

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5857891号
(P5857891)

(45) 発行日 平成28年2月10日(2016.2.10)

(24) 登録日 平成27年12月25日(2015.12.25)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 9 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2012-147295 (P2012-147295)
 (22) 出願日 平成24年6月29日 (2012.6.29)
 (65) 公開番号 特開2014-10324 (P2014-10324A)
 (43) 公開日 平成26年1月20日 (2014.1.20)
 審査請求日 平成27年1月9日 (2015.1.9)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100112955
 弁理士 丸島 敏一
 (72) 発明者 畠山 丈司
 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 堀井 康司

(56) 参考文献 特開2011-145565 (JP, A)
 特開2013-228450 (JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、

広角端状態から望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、前記第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、前記第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、前記第4レンズ群が光軸方向に移動し、

被写体位置が変化した際に、前記第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、以下の条件式(a)、(b)および(c)を満たすズームレンズ。

条件式(a) : $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$

条件式(b) : $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$

条件式(c) : $1.1 < f_1/f_w < 2.1$

M_2 : 前記第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

M_3 : 前記第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

【請求項 2】

10

20

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、

広角端状態から望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、前記第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、前記第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、前記第4レンズ群が光軸方向に移動し、

被写体位置が変化した際に、前記第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、

以下の条件式 (a) 、 (b) および (d) を満たすズームレンズ。

条件式 (a) : $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$

条件式 (b) : $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$

条件式 (d) : $1.4 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.0$

10

M₂ : 前記第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

M₃ : 前記第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

f_t : 望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

【請求項3】

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、正の屈折力を有する第4レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、

広角端状態から望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、前記第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、前記第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、前記第4レンズ群が光軸方向に移動し、

被写体位置が変化した際に、前記第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、

以下の条件式 (a) 、 (b) および (e) を満たすズームレンズ。

条件式 (a) : $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$

条件式 (b) : $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$

条件式 (e) : $1.6 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.2$

20

M₂ : 前記第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

M₃ : 前記第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離

f₄ : 前記第4レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

f_t : 望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

【請求項4】

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間に開口絞りを有する請求項1から3のいずれかに記載のズームレンズ。

40

【請求項5】

前記第3レンズ群は、正の屈折力を有する前側部分レンズ群と、正の屈折力を有する後側部分レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、像ブレを補正する際には前記後側部分レンズ群を光軸に略垂直な方向にシフトさせる請求項1から4のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項6】

以下の条件式 (f) を満たす請求項5記載のズームレンズ。

条件式 (f) : $0.10 < f_{3b}/f_{3a} < 0.25$

f_{3a} : 前記第3レンズ群の前側部分レンズ群の焦点距離

f_{3b} : 前記第3レンズ群の後側部分レンズ群の焦点距離

50

【請求項 7】

実質的にレンズパワーを有さないレンズをさらに有する請求項 1 から 6 のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 8】

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る撮像装置であって、

前記ズームレンズは、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、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第 2 レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、前記第 3 レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、前記第 4 レンズ群が光軸方向に移動し、

被写体位置が変化した際に、前記第 4 レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、以下の条件式 (a)、(b) および (c) を満たす撮像装置。

条件式 (a) : $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$

条件式 (b) : $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$

条件式 (c) : $1.1 < f_1/f_w < 2.1$

M_2 : 前記第 2 レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

M_3 : 前記第 3 レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

20

f_3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

【請求項 9】

実質的にレンズパワーを有さないレンズをさらに有する請求項 8 記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

撮像装置に用いられるズームレンズに関する。詳しくは、手ブレを光学的に補正することが可能であり、デジタルビデオカメラやデジタルスチルカメラ等に好適なバックフォーカスの長いズームレンズおよびそのズームレンズを備えた撮像装置に関する。特に、変倍比が 1.8 乃至 2.4 倍程度、広角端状態での画角が 70 乃至 85° 程度、広角端状態での F 値が 1.5 乃至 1.8 程度のズームレンズを想定する。

30

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルビデオカメラやデジタルスチルカメラ等、固体撮像素子を用いた撮像装置の普及に伴い、明るく高画質、広角、高変倍比のズームレンズが求められている。また、高画質化の観点から、RGB 3 色をそれぞれ専用の撮像素子で受光する、いわゆる多板式カメラが用いられている。この多板式カメラにおいては、レンズ系と撮像素子との間に、それぞれの撮像素子に光束を導く色分解プリズム等の光学素子、ローパスフィルターや赤外線カットフィルターなどの光学部材を配置する必要が生じる。そのため、焦点距離に比較して長いバックフォーカスが必要になる。一方で、動画撮影においてズーム時やフォーカス時においても高画質と静音性を両立するためには、撮影中の像揺れまたは像飛びや、駆動機構で発生するノイズを低減する必要がある。そのため、ズームおよびフォーカス時に光軸上を移動するレンズ群は、可能な限り小型および軽量に構成されることが望ましい。

40

【0003】

そのようなズームレンズとして、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、正の屈折力を有する第 4 レンズ群とを物体側より順に配置したものが提案されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

50

このズームレンズでは、広角端状態から望遠端状態に向けて変倍する際に、第2レンズ群は像側に移動し、第3レンズ群は物体側に移動し、第4レンズ群は物体側に移動する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2000-321499号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述の従来技術では、複数のレンズ群を光軸方向に動かして変倍作用を行いうため、収差補正の自由度は向上するものの、広角化や高変倍化が不十分であった。

10

【0006】

本技術はこのような状況に鑑みて生み出されたものであり、長いバックフォーカスを有し、動画撮影時においても高画質と静音性の両立が容易であり、広角かつ高変倍比であってズーム全域で良好な結像性能を有するズームレンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本技術は、上述の問題点を解消するためになされたものであり、その第1の側面は、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、正の屈折力を有する第4レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、広角端状態から望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、上記第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、上記第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、上記第4レンズ群が光軸方向に移動し、被写体位置が変化した際に、上記第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、以下の条件式(a)および(b)を満たすズームレンズである。

20

条件式(a) : $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$

条件式(b) : $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$

但し、 M_2 は上記第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分であり、 f_2 は上記第2レンズ群の焦点距離であり、 M_3 は上記第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分であり、 f_3 は上記第3レンズ群の焦点距離である。これにより、ズームレンズにおいて、第2レンズ群および第3レンズ群のストローカを適正な長さとし、広角化および高変倍化させるという作用をもたらす。

30

【0008】

また、この第1の側面において、以下の条件式(c)を満たすようにしてもよい。

条件式(c) : $1.1 < f_1/f_w < 2.1$

但し、 f_1 は上記第1レンズ群の焦点距離であり、 f_w は広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離である。これにより、前玉径や光学全長を小型化させるという作用をもたらす。

【0009】

また、この第1の側面において、以下の条件式(d)を満たすようにしてもよい。

40

条件式(d) : $1.4 < f_3/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.0$

但し、 f_3 は上記第3レンズ群の焦点距離であり、 f_t は望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離である。これにより、広角および高変倍比において高画質化させるという作用をもたらす。

【0010】

また、この第1の側面において、以下の条件式(e)を満たすようにしてもよい。

条件式(e) : $1.6 < f_4/(f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.2$

但し、 f_4 は上記第4レンズ群の焦点距離である。これにより、近接合焦時も結像性能を向上させるという作用をもたらす。

【0011】

50

また、この第1の側面において、上記第2レンズ群と上記第3レンズ群の間に開口絞りを有するようにしてもよい。これにより、前玉径および後玉径をバランスよく小型化させるという作用をもたらす。

【0012】

また、この第1の側面において、上記第3レンズ群は、正の屈折力を有する前側部分レンズ群と、正の屈折力を有する後側部分レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、像ブレを補正する際には上記後側部分レンズ群を光軸に略垂直な方向にシフトさせるようにしてもよい。これにより、防振レンズ群としての後側部分レンズ群の移動量を小さくし、防振時の収差変動を抑制し、その駆動機構を小型化させるという作用をもたらす。

10

【0013】

また、この第1の側面において、以下の条件式(f)を満たすようにしてもよい。

$$\text{条件式 (f)} : 0.10 < f_3b / f_3a < 0.25$$

但し、 f_3a は上記第3レンズ群の前側部分レンズ群の焦点距離であり、 f_3b は上記第3レンズ群の後側部分レンズ群の焦点距離である。これにより、防振時の収差変動をさらに抑制し、その駆動機構を小型化させるという作用をもたらす。

【0014】

また、本技術の第2の側面は、ズームレンズと、上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る撮像装置であって、上記ズームレンズは、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、正の屈折力を有する第4レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、上記第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、上記第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、上記第4レンズ群が光軸方向に移動し、被写体位置が変化した際に、上記第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、以下の条件式(a)および(b)を満たす撮像装置である。

20

$$\text{条件式 (a)} : 3.5 < |M_2 / f_2| < 5.0$$

$$\text{条件式 (b)} : 0.23 < |M_3 / f_3| < 0.35$$

但し、 M_2 は上記第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分であり、 f_2 は上記第2レンズ群の焦点距離であり、 M_3 は上記第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分であり、 f_3 は上記第3レンズ群の焦点距離である。これにより、撮像装置のズームレンズにおいて第2レンズ群および第3レンズ群のストロークを適正な長さとし、広角化および高変倍化させるという作用をもたらす。

30

【発明の効果】

【0015】

本技術によれば、多板式カメラに対応する長いバックフォーカスを有し、動画撮影時においても高画質と静音性の両立が容易であり、広角かつ高変倍比であってズーム全域で良好な結像性能を有するズームレンズを提供することができるという優れた効果を奏し得る。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図2】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図3】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【図4】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図5】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

50

【図6】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図7】本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【図8】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図9】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図10】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【図11】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態における無限遠合焦時の諸収差図である。 10

【図12】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【図13】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図14】本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【図15】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。 20

【図16】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図17】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【図18】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図19】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【図20】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時の諸収差図である。

【図21】本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態における無限遠合焦時のコマ収差図である。 30

【図22】本技術の第1乃至第3の実施の形態によるズームレンズを撮像装置100に適用した例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本開示におけるズームレンズは、上述の課題を解決するために、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、正の屈折力を有する第4レンズ群とを物体側より像側へ順に配置されて構成される。広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、第4レンズ群が光軸方向に移動する。被写体位置が変化した際に、第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正する。条件式(a): $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$ 、および、条件式(b): $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$ を満足する。ただし、 M_2 を第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態での光軸上の位置差分、 f_2 を第2レンズ群の焦点距離、 M_3 を第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態での光軸上の位置差分、 f_3 を第3レンズ群の焦点距離とする。 40

【0018】

条件式(a)は、第2レンズ群の焦点距離に対する第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分の適切な割合を規定したものである。条件式(a)の下限値を下回ると、第2レンズ群のストロークが短過ぎ、または、第2レンズ群のパワーが小さくなり過ぎるため、十分な高変倍化が困難となってしまう。一方、条件式(a)の上

限値を上回ると、第2レンズ群のストロークが長過ぎるため、前玉径が大型化してしまう。また、第2レンズ群のパワーが大きくなり過ぎるため、ズーム時の収差変動が大きくなり、ズーム全域で良好な結像性能を得ることが困難となる。

【0019】

条件式(b)は、第3レンズ群の焦点距離に対する第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分の適切な割合を規定したものである。条件式(b)の下限値を下回ると、第3レンズ群のストロークが短過ぎる、または、第3レンズ群のパワーが小さくなり過ぎるため、十分な広角化および高変倍化の達成が困難となってしまう。一方、条件式(b)の上限値を上回ると、第3レンズ群のストロークが長過ぎるため、広角端状態で第3レンズ群に入射する光線の高さが増大し、広角端状態における収差補正が困難となる。また、第3レンズ群のパワーが大きくなり過ぎるため、ズーム時の収差変動が大きくなり、ズーム全域で良好な結像性能を得ることが困難となる。

【0020】

したがって、条件式(a)および(b)を満足することにより、ズームレンズを小型に構成しながら、ズーム全域で良好な結像性能を有する、十分に広角および高変倍比のズームレンズを達成することができる。

【0021】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(a)を条件式(a') : $3.8 < |M_2/f_2| < 4.7$ の範囲にすると、さらにその効果を高めることができる。また、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(b)を条件式(b') : $0.27 < |M_3/f_3| < 0.31$ の範囲にすると、さらにその効果を高めることができる。

【0022】

本開示におけるズームレンズは、条件式(c) : $1.1 < f_1/f_w < 2.1$ を満足する。ただし、 f_1 を第1レンズ群の焦点距離、 f_w を広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離とする。条件式(c)は、広角端状態のレンズ全系の焦点距離に対する第1レンズ群の焦点距離の適切な割合を規定したものである。条件式(c)の下限値を下回ると、第1レンズ群のパワーが大きくなり過ぎるため、前玉径が大型化して十分な広角化が図れなくなってしまう。一方、条件式(c)の上限値を上回ると、第1レンズ群のパワーが小さくなり過ぎるため、光学全長が増大して十分な高変倍化が図れなくなってしまう。したがって、条件式(c)を満足することにより、十分に広角化および高変倍化させながら、前玉径や光学全長を小型に構成することができる。

【0023】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(c)を条件式(c') : $1.4 < f_1/f_w < 1.9$ の範囲にすると、さらにその効果を高めることができる。

【0024】

本開示におけるズームレンズは、条件式(d) : $1.4 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.0$ を満足する。ただし、 f_3 を第3レンズ群の焦点距離、 f_t を望遠端状態におけるレンズ系全体での焦点距離とする。条件式(d)は、広角端状態と望遠端状態のレンズ全系の焦点距離の積の平方根に対する第3レンズ群の焦点距離の適切な割合を規定したものである。条件式(d)の下限値を下回ると、第3レンズ群のパワーが大きくなり過ぎるため、長いバックフォーカスの確保が困難となってしまう。一方、条件式(d)の上限値を上回ると、第3レンズ群のパワーが小さくなり過ぎるため、十分な広角化および高変倍化の達成が困難となってしまう。また、広角端状態で第4レンズ群に入射する光線の高さが増大するため、広角端状態における収差補正が困難となる。したがって、条件式(d)を満足することにより、長いバックフォーカスを確保しながら、十分に広角および高変倍比で高画質なズームレンズを達成することができる。

【0025】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(d)を条件式(d') : $1.6 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 1.8$ の範囲にすると、さらにその効果を高めることができる。

10

20

30

40

50

【0026】

本開示におけるズームレンズは、条件式(e) : $1.6 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.2$ を満足する。ただし、 f_4 を第4レンズ群の焦点距離とする。条件式(e)は、広角端状態と望遠端状態のレンズ全系の焦点距離の積の平方根に対する第4レンズ群の焦点距離の適切な割合を規定したものである。条件式(e)の下限値を下回ると、第4レンズ群のパワーが大きくなり過ぎるため、長いバックフォーカスの確保が困難となる上、近接合焦時の収差変動も大きくなってしまう。一方、条件式(e)の上限値を上回ると、第4レンズ群のパワーが小さくなり過ぎるため、フォーカスストロークが増大し、光学全長も増大してしまう。したがって、条件式(e)を満足することにより、長いバックフォーカスを確保しながら、近接合焦時も良好な結像性能を有することができる。

10

【0027】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(e)を条件式(e') : $1.8 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.0$ の範囲にすると、さらにその効果を高めることができる。

【0028】

本開示におけるズームレンズは、第2レンズ群と第3レンズ群の間に開口絞りを有する。開口絞りから離れて配置されるレンズ群を通過する軸外光線は、開口絞りから離れるほど光軸からの光線高さも大きくなり、軸外収差の発生も大きくなってしまう。したがって、第2レンズ群と第3レンズ群の間に開口絞りを配置することにより、ズームレンズの前玉径および後玉径をバランスよく小型に構成することができる。また、ズーム時やフォーカス時に光軸上を移動する第2レンズ群、第3レンズ群および第4レンズ群も小型および軽量に構成することができる。そのため、動画撮影においてズームやフォーカス時においても像揺れおよび像飛びやノイズを少なくすることができ、高画質と静音性の両立が容易となる。

20

【0029】

本開示におけるズームレンズは、第3レンズ群は、正の屈折力を有する前側部分レンズ群と、正の屈折力を有する後側部分レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成される。像ブレを補正する際には後側部分レンズ群を光軸に略垂直な方向にシフトさせる。第3レンズ群は光軸方向に可動であるため、防振レンズ群が大型化してしまうと、第3レンズ群を可動させるための駆動機構も大型化するため、ズームレンズの鏡筒径や重量が増大してしまう。したがって、駆動機構も含めて防振レンズ群は小型および軽量に構成することが望ましい。

30

【0030】

また、本開示におけるズームレンズでは、第3レンズ群は絞り近傍に配置されているため、防振レンズ群の移動量に対する像シフト量の割合、いわゆるブレ補正係数を大きくすることができる。防振時の収差変動も抑制しやすい。本開示におけるズームレンズのように、第3レンズ群全体ではなく、後側部分レンズ群のみをシフトさせる方式とすることにより、防振レンズ群の移動量を小さく、防振時の収差変動も抑制しながら、その駆動機構も含めて小型に構成することができる。

40

【0031】

なお、本開示のズームレンズにおいて、レンズシフト時のコマ収差変動を抑制するためには、防振レンズ群に少なくとも1面の非球面を設けることが望ましい。また、レンズシフト時の色収差変動を抑制するためには、防振レンズ群は、正の屈折力を有する低分散のレンズのみ、または、強い正の屈折力を有する低分散のレンズと弱い負の屈折力を有する高分散のレンズとを組み合わせた色消しレンズによって構成することが望ましい。

【0032】

本開示におけるズームレンズは、条件式(f) : $0.10 < f_{3b} / f_{3a} < 0.25$ を満足する。ただし、 f_{3a} を第3レンズ群の前側部分レンズ群の焦点距離、 f_{3b} を第3レンズ群の後側部分レンズ群の焦点距離とする。条件式(f)は、第3レンズ群において、防振時に固定となるレンズ群の焦点距離に対する防振時に可動となるレンズ群の焦点

50

距離の適切な割合を規定したものである。条件式(f)の下限値を下回ると、防振レンズ群のパワーが大きくなり過ぎるため、防振時の収差変動が大きくなってしまう。一方、条件式(f)の上限値を上回ると、防振レンズ群のパワーが小さくなり過ぎるため、プレ補正係数が小さくなり、防振レンズ群のシフト量が大きくなってしまって、防振レンズ群の径やその駆動機構が大型化してしまう。したがって、条件式(f)を満足することにより、防振時の収差変動を抑制しながら、駆動機構も含めて鏡筒を小型および軽量に構成することができる。

【 0 0 3 3 】

なお、本開示におけるズームレンズにおいては、条件式(f)を条件式(f') : $0.14 < f_{3b} / f_{3a} < 0.21$ の範囲にすると、さらにその効果を高めることができる。

10

【 0 0 3 4 】

なお、本開示のズームレンズにおいて、光量の調整のために絞り径を変化させる代わりに、ND (Neutral Density) フィルターや液晶調光素子を用いることが小型化および小絞り回折の劣化防止のためには好ましい。さらに、第1レンズ群において最も像側に配置されたレンズに非球面を設けることにより、さらなる高画質化を図ることができる。

【 0 0 3 5 】

以下、本技術を実施するための形態(以下、実施の形態と称する)について説明する。説明は以下の順序により行う。

1. 第1の実施の形態(数値実施例1)
2. 第2の実施の形態(数値実施例2)
3. 第3の実施の形態(数値実施例3)
4. 適用例(撮像装置)

20

【 0 0 3 6 】

なお、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、以下に示す通りである。すなわち、「 s_i 」は物体側から数えて第 i 番目の面、「 r_i 」は物体側から数えて第 i 番目の面の曲率半径、「 d_i 」は第 i 番目の面と第 $i+1$ 番目の面との間の軸上面間隔を示す。「 n_i 」は第 i 番目の面を有するレンズの材質のd線(波長587.6nm)における屈折率を示す。「 α_i 」は第 i 番目の面を有するレンズの材質のd線におけるアーベ数を示す。「 r_i 」に関し「INFINITY」は当該面が平面であることを示す。「 d_i 」に関し「可変」は当該間隔が可変間隔であることを示す。「 Fno 」はF値(Fナンバー)を示す。「 γ 」は半画角を示す。

30

【 0 0 3 7 】

また、各実施の形態において用いられるズームレンズには、レンズ面が非球面によって構成されるものがある。レンズ面の頂点から光軸方向の距離(サゲ量)を「 x 」、光軸と垂直な方向の高さを「 h 」、曲率半径を「 R 」、円錐(コーニック)定数を「 γ 」とすると、以下の数式によって表される。

$$x = (h^2 / R) / (1 + (1 - (1 + \gamma) \cdot h^2 / R^2)^{1/2}) + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10}$$

なお、 A_4 、 A_6 、 A_8 および A_{10} は、それぞれ第4次、第6次、第8次および第10次の非球面係数である。

40

【 0 0 3 8 】

以下に示す実施の形態におけるズームレンズは何れも、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構成されている。広角端状態から望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、第2レンズ群GR2は、光軸方向を像側へ単調に移動し、第3レンズ群GR3は光軸方向を物体側へ単調に移動し、第4レンズ群GR4は光軸方向に移動する。したがって、第2レンズ群GR2および第3レンズ群GR3の広角端状態と望遠端状態における位置差分の絶対値は単調に増加する。さらに、実施の形態におけるズームレンズは、被写体位置が変化する

50

際に、第4レンズ群G R 4の光軸方向への移動により近距離合焦を行う。

【0039】

<1. 第1の実施の形態>

[レンズ構成]

図1は、本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【0040】

第1レンズ群G R 1は、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズL 1 1および両凸形状の正レンズL 1 2が接合されてなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL 1 3と、物体側に凸のメニスカス形状の正レンズL 1 4とが、物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

10

【0041】

第2レンズ群G R 2は、物体側に凸のメニスカス形状で両面が非球面に形成された負レンズL 2 1と、両凹形状の負レンズL 2 2と、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズL 2 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。

【0042】

第3レンズ群G R 3は、物体側に凸のメニスカス形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズL 3 1と、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズL 3 2と、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズL 3 3および像側に凸のメニスカス形状の負レンズL 3 4が接合されてなる接合レンズとが、物体側から像側へ順に配置されて構成されている。第3レンズ群G R 3内の接合レンズL 3 3/L 3 4は光軸に略垂直な方向へ移動可能とされ、接合レンズL 3 3/L 3 4が光軸に略垂直な方向へ移動されることにより像のシフトが行われる。なお、レンズL 3 1およびL 3 2は、特許請求の範囲に記載の前側部分レンズ群の一例である。また、接合レンズL 3 3/L 3 4は、特許請求の範囲に記載の後側部分レンズ群の一例である。

20

【0043】

第4レンズ群G R 4は、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズL 4 1および像側に凸のメニスカス形状の負レンズL 4 2が接合されてなる接合レンズによって構成されている。

【0044】

30

第3レンズ群G R 3の物体側には、第3レンズ群G R 3に近接した位置に開口絞りIR(絞り面s 1 4)が配置されている。また、第5レンズ群G R 5と像面IMGとの間には、色分解プリズムPP(Polarizing Prism)が配置されている。

【0045】

[ズームレンズの緒元]

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

【表1】

面si	曲率半径ri	面間隔di	屈折率ni	アッペ数νi
1	342.5786	1.400	1.90366	31.3
2	62.9654	7.670	1.49700	81.6
3	-252.2376	0.150		
4	61.9041	6.913	1.59282	68.6
5	-576.1320	0.150		
6	42.1682	4.005	1.72916	54.7
7	74.4509	可変		
8	125.0000	1.100	1.88202	37.2
9	9.4098	6.219		
10	-13.9479	0.500	1.83481	42.7
11	94.8247	0.300		
12	44.6334	2.670	2.00178	19.3
13	-32.9113	可変		
14	INFINITY	可変		開口絞り
15	13.0765	2.384	1.68893	31.2
16	23.5277	6.049		
17	22.6191	0.450	2.00069	25.5
18	14.4467	1.538		
19	20.7303	3.900	1.49710	81.6
20	-17.7247	0.450	1.74077	27.8
21	-29.5316	可変		
22	21.9027	3.364	1.49710	81.6
23	-20.4381	0.450	1.69895	30.1
24	-43.4854	可変		
25	INFINITY	19.500	1.51680	64.2
26	INFINITY	1.560		

【0046】

この第1の実施の形態におけるズームレンズでは、第2レンズ群G R 2の負レンズL 2 1の物体側の面(s 8)および像側の面(s 9)、第2レンズ群G R 2の正レンズL 2 3の物体側の面(s 1 2)、第3レンズ群G R 3の正レンズL 3 1の物体側の面(s 1 5)、第3レンズ群G R 3の正レンズL 3 3の物体側の面(s 1 9)、第4レンズ群G R 4の正レンズL 4 1の物体側の面(s 2 2)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次および10次の非球面係数A 4、A 6、A 8、A 10を円錐定数とともに表2に示す。なお、表2および以下の非球面係数を示す表において「E -

10

20

30

40

50

i 」は10を底とする指数表現、すなわち、「 10^{-i} 」を表しており、例えば、「0.12345E-05」は「 0.12345×10^{-5} 」を表している。

【表2】

si	κ	A4	A6	A8	A10
8	0.0000	-6.68910E-06	4.65184E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
9	0.0000	-4.59733E-05	-8.56524E-07	5.14809E-09	-9.75436E-11
12	0.0000	-4.55058E-06	-2.31225E-07	2.98131E-09	-1.64928E-11
15	0.0000	-2.54703E-05	-5.95353E-08	-1.33564E-09	5.90163E-12
19	0.0000	-1.95765E-05	-2.61254E-07	7.04617E-09	-7.28590E-11
22	0.0000	-5.12802E-06	2.40057E-07	-5.76699E-09	5.13500E-11

【0047】

この第1の実施の形態におけるズームレンズでは、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 7、第2レンズ群G R 2と開口絞りIRの間の面間隔d 13、開口絞りIRと第3レンズ群G R 3の間の面間隔d 14、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 21、および、第4レンズ群G R 4と色分解プリズムPPの間の面間隔d 24が変化する。数値実施例1における各面間隔の広角端状態(焦点距離=4.20)、中間焦点位置状態(焦点距離=18.46)および望遠端状態(焦点距離=81.10)における可変間隔を、FナンバーFn oおよび半画角ととともに表3に示す。

【表3】

	広角端	中間位置	望遠端
焦点距離	4.20	18.46	81.10
Fn o	1.64	2.76	3.47
ω	37.26	9.43	2.19
d7	1.000	25.144	40.082
d13	42.082	17.938	3.000
d14	12.637	3.500	3.500
d21	1.790	6.585	9.127
d24	1.710	6.052	3.511

【0048】

[ズームレンズの収差]

図2は、本技術の第1の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態(焦点距離=4

10

20

30

40

50

. 20) における無限遠合焦時の諸収差図である。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の広角端状態 (焦点距離 = 4 . 20) における無限遠合焦時のコマ収差図である。図 4 は、本技術の第 1 の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態 (焦点距離 = 18 . 46) における無限遠合焦時の諸収差図である。図 5 は、本技術の第 1 の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態 (焦点距離 = 18 . 46) における無限遠合焦時のコマ収差図である。図 6 は、本技術の第 1 の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態 (焦点距離 = 81 . 10) における無限遠合焦時の諸収差図である。図 7 は、本技術の第 1 の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態 (焦点距離 = 81 . 10) における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【 0049 】

図 2 、図 4 および図 6 において、 a は球面収差図、 b は非点収差 (像面湾曲) 図、 c は歪曲収差図をそれぞれ示している。図 2 、図 4 および図 6 の球面収差図において、縦軸が開放 F 値との割合を示し、横軸がデフォーカスを示し、実線で d 線 (波長 587 . 6 nm) 、一点鎖線で g 線 (波長 435 . 8 nm) 、点線で c 線 (波長 656 . 3 nm) における値をそれぞれ示す。図 2 、図 4 および図 6 の非点収差図において、縦軸が画角を示し、横軸がデフォーカスを示し、実線でサジタル像面における値を示し、破線でメリディオナル像面における値を示す。図 2 、図 4 および図 6 の歪曲収差図において、縦軸が画角を示し、横軸が % を示す。図 3 、図 5 および図 7 のコマ収差図において、 は半画角を示し、実線で d 線 (波長 587 . 6 nm) 、点線で g 線 (波長 435 . 8 nm) における値をそれぞれ示す。なお、後述の諸収差図においても同様である。

【 0050 】

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。

【 0051 】

< 2 . 第 2 の実施の形態 >

[レンズ構成]

図 8 は、本技術の第 2 の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【 0052 】

第 1 レンズ群 G R 1 は、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズ L 1 1 および両凸形状の正レンズ L 1 2 が接合されてなる接合レンズと、物体側に凸のメニスカス形状の正レンズ L 1 3 と、物体側に凸のメニスカス形状の正レンズ L 1 4 とが、物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【 0053 】

第 2 レンズ群 G R 2 は、物体側に凸のメニスカス形状で両面が非球面に形成された負レンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 と、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズ L 2 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。

【 0054 】

第 3 レンズ群 G R 3 は、物体側に凸のメニスカス形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズ L 3 1 と、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズ L 3 2 と、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズ L 3 3 および像側に凸のメニスカス形状の負レンズ L 3 4 が接合されてなる接合レンズとが、物体側から像側へ順に配置されて構成されている。第 3 レンズ群 G R 3 内の接合レンズ L 3 3 / L 3 4 は光軸に略垂直な方向へ移動可能とされ、接合レンズ L 3 3 / L 3 4 が光軸に略垂直な方向へ移動されることにより像のシフトが行われる。なお、レンズ L 3 1 および L 3 2 は、特許請求の範囲に記載の前側部分レンズ群の一例である。また、接合レンズ L 3 3 / L 3 4 は、特許請求の範囲に記載の後側部分レンズ群の一例である。

【 0055 】

第 4 レンズ群 G R 4 は、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズ L 4 1 および像側に凸のメニスカス形状の負レンズ L 4 2 が接合されてなる接合レンズによって

10

20

30

40

50

構成されている。

【0056】

第3レンズ群G R 3の物体側には、第3レンズ群G R 3に近接した位置に開口絞りI R (絞り面s 14)が配置されている。また、第5レンズ群G R 5と像面I M Gとの間には、色分解プリズムP Pが配置されている。

【0057】

[ズームレンズの緒元]

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

【表4】

面si	曲率半径ri	面間隔di	屈折率ni	アッペ数νi
1	305.8202	1.600	1.90366	31.3
2	70.4394	9.555	1.49700	81.6
3	-275.2915	0.150		
4	66.5931	7.141	1.59282	68.6
5	898.1134	0.150		
6	55.4777	4.569	1.72916	54.7
7	112.2291	可変		
8	125.0000	1.300	1.88202	37.2
9	9.8180	7.559		
10	-14.5151	0.550	1.88100	40.1
11	118.0267	0.300		
12	77.4968	3.145	2.00178	19.3
13	-26.8410	可変		
14	INFINITY	可変		開口絞り
15	14.3674	2.521	1.68893	31.2
16	28.3279	6.592		
17	28.8155	0.450	2.00069	25.5
18	16.0410	1.500		
19	20.6612	3.902	1.49710	81.6
20	-20.2320	0.450	1.76182	26.6
21	-31.1262	可変		
22	22.0669	3.358	1.49710	81.6
23	-22.1286	0.450	1.69895	30.1
24	-47.0820	可変		
25	INFINITY	19.500	1.51680	64.2
26	INFINITY	1.560		

【0058】

この第2の実施の形態におけるズームレンズでは、第2レンズ群G R 2の負レンズL 2 1の物体側の面(s 8)および像側の面(s 9)、第2レンズ群G R 2の正レンズL 2 3の物体側の面(s 1 2)、第3レンズ群G R 3の正レンズL 3 1の物体側の面(s 1 5)、第3レンズ群G R 3の正レンズL 3 3の物体側の面(s 1 9)、第4レンズ群G R 4の正レンズL 4 1の物体側の面(s 2 2)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次および10次の非球面係数A 4、A 6、A 8、A 10を円錐定数とともに表5に示す。

10

20

30

40

50

【表5】

si	κ	A4	A6	A8	A10
8	0.0000	-6.56656E-06	2.86048E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
9	0.0000	-2.83746E-05	-7.71303E-07	2.18207E-09	-7.46380E-11
12	0.0000	1.42542E-05	-3.69307E-07	3.70669E-09	-1.42366E-11
15	0.0000	-1.80541E-05	-3.20140E-08	-9.84137E-10	5.57623E-12
19	0.0000	-2.44059E-05	-1.47625E-07	4.06384E-09	-4.06781E-11
22	0.0000	-5.32504E-06	2.93382E-07	-7.77953E-09	6.86697E-11

【0059】

この第2の実施の形態におけるズームレンズでは、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 7、第2レンズ群G R 2と開口絞りI Rの間の面間隔d 13、開口絞りI Rと第3レンズ群G R 3の間の面間隔d 14、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 21、および、第4レンズ群G R 4と色分解プリズムP Pの間の面間隔d 24が変化する。数値実施例2における各面間隔の広角端状態（焦点距離 = 3.85）、中間焦点位置状態（焦点距離 = 18.24）および望遠端状態（焦点距離 = 86.50）における可変間隔を、FナンバーFnoおよび半画角 ω とともに表6に示す。

【表6】

	広角端	中間位置	望遠端
焦点距離	3.85	18.24	86.50
Fno	1.63	2.75	3.47
ω	39.83	9.52	2.06
d7	1.000	31.479	49.007
d13	51.007	20.527	3.000
d14	13.080	3.624	3.624
d21	3.470	8.087	8.586
d24	1.705	6.542	6.044

【0060】

[ズームレンズの収差]

図9は、本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態（焦点距離 = 3.85）における無限遠合焦時の諸収差図である。図10は、本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態（焦点距離 = 3.85）における無限遠合焦時のコマ

10

20

30

40

50

収差図である。図11は、本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態（焦点距離 = 18.24）における無限遠合焦時の諸収差図である。図12は、本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態（焦点距離 = 18.24）における無限遠合焦時のコマ収差図である。図13は、本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態（焦点距離 = 86.50）における無限遠合焦時の諸収差図である。図14は、本技術の第2の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態（焦点距離 = 86.50）における無限遠合焦時のコマ収差図である。

【0061】

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。

10

【0062】

＜3.第3の実施の形態＞

[レンズ構成]

図15は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【0063】

第1レンズ群GR1は、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズL13および両凸形状の正レンズL14が接合されてなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL15と、物体側に凸のメニスカス形状の正レンズL16とが、物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

20

【0064】

第2レンズ群GR2は、物体側に凸のメニスカス形状で両面が非球面に形成された負レンズL21と、像側に凸のメニスカス形状の負レンズL22と、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズL23および両凸形状で像側の片面が非球面に形成された正レンズL24が接合されてなる接合レンズとが、物体側から像側へ順に配置されて構成されている。

【0065】

第3レンズ群GR3は、物体側に凸のメニスカス形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズL31と、物体側に凸のメニスカス形状の負レンズL32と、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズL33および像側に凸のメニスカス形状の負レンズL34が接合されてなる接合レンズとが、物体側から像側へ順に配置されて構成されている。第3レンズ群GR3内の接合レンズL33/L34は光軸に略垂直な方向へ移動可能とされ、接合レンズL33/L34が光軸に略垂直な方向へ移動されることにより像のシフトが行われる。なお、レンズL31およびL32は、特許請求の範囲に記載の前側部分レンズ群の一例である。また、接合レンズL33/L34は、特許請求の範囲に記載の後側部分レンズ群の一例である。

30

【0066】

第4レンズ群GR4は、両凸形状で物体側の片面が非球面に形成された正レンズL41および像側に凸のメニスカス形状の負レンズL42が接合されてなる接合レンズによって構成されている。

40

【0067】

第3レンズ群GR3の物体側には、第3レンズ群GR3に近接した位置に開口絞りIR（絞り面S19）が配置されている。また、第5レンズ群GR5と像面IMGとの間には、色分解プリズムPPが配置されている。

【0068】

[ズームレンズの緒元]

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

【表7】

面si	曲率半径ri	面間隔di	屈折率ni	アッペ数νi	
1	668.4905	1.600	1.90094	37.4	10
2	79.2683	4.524			
3	178.8905	3.423	1.49700	81.6	
4	-4495.5387	0.150			
5	103.7086	1.400	1.92068	24.3	
6	70.6059	7.310	1.49700	81.6	
7	-513.7740	0.150			
8	66.6849	8.025	1.59282	68.6	
9	-366.2482	0.150			
10	45.8640	5.411	1.72916	54.7	
11	108.2513	可変			20
12	125.0000	1.200	1.88202	37.2	
13	9.1421	6.353			
14	-13.4723	0.500	1.88100	40.1	
15	-48.0351	0.150			
16	1951.1975	0.500	1.88100	40.1	
17	24.6503	3.337	2.00178	19.3	
18	-42.2083	可変			
19	INFINITY	可変		開口絞り	
20	13.0456	2.426	1.68893	31.2	
21	23.8607	6.485			30
22	23.6988	0.450	2.00069	25.5	
23	14.4047	1.500			
24	18.3002	3.903	1.49710	81.6	
25	-20.0131	0.450	1.78472	25.7	
26	-31.0719	可変			
27	21.9734	3.057	1.55332	71.7	
28	-26.5408	0.450	1.84666	23.8	
29	-58.1783	可変			
30	INFINITY	19.500	1.51680	64.2	
31	INFINITY	1.560			

【0069】

この第3の実施の形態におけるズームレンズでは、第2レンズ群G R 2の負レンズL 2の物体側の面(s 1 2)および像側の面(s 1 3)、第2レンズ群G R 2の正レンズL 2 4の像側の面(s 1 8)、第3レンズ群G R 3の正レンズL 3 1の物体側の面(s 2 0 50

)、第3レンズ群G R 3の正レンズL 3 3の物体側の面(s 2 4)、および、第4レンズ群G R 4の正レンズL 4 1の物体側の面(s 2 7)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次および10次の非球面係数A 4、A 6、A 8、A 10を円錐定数とともに表8に示す。

【表8】

si	κ	A4	A6	A8	A10
12	0.0000	8.89360E-06	-4.94724E-08	0.00000E+00	0.00000E+00
13	0.0000	-2.71961E-05	-8.66409E-07	1.28641E-08	-2.10589E-10
18	0.0000	-4.95044E-06	1.88424E-07	-2.48643E-09	1.37258E-11
20	0.0000	-2.47736E-05	-3.65716E-08	-1.75399E-09	8.55735E-12
24	0.0000	-2.46754E-05	-5.03424E-07	1.22409E-08	-1.22958E-10
27	0.0000	-7.80906E-06	5.14864E-07	-1.33556E-08	1.25616E-10

10

20

【0070】

この第3の実施の形態におけるズームレンズでは、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 1 1、第2レンズ群G R 2と開口絞りI Rの間の面間隔d 1 8、開口絞りI Rと第3レンズ群G R 3の間の面間隔d 1 9、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 2 6、および、第4レンズ群G R 4と色分解プリズムP Pの間の面間隔d 2 9が変化する。数値実施例3における各面間隔の広角端状態(焦点距離=3.80)、中間焦点位置状態(焦点距離=18.00)及び望遠端状態(焦点距離=85.41)における可変間隔を、FナンバーF noおよび半画角とともに表9に示す。

【表9】

30

	広角端	中間位置	望遠端
焦点距離	3.80	18.00	85.41
F no	1.63	2.70	3.51
ω	40.17	9.62	2.08
d11	1.000	25.605	39.133
d18	41.133	16.528	3.000
d19	12.160	4.159	3.500
d26	1.856	5.299	10.178
d29	1.504	6.062	1.842

40

【0071】

50

[ズームレンズの収差]

図16は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態（焦点距離＝3.80）における無限遠合焦時の諸収差図である。図17は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの広角端状態（焦点距離＝3.80）における無限遠合焦時のコマ収差図である。図18は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態（焦点距離＝18.00）における無限遠合焦時の諸収差図である。図19は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの中間焦点位置状態（焦点距離＝18.00）における無限遠合焦時のコマ収差図である。図20は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態（焦点距離＝85.41）における無限遠合焦時の諸収差図である。図21は、本技術の第3の実施の形態におけるズームレンズの望遠端状態（焦点距離＝85.41）における無限遠合焦時のコマ収差図である。

10

【0072】

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。

【0073】**[条件式のまとめ]**

表10に、第1乃至第3の実施の形態の数値実施例1乃至3における各値を示す。この値からも明らかなように、条件式（a）乃至（f）を満足することがわかる。

【表10】

		数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3
条件式(a)	$ M2/f2 $	3.868	4.615	4.067
条件式(b)	$ M3/f3 $	0.299	0.289	0.290
条件式(c)	$f1/fw$	14.084	18.199	14.225
条件式(d)	$f3/(fw \cdot ft)^{1/2}$	1.655	1.792	1.659
条件式(e)	$f4/(fw \cdot ft)^{1/2}$	1.900	1.964	1.951
条件式(f)	$f3b/f3a$	0.209	0.146	0.174
M2		39.082	48.007	38.133
M3		9.137	9.456	8.660
fw		4.199	3.850	3.800
ft		81.103	86.504	85.405
f1		59.146	70.061	54.051
f2		-10.103	-10.402	-9.375
f3		30.551	32.698	29.882
f4		35.063	35.833	35.142
f3a		138.55	198.13	154.54
f3b		28.96	28.85	26.89

【0074】

<4. 適用例>

[撮像装置の構成]

図22は、本技術の第1乃至第3の実施の形態によるズームレンズを撮像装置100に適用した例を示す図である。この撮像装置100は、第1乃至第3の実施の形態によるズームレンズ120と、そのズームレンズ120により形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子130とを備える。撮像素子130としては、例えば、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 等の光電変換素子を利用することができます。ズームレンズ120としては、ここでは、第1乃至第3の実施の形態のレンズ群を単レンズに簡略化して示している。

【0075】

撮像素子130によって形成された電気信号は、映像分離回路140によってフォーカス制御用の信号が制御回路150に供給され、映像用の信号は後段の(図示しない)映像処理回路へ供給される。映像処理回路へ送られた信号は、その後の処理に適した形態に加工されて、表示、記録、転送等の処理に利用される。

10

20

30

40

50

【0076】

制御回路150には、例えば、ズームボタンの操作等、外部からの操作信号が入力され、その操作信号に応じて種々の処理がなされる。例えば、ズームボタンによるズーミング指令が入力されると、指令に応じた焦点距離状態とすべく、ドライバ回路160、170および180を介して駆動部161、171および181を動作させる。これにより、各レンズ群G R 2、G R 3およびG R 4を所定の位置へと移動させる。各センサ162、172および182によって得られた各レンズ群G R 2、G R 3およびG R 4の位置情報は制御回路150に入力されて、ドライバ回路160、170および180へ指令信号を出力する際に参照される。また、制御回路150は映像分離回路140から送られた信号に基づいてフォーカス状態をチェックし、最適なフォーカス状態が得られるように、駆動部181を動作させて第4レンズ群G R 4を位置制御する。

10

【0077】

また、撮像装置100は像ブレ補正機能を備えている。例えば、シャッターレリーズボタンの押下に伴う撮像素子130におけるブレを像ブレ検出回路190が検出する。この像ブレ検出回路190は、例えば、ジャイロセンサーにより実現される。像ブレ検出回路190からの信号が制御回路150に入力されると、制御回路150において画像のブレを補償するためのブレ補正角が算出される。その算出されたブレ補正角に基づいて、ドライバ回路170を介して駆動部171を動作させて、第3レンズ群G R 3の後側部分レンズ群を光軸に垂直な方向にシフトさせる。第3レンズ群G R 3の位置はセンサ172によって検出されており、センサ172によって得られた位置情報は制御回路150に入力されて、ドライバ回路170へ指令信号を送出する際に参照される。

20

【0078】

この撮像装置100が適用される具体的製品としては、各種の形態を採りうる。例えば、デジタルビデオカメラ、デジタルスチルカメラや、デジタル入出力機器のカメラ部などに広く適用することができる。特に、多板式カメラのような長いバックフォーカスを有するカメラに最適である。

【0079】

このように、本技術の実施の形態では、多板式カメラに対応する長いバックフォーカスを有する4群構成のズームレンズにおいて、第2レンズ群G R 2および第3レンズ群G R 3の移動量と焦点距離との関係を規定する。これにより、動画撮影時においても高画質と静音性の両立が容易となり、広角かつ高変倍化を実現でき、良好な光学性能を有することができる。すなわち、この実施の形態のズームレンズおよび撮像装置では、変倍比が1.8乃至2.4倍程度、広角端状態での画角が70乃至85°程度、広角端状態でのF値が1.5乃至1.8程度に構成することにより、広角化、高変倍化および高性能化を図ることができる。

30

【0080】

なお、上述の実施の形態は本技術を具現化するための一例を示したものであり、実施の形態における事項と、特許請求の範囲における発明特定事項とはそれぞれ対応関係を有する。同様に、特許請求の範囲における発明特定事項と、これと同一名称を付した本技術の実施の形態における事項とはそれぞれ対応関係を有する。ただし、本技術は実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において実施の形態に種々の変形を施すことにより具現化することができる。

40

【0081】

なお、本技術は以下の構成もとることができる。

(1) 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、正の屈折力を有する第4レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、

広角端状態から望遠端状態へレンズ位置状態が変化する際に、前記第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、前記第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、前記第4レンズ群が光軸方向に移動し、

50

被写体位置が変化した際に、前記第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、以下の条件式(a)および(b)を満たすズームレンズ。

条件式(a) : $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$

条件式(b) : $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$

M_2 : 前記第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

M_3 : 前記第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

(2)以下の条件式(c)を満たす前記(1)に記載のズームレンズ。

条件式(c) : $1.1 < f_1/f_w < 2.1$

10

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

(3)以下の条件式(d)を満たす前記(1)または(2)に記載のズームレンズ。

条件式(d) : $1.4 < f_3 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.0$

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

f_t : 望遠端状態におけるレンズ系全体の焦点距離

(4)以下の条件式(e)を満たす前記(1)から(3)のいずれかに記載のズームレンズ。

条件式(e) : $1.6 < f_4 / (f_w \cdot f_t)^{1/2} < 2.2$

f_4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

20

(5)前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間に開口絞りを有する前記(1)から(4)のいずれかに記載のズームレンズ。

(6)前記第3レンズ群は、正の屈折力を有する前側部分レンズ群と、正の屈折力を有する後側部分レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、像ブレを補正する際には前記後側部分レンズ群を光軸に略垂直な方向にシフトさせる前記(1)から(5)のいずれかに記載のズームレンズ。

(7)以下の条件式(f)を満たす請求項6記載のズームレンズ。

条件式(f) : $0.10 < f_{3b}/f_{3a} < 0.25$

f_{3a} : 前記第3レンズ群の前側部分レンズ群の焦点距離

f_{3b} : 前記第3レンズ群の後側部分レンズ群の焦点距離

30

(8)実質的にレンズパワーを有さないレンズをさらに有する前記(1)から(7)のいずれかに記載のズームレンズ。

(9)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る撮像装置であって、

前記ズームレンズは、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、正の屈折力を有する第4レンズ群とが物体側より像側へ順に配置されて構成され、

広角端状態から望遠端状態までレンズ位置状態が変化する際に、前記第2レンズ群が光軸方向を像側へ移動し、前記第3レンズ群が光軸方向を物体側へ移動し、前記第4レンズ群が光軸方向に移動し、

40

被写体位置が変化した際に、前記第4レンズ群の移動により結像位置の変化を補正し、

以下の条件式(a)および(b)を満たす撮像装置。

条件式(a) : $3.5 < |M_2/f_2| < 5.0$

条件式(b) : $0.23 < |M_3/f_3| < 0.35$

M_2 : 前記第2レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

M_3 : 前記第3レンズ群の広角端状態と望遠端状態における光軸上の位置差分

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離

(10)実質的にレンズパワーを有さないレンズをさらに有する前記(9)に記載の撮像装置。

50

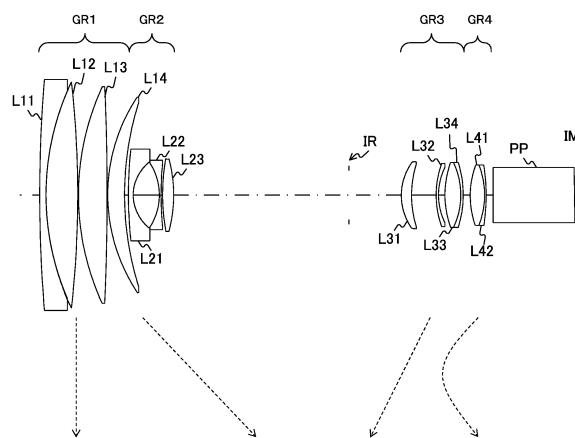
【符号の説明】

【0082】

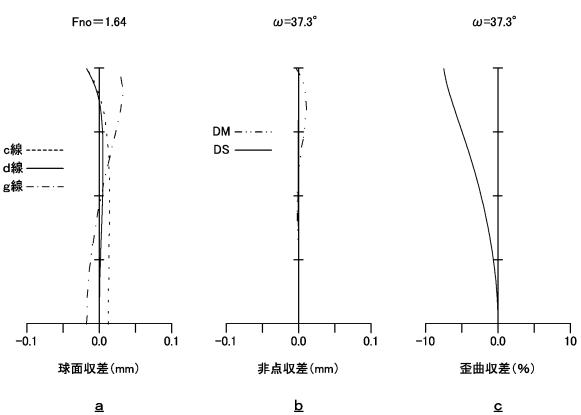
- 100 撮像装置
 120 ズームレンズ
 130 撮像素子
 140 映像分離回路
 150 制御回路
 160、170、180 ドライバ回路
 161、171、181 駆動部
 162、172、182 センサ
 190 像プレ検出回路

10

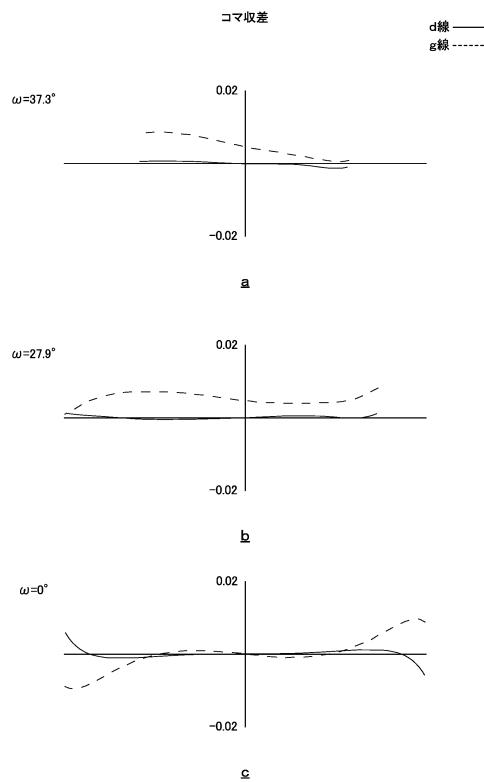
【図1】



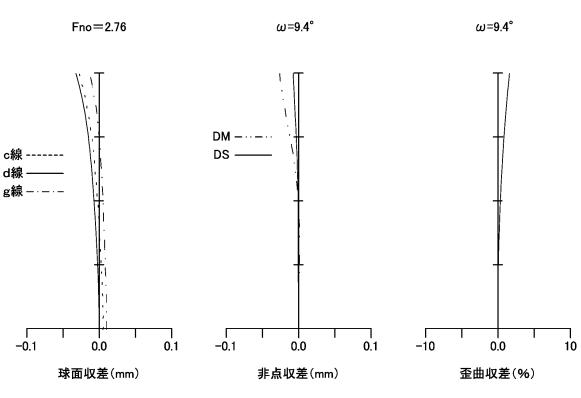
【図2】



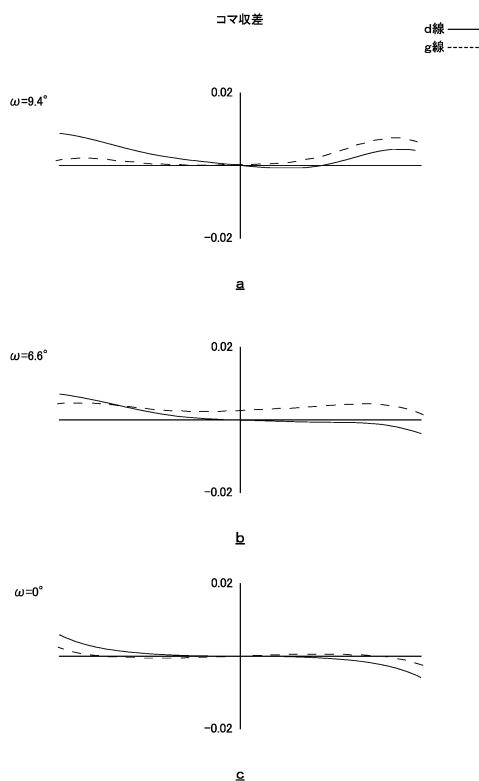
【図3】



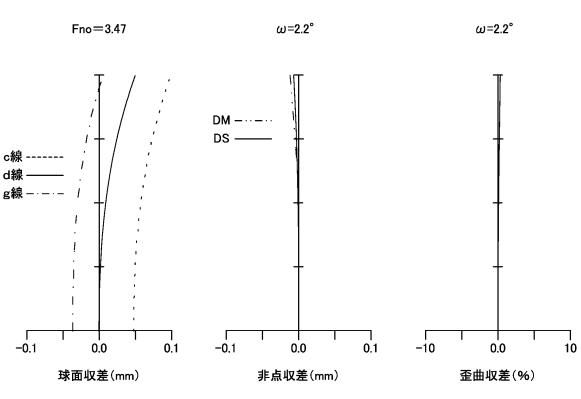
【図4】



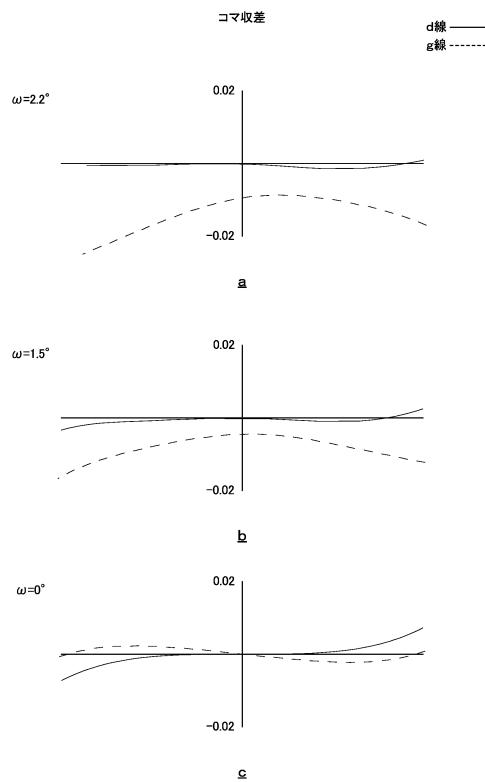
【図5】



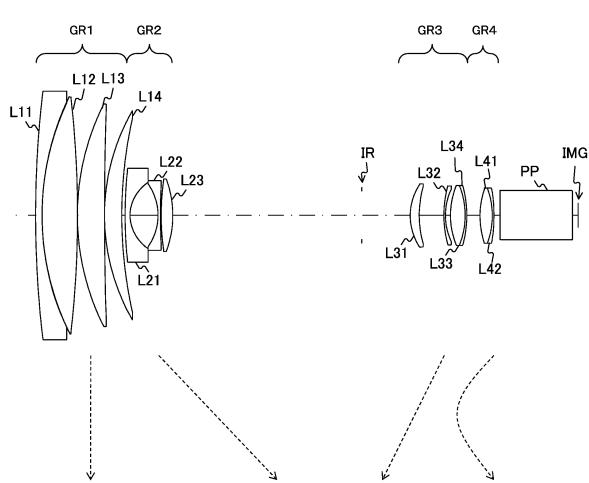
【図6】



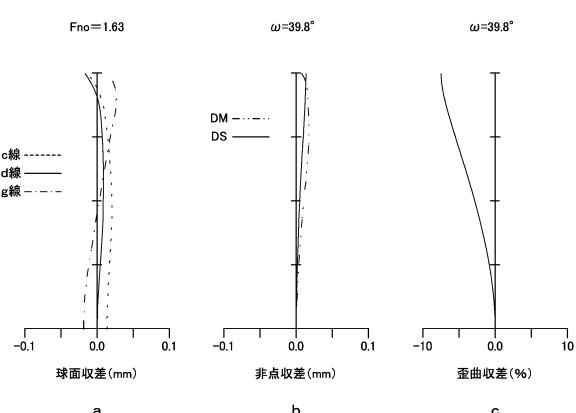
【図7】



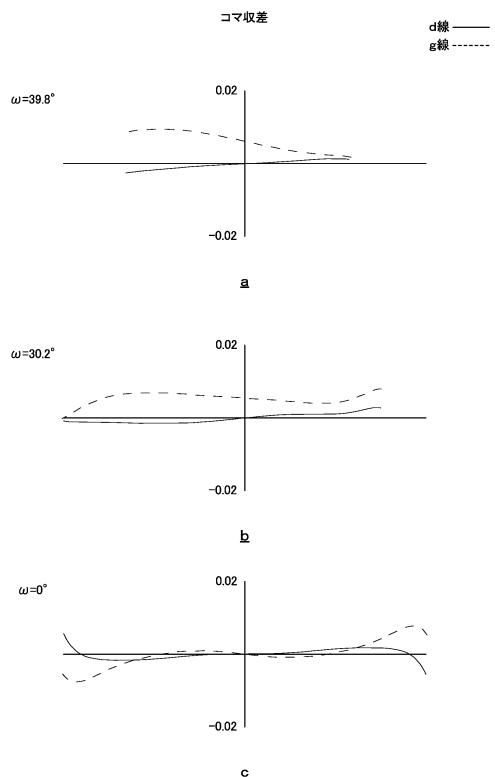
【図8】



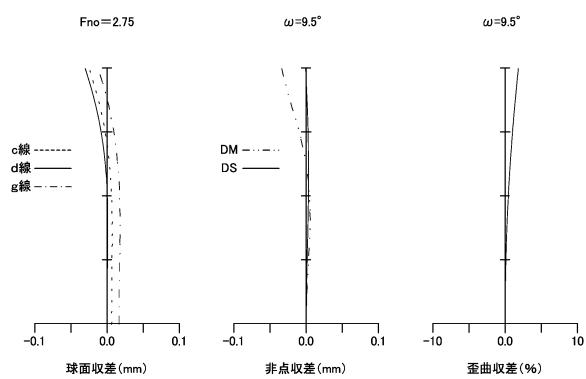
【図9】



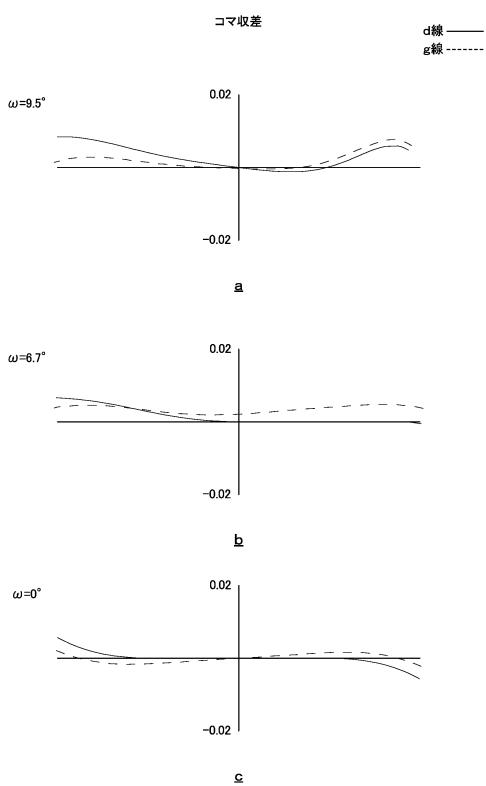
【図10】



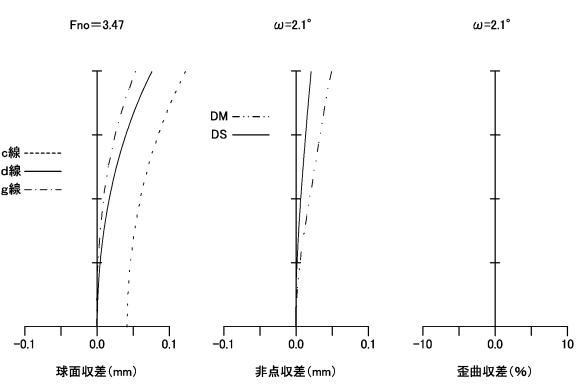
【図1-1】



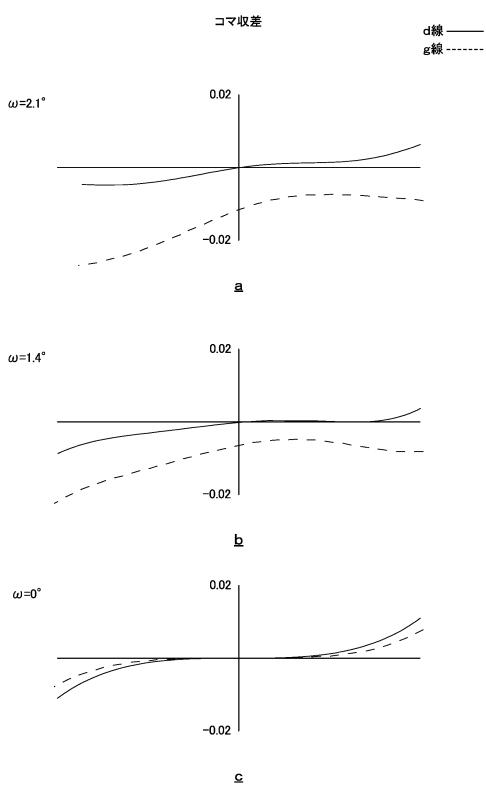
【図1-2】



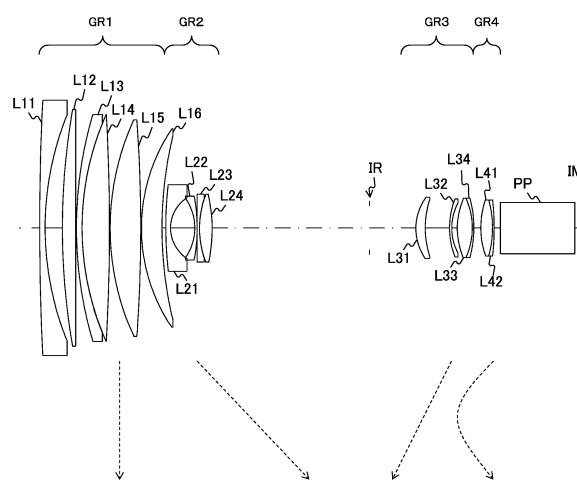
【図1-3】



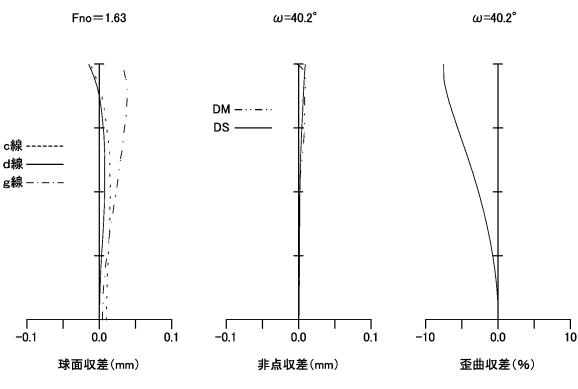
【図1-4】



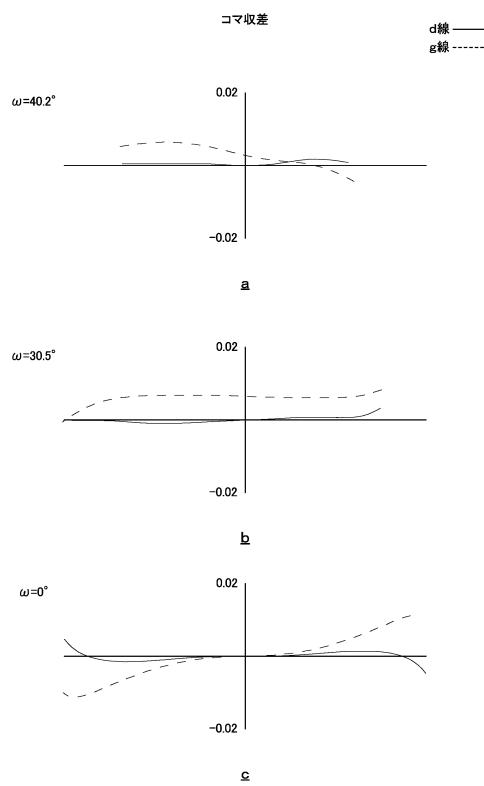
【図15】



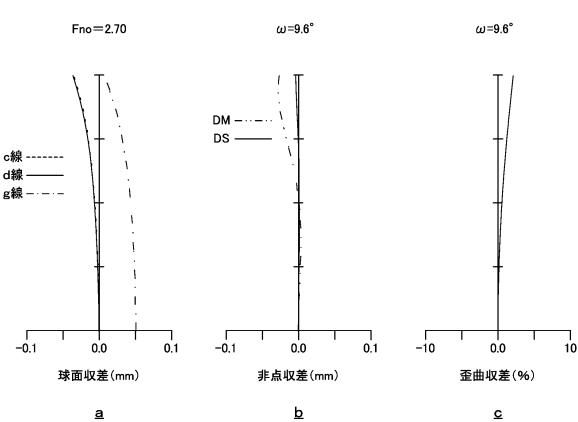
【図16】



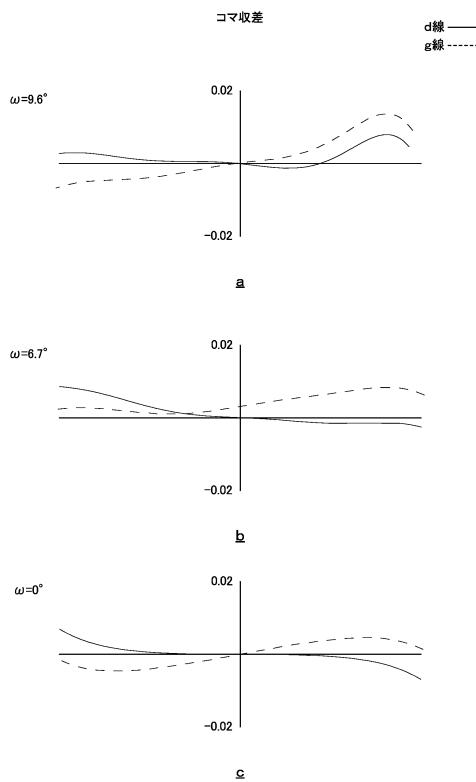
【図17】



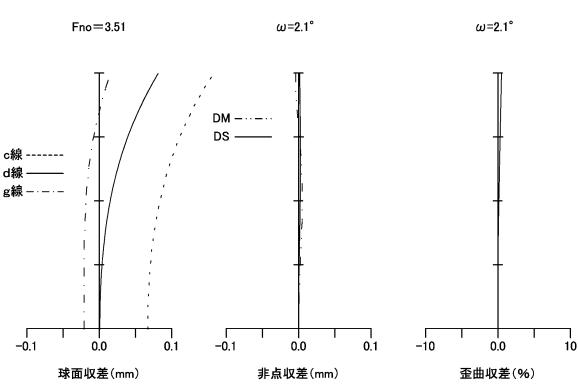
【図18】



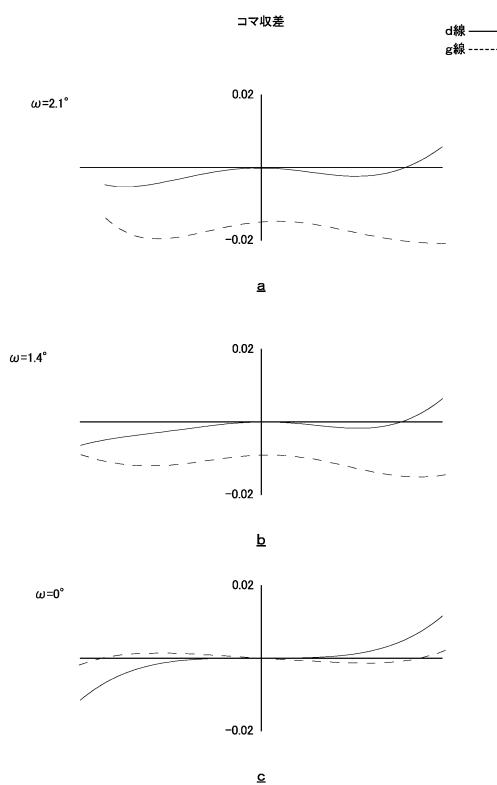
【図19】



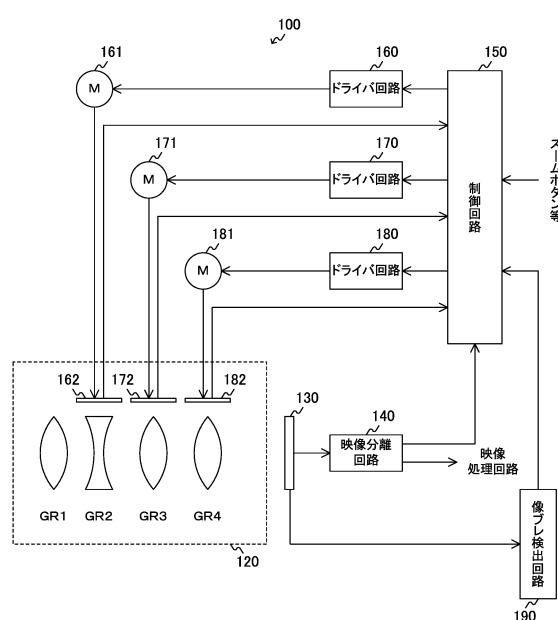
【図20】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08
G 02 B 21 / 02 - 21 / 04
G 02 B 25 / 00 - 25 / 04