角端における全光学系の焦点距離

f_T ：望遠端における全光学系の焦点距離

とする。

【0057】

条件式(5)は、広角端における全光学系の焦点距離に対する第2レンズ群の焦点距離の比を規定する式である。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

条件式 (6) は、望遠端における全光学系の焦点距離に対する第 2 レンズ群の焦点距離の比を規定する式である。

【 0 0 5 9 】

条件式 (5) 及び条件式 (6) の上限を上回ると、第 2 レンズ群の屈折力が弱くなり過ぎるため、光学系の大型化を来たしてしまう。

【 0 0 6 0 】

一方、条件式 (5) 及び条件式 (6) の下限を下回ると、第 2 レンズ群の屈折力が強くなり過ぎるため、収差補正が困難になり画質の劣化を来たしてしまう。

【 0 0 6 1 】

従って、ズームレンズが条件式 (5) 及び条件式 (6) を満足することにより、広角端と望遠端における全光学系の焦点距離に対する第 2 レンズ群の焦点距離の比がそれぞれ適正化され、光学系の小型化を図ることができると共に良好な収差補正を行うことができ画質の向上を図ることができる。

【 0 0 6 2 】

本技術の一実施形態によるズームレンズにあっては、第 2 レンズ群の第 2 負レンズにおける像側の面の外周部と正レンズにおける物体側の面の外周部とが接触されることが望ましい (図 2 参照) 。

【 0 0 6 3 】

第 1 負レンズ G 4 の像側に配置された第 2 負レンズ G 5 と正レンズ G 6 は、外周部 5 a、6 a 以外の部分が所定の間隔を持って離隔されているが、第 2 負レンズ G 5 の外周部 5 a における像側の面と正レンズ G 6 の外周部 6 a における物体側の面とが接触された状態で第 2 レンズ群 G R 2 が組み立てられている。

【 0 0 6 4 】

このように第 2 負レンズの外周部と正レンズの外周部とを接触させることにより、第 2 負レンズに対する正レンズの相対的なチルト精度をレンズの成形精度により確保することが可能になる。従って、各外周部によって、例えば、樹脂製の部材を挟んで二つのレンズが組み立てられる場合に比し、組立時における相対的なチルト精度が大幅に向上するため、特に、望遠端における偏芯収差の発生を抑えることが可能になり、画質の向上を図ることができる。

【 0 0 6 5 】

尚、一般に、物体側から像側へ順に配置された正負正の第 1 レンズ群乃至第 3 レンズ群を有するズームレンズの場合には、第 2 レンズ群と第 3 レンズ群が最も変倍に寄与するレンズ群であるため、屈折力が最も大きくなる傾向にあり、同時に、これらのレンズ群における収差補正が全ズーム領域における画質の向上を図る上で重要になる。

【 0 0 6 6 】

従って、第 2 レンズ群の正レンズに非球面を形成することは、画質の向上の観点から収差補正に極めて効果的であるが、一方で、製造時における偏芯敏感度の低減が困難になるため、偏芯敏感度の低減を図るためには上記したような各レンズの外周部を接触させて組み立てることが特に有効である。

【 0 0 6 7 】

本技術の一実施形態によるズームレンズにあっては、正レンズにおける物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、正レンズの平面に第 2 負レンズにおける像側の面の外周部が接触されることが望ましい (図 2 参照) 。

【 0 0 6 8 】

正レンズ G 6 の外周部 6 a における像側の面が光軸に垂直な平面 6 b として形成され、第 2 負レンズ G 5 の外周部 5 a が正レンズ G 6 の平面 6 b に接触された状態で第 2 レンズ群が組み立てられている。

【 0 0 6 9 】

このように第 2 負レンズの外周部が正レンズの平面に接触されることにより、撮像装置

10

20

30

40

50

の使用時等に発生する振動により、第2負レンズに対して正レンズが光軸に直交する方向へ相対的に変位されたときに、相対的なチルト精度の低下を抑制することができる。

【0070】

尚、上記した条件式(1)及び条件式(2)の構成は、上記した第2負レンズと正レンズの一部が接触された状態で組み立てられる方法を実現するためにも有効である。

【0071】

即ち、条件式(1)の上限を上回ると、第2負レンズと正レンズの接触位置が光軸から離れ過ぎてしまうため、第2レンズ群が径方向に大型化してしまう。

【0072】

また、条件式(2)の上限を上回ると、第2負レンズの像側の面と正レンズの物体側の面の間隔が離れ過ぎてしまうため、第2負レンズと正レンズの接触位置が光軸から離れ過ぎてしまい、やはり第2レンズ群が径方向に大型化してしまう。

【0073】

本技術の一実施形態によるズームレンズにあっては、第2レンズ群の正レンズがガラス材料によって金型成形により形成されることが望ましい。

【0074】

第2レンズ群の正レンズがガラス材料によって金型成形により形成されることにより、金型の精度によって正レンズを高精度に成形することが可能となり、第2負レンズとの間の高い組付精度を確保することができる。

【0075】

本技術の一実施形態によるズームレンズにあっては、広角端から望遠端へのズーミングの際に、第1レンズ群が第2レンズ群から離れるように物体側へ移動し、第3レンズ群が第2レンズ群に近付くように物体側へ移動することが望ましい。

【0076】

ズームレンズをこのように構成することにより、ズーミングの際に変倍効果に大きく寄与している第2レンズ群及び第3レンズ群の当該変倍効果を最大限に引き出すことができる上、光学系の全長を短縮化し小型化を図ることもできる。

【0077】

[ズームレンズの数値実施例]

以下に、本技術ズームレンズの具体的な実施の形態及び実施の形態に具体的な数値を適用した数値実施例について、図面及び表を参照して説明する。

【0078】

尚、以下の各表や説明において示した記号の意味等については、下記に示す通りである。

【0079】

「 s_i 」は物体側から像側へ数えた第*i*番目の面の面番号、「 r_i 」は第*i*番目の面の近軸曲率半径、「 d_i 」は第*i*番目の面と第*i*+1番目の面の間の軸上面間隔(レンズの中心の厚み又は空気間隔)、「 n_i 」は第*i*番目の面から始まるレンズ等の*d*線($\lambda = 587.6\text{nm}$)における屈折率、「 i 」は第*i*番目の面から始まるレンズ等の*d*線におけるアッペ数を示す。

【0080】

「 s_i 」に関し「ASP」は当該面が非球面であることを示し、「 r_i 」に関し「INFINITY」は当該面が平面であることを示す。

【0081】

「 f 」は焦点距離、「 Fno 」はFナンバー、「 ω 」は半画角を示す。

【0082】

「 K 」は円錐定数(コーニック定数)、「 A 」、「 B 」、「 C 」、「 D 」はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数を示す。

【0083】

尚、以下の非球面係数を示す各表において、「 $E-n$ 」は10を底とする指数表現、即

10

20

30

40

50

ち、「10のマイナスn乗」を表しており、例えば、「0.12345E-05」は「0.12345×(10のマイナス五乗)」を表している。

【0084】

各実施の形態において用いられたズームレンズには、レンズ面が非球面に形成されたものがある。非球面形状は、「x」をレンズ面の頂点からの光軸方向における距離（サグ量）、「y」を光軸方向に垂直な方向における高さ（像高）、「c」をレンズの頂点における近軸曲率（曲率半径の逆数）、「K」を円錐定数（コーニック定数）、「A」、「B」、「C」、「D」をそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数とすると、以下の数式1によって定義される。

【0085】

【数1】

$$x = \frac{cy^2}{1 + \{1 - (1 + K)c^2y^2\}^{1/2}} + Ay^4 + By^6 + \dots$$

【0086】

図3、図6、図9、図12、図15、図18、図21及び図24は、それぞれ本技術ズームレンズの第1の実施の形態乃至第8の実施の形態におけるズームレンズ1乃至ズームレンズ8のレンズ構成を示している。

【0087】

これらの各図において、矢印はズーミングに際して移動する方向を示す。

【0088】

<第1の実施の形態>

図3は、本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズ1のレンズ構成を示している。

【0089】

ズームレンズ1は、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【0090】

ズームレンズ1はズーム倍率が10.8倍にされている。

【0091】

第1レンズ群GR1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズG1と両凸形状の正レンズG2とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズG3とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【0092】

第2レンズ群GR2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1負レンズG4と、両凹形状の第2負レンズG5と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズG6とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【0093】

第2レンズ群GR2は、図示は省略するが、第2負レンズG5における像側の面の外周部と正レンズG6における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

【0094】

正レンズG6には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第2負レンズG5における像側の面の外周部が接触されている。

【0095】

第3レンズ群GR3は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズG7と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズG8とが接合されて成る接合レンズと、両凸形状の正レンズG9とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 0 9 6 】

第4レンズ群GR4は物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズG10が配置されて構成されている。

【 0 0 9 7 】

第4レンズ群GR4と像面IMGの間にはカバーガラスCGが配置されている。尚、像面IMGとカバーガラスCGの間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてもよく、また、カバーガラスCGを赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【 0 0 9 8 】

開口絞りSTOは第3レンズ群GR3の物体側における近傍に配置され、第3レンズ群と一体に移動される。

【 0 0 9 9 】

表1に、第1の実施の形態におけるズームレンズ1に具体的数値を適用した数値実施例1のレンズデータを示す。

【 0 1 0 0 】

【表1】

| si | ri | di | ni | ν_i |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 38.931 | 0.700 | 1.92286 | 20.880 |
| 2 | 24.694 | 2.319 | 1.59282 | 68.624 |
| 3 | 307.961 | 0.150 | | |
| 4 | 21.627 | 2.009 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 65.674 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 186.547 | 0.400 | 1.80139 | 45.450 |
| 7 (ASP) | 5.402 | 2.502 | | |
| 8 | -21.500 | 0.450 | 1.80420 | 46.503 |
| 9 | 9.637 | 0.200 | | |
| 10 (ASP) | 8.000 | 1.290 | 2.00170 | 19.324 |
| 11 (ASP) | 25.608 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 (ASP) | 4.724 | 2.250 | 1.68893 | 31.161 |
| 14 | 12.655 | 0.750 | 1.94595 | 17.980 |
| 15 | 4.886 | 0.355 | | |
| 16 | 10.394 | 1.320 | 1.61800 | 63.390 |
| 17 | -10.394 | (d 17) | | |
| 18 (ASP) | 10.719 | 1.600 | 1.49710 | 81.560 |
| 19 | 50.000 | (d 19) | | |
| 20 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 21 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

【 0 1 0 1 】

ズームレンズ1において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第1レンズ群GR1と第2レンズ群GR2の間の面間隔d5、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3の間の面間隔d11、第3レンズ群GR3と第4レンズ群GR4の間の面間隔d17及び第4レンズ群GR4とカバーガラスCGの間の面間隔d19が変化する。

【 0 1 0 2 】

数値実施例1の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔をFナンバーFno及び半画角と共に表2に示す。

【 0 1 0 3 】

【表 2】

| | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| f | 4.80 | 15.68 | 51.78 |
| Fno | 2.88 | 3.85 | 4.60 |
| ω | 40.63 | 13.87 | 4.21 |
| d 5 | 0.350 | 10.037 | 18.992 |
| d 11 | 10.550 | 3.528 | 0.400 |
| d 17 | 4.830 | 6.995 | 16.301 |
| d 19 | 5.384 | 9.736 | 4.713 |

10

【 0 1 0 4 】

ズームレンズ 1 において、第 2 レンズ群 G R 2 の第 1 負レンズ G 4 の両面（第 6 面、第 7 面）、正レンズ G 6 の両面（第 10 面、第 11 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 7 の物体側の面（第 13 面）、第 4 レンズ群 G R 4 の正レンズ G 10 の物体側の面（第 18 面）は非球面に形成されている。数値実施例 1 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 K と共に表 3 に示す。

【 0 1 0 5 】

【表 3】

| si | K | A | B | C | D |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | -6.77554E+00 | 2.27088E-03 | -1.23885E-04 | 2.74355E-06 | -2.44033E-08 |
| 7 | 0.00000E+00 | 2.27171E-03 | 1.89868E-05 | 3.25971E-06 | -4.67720E-07 |
| 10 | 2.03508E+00 | -2.02242E-03 | 1.24485E-04 | -8.09854E-06 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -1.29065E-03 | 1.04114E-04 | -6.95652E-06 | 1.16616E-07 |
| 13 | 0.00000E+00 | -7.93622E-04 | -5.01239E-06 | -1.30555E-06 | 0.00000E+00 |
| 18 | 0.00000E+00 | -7.14427E-05 | 2.36706E-06 | -1.83600E-08 | -7.77964E-10 |

20

【 0 1 0 6 】

図 4 及び図 5 は数値実施例 1 の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図 4 は広角端状態、図 5 は望遠端状態における諸収差図を示す。

30

【 0 1 0 7 】

図 4 及び図 5 には、球面収差図に実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

【 0 1 0 8 】

各収差図から、数値実施例 1 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【 0 1 0 9 】

< 第 2 の実施の形態 >

図 6 は、本技術の第 2 の実施の形態におけるズームレンズ 2 のレンズ構成を示している。

40

【 0 1 1 0 】

ズームレンズ 2 は、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G R 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G R 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G R 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G R 4 とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【 0 1 1 1 】

ズームレンズ 2 はズーム倍率が 10.8 倍にされている。

【 0 1 1 2 】

第 1 レンズ群 G R 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 1 と両凸形状の正レンズ G 2 とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形

50

状の正レンズ G 3 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 1 3 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 負レンズ G 4 と、両凹形状の第 2 負レンズ G 5 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 6 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 1 4 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、図示は省略するが、第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部と正レンズ G 6 における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

【 0 1 1 5 】

正レンズ G 6 には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部が接触されている。

【 0 1 1 6 】

第 3 レンズ群 G R 3 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 7 と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 8 とが接合されて成る接合レンズと、両凸形状の正レンズ G 9 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 1 7 】

第 4 レンズ群 G R 4 は物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 1 0 が配置されて構成されている。

【 0 1 1 8 】

第 4 レンズ群 G R 4 と像面 I M G の間にはカバーガラス C G が配置されている。尚、像面 I M G とカバーガラス C G の間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてもよく、また、カバーガラス C G を赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【 0 1 1 9 】

開口絞り S T O は第 3 レンズ群 G R 3 の物体側における近傍に配置され、第 3 レンズ群と一体に移動される。

【 0 1 2 0 】

表 4 に、第 2 の実施の形態におけるズームレンズ 2 に具体的数値を適用した数値実施例 2 のレンズデータを示す。

【 0 1 2 1 】

10

20

30

【表 4】

| si | ri | di | ni | ν_i |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 42.750 | 0.700 | 1.92286 | 20.880 |
| 2 | 26.121 | 2.268 | 1.59282 | 68.624 |
| 3 | 499.927 | 0.150 | | |
| 4 | 21.631 | 2.025 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 67.685 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 795.746 | 0.400 | 1.80139 | 45.450 |
| 7 (ASP) | 5.720 | 2.461 | | |
| 8 | -21.750 | 0.450 | 1.80420 | 46.503 |
| 9 | 10.250 | 0.200 | | |
| 10 (ASP) | 7.800 | 1.252 | 1.94595 | 17.980 |
| 11 (ASP) | 22.185 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 (ASP) | 4.672 | 2.150 | 1.68893 | 31.161 |
| 14 | 12.596 | 0.800 | 1.94595 | 17.980 |
| 15 | 4.850 | 0.340 | | |
| 16 | 10.316 | 1.230 | 1.61800 | 63.390 |
| 17 | -10.316 | (d 17) | | |
| 18 (ASP) | 10.717 | 1.575 | 1.49710 | 81.560 |
| 19 | 50.000 | (d 19) | | |
| 20 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 21 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

【 0 1 2 2 】

ズームレンズ 2 において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間の面間隔 d 5、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間の面間隔 d 1 1、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 の間の面間隔 d 1 7 及び第 4 レンズ群 G R 4 とカバーガラス C G の間の面間隔 d 1 9 が変化する。

【 0 1 2 3 】

数値実施例 2 の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔を F ナンバー F n o 及び半画角 と共に表 5 に示す。

【 0 1 2 4 】

【表 5】

| | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| f | 4.80 | 15.54 | 51.67 |
| Fno | 2.89 | 3.81 | 4.66 |
| ω | 40.85 | 14.01 | 4.21 |
| d 5 | 0.350 | 10.049 | 19.152 |
| d 11 | 10.550 | 3.481 | 0.400 |
| d 17 | 4.917 | 6.498 | 16.447 |
| d 19 | 5.194 | 9.752 | 4.464 |

【 0 1 2 5 】

ズームレンズ 2 において、第 2 レンズ群 G R 2 の第 1 負レンズ G 4 の両面（第 6 面、第 7 面）、正レンズ G 6 の両面（第 1 0 面、第 1 1 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 7 の物体側の面（第 1 3 面）、第 4 レンズ群 G R 4 の正レンズ G 1 0 の物体側の面（第 1 8 面）は非球面に形成されている。数値実施例 2 における非球面の 4 次、6 次、8 次、1

0 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 K と共に表 6 に示す。

【 0 1 2 6 】

【表 6】

| si | K | A | B | C | D |
|----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | 1.34053E+01 | 2.22759E-03 | -1.11778E-04 | 2.25695E-06 | -1.80150E-08 |
| 7 | 0.00000E+00 | 2.19428E-03 | 1.92410E-05 | 4.09356E-06 | -4.54139E-07 |
| 10 | 1.71866E+00 | -2.18187E-03 | 1.30981E-04 | -8.25137E-06 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -1.38097E-03 | 1.01622E-04 | -6.74912E-06 | 9.86458E-08 |
| 13 | 0.00000E+00 | -8.07334E-04 | -8.36065E-06 | -1.33902E-06 | 0.00000E+00 |
| 18 | 0.00000E+00 | -7.95246E-05 | 3.26402E-06 | -5.67677E-08 | -1.94570E-10 |

10

【 0 1 2 7 】

図 7 及び図 8 は数値実施例 2 の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図 7 は広角端状態、図 8 は望遠端状態における諸収差図を示す。

【 0 1 2 8 】

図 7 及び図 8 には、球面収差図に実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

【 0 1 2 9 】

各収差図から、数値実施例 2 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

20

【 0 1 3 0 】

< 第 3 の実施の形態 >

図 9 は、本技術の第 3 の実施の形態におけるズームレンズ 3 のレンズ構成を示している。

【 0 1 3 1 】

ズームレンズ 3 は、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G R 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G R 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G R 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G R 4 とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【 0 1 3 2 】

ズームレンズ 3 はズーム倍率が 9.0 倍にされている。

30

【 0 1 3 3 】

第 1 レンズ群 G R 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 1 と両凸形状の正レンズ G 2 とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 3 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 3 4 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 負レンズ G 4 と、両凹形状の第 2 負レンズ G 5 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 6 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 3 5 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、図示は省略するが、第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部と正レンズ G 6 における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

40

【 0 1 3 6 】

正レンズ G 6 には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部が接触されている。

【 0 1 3 7 】

第 3 レンズ群 G R 3 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 7 と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 8 とが接合されて成る接合レンズと、両凸形状の正レンズ G 9 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

50

【 0 1 3 8 】

第4レンズ群GR4は物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズG10が配置されて構成されている。

【 0 1 3 9 】

第4レンズ群GR4と像面IMGの間にはカバーガラスCGが配置されている。尚、像面IMGとカバーガラスCGの間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてもよく、また、カバーガラスCGを赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【 0 1 4 0 】

開口絞りSTOは第3レンズ群GR3の物体側における近傍に配置され、第3レンズ群と一体に移動される。

【 0 1 4 1 】

表7に、第3の実施の形態におけるズームレンズ3に具体的数値を適用した数値実施例3のレンズデータを示す。

【 0 1 4 2 】

【表7】

| si | ri | di | ni | ν_i |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 44.752 | 0.650 | 1.92286 | 20.880 |
| 2 | 27.201 | 2.081 | 1.59282 | 68.624 |
| 3 | 500.000 | 0.150 | | |
| 4 | 21.865 | 1.936 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 74.276 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 500.000 | 0.400 | 1.80139 | 45.450 |
| 7 (ASP) | 5.456 | 2.469 | | |
| 8 | -24.500 | 0.450 | 1.80420 | 46.503 |
| 9 | 10.562 | 0.200 | | |
| 10 (ASP) | 8.658 | 1.220 | 2.00170 | 19.324 |
| 11 (ASP) | 25.974 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 (ASP) | 4.680 | 2.200 | 1.68893 | 31.161 |
| 14 | 12.325 | 0.664 | 1.94595 | 17.980 |
| 15 | 4.886 | 0.334 | | |
| 16 | 10.443 | 1.218 | 1.61800 | 63.390 |
| 17 | -10.443 | (d 17) | | |
| 18 (ASP) | 10.714 | 1.528 | 1.49710 | 81.560 |
| 19 | 50.000 | (d 19) | | |
| 20 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 21 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

【 0 1 4 3 】

ズームレンズ3において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第1レンズ群GR1と第2レンズ群GR2の間の面間隔d5、第2レンズ群GR2と第3レンズ群GR3の間の面間隔d11、第3レンズ群GR3と第4レンズ群GR4の間の面間隔d17及び第4レンズ群GR4とカバーガラスCGの間の面間隔d19が変化する。

【 0 1 4 4 】

数値実施例3の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔をFナンバーFno及び半画角と共に表8に示す。

【 0 1 4 5 】

【表 8】

| | | | |
|----------|--------|-------|--------|
| f | 4.81 | 14.33 | 43.19 |
| Fno | 2.88 | 3.73 | 4.49 |
| ω | 40.79 | 15.03 | 5.03 |
| d 5 | 0.350 | 9.479 | 18.179 |
| d 11 | 10.450 | 3.578 | 0.350 |
| d 17 | 4.643 | 6.126 | 14.090 |
| d 19 | 14.090 | 9.293 | 6.581 |

10

【 0 1 4 6 】

ズームレンズ 3 において、第 2 レンズ群 G R 2 の第 1 負レンズ G 4 の両面（第 6 面、第 7 面）、正レンズ G 6 の両面（第 10 面、第 11 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 7 の物体側の面（第 13 面）、第 4 レンズ群 G R 4 の正レンズ G 10 の物体側の面（第 18 面）は非球面に形成されている。数値実施例 3 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 K と共に表 9 に示す。

【 0 1 4 7 】

【表 9】

| si | K | A | B | C | D |
|----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | 1.50000E+01 | 2.08023E-03 | -1.07706E-04 | 2.22078E-06 | -1.77981E-08 |
| 7 | 0.00000E+00 | 2.09407E-03 | 2.59388E-05 | 3.66545E-06 | -4.38066E-07 |
| 10 | 2.16289E+00 | -1.87614E-03 | 1.17258E-04 | -7.07145E-06 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -1.30268E-03 | 9.31696E-05 | -6.24858E-06 | 9.50005E-08 |
| 13 | 0.00000E+00 | -7.85330E-04 | -1.27914E-05 | -8.01349E-07 | 0.00000E+00 |
| 18 | 0.00000E+00 | -1.26701E-04 | 2.54232E-06 | 3.77171E-08 | -4.36322E-09 |

20

【 0 1 4 8 】

図 10 及び図 11 は数値実施例 3 の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図 10 は広角端状態、図 11 は望遠端状態における諸収差図を示す。

30

【 0 1 4 9 】

図 10 及び図 11 には、球面収差図に実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

【 0 1 5 0 】

各収差図から、数値実施例 3 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【 0 1 5 1 】

< 第 4 の実施の形態 >

図 12 は、本技術の第 4 の実施の形態におけるズームレンズ 4 のレンズ構成を示している。

40

【 0 1 5 2 】

ズームレンズ 4 は、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G R 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G R 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G R 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G R 4 とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【 0 1 5 3 】

ズームレンズ 4 はズーム倍率が 12.1 倍にされている。

【 0 1 5 4 】

第 1 レンズ群 G R 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 1 と両凸形状の正レンズ G 2 とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形

50

状の正レンズ G 3 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 5 5 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 負レンズ G 4 と、両凹形状の第 2 負レンズ G 5 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 6 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 5 6 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、図示は省略するが、第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部と正レンズ G 6 における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

【 0 1 5 7 】

正レンズ G 6 には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部が接触されている。

【 0 1 5 8 】

第 3 レンズ群 G R 3 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 7 と像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 8 とが接合されて成る接合レンズと、両凸形状の正レンズ G 9 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 5 9 】

第 4 レンズ群 G R 4 は両凸形状の正レンズ G 1 0 と物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 1 1 とが接合されて成る接合レンズが配置されて構成されている。

【 0 1 6 0 】

第 4 レンズ群 G R 4 と像面 I M G の間にはカバーガラス C G が配置されている。尚、像面 I M G とカバーガラス C G の間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてよく、また、カバーガラス C G を赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【 0 1 6 1 】

開口絞り S T O は第 3 レンズ群 G R 3 の物体側における近傍に配置され、第 3 レンズ群と一体に移動される。

【 0 1 6 2 】

表 1 0 に、第 4 の実施の形態におけるズームレンズ 4 に具体的数値を適用した数値実施例 4 のレンズデータを示す。

【 0 1 6 3 】

10

20

30

【表 1 0】

| si | ri | di | ni | νi |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 47.073 | 0.700 | 1.92286 | 20.880 |
| 2 | 28.018 | 2.398 | 1.59282 | 68.624 |
| 3 | -500.000 | 0.150 | | |
| 4 | 22.134 | 2.002 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 63.245 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 1000.000 | 0.400 | 1.82080 | 42.706 |
| 7 (ASP) | 5.502 | 2.444 | | |
| 8 | -22.051 | 0.450 | 1.77250 | 49.624 |
| 9 | 9.913 | 0.200 | | |
| 10 (ASP) | 8.130 | 1.320 | 2.00170 | 19.324 |
| 11 (ASP) | 26.075 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 (ASP) | 5.500 | 2.300 | 1.73077 | 40.501 |
| 14 | 14.257 | 1.200 | 1.92286 | 20.880 |
| 15 | 5.486 | 0.332 | | |
| 16 | 11.781 | 1.450 | 1.61800 | 63.390 |
| 17 | -11.781 | (d 17) | | |
| 18 (ASP) | 14.000 | 2.750 | 1.59201 | 67.023 |
| 19 | -11.593 | 0.403 | 1.83400 | 37.345 |
| 20 | -35.510 | (d 20) | | |
| 21 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 22 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

【 0 1 6 4】

ズームレンズ 4 において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間の面間隔 d 5、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間の面間隔 d 1 1、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 の間の面間隔 d 1 7 及び第 4 レンズ群 G R 4 とカバーガラス C G の間の面間隔 d 2 0 が変化する。

【 0 1 6 5】

数値実施例 4 の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔を F ナンバー F n o 及び半画角 と共に表 1 1 に示す。

【 0 1 6 6】

【表 1 1】

| | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| f | 4.81 | 16.51 | 58.18 |
| Fno | 2.88 | 3.82 | 4.97 |
| ω | 40.46 | 13.10 | 3.73 |
| d 5 | 0.350 | 10.674 | 19.600 |
| d 11 | 11.400 | 3.550 | 0.400 |
| d 17 | 5.132 | 8.251 | 20.563 |
| d 20 | 5.143 | 10.122 | 5.213 |

【 0 1 6 7】

ズームレンズ 4 において、第 2 レンズ群 G R 2 の第 1 負レンズ G 4 の両面（第 6 面、第 7 面）、正レンズ G 6 の両面（第 1 0 面、第 1 1 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 7 の物体側の面（第 1 3 面）、第 4 レンズ群 G R 4 の正レンズ G 1 0 の物体側の面（第 1

8面)は非球面に形成されている。数値実施例4における非球面の4次、6次、8次、10次の非球面係数A、B、C、Dを円錐定数Kと共に表12に示す。

【0168】

【表12】

| si | K | A | B | C | D |
|----|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | 1.87205E-02 | 1.55504E-03 | -7.29196E-05 | 1.28058E-06 | -8.31451E-09 |
| 7 | 0.00000E+00 | 1.30772E-03 | 2.86290E-05 | 2.31795E-06 | -2.93456E-07 |
| 10 | 1.73116E+00 | -1.97692E-03 | 9.62052E-05 | -4.82959E-06 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -1.27685E-03 | 7.61710E-05 | -4.13526E-06 | 6.38951E-08 |
| 13 | 0.00000E+00 | -5.18358E-04 | -2.58894E-06 | -4.16072E-07 | 0.00000E+00 |
| 18 | 0.00000E+00 | -1.82970E-05 | 4.13564E-06 | -1.76244E-07 | 3.16433E-09 |

10

【0169】

図13及び図14は数値実施例4の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図13は広角端状態、図14は望遠端状態における諸収差図を示す。

【0170】

図13及び図14には、球面収差図に実線でd線(波長587.6nm)における値を示し破線でg線(波長435.8nm)における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

20

【0171】

各収差図から、数値実施例4は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0172】

<第5の実施の形態>

図15は、本技術の第5の実施の形態におけるズームレンズ5のレンズ構成を示している。

【0173】

ズームレンズ5は、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4と、正の屈折力を有する第5レンズ群GR5とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

30

【0174】

ズームレンズ5はズーム倍率が17.9倍にされている。

【0175】

第1レンズ群GR1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズG1と両凸形状の正レンズG2とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズG3とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【0176】

第2レンズ群GR2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第1負レンズG4と、両凹形状の第2負レンズG5と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズG6とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

40

【0177】

第2レンズ群GR2は、図示は省略するが、第2負レンズG5における像側の面の外周部と正レンズG6における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

【0178】

正レンズG6には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第2負レンズG5における像側の面の外周部が接触されている。

【0179】

50

第3レンズ群GR3は、両凸形状の正レンズG7と、物体側に位置する両凸形状の正レンズG8と像側に位置する両凹形状の負レンズG9とが接合されて成る接合レンズとが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【0180】

第4レンズ群GR4は、物体側に位置する両凸形状の正レンズG10と像側に位置し物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズG11とが接合されて成る接合レンズが配置されて構成されている。

【0181】

第5レンズ群GR5は、物体側に位置する両凸形状の正レンズG12と像側に位置する両凹形状の負レンズG13とが接合されて成る接合レンズが配置されて構成されている。

10

【0182】

第5レンズ群GR5と像面IMGの間にはカバーガラスCGが配置されている。尚、像面IMGとカバーガラスCGの間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてもよく、また、カバーガラスCGを赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【0183】

開口絞りSTOは第3レンズ群GR3の物体側における近傍に配置され、第3レンズ群と一体に移動される。

【0184】

表13に、第5の実施の形態におけるズームレンズ5に具体的数値を適用した数値実施例5のレンズデータを示す。

20

【0185】

【表 1 3】

| s i | r i | d i | n i | ν i |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 57.839 | 1.000 | 1.84666 | 23.780 |
| 2 | 33.060 | 4.630 | 1.49700 | 81.608 |
| 3 | -142.539 | 0.150 | | |
| 4 | 27.031 | 2.720 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 60.770 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 80.266 | 0.300 | 1.82080 | 42.706 |
| 7 (ASP) | 6.525 | 2.824 | | |
| 8 | -20.632 | 0.450 | 1.75500 | 52.321 |
| 9 | 9.135 | 0.250 | | |
| 10 (ASP) | 7.116 | 1.740 | 2.00170 | 19.324 |
| 11 (ASP) | 16.800 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 | 6.302 | 1.467 | 1.49700 | 81.608 |
| 14 | -106.451 | 1.650 | | |
| 15 (ASP) | 11.208 | 1.200 | 1.74330 | 49.326 |
| 16 | -40.604 | 0.400 | 1.80610 | 33.269 |
| 17 | 7.642 | (d 17) | | |
| 18 | 25.797 | 1.433 | 1.72000 | 43.690 |
| 19 | -13.800 | 0.350 | 1.84666 | 23.778 |
| 20 | -39.659 | (d 20) | | |
| 21 (ASP) | 14.660 | 1.595 | 1.69350 | 53.201 |
| 22 | -63.308 | 0.400 | 1.74950 | 35.041 |
| 23 | 40.000 | (d 23) | | |
| 24 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 25 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

【 0 1 8 6 】

ズームレンズ 5 において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間の面間隔 d 5、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間の面間隔 d 1 1、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 の間の面間隔 d 1 7、第 4 レンズ群 G R 4 と第 5 レンズ群 G R 5 の間の面間隔 d 2 0 及び第 5 レンズ群 G R 5 とカバーガラス C G の間の面間隔 d 2 3 が変化する。

【 0 1 8 7 】

数値実施例 5 の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔を F ナンバー F n o 及び半画角 と共に表 1 4 に示す。

【 0 1 8 8 】

【表 1 4】

| | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| f | 4.78 | 15.91 | 85.60 |
| Fno | 3.24 | 4.17 | 5.77 |
| ω | 40.64 | 13.51 | 2.56 |
| d 5 | 0.350 | 13.712 | 27.775 |
| d 11 | 17.650 | 6.952 | 0.450 |
| d 17 | 6.800 | 3.048 | 0.700 |
| d 20 | 3.391 | 10.626 | 23.196 |
| d 23 | 4.720 | 7.745 | 5.016 |

10

【0 1 8 9】

ズームレンズ 5 において、第 2 レンズ群 G R 2 の第 1 負レンズ G 4 の両面（第 6 面、第 7 面）、正レンズ G 6 の両面（第 10 面、第 11 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 8 の物体側の面（第 15 面）、第 5 レンズ群 G R 5 の正レンズ G 12 の物体側の面（第 21 面）は非球面に形成されている。数値実施例 5 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 K と共に表 1 5 に示す。

【0 1 9 0】

【表 1 5】

| si | K | A | B | C | D |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | 0.00000E+00 | 3.39144E-04 | -4.75395E-06 | -9.09618E-08 | 1.45120E-09 |
| 7 | 0.00000E+00 | -1.80011E-04 | 1.40828E-05 | 1.43241E-07 | -1.38184E-08 |
| 10 | -2.33597E+00 | -6.75670E-04 | 2.81089E-05 | -5.23368E-07 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -9.62886E-04 | 2.52024E-05 | -8.81277E-07 | 9.10039E-09 |
| 15 | 0.00000E+00 | -6.18040E-04 | -8.14747E-06 | -1.03010E-06 | 0.00000E+00 |
| 21 | 0.00000E+00 | -4.40212E-05 | 3.15897E-06 | -1.19731E-07 | 2.15770E-09 |

20

【0 1 9 1】

図 1 6 及び図 1 7 は数値実施例 5 の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図 1 6 は広角端状態、図 1 7 は望遠端状態における諸収差図を示す。

30

【0 1 9 2】

図 1 6 及び図 1 7 には、球面収差図に実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

【0 1 9 3】

各収差図から、数値実施例 5 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0 1 9 4】

< 第 6 の実施の形態 >

図 1 8 は、本技術の第 6 の実施の形態におけるズームレンズ 6 のレンズ構成を示している。

40

【0 1 9 5】

ズームレンズ 6 は、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G R 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G R 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G R 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G R 4 と、正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G R 5 とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【0 1 9 6】

ズームレンズ 6 はズーム倍率が 17.9 倍にされている。

【0 1 9 7】

第 1 レンズ群 G R 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 1 と両凸形

50

状の正レンズ G 2 とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 3 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 9 8 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 負レンズ G 4 と、両凹形状の第 2 負レンズ G 5 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 6 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 1 9 9 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、図示は省略するが、第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部と正レンズ G 6 における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

10

【 0 2 0 0 】

正レンズ G 6 には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部が接触されている。

【 0 2 0 1 】

第 3 レンズ群 G R 3 は、両凸形状の正レンズ G 7 と、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 8 と像側に位置する両凹形状の負レンズ G 9 とが接合されて成る接合レンズとが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 2 0 2 】

第 4 レンズ群 G R 4 は、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 1 0 と像側に位置し物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 1 1 とが接合されて成る接合レンズが配置されて構成されている。

20

【 0 2 0 3 】

第 5 レンズ群 G R 5 は、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 1 2 と像側に位置する両凹形状の負レンズ G 1 3 とが接合されて成る接合レンズが配置されて構成されている。

【 0 2 0 4 】

第 5 レンズ群 G R 5 と像面 I M G の間にはカバーガラス C G が配置されている。尚、像面 I M G とカバーガラス C G の間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてもよく、また、カバーガラス C G を赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【 0 2 0 5 】

30

開口絞り S T O は第 3 レンズ群 G R 3 の物体側における近傍に配置され、第 3 レンズ群と一体に移動される。

【 0 2 0 6 】

表 1 6 に、第 6 の実施の形態におけるズームレンズ 6 に具体的数値を適用した数値実施例 6 のレンズデータを示す。

【 0 2 0 7 】

【表 16】

| si | ri | di | ni | ν_i |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 55.361 | 0.900 | 1.84666 | 23.780 |
| 2 | 31.874 | 4.620 | 1.49700 | 81.608 |
| 3 | -153.898 | 0.150 | | |
| 4 | 26.765 | 2.785 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 63.037 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 128.554 | 0.300 | 1.80139 | 45.450 |
| 7 (ASP) | 6.490 | 2.916 | | |
| 8 | -17.500 | 0.450 | 1.75500 | 52.323 |
| 9 | 9.096 | 0.250 | | |
| 10 (ASP) | 7.000 | 1.841 | 1.92286 | 20.880 |
| 11 (ASP) | 21.077 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 | 6.398 | 1.461 | 1.49700 | 81.608 |
| 14 | -62.405 | 1.650 | | |
| 15 (ASP) | 12.951 | 1.200 | 1.76802 | 49.241 |
| 16 | -42.137 | 0.400 | 1.80610 | 33.269 |
| 17 | 8.000 | (d 17) | | |
| 18 | 24.656 | 1.350 | 1.61800 | 63.390 |
| 19 | -16.655 | 0.350 | 1.68893 | 31.161 |
| 20 | -41.958 | (d 20) | | |
| 21 (ASP) | 14.660 | 1.627 | 1.74330 | 49.326 |
| 22 | -160.000 | 0.400 | 1.84666 | 23.780 |
| 23 | 42.012 | (d 23) | | |
| 24 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 25 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

10

20

30

【 0 2 0 8 】

ズームレンズ 6 において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間の面間隔 d 5、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間の面間隔 d 1 1、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 の間の面間隔 d 1 7、第 4 レンズ群 G R 4 と第 5 レンズ群 G R 5 の間の面間隔 d 2 0 及び第 5 レンズ群 G R 5 とカバーガラス C G の間の面間隔 d 2 3 が変化する。

【 0 2 0 9 】

数値実施例 6 の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔を F ナンバー F n o 及び半画角 と共に表 1 7 に示す。

40

【 0 2 1 0 】

【表 17】

| | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| f | 4.78 | 16.01 | 85.60 |
| Fno | 3.30 | 4.17 | 5.74 |
| ω | 40.55 | 13.41 | 2.56 |
| d 5 | 0.350 | 13.533 | 26.958 |
| d 11 | 18.230 | 7.030 | 0.450 |
| d 17 | 7.200 | 3.085 | 0.700 |
| d 20 | 4.208 | 11.315 | 23.895 |
| d 23 | 4.184 | 7.750 | 4.997 |

10

【0211】

ズームレンズ6において、第2レンズ群GR2の第1負レンズG4の両面（第6面、第7面）、正レンズG6の両面（第10面、第11面）、第3レンズ群GR3の正レンズG8の物体側の面（第15面）、第5レンズ群GR5の正レンズG12の物体側の面（第21面）は非球面に形成されている。数値実施例6における非球面の4次、6次、8次、10次の非球面係数A、B、C、Dを円錐定数Kと共に表18に示す。

【0212】

【表 18】

| si | K | A | B | C | D |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | 0.00000E+00 | 2.94783E-04 | -9.60130E-08 | -1.47436E-07 | 1.56181E-09 |
| 7 | 0.00000E+00 | -2.68801E-04 | 1.71359E-05 | 1.13507E-07 | -7.16649E-09 |
| 10 | -2.57276E+00 | -4.27160E-04 | 2.41367E-05 | -6.28570E-07 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -7.03057E-04 | 2.24884E-05 | -1.06302E-06 | 1.13224E-08 |
| 15 | 0.00000E+00 | -5.94875E-04 | -9.46913E-06 | -7.72064E-07 | 0.00000E+00 |
| 21 | 0.00000E+00 | -3.19776E-05 | 1.58179E-06 | -3.70953E-08 | 4.94926E-10 |

20

【0213】

図19及び図20は数値実施例6の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図19は広角端状態、図20は望遠端状態における諸収差図を示す。

30

【0214】

図19及び図20には、球面収差図に実線でd線（波長587.6nm）における値を示し破線でg線（波長435.8nm）における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

【0215】

各収差図から、数値実施例6は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0216】

< 第7の実施の形態 >

図21は、本技術の第7の実施の形態におけるズームレンズ7のレンズ構成を示している。

40

【0217】

ズームレンズ7は、正の屈折力を有する第1レンズ群GR1と、負の屈折力を有する第2レンズ群GR2と、正の屈折力を有する第3レンズ群GR3と、正の屈折力を有する第4レンズ群GR4と、正の屈折力を有する第5レンズ群GR5とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【0218】

ズームレンズ7はズーム倍率が17.8倍にされている。

【0219】

第1レンズ群GR1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズG1と両凸形

50

状の正レンズ G 2 とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 3 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 2 2 0 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 負レンズ G 4 と、両凹形状の第 2 負レンズ G 5 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 6 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 2 2 1 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、図示は省略するが、第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部と正レンズ G 6 における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

10

【 0 2 2 2 】

正レンズ G 6 には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部が接触されている。

【 0 2 2 3 】

第 3 レンズ群 G R 3 は、両凸形状の正レンズ G 7 と、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 8 と像側に位置する両凹形状の負レンズ G 9 とが接合されて成る接合レンズとが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 2 2 4 】

第 4 レンズ群 G R 4 は、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 1 0 が配置されて構成されている。

20

【 0 2 2 5 】

第 5 レンズ群 G R 5 は、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 1 1 と像側に位置する両凹形状の負レンズ G 1 2 とが接合されて成る接合レンズが配置されて構成されている。

【 0 2 2 6 】

第 5 レンズ群 G R 5 と像面 I M G の間にはカバーガラス C G が配置されている。尚、像面 I M G とカバーガラス C G の間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてもよく、また、カバーガラス C G を赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【 0 2 2 7 】

開口絞り S T O は第 3 レンズ群 G R 3 の物体側における近傍に配置され、第 3 レンズ群と一体に移動される。

30

【 0 2 2 8 】

表 1 9 に、第 7 の実施の形態におけるズームレンズ 7 に具体的数値を適用した数値実施例 7 のレンズデータを示す。

【 0 2 2 9 】

【表 19】

| si | ri | di | ni | ν_i |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 56.343 | 0.900 | 1.84666 | 23.780 |
| 2 | 32.650 | 4.669 | 1.49700 | 81.608 |
| 3 | -128.654 | 0.150 | | |
| 4 | 25.788 | 2.678 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 53.848 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 26.879 | 0.300 | 1.85135 | 40.105 |
| 7 (ASP) | 5.762 | 3.078 | | |
| 8 | -23.746 | 0.450 | 1.77250 | 49.624 |
| 9 | 11.240 | 0.250 | | |
| 10 (ASP) | 8.739 | 1.769 | 1.94595 | 17.980 |
| 11 (ASP) | 25.140 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 | 6.408 | 1.500 | 1.49700 | 81.608 |
| 14 | -52.628 | 1.200 | | |
| 15 (ASP) | 10.821 | 1.686 | 1.80139 | 45.450 |
| 16 | -15.160 | 0.450 | 1.80610 | 33.269 |
| 17 | 6.586 | (d 17) | | |
| 18 | 34.203 | 1.000 | 1.49700 | 81.608 |
| 19 | -34.203 | (d 19) | | |
| 20 (ASP) | 15.000 | 1.970 | 1.77377 | 47.167 |
| 21 | -29.992 | 0.449 | 1.80518 | 25.456 |
| 22 | 52.222 | (d 22) | | |
| 23 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 24 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

10

20

30

【 0 2 3 0 】

ズームレンズ 7 において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間の面間隔 d 5、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間の面間隔 d 1 1、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 の間の面間隔 d 1 7、第 4 レンズ群 G R 4 と第 5 レンズ群 G R 5 の間の面間隔 d 1 9 及び第 5 レンズ群 G R 5 とカバーガラス C G の間の面間隔 d 2 2 が変化する。

【 0 2 3 1 】

数値実施例 7 の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔を F ナンバー F n o 及び半画角 と共に表 2 0 に示す。

【 0 2 3 2 】

40

【表 2 0】

| | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| f | 4.80 | 17.70 | 85.53 |
| Fno | 3.29 | 4.20 | 5.94 |
| ω | 40.55 | 12.23 | 2.56 |
| d 5 | 0.351 | 15.075 | 27.079 |
| d 11 | 18.242 | 6.477 | 0.450 |
| d 17 | 5.629 | 2.362 | 0.500 |
| d 19 | 2.838 | 7.908 | 23.001 |
| d 22 | 4.770 | 9.390 | 3.986 |

10

【0 2 3 3】

ズームレンズ 7 において、第 2 レンズ群 G R 2 の第 1 負レンズ G 4 の両面（第 6 面、第 7 面）、正レンズ G 6 の両面（第 10 面、第 11 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 8 の物体側の面（第 15 面）、第 5 レンズ群 G R 5 の正レンズ G 11 の物体側の面（第 20 面）は非球面に形成されている。数値実施例 7 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 K と共に表 2 1 に示す。

【0 2 3 4】

【表 2 1】

| si | K | A | B | C | D |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | 0.00000E+00 | 1.96214E-05 | -8.15292E-06 | 7.73064E-08 | 8.80942E-11 |
| 7 | 0.00000E+00 | -9.27232E-05 | -5.60063E-06 | 4.95224E-08 | -3.05057E-08 |
| 10 | -2.64849E+00 | -1.64181E-04 | 1.85119E-05 | -7.79701E-07 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -5.14569E-04 | 2.00736E-05 | -1.00151E-06 | 7.73092E-09 |
| 15 | 0.00000E+00 | -5.16424E-04 | -1.04692E-05 | -4.58026E-07 | 0.00000E+00 |
| 20 | 0.00000E+00 | -1.68363E-05 | 1.38085E-06 | -1.98138E-08 | 2.19798E-11 |

20

【0 2 3 5】

図 2 2 及び図 2 3 は数値実施例 7 の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図 2 2 は広角端状態、図 2 3 は望遠端状態における諸収差図を示す。

30

【0 2 3 6】

図 2 2 及び図 2 3 には、球面収差図に実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

【0 2 3 7】

各収差図から、数値実施例 7 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0 2 3 8】

< 第 8 の実施の形態 >

図 2 4 は、本技術の第 8 の実施の形態におけるズームレンズ 8 のレンズ構成を示している。

40

【0 2 3 9】

ズームレンズ 8 は、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G R 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G R 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G R 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G R 4 とが物体側から像側へ順に配置されて成る。

【0 2 4 0】

ズームレンズ 8 はズーム倍率が 17.8 倍にされている。

【0 2 4 1】

第 1 レンズ群 G R 1 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ G 1 と両凸形状の正レンズ G 2 とが接合されて成る接合レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形

50

状の正レンズ G 3 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 2 4 2 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 1 負レンズ G 4 と、両凹形状の第 2 負レンズ G 5 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ G 6 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 2 4 3 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、図示は省略するが、第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部と正レンズ G 6 における物体側の面の外周部とが接触された状態で組み立てられている。

【 0 2 4 4 】

正レンズ G 6 には物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、この平面に第 2 負レンズ G 5 における像側の面の外周部が接触されている。

【 0 2 4 5 】

第 3 レンズ群 G R 3 は、物体側に凸面を向けた正レンズ G 7 と、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 8 と像側に位置する両凹形状の負レンズ G 9 とが接合されて成る接合レンズと、像側に凸面を向けた正レンズ G 1 0 とが物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0 2 4 6 】

第 4 レンズ群 G R 4 は、物体側に位置する両凸形状の正レンズ G 1 1 と像側に位置する両凹形状の負レンズ G 1 2 とが接合されて成る接合レンズが配置されて構成されている。

【 0 2 4 7 】

第 4 レンズ群 G R 4 と像面 I M G の間にはカバーガラス C G が配置されている。尚、像面 I M G とカバーガラス C G の間には赤外線カットフィルター等の各種のフィルターが配置されていてもよく、また、カバーガラス C G を赤外線カットフィルター等と同等の機能を有するように構成することも可能である。

【 0 2 4 8 】

開口絞り S T O は第 3 レンズ群 G R 3 の物体側における近傍に配置され、第 3 レンズ群と一体に移動される。

【 0 2 4 9 】

表 2 2 に、第 8 の実施の形態におけるズームレンズ 8 に具体的数値を適用した数値実施例 8 のレンズデータを示す。

【 0 2 5 0 】

10

20

30

【表 2 2】

| si | ri | di | ni | ν_i |
|----------|----------|----------|---------|---------|
| 1 | 48.316 | 0.900 | 1.84666 | 23.780 |
| 2 | 28.839 | 4.548 | 1.49700 | 81.608 |
| 3 | -589.717 | 0.150 | | |
| 4 | 26.219 | 3.078 | 1.72916 | 54.674 |
| 5 | 78.875 | (d 5) | | |
| 6 (ASP) | 240.717 | 0.300 | 1.82080 | 42.706 |
| 7 (ASP) | 6.259 | 3.049 | | |
| 8 | -18.546 | 0.450 | 1.75500 | 52.323 |
| 9 | 10.807 | 0.250 | | |
| 10 (ASP) | 8.161 | 1.863 | 1.92286 | 20.880 |
| 11 (ASP) | 32.888 | (d 11) | | |
| STO | INFINITY | 0.000 | | |
| 13 | 6.044 | 1.602 | 1.49700 | 81.608 |
| 14 | 1247.358 | 1.654 | | |
| 15 (ASP) | 11.056 | 1.648 | 1.75501 | 51.158 |
| 16 | -12.969 | 0.450 | 1.80610 | 33.269 |
| 17 | 7.988 | 0.513 | | |
| 18 | -30.000 | 1.000 | 1.49710 | 81.560 |
| 19 (ASP) | -12.834 | (d 19) | | |
| 20 (ASP) | 15.233 | 1.644 | 1.72903 | 54.041 |
| 21 | -200.000 | 0.400 | 1.90366 | 31.315 |
| 22 | 51.627 | (d 22) | | |
| 23 | INFINITY | 0.300 | 1.51680 | 64.200 |
| 24 | INFINITY | 1.000 | | |
| IMG | INFINITY | | | |

【 0 2 5 1 】

ズームレンズ 8 において、広角端状態と望遠端状態の間の変倍に際して、第 1 レンズ群 G R 1 と第 2 レンズ群 G R 2 の間の面間隔 d 5、第 2 レンズ群 G R 2 と第 3 レンズ群 G R 3 の間の面間隔 d 1 1、第 3 レンズ群 G R 3 と第 4 レンズ群 G R 4 の間の面間隔 d 1 9、第 4 レンズ群 G R 4 とカバーガラス C G の間の面間隔 d 2 2 が変化する。

【 0 2 5 2 】

数値実施例 8 の広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態における可変間隔を F ナンバー F n o 及び半画角 と共に表 2 3 に示す。

【 0 2 5 3 】

【表 2 3】

| | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| f | 4.80 | 21.25 | 85.49 |
| Fno | 3.41 | 4.69 | 5.89 |
| ω | 40.69 | 10.25 | 2.56 |
| d 5 | 0.350 | 14.963 | 25.412 |
| d 11 | 18.462 | 5.192 | 0.450 |
| d 19 | 6.348 | 4.597 | 21.301 |
| d 22 | 4.628 | 13.680 | 4.276 |

【 0 2 5 4 】

ズームレンズ 8 において、第 2 レンズ群 G R 2 の第 1 負レンズ G 4 の両面（第 6 面、第 7 面）、正レンズ G 6 の両面（第 10 面、第 11 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 8 の物体側の面（第 15 面）、第 3 レンズ群 G R 3 の正レンズ G 10 の像側の面（第 19 面）、第 4 レンズ群 G R 4 の正レンズ G 11 の物体側の面（第 20 面）は非球面に形成されている。数値実施例 8 における非球面の 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数 A、B、C、D を円錐定数 K と共に表 24 に示す。

【0255】

【表 24】

| si | K | A | B | C | D |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6 | 0.00000E+00 | 4.94611E-04 | -1.32866E-05 | 1.36679E-07 | -5.05058E-10 |
| 7 | 0.00000E+00 | 2.20409E-04 | 3.96332E-06 | 2.65125E-07 | -1.43295E-08 |
| 10 | -2.55737E+00 | -1.28612E-04 | 8.49045E-06 | -2.36611E-07 | 0.00000E+00 |
| 11 | 0.00000E+00 | -3.02933E-04 | 2.38943E-06 | -1.36738E-07 | -1.98531E-11 |
| 15 | 0.00000E+00 | -6.78911E-04 | -6.74477E-06 | -1.31726E-06 | 0.00000E+00 |
| 19 | 0.00000E+00 | -1.64076E-05 | 4.08668E-05 | -3.09774E-06 | 0.00000E+00 |
| 20 | 0.00000E+00 | -1.25963E-05 | 2.04565E-06 | -1.06412E-07 | 2.25025E-09 |

10

【0256】

図 25 及び図 26 は数値実施例 8 の無限遠合焦状態における諸収差図を示し、図 25 は広角端状態、図 26 は望遠端状態における諸収差図を示す。

20

【0257】

図 25 及び図 26 には、球面収差図に実線で d 線（波長 587.6 nm）における値を示し破線で g 線（波長 435.8 nm）における値を示し、非点収差図に実線でサジタル像面における値を示し点線でメリディオナル像面における値を示す。

【0258】

各収差図から、数値実施例 8 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることが明らかである。

【0259】

[ズームレンズの条件式の各値]

以下に、本技術ズームレンズの条件式の各値について説明する。

30

【0260】

表 25 にズームレンズ 1 乃至ズームレンズ 8 における前記条件式（1）乃至条件式（6）の各値を示す。

【0261】

【表 2 5】

| | | ズームレンズ 1 | ズームレンズ 2 | ズームレンズ 3 | ズームレンズ 4 |
|---------|---|----------|----------|----------|----------|
| | R22r | 9.64 | 10.25 | 10.56 | 9.91 |
| | R23f | 8.00 | 7.80 | 8.66 | 8.13 |
| 条件式 (1) | $0.8 < 10 \times (R22r - R23f) / (R22r + R23f) < 1.8$ | 0.928 | 1.357 | 0.991 | 0.988 |
| | D (2, 23) | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| | TH2 | 4.84 | 4.76 | 4.74 | 4.81 |
| 条件式 (2) | $3.0 < 100 \times [D (2, 23) / TH2] < 7.0$ | 4.131 | 4.199 | 4.220 | 4.154 |
| | f (2, 3) | 11.07 | 12.04 | 12.37 | 11.24 |
| | f2 | -5.29 | -5.34 | -5.53 | -5.42 |
| 条件式 (3) | $1.6 < f (2, 3) / f2 < 2.5$ | 2.091 | 2.254 | 2.238 | 2.072 |
| | n23 | 2.00170 | 1.94595 | 2.00170 | 2.00170 |
| 条件式 (4) | $1.1 < [R23f / (n23 - 1)] / f2 \leq 1.564$ | 1.509 | 1.544 | 1.564 | 1.497 |
| | fw | 4.80 | 4.80 | 4.81 | 4.81 |
| 条件式 (5) | $1.0 < f2 / fw < 1.5$ | 1.101 | 1.112 | 1.150 | 1.128 |
| | ft | 51.78 | 51.67 | 43.19 | 58.18 |
| 条件式 (6) | $0.05 < f2 / ft < 0.15$ | 0.102 | 0.103 | 0.128 | 0.093 |

10

| | | ズームレンズ 5 | ズームレンズ 6 | ズームレンズ 7 | ズームレンズ 8 |
|---------|---|----------|----------|----------|----------|
| | R22r | 9.13 | 9.10 | 11.24 | 10.81 |
| | R23f | 7.12 | 7.00 | 8.74 | 8.16 |
| 条件式 (1) | $0.8 < 10 \times (R22r - R23f) / (R22r + R23f) < 1.8$ | 1.242 | 1.302 | 1.252 | 1.395 |
| | D (2, 23) | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| | TH2 | 5.56 | 5.76 | 5.85 | 5.91 |
| 条件式 (2) | $3.0 < 100 \times [D (2, 23) / TH2] < 7.0$ | 4.493 | 4.342 | 4.276 | 4.229 |
| | f (2, 3) | 11.16 | 10.56 | 13.28 | 11.22 |
| | f2 | -6.10 | -6.04 | -6.43 | -6.27 |
| 条件式 (3) | $1.6 < f (2, 3) / f2 < 2.5$ | 1.832 | 1.750 | 2.065 | 1.790 |
| | n23 | 2.00170 | 1.92286 | 1.94595 | 1.92286 |
| 条件式 (4) | $1.1 < [R23f / (n23 - 1)] / f2 \leq 1.564$ | 1.165 | 1.257 | 1.437 | 1.410 |
| | fw | 4.78 | 4.78 | 4.80 | 4.80 |
| 条件式 (5) | $1.0 < f2 / fw < 1.5$ | 1.276 | 1.263 | 1.341 | 1.307 |
| | ft | 85.60 | 85.60 | 85.53 | 85.49 |
| 条件式 (6) | $0.05 < f2 / ft < 0.15$ | 0.071 | 0.071 | 0.075 | 0.073 |

20

30

【0262】

表 2 5 から明らかなように、ズームレンズ 1 乃至ズームレンズ 8 は条件式 (1) 乃至条件式 (6) を満足するようにされている。

【0263】

〔第 2 レンズ群における正レンズの面形状〕

本技術ズームレンズは、上記したように、第 2 レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第 1 負レンズと第 2 負レンズと正レンズの 3 枚のレンズにより構成され、正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成されている。

40

【0264】

従って、このような形状の非球面を正レンズに形成することにより、第 2 レンズ群のレンズの枚数を少なくした場合においても、広角端から望遠端における周辺画角のコマ収差及び望遠端における軸上画角の球面収差を効果的に補正することが可能になり、画質の向上を図ることができる。

【0265】

図 2 7 は、ズームレンズ 1 乃至ズームレンズ 8 の各正レンズ G 6 の物体側の面に形成された非球面 r 1 0 の形状と正レンズ G 6 の近軸曲率半径 R とを比較して示す模式図である。図 2 7 において、縦軸、横軸とも単位は mm であり、A S P は非球面 r 1 0 の形状を示

50

し、S Pは近軸曲率半径Rを示す。

【0266】

図27に示すように、ズームレンズ1乃至ズームレンズ8の各正レンズG6においては、物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成されている。

【0267】

従って、ズームレンズ1乃至ズームレンズ8にあっては、第2レンズ群のレンズの枚数を少なくした場合においても、広角端から望遠端における周辺画角のコマ収差及び望遠端における軸上画角の球面収差を効果的に補正することが可能になり、画質の向上を図ることができる。

10

【0268】

また、広角端においてFナンバー3.5以下、かつ、望遠端においてFナンバー6.0以下と言った通常の撮影時において十分に明るいズームレンズを設計する際に、上記した非球面形状の効果は有効である。

【0269】

さらに、ズームレンズ1乃至ズームレンズ4のように、広角端におけるFナンバー2.9以下、かつ、望遠端におけるFナンバー5.0以下と言った特に明るい大口径のズームレンズを設計する際に、上記した非球面形状の効果は有効である。

【0270】

[撮像装置の構成]

20

本技術撮像装置は、ズームレンズとズームレンズによって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備え、ズームレンズが、物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群と正の屈折力を有する第3レンズ群とを有している。

【0271】

また、本技術撮像装置は、ズームレンズが、第2レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第1負レンズと第2負レンズと正レンズの3枚のレンズにより構成され、少なくとも正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成されている。

【0272】

30

このような形状の非球面を形成することにより、第2レンズ群を3枚という少ないレンズの枚数によって構成した場合においても、広角端から望遠端における周辺画角のコマ収差及び望遠端における軸上画角の球面収差を効果的に補正することが可能になるため、画質の向上を図ることができる。

【0273】

さらに、本技術撮像装置は、ズームレンズが、以下の条件式(1)、条件式(2)、条件式(3)及び条件式(4)を満足する。

$$(1) \quad 0.8 < 10 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) \quad 3.0 < 100 \times \{ D(2, 23) / TH2 \} < 7.0$$

$$(3) \quad 1.6 < f(2, 3) / |f_2| < 2.5$$

40

$$(4) \quad 1.1 < \{ R_{23f} / (n_{23} - 1) \} / |f_2| < 1.564$$

但し、

R_{22r} ：第2レンズ群の第2負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} ：第2レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$ ：第2レンズ群の第2負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間隔

$TH2$ ：第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚み

$f(2, 3)$ ：第2レンズ群の正レンズの焦点距離

f_2 ：第2レンズ群の焦点距離

n_{23} ：第2レンズ群の正レンズの屈折率

50

とする。

【0274】

条件式(1)は、第2レンズ群の第1負レンズと正レンズの間に存在する空気レンズ(空気間隔)のシェイプファクターを規定する式である。

【0275】

条件式(1)の上限を上回ると、正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径が小さくなり過ぎるため、全ズーム領域に亘って良好な収差補正を行って広角化及び高倍率化を図ることができなくなり、画質の劣化を来たしてしまう。

【0276】

一方、条件式(1)の下限を下回ると、空気レンズの屈折力が小さくなり過ぎるため、第2レンズ群の十分な小型化を実現することが困難になり、光学系全体の大型化を来たしてしまう。

【0277】

従って、ズームレンズが条件式(1)を満足することにより、正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径が適正化されて全ズーム領域に亘って良好な収差補正を行って広角化及び高倍率化を図ることができると共に空気レンズの屈折力が適正化されて光学系全体の小型化を図ることができる。

【0278】

条件式(2)は、第2レンズ群の第1負レンズと正レンズの間に存在する空気レンズの空気間隔を規定する式である。

【0279】

条件式(2)の上限を上回ると、空気レンズの間隔(光軸方向における大きさ)が大きくなり過ぎるため、第2レンズ群が大型化してしまい、光学系全体の大型化を来たしてしまう。

【0280】

一方、条件式(2)の下限を下回ると、空気レンズの間隔が小さくなり過ぎるため、第2レンズ群の組立時に第1負レンズと正レンズが接触して光学面が傷付いてしまうおそれがあり、また、撮像装置において結露した水分が表面張力によりレンズの隙間に侵入するおそれもある。

【0281】

従って、ズームレンズが条件式(2)を満足することにより、空気レンズの間隔が適正化され、光学系の小型化及びレンズの接触の防止等を図ることができる。

【0282】

[撮像装置の一実施形態]

図28に、本技術撮像装置の一実施形態によるデジタルスチルカメラのブロック図を示す。

【0283】

撮像装置(デジタルスチルカメラ)100は、撮像機能を担うカメラブロック10と、撮影された画像信号のアナログ-デジタル変換等の信号処理を行うカメラ信号処理部20と、画像信号の記録再生処理を行う画像処理部30とを有している。また、撮像装置100は、撮影された画像等を表示するLCD(Liquid Crystal Display)40と、メモリーカード1000への画像信号の書込及び読出を行うR/W(リーダ/ライタ)50と、撮像装置の全体を制御するCPU(Central Processing Unit)60と、ユーザーによって所要の操作が行われる各種のスイッチ等から成る入力部70と、カメラブロック10に配置されたレンズの駆動を制御するレンズ駆動制御部80とを備えている。

【0284】

カメラブロック10は、ズームレンズ11(本技術が適用されるズームレンズ1、2、3、4、5、6、7、8)を含む光学系や、CCD(Charge Coupled Device)やCMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)等の撮像素子12等とによって構成されている。

10

20

30

40

50

【 0 2 8 5 】

カメラ信号処理部 2 0 は、撮像素子 1 2 からの出力信号に対するデジタル信号への変換、ノイズ除去、画質補正、輝度・色差信号への変換等の各種の信号処理を行う。

【 0 2 8 6 】

画像処理部 3 0 は、所定の画像データフォーマットに基づく画像信号の圧縮符号化・伸張復号化処理や解像度等のデータ仕様の変換処理等を行う。

【 0 2 8 7 】

L C D 4 0 はユーザーの入力部 7 0 に対する操作状態や撮影した画像等の各種のデータを表示する機能を有している。

【 0 2 8 8 】

R / W 5 0 は、画像処理部 3 0 によって符号化された画像データのメモリーカード 1 0 0 0 への書込及びメモリーカード 1 0 0 0 に記録された画像データの読出を行う。

【 0 2 8 9 】

C P U 6 0 は、撮像装置 1 0 0 に設けられた各回路ブロックを制御する制御処理部として機能し、入力部 7 0 からの指示入力信号等に基づいて各回路ブロックを制御する。

【 0 2 9 0 】

入力部 7 0 は、例えば、シャッター操作を行うためのシャッターリリースボタンや、動作モードを選択するための選択スイッチ等によって構成され、ユーザーによる操作に応じた指示入力信号を C P U 6 0 に対して出力する。

【 0 2 9 1 】

レンズ駆動制御部 8 0 は、C P U 6 0 からの制御信号に基づいてズームレンズ 1 1 の各レンズを駆動する図示しないモータ等を制御する。

【 0 2 9 2 】

メモリーカード 1 0 0 0 は、例えば、R / W 5 0 に接続されたスロットに対して着脱可能な半導体メモリーである。

【 0 2 9 3 】

以下に、撮像装置 1 0 0 における動作を説明する。

【 0 2 9 4 】

撮影の待機状態では、C P U 6 0 による制御の下で、カメラブロック 1 0 において撮影された画像信号が、カメラ信号処理部 2 0 を介して L C D 4 0 に出力され、カメラスルー画像として表示される。また、入力部 7 0 からのズームングのための指示入力信号が入力されると、C P U 6 0 がレンズ駆動制御部 8 0 に制御信号を出力し、レンズ駆動制御部 8 0 の制御に基づいてズームレンズ 1 1 の所定のレンズが移動される。

【 0 2 9 5 】

入力部 7 0 からの指示入力信号によりカメラブロック 1 0 の図示しないシャッターが動作されると、撮影された画像信号がカメラ信号処理部 2 0 から画像処理部 3 0 に出力されて圧縮符号化処理され、所定のデータフォーマットのデジタルデータに変換される。変換されたデータは R / W 5 0 に出力され、メモリーカード 1 0 0 0 に書き込まれる。

【 0 2 9 6 】

フォーカシングは、例えば、入力部 7 0 のシャッターリリースボタンが半押しされた場合や記録（撮影）のために全押しされた場合等に、C P U 6 0 からの制御信号に基づいてレンズ駆動制御部 8 0 がズームレンズ 1 1 の所定のレンズを移動させることにより行われる。

【 0 2 9 7 】

メモリーカード 1 0 0 0 に記録された画像データを再生する場合には、入力部 7 0 に対する操作に応じて、R / W 5 0 によってメモリーカード 1 0 0 0 から所定の画像データが読み出され、画像処理部 3 0 によって伸張復号化処理が行われた後、再生画像信号が L C D 4 0 に出力されて再生画像が表示される。

【 0 2 9 8 】

尚、上記した実施の形態においては、撮像装置をデジタルスチルカメラに適用した例を

10

20

30

40

50

示したが、撮像装置の適用範囲はデジタルスチルカメラに限られることはなく、デジタルビデオカメラ、カメラが組み込まれた携帯電話、カメラが組み込まれたPDA(Personal Digital Assistant)等のデジタル入出力機器のカメラ部等として広く適用することができる。

【0299】

[本技術]

本技術は、以下の構成にすることができる。

【0300】

<1>物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群と負の屈折力を有する第2レンズ群と正の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、前記第2レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第1負レンズと第2負レンズと正レンズの3枚のレンズにより構成され、少なくとも前記正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成され、以下の条件式(1)、条件式(2)、条件式(3)及び条件式(4)を満足するズームレンズ。

$$(1) \quad 0.8 < 10 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) \quad 3.0 < 100 \times \{D(2, 23) / TH2\} < 7.0$$

$$(3) \quad 1.6 < f(2, 3) / |f_2| < 2.5$$

$$(4) \quad 1.1 < \{R_{23f} / (n_{23} - 1)\} / |f_2| < 1.564$$

但し、

R_{22r} : 第2レンズ群の第2負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} : 第2レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$: 第2レンズ群の第2負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間隔

$TH2$: 第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚み

$f(2, 3)$: 第2レンズ群の正レンズの焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

n_{23} : 第2レンズ群の正レンズの屈折率

とする。

【0303】

<2>以下の条件式(5)及び条件式(6)を満足する前記<1>に記載のズームレンズ。

$$(5) \quad 1.0 < |f_2| / f_W < 1.5$$

$$(6) \quad 0.05 < |f_2| / f_T < 0.15$$

但し、

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

f_W : 広角端における全光学系の焦点距離

f_T : 望遠端における全光学系の焦点距離

とする。

【0304】

<3>前記第2負レンズにおける像側の面の外周部と前記正レンズにおける物体側の面の外周部とが接触された前記<1>又は<2>に記載のズームレンズ。

【0305】

<4>前記正レンズにおける物体側の面の外周部に光軸に垂直な平面が形成され、前記正レンズの平面に前記第2負レンズにおける像側の面の外周部が接触された前記<3>に記載のズームレンズ。

【0306】

<5>前記正レンズがガラス材料によって金型成形により形成された前記<1>から<4>の何れかに記載のズームレンズ。

【0307】

<6>広角端から望遠端へのズーミングの際に、前記第1レンズ群が前記第2レンズ群

10

20

30

40

50

から離れるように物体側へ移動し、前記第 3 レンズ群が前記第 2 レンズ群に近付くように物体側へ移動する前記 < 1 > から < 5 > の何れかに記載のズームレンズ。

【 0 3 0 8 】

< 7 > ズームレンズと前記ズームレンズによって形成された光学像を電氣的信号に変換する撮像素子とを備え、前記ズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された正の屈折力を有する第 1 レンズ群と負の屈折力を有する第 2 レンズ群と正の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有し、前記第 2 レンズ群が、物体側から像側へ順に配置された第 1 負レンズと第 2 負レンズと正レンズの 3 枚のレンズにより構成され、少なくとも前記正レンズの物体側の面に光軸から外周に向かうに従って漸次曲率が小さくなる形状の非球面が形成され、以下の条件式 (1)、条件式 (2)、条件式 (3) 及び条件式 (4) を満足する撮像装置

10

$$(1) 0.8 < 10 \times (R_{22r} - R_{23f}) / (R_{22r} + R_{23f}) < 1.8$$

$$(2) 3.0 < 100 \times \{ D(2, 23) / TH2 \} < 7.0$$

$$(3) 1.6 < f(2, 3) / |f_2| < 2.5$$

$$(4) 1.1 < \{ R_{23f} / (n_{23} - 1) \} / |f_2| < 1.564$$

但し、

R_{22r} : 第 2 レンズ群の第 2 負レンズにおける像側の面の近軸曲率半径

R_{23f} : 第 2 レンズ群の正レンズにおける物体側の面の近軸曲率半径

$D(2, 23)$: 第 2 レンズ群の第 2 負レンズと正レンズの間に存在する光軸上の空気間隔

20

$TH2$: 第 2 レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚み

$f(2, 3)$: 第 2 レンズ群の正レンズの焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

n_{23} : 第 2 レンズ群の正レンズの屈折率

とする。

【 0 3 0 9 】

[その他]

尚、上記には、本技術ズームレンズの実施例としてズームレンズ 1 乃至ズームレンズ 8 を示したが、本技術は、これらのズームレンズ以外にも、物体側から像側へ順に配置された正負正の第 1 レンズ群乃至第 3 レンズ群を有するズームレンズに適用することが可能である。

30

【 0 3 1 0 】

上記した各実施の形態において示した各部の形状及び数値は、何れも本技術を実施するための具体化のほんの一例に過ぎず、これらによって本技術の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 3 1 1 】

【 図 1 】 正レンズの物体側の面に形成された非球面の形状と正レンズの近軸曲率半径とを比較して示す模式図である。

【 図 2 】 第 2 負レンズの外周部における像側の面と正レンズの外周部における物体側の面とが接触されて第 2 レンズ群が組み立てられた状態を示す拡大図である。

40

【 図 3 】 ズームレンズの第 1 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【 図 4 】 図 5 と共に第 1 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【 図 5 】 望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【 図 6 】 ズームレンズの第 2 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【 図 7 】 図 8 と共に第 2 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【 図 8 】 望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【 図 9 】 ズームレンズの第 3 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

50

【図 1 0】図 1 1 と共に第 3 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 1 1】望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 1 2】ズームレンズの第 4 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【図 1 3】図 1 4 と共に第 4 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 1 4】望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 1 5】ズームレンズの第 5 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【図 1 6】図 1 7 と共に第 5 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

10

【図 1 7】望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 1 8】ズームレンズの第 6 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【図 1 9】図 2 0 と共に第 6 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 2 0】望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 2 1】ズームレンズの第 7 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

【図 2 2】図 2 3 と共に第 7 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 2 3】望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 2 4】ズームレンズの第 8 の実施の形態のレンズ構成を示す図である。

20

【図 2 5】図 2 6 と共に第 8 の実施の形態に具体的数値を適用した数値実施例の収差図を示し、本図は、広角端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 2 6】望遠端状態における球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図 2 7】各ズームレンズについて、正レンズの物体側の面に形成された非球面の形状と正レンズの近軸曲率半径とを比較して示す模式図である。

【図 2 8】撮像装置の一例を示すブロック図である。

【符号の説明】

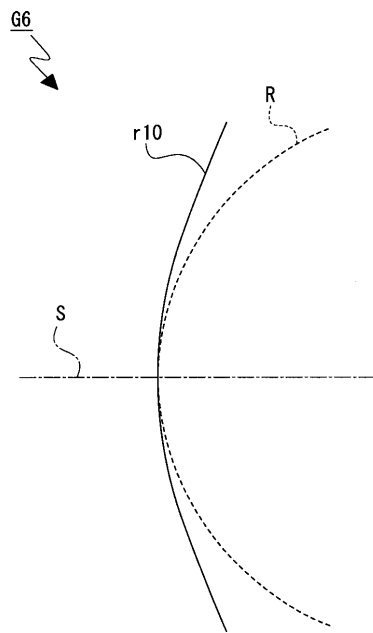
【 0 3 1 2 】

1 ...ズームレンズ、2 ...ズームレンズ、3 ...ズームレンズ、4 ...ズームレンズ、5 ...ズームレンズ、6 ...ズームレンズ、7 ...ズームレンズ、8 ...ズームレンズ、G R 1 ...第 1 レンズ群、G R 2 ...第 2 レンズ群、G R 3 ...第 3 レンズ群、G R 4 ...第 4 レンズ群、G R 5 ...第 5 レンズ群、G 4 ...第 1 負レンズ、G 5 ...第 2 負レンズ、G 6 ...正レンズ、1 0 0 ...撮像装置、1 1 ...ズームレンズ、1 2 ...撮像素子

30

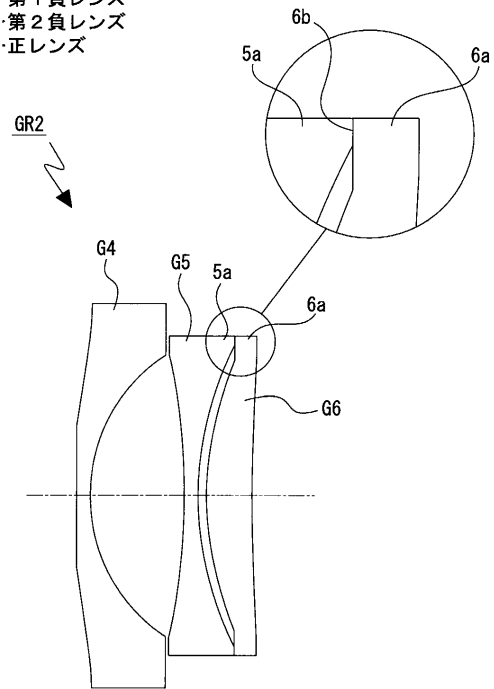
【図 1】

G6…正レンズ



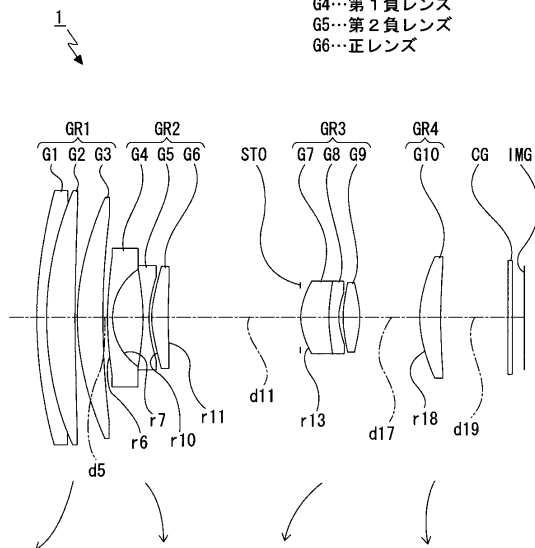
【図 2】

GR2…第 2 レンズ群
 G4…第 1 負レンズ
 G5…第 2 負レンズ
 G6…正レンズ

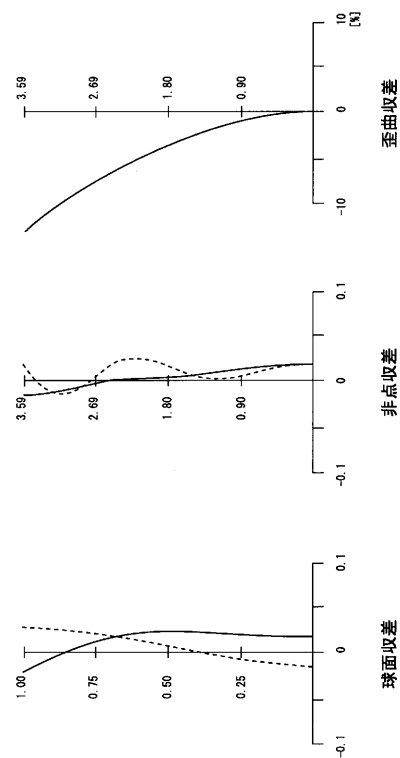


【図 3】

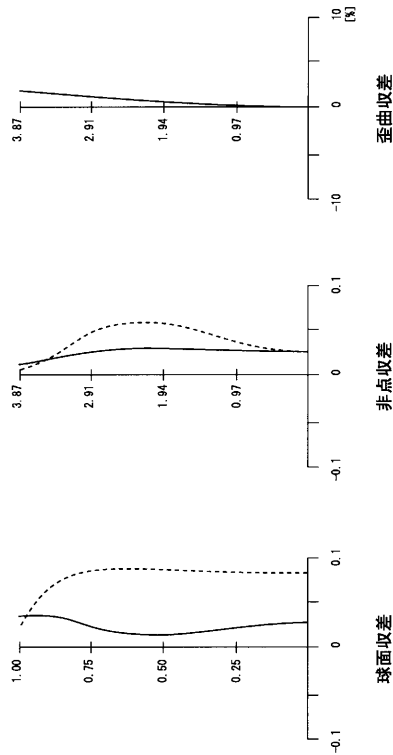
1…ズームレンズ
 GR1…第 1 レンズ群
 GR2…第 2 レンズ群
 GR3…第 3 レンズ群
 GR4…第 4 レンズ群
 G4…第 1 負レンズ
 G5…第 2 負レンズ
 G6…正レンズ



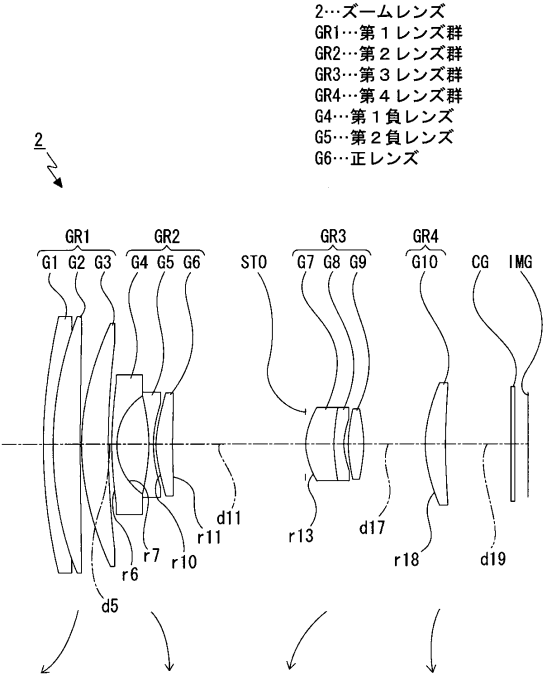
【図 4】



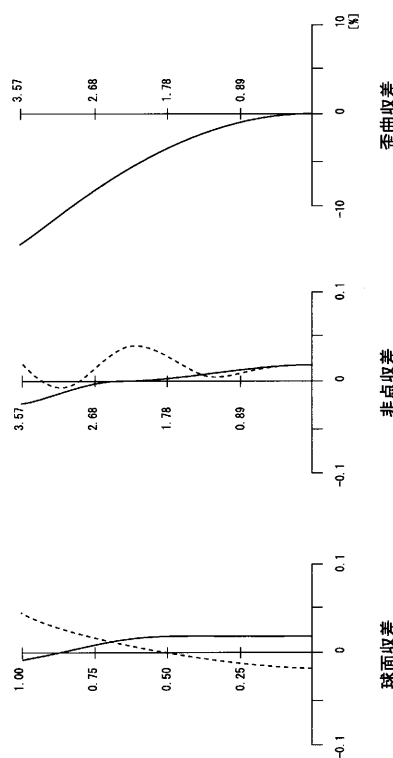
【図 5】



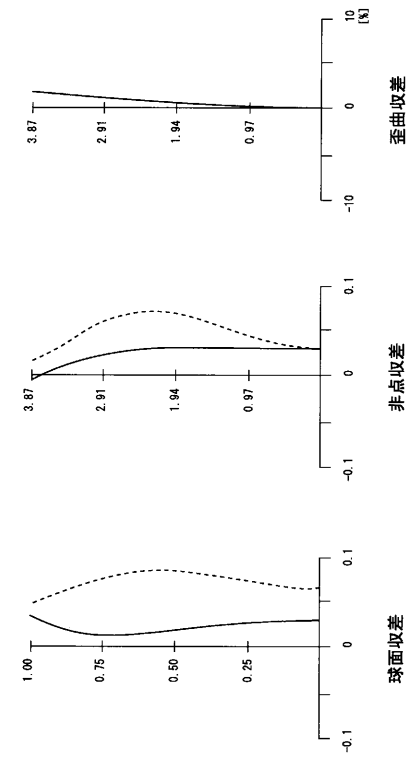
【図 6】



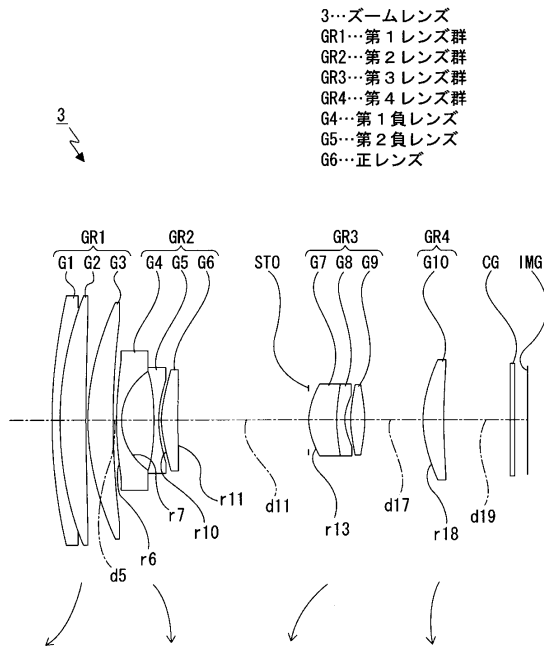
【図 7】



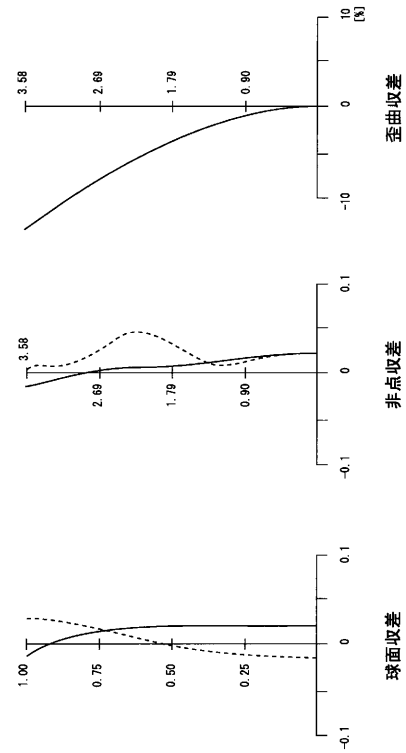
【図 8】



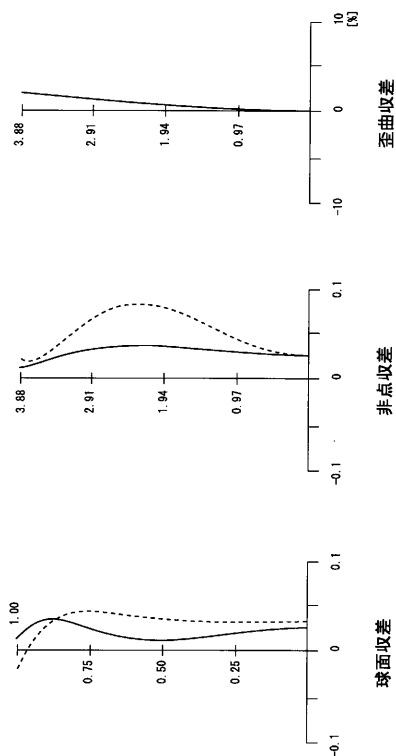
【図 9】



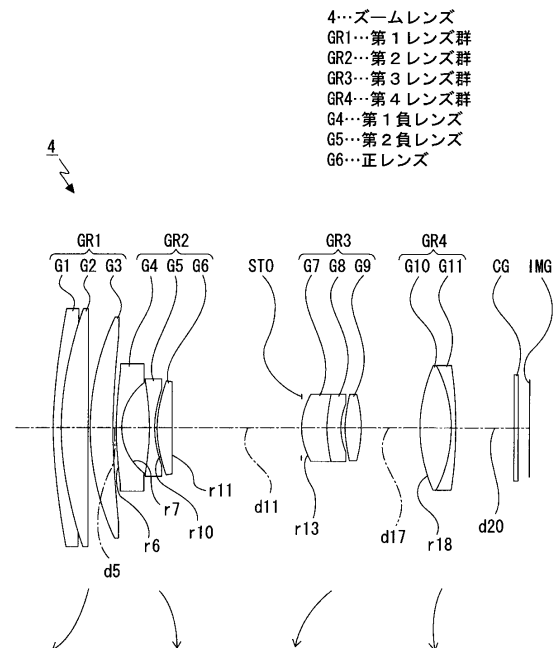
【図 10】



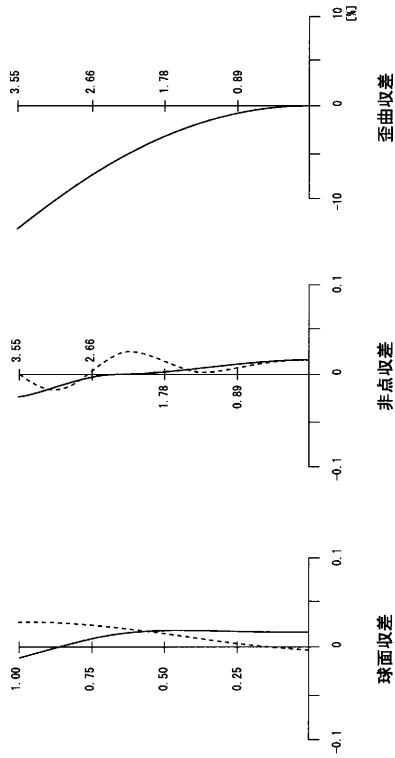
【図 11】



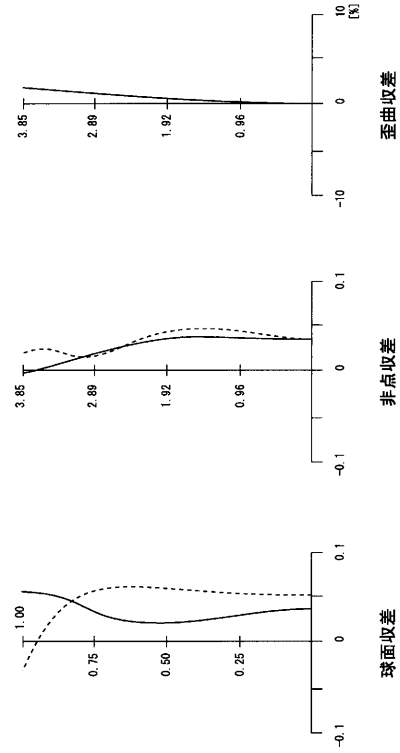
【図 12】



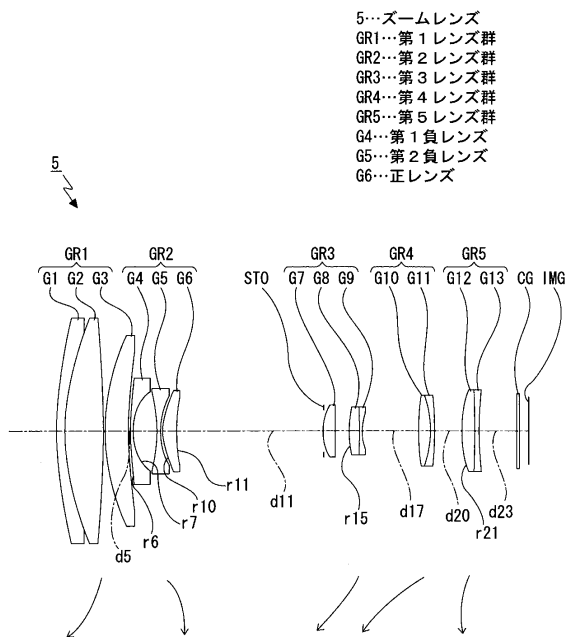
【図 13】



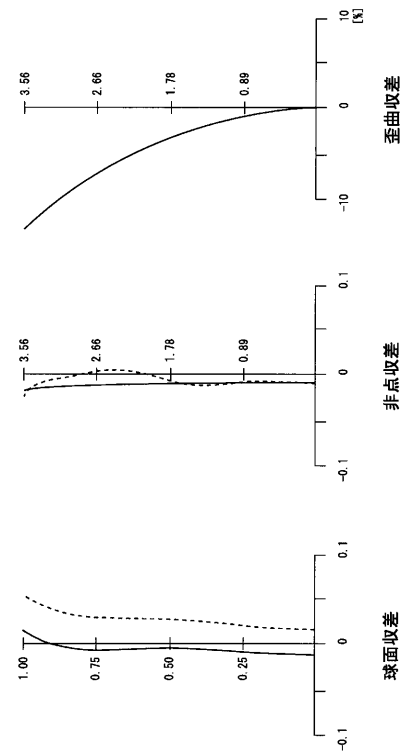
【図 14】



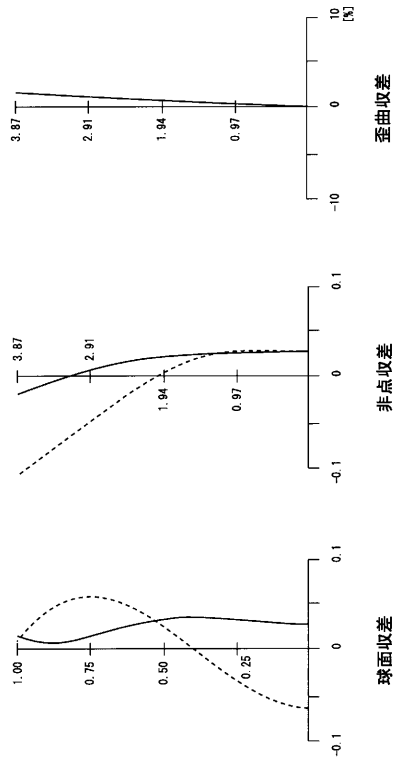
【図 15】



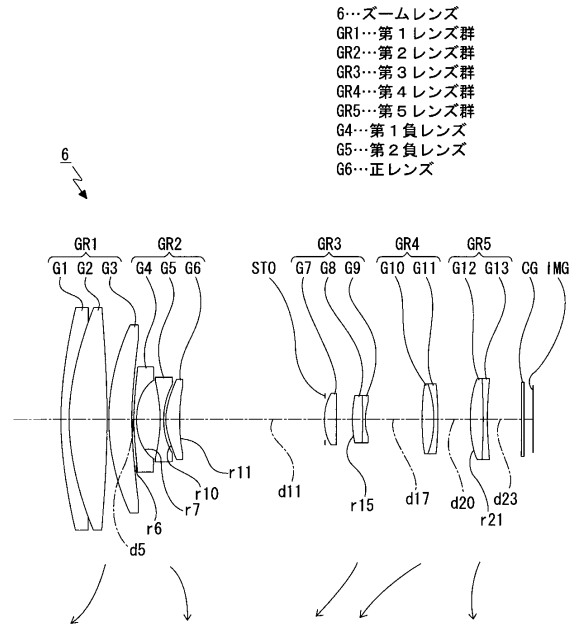
【図 16】



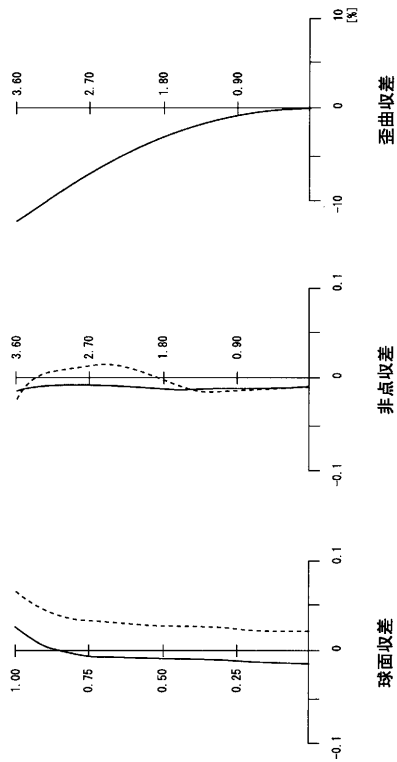
【図 17】



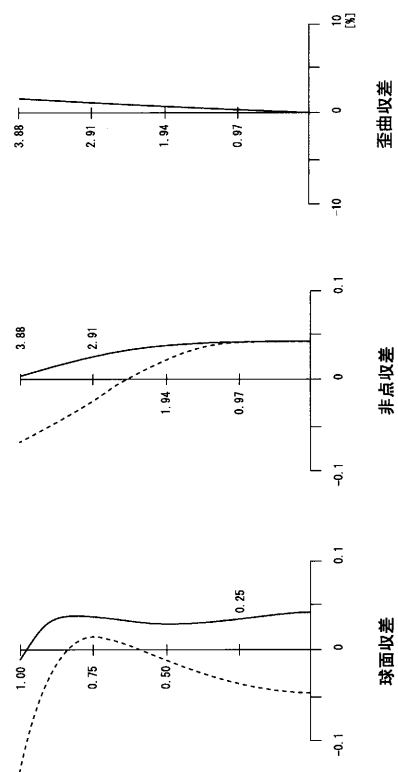
【図 18】



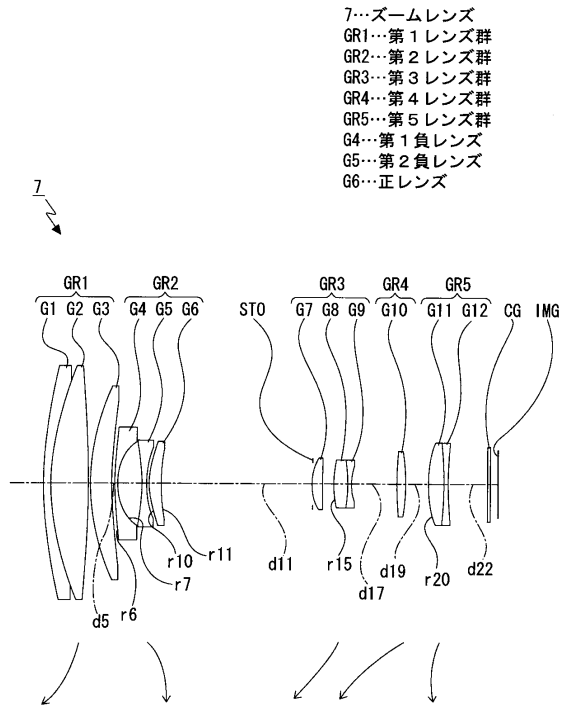
【図 19】



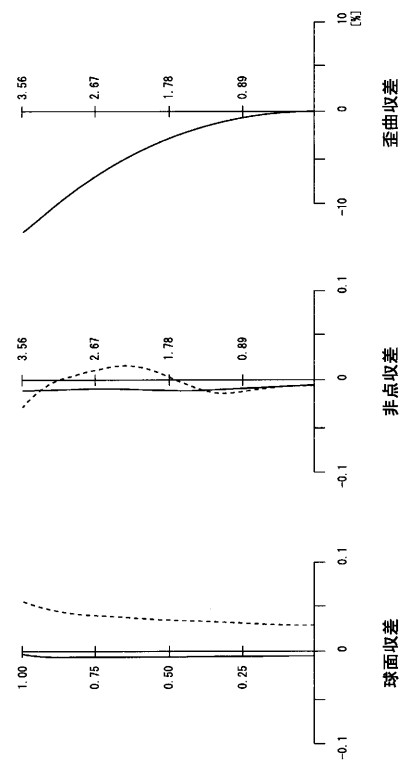
【図 20】



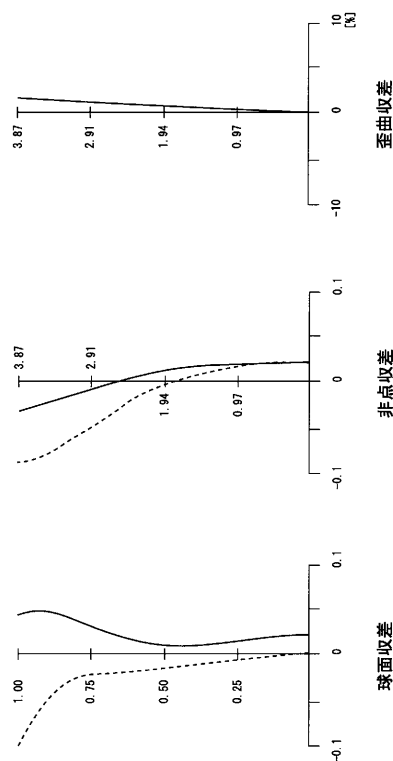
【図 2 1】



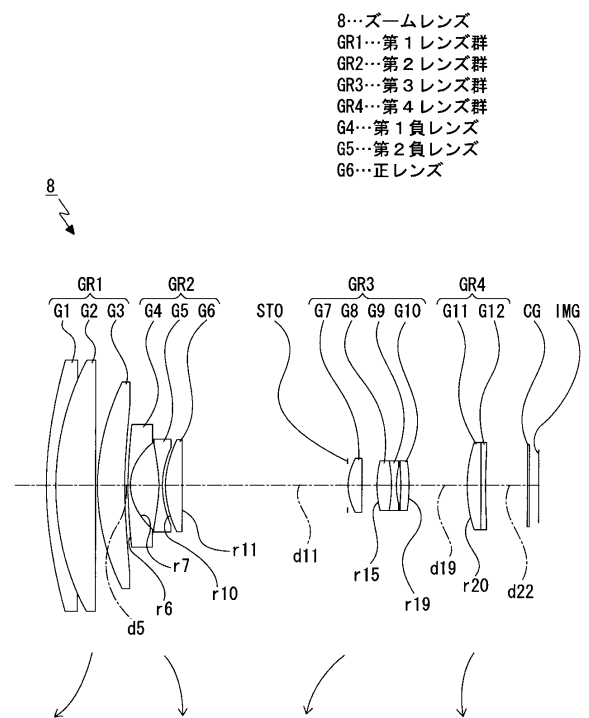
【図 2 2】



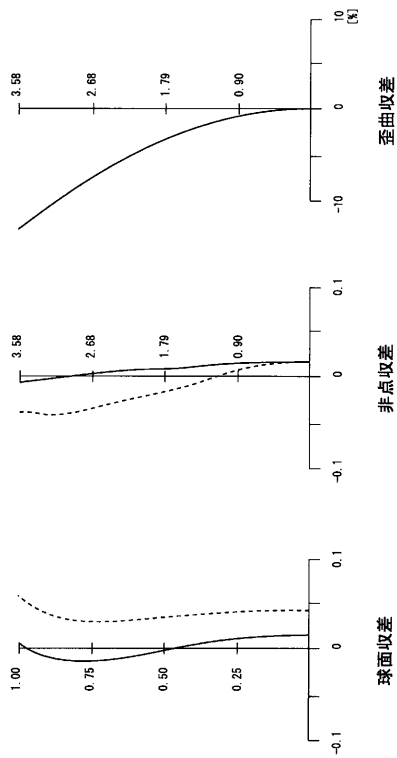
【図 2 3】



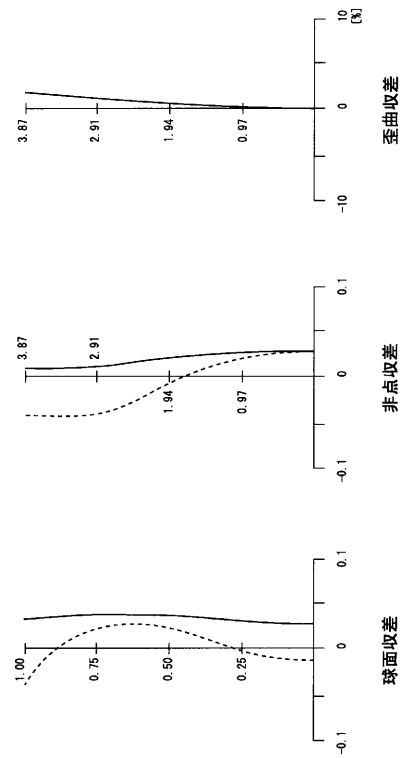
【図 2 4】



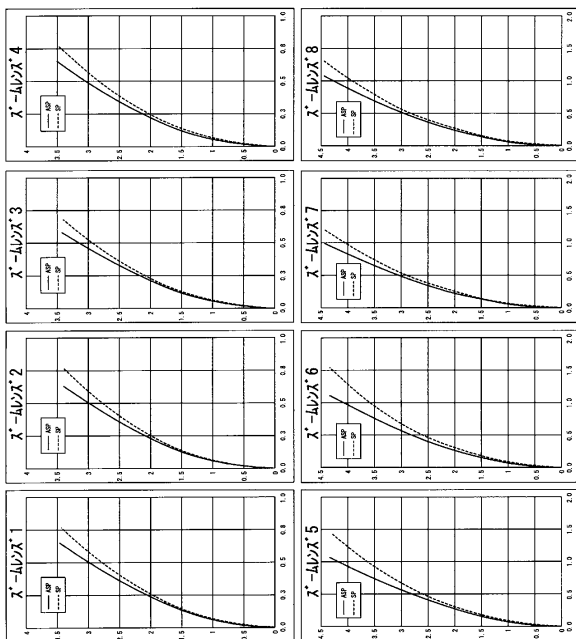
【図 25】



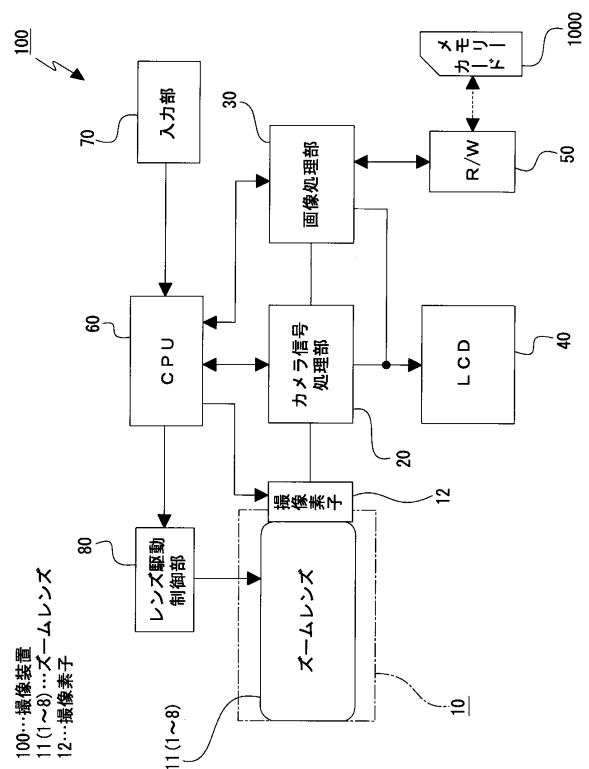
【図 26】



【図 27】



【図 28】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 6 - 1 9 4 5 7 2 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 1 6 0 3 3 2 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 0 3 9 1 0 1 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 0 5 0 6 4 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 9 3 7 6 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

| | | | |
|---------|-----------|---|-----------|
| G 0 2 B | 9 / 0 0 | - | 1 7 / 0 8 |
| G 0 2 B | 2 1 / 0 2 | - | 2 1 / 0 4 |
| G 0 2 B | 2 5 / 0 0 | - | 2 5 / 0 4 |