

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4035328号
(P4035328)

(45) 発行日 平成20年1月23日(2008.1.23)

(24) 登録日 平成19年11月2日(2007.11.2)

(51) Int. Cl.	F I
GO 2 B 15/20 (2006.01)	GO 2 B 15/20
GO 2 B 13/18 (2006.01)	GO 2 B 13/18
GO 3 B 5/00 (2006.01)	GO 3 B 5/00 J
HO 4 N 5/225 (2006.01)	HO 4 N 5/225 F

請求項の数 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2002-6438 (P2002-6438)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成14年1月15日 (2002.1.15)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2003-207715 (P2003-207715A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成15年7月25日 (2003.7.25)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成16年6月1日 (2004.6.1)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	浜野 博之
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	難波 則廣
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		審査官	瀬川 勝久
		(56) 参考文献	特開平09-230241 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系及びそれを用いた光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群から構成され、該第2、第3、第4レンズ群を光軸方向に移動させることにより変倍を行う変倍光学系において、

該第3レンズ群は、画像のぶれを補正するために光軸と垂直な方向の成分を持つように移動する正の屈折力の第3aレンズ群と、画像のぶれの補正のためには移動しない第3bレンズ群より成り、

広角端から望遠端への変倍に際し、該第3レンズ群は物体側に移動し、該第2レンズ群は広角端から途中のズーム位置までは像側に移動し、

該第3aレンズ群は物体側に比べて像面側に屈折力の絶対値が大きい1枚以上の負レンズと1枚の正レンズを有し、少なくとも1つの面が非球面であり、

該第3aレンズ群を、望遠端で、無限遠物体に合焦しているときに光軸に垂直方向に移動させたときの該第3aレンズ群の偏心敏感度TSを、該第3aレンズ群の光軸に垂直方向の移動量を1、このときの像面での像の移動量を2、該第3レンズ群と該第3aレンズ群の焦点距離を各々f3、f3aとし、

$$TS = \frac{2}{1}$$

とおいたとき、

$$\begin{aligned} 0.5 < TS < 3 \\ 0.7 < f3a / f3 < 1.3 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とする変倍光学系。

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群は、変倍に際して広角端に比べて望遠端で物体側に位置する様に移動し、広角端から望遠端までの変倍に要する該第 1 レンズ群と第 3 レンズ群の光軸方向の移動量（像面側への移動量を正、その逆を負符号とする）を各々 m_1 、 m_3 とするとき、

$$0.3 < |m_1 / m_3| < 1.2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の変倍光学系。

【請求項 3】

広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t 、第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

【数 1】

$$0.7 < |f_2 / \sqrt{f_w \cdot f_t}| < 1.4$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の変倍光学系。

【請求項 4】

前記第 3 a レンズ群の有する前記少なくとも 1 つの非球面はレンズ周辺に行くに従って正の屈折力が弱くなる形状であることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 に記載の変倍光学系。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$2.0 < f_3 / f_w < 3.6$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 6】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき、

$$8.0 < f_1 / f_w < 12.0$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 7】

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力の第 3 a レンズ群と負の屈折力の第 3 b レンズ群より成ることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力の第 3 b レンズ群と、正の屈折力の第 3 a レンズ群より成ることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 9】

前記第 1 レンズ群は変倍及びフォーカシングのために移動しないことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

前記第 3 a レンズ群は、負レンズを有し、該第 3 a レンズ群と負レンズの焦点距離を各々 f_{3a} 、 f_{33} とするとき、

$$0.4 < |f_{33} / f_{3a}| < 0.85$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 11】

光電変換素子上に像を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記

10

20

30

40

50

載の変倍光学系。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系と、該変倍光学系によって形成された像を受光する光電変換素子とを有することを特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は変倍光学系及びそれを用いた光学機器に関し、特に変倍光学系を構成する一部のレンズ群を光軸と垂直な方向の成分を持つように移動させることにより、該変倍光学系が振動（傾動）した時の撮影画像のぶれを光学的に補正して静止画像を得るようにし撮影画像の安定化を図ったデジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩写真用カメラ、電子スチルカメラなどの光学機器に好適なものである。

10

【0002】

【従来の技術】

従来より撮影画像のぶれを防止する機能を有した防振機能を有した光学系が種々提案されている。

【0003】

例えば特開昭 5 6 - 2 1 1 3 3 号公報では光学装置に振動状態を検知する検知手段からの出力信号に応じて、一部の光学部材を振動による画像の振動の変位を相殺する方向に移動させることにより画像の安定化を図っている。

20

【0004】

特開昭 6 1 - 2 2 3 8 1 9 号公報では最も物体側に可変頂角プリズムを配置した撮影系において、撮影系の振動に対応させて該可変頂角プリズムの頂角を変化させて画像の安定化を図っている。

【0005】

特開平 1 - 1 1 6 6 1 9 号公報や特開平 2 - 1 2 4 5 2 1 号公報では加速度センサー等を利用して撮影系の振動を検出し、この時得られる信号に応じて、撮影系の一部のレンズ群を光軸と垂直方向に振動されることにより静止画像を得ている。

【0006】

また特開平 7 - 1 2 8 6 1 9 号公報では正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る 4 群構成の変倍光学系の第 3 レンズ群を正、負の屈折力の二つのレンズ群で構成し、正の屈折力のレンズ群を振動することにより防振（画像ぶれの補正）を行っている。

30

【0007】

特開平 1 0 - 2 6 0 3 5 6 号公報では正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る 4 群構成の変倍光学系の第 3 レンズ群全体を振動させて防振を行っている。

【0008】

また特開平 9 - 2 3 0 2 3 6 号では正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る 4 群構成の変倍光学系で各レンズ群を移動させて変倍を行い、第 3 レンズ群を 2 つのレンズ群で構成してそのうち一方のレンズ群を振動させて防振を行っている。

【0009】

40

【発明が解決しようとする課題】

近年、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等ではカメラ全体の小型化に対応して撮影レンズの小型化が要望されている。

【0010】

特にデジタルスチルカメラではレンズ全長の制約が特に大きい。また非使用状態では撮影レンズを沈胴させてカメラ本体内に収納する場合が一般的に行われている。

【0011】

防振機能を備えた撮影レンズとして、可変頂角プリズムのような防振光学系（補正光学系）を撮影系の前方に配置する光学系では、光学系の前方に大きな防振光学系が存在するため、撮影レンズを沈胴させて収納するのはスペース的にも、又アクチュエーターの負荷が

50

大きくなり問題が多い。

【 0 0 1 2 】

また可変頂角プリズムを利用した防振光学系では特に長焦点距離側において防振時に偏心倍率色収差の発生量が多くなるという問題点がある。

【 0 0 1 3 】

一方撮影系のうちの一部のレンズ群を光軸に対して垂直方向に平行偏心させて防振を行う撮影光学系においては、防振のために特別な防振光学系を必要としないという利点はあるが、防振時における偏心収差の発生量が多くなってくるという問題点がある。

【 0 0 1 4 】

特開平 1 0 - 2 6 0 3 5 6 号公報で提案されている変倍光学系は高倍化に有利なズームタイプであるが第 1 レンズ群の偏心による光学性能への影響が大きいため沈胴構造には適さない。

10

【 0 0 1 5 】

また特開平 9 - 2 3 0 2 3 6 号公報では最も有効径が大きい第 1 レンズ群を 3 枚以上のレンズ構成としており、第 1 レンズ群を電動で移動させようとするアクチュエーター等の可動手段の負荷が大きくなってしまふ。

【 0 0 1 6 】

本発明は、画像のぶれを補正する為にレンズ群を偏心させた時の偏心発生量が少なく高い光学性能を維持しつつ、良好に防振を行うことができる変倍光学系及びそれを用いた光学機器の提供にある。

20

【 0 0 1 7 】

この他本発明は各レンズ群の屈折力配置や移動方法を適切に設定するとともに変倍光学系の一部を構成する比較的小型軽量のレンズ群を光軸と垂直方向に移動させて、該変倍光学系が振動（傾動）したときの画像のぶれを補正するように構成することで装置全体の小型化、機構上の簡素化及び駆動手段の負荷の軽減化を図りつつ該レンズ群を偏心させた時の偏心収差を良好に補正した防振機能を有し、特に沈胴構造を有する電子スチルカメラやデジタルカメラ等に対応出来る変倍光学系及びそれを用いた光学機器の提供を目的とする。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 の発明の変倍光学系は、物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群から構成され、該第 2、第 3、第 4 レンズ群を光軸方向に移動させることにより変倍を行う変倍光学系において、

30

該第 3 レンズ群は、画像のぶれを補正するために光軸と垂直な方向の成分を持つように移動する正の屈折力の第 3 a レンズ群と、画像のぶれの補正のためには移動しない第 3 b レンズ群より成り、

広角端から望遠端への変倍に際し、該第 3 レンズ群は物体側に移動し、該第 2 レンズ群は広角端から途中のズーム位置までは像側に移動し、

該第 3 a レンズ群は物体側に比べて像面側に屈折力の絶対値が大きい 1 枚以上の負レンズと 1 枚の正レンズを有し、少なくとも 1 つの面が非球面であり、

該第 3 a レンズ群を、望遠端で、無限遠物体に合焦しているときに光軸に垂直方向に移動させたときの該第 3 a レンズ群の偏心敏感度 TS を、該第 3 a レンズ群の光軸に垂直方向の移動量を 1、このときの像面での像の移動量を 2、該第 3 レンズ群と該第 3 a レンズ群の焦点距離を各々 f_3 、 f_{3a} とし、

40

$$TS = 2 / 1$$

とおいたとき、

$$0.5 < TS < 3$$

$$0.7 < f_{3a} / f_3 < 1.3$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【 0 0 1 9 】

請求項 2 の発明は請求項 1 の発明において、前記第 1 レンズ群は、変倍に際して広角端

50

に比べて望遠端で物体側に位置する様に移動し、広角端から望遠端までの変倍に要する該第1レンズ群と第3レンズ群の光軸方向の移動量（像面側への移動量を正、その逆を負符号とする）を各々 m_1 、 m_3 とすると、

$$0.3 < |m_1 / m_3| < 1.2$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0020】

請求項3の発明は請求項1又は2の発明において、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とすると、

【数1】

$$0.7 < |f_2 / \sqrt{f_w \cdot f_t}| < 1.4$$

10

なる条件を満足することを特徴としている。

【0021】

請求項4の発明は請求項1、2又は3の発明において、前記第3aレンズ群の有する前記少なくとも1つの非球面はレンズ周辺に行くに従って正の屈折力が弱くなる形状であることを特徴としている。

【0022】

請求項5の発明は請求項1乃至4のいずれか1項の発明において、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w とすると、

$$2.0 < f_3 / f_w < 3.6$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0023】

請求項6の発明は請求項1乃至5のいずれか1項の発明において、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、広角端における全系の焦点距離を f_w とすると、

$$8.0 < f_1 / f_w < 12.0$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0024】

請求項7の発明は請求項1乃至6のいずれか1項の発明において、前記第3レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力の第3aレンズ群と負の屈折力の第3bレンズ群より成ることを特徴としている。

30

【0025】

請求項8の発明は請求項1乃至6のいずれか1項の発明において、前記第3レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力の第3bレンズ群と、正の屈折力の第3aレンズ群より成ることを特徴としている。

【0026】

請求項9の発明は請求項1乃至8のいずれか1項の発明において、前記第1レンズ群は変倍及びフォーカシングのために移動しないことを特徴としている。

【0027】

請求項10の発明は請求項1乃至9のいずれか1項の発明において、前記第3aレンズ群は、負レンズを有し、該第3aレンズ群と負レンズの焦点距離を各々 f_{3a} 、 f_{33} とすると、

$$0.4 < |f_{33} / f_{3a}| < 0.85$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【0028】

請求項11の発明は請求項1から10のいずれか1項の発明において、光電変換素子上に像を形成することを特徴としている。

【0029】

請求項12の発明のカメラは請求項1乃至11のいずれか1項に記載の変倍光学系と、該変倍光学系によって形成された像を受光する光電変換素子とを有することを特徴として

50

いる。

【 0 0 3 4 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

以下に図面を用いて、本発明の変倍光学系及びそれを用いた光学機器の実施形態について説明する。

【 0 0 3 5 】

図 1 は本発明の変倍光学系（ズームレンズ）の後述する数値実施例 1 ～ 3 の近軸屈折力配置を示す概略図である。

【 0 0 3 6 】

図 2 は本発明に係る防振系の光学的原理の説明図である。

10

【 0 0 3 7 】

図 3 は本発明の変倍光学系の数値実施例 1 の広角端のレンズ断面図、図 4、図 5、図 6 は本発明の変倍光学系の数値実施例 1 の広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。

【 0 0 3 8 】

図 7 は本発明の変倍光学系の数値実施例 2 の広角端のレンズ断面図、図 8、図 9、図 10 は本発明の変倍光学系の数値実施例 2 の広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。

【 0 0 3 9 】

図 11 は本発明の変倍光学系の数値実施例 3 の広角端のレンズ断面図、図 12、図 13、図 14 は本発明の変倍光学系の数値実施例 3 の広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。

20

【 0 0 4 0 】

図 1 において、L 1 は正の屈折力の第 1 レンズ群、L 2 は負の屈折力の第 2 レンズ群、L 3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、L 4 は正の屈折力の第 4 レンズ群である。第 3 レンズ群 L 3 は、正の屈折力の第 3 a レンズ群 L 3 a と負の屈折力の第 3 b レンズ群 L 3 b で構成されている。S P は開口絞りであり、第 3 レンズ群 L 3 の前方に位置し、変倍に際して第 3 レンズ群 L 3 と一体で光軸上を移動する。広角端から望遠端への変倍（ズーム）に際しては、図 1 に示す矢印の如く第 3 レンズ群 L 3 を物体側に移動させ、第 1 レンズ群 L 1 を固定又は像面側に凸状の軌跡の一部を利用して移動させ、又第 2 レンズ群 L 2 を物

30

【 0 0 4 1 】

望遠端では広角端に比べて第 1 レンズ群 L 1 は物体側に位置し、第 2 レンズ群 L 2 は像面側に位置する様に移動させることでレンズ全長を小型に維持しつつ、変倍比が大きくとれるようにしている。このとき第 2 レンズ群 L 2 は広角端から望遠端への途中までは像側に移動している。

【 0 0 4 2 】

図 1 に示す第 4 レンズ群 L 4 の実線の曲線 4 a と点線の曲線 4 b は各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。

40

【 0 0 4 3 】

本実施形態においては第 4 レンズ群 L 4 を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うと共に第 4 レンズ群 L 4 を移動させてフォーカスを行うようにしている。特に同図の曲線 4 a、4 b に示すように広角端から望遠端への変倍に際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これにより第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との空間の有効利用を図り、レンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【 0 0 4 4 】

本実施形態において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合は同図の直線 4 c に示すように第 4 レンズ群を前方へ繰り出すことにより行ってい

50

る。このようにリヤーフォーカス方式を採用することにより、第1レンズ群を繰り出してフォーカスを行う場合に比べて、第1レンズ群の偏心誤差による性能劣化を防止しつつ第1レンズ群のレンズ有効径の増大化を効果的に防止している。また比較的径が小さい第4レンズ群L4でフォーカスを行うことでアクチュエーターの負荷を低減し、フォーカスの高速化を容易にしている。

【0045】

更に、第3aレンズ群L3aを光軸に垂直方向に移動させることにより、光学系（ズームレンズ）全体が振動（傾動）したときの撮影画像のぶれを補正している。これにより可変頂角プリズム等の光学部材や防振のためのレンズ群を新たに付加することなく防振を行っている。なお、本実施形態では第3aレンズ群L3aを光軸と垂直方向に移動させて防振を行って10
いるが、第3aレンズ群L3aを光軸に垂直な方向の成分を持つようにさえ移動させれば、画像のぶれを補正することは可能である。例えば、鏡筒構造の複雑化を許容するのであれば、光軸上に回転中心を持つように第3aレンズ群L3aを回動させて防振を行っても良い。

【0046】

次に本実施形態の変倍光学系においてレンズ群を光軸と垂直方向に移動させて撮影画像のぶれを補正する防振系の光学的原理を図2を用いて説明する。

【0047】

図2（A）に示すように光学系Yが固定群Y1、偏心群（シフトレンズ群）Y2そして固定群Y3の3つの部分から成り立っており、光学系Yから十分に離れた光軸上の物点Pが20
撮像面IPの中心に像点Qとして結像しているものとする。

【0048】

今、撮像面IPを含めた光学系全体が図2（B）のように手ぶれにより瞬間的に傾いたとすると、像点Qは像点Q'にやはり瞬間的に移動し、ぶれた画像となる。

【0049】

一方、偏心群Y2を光軸と垂直方向に移動させると図2（C）のように、像点QはQ'に移動し、その移動量と移動方向は各レンズ群の屈折力配置に依存し、そのレンズ群の偏心30
敏感度として表される。そこで図2（B）で手振れによってずれた像点Q'を偏心群Y2を適切な量だけ光軸と垂直方向に移動させることによってもとの結像位置Qに戻すことで図2（D）に示すとおり、手振れ補正つまり防振を行っている。

【0050】

今、光軸をθ。補正するために必要なシフトレンズ群Y2の移動量をΔ、光学系全体の焦点距離をf、シフトレンズ群Y2の偏心敏感度をTSとすると移動量Δは以下の式で与えられる。

【0051】

$$\Delta = f \cdot \tan(\theta) / TS$$

ここで偏心敏感度TSとはシフトレンズ群Y2を光軸に垂直方向に移動させたときのシフトレンズ群Y2の移動量Δ1とそのときの像面での像の移動量Δ2の比

$$TS = \Delta_2 / \Delta_1$$

である。

【0052】

シフト群Y2の偏心敏感度TSが大きすぎると防振に必要なシフト群の移動量Δ1は小さく出来るが、適切に防振を行うための制御が困難になり、補正残りが生じてしまう。

【0053】

特にビデオカメラやデジタルスチルカメラではCCDなどの撮像素子のイメージサイズが銀塩フィルムと比べて小さく、同一画角に対する焦点距離が短いため、同一角度を補正するためのシフトレンズ群のシフト量Δが小さくなる。

【0054】

従って、メカの精度が同程度だと画面上での補正残りが相対的に大きくなることになってしまう。

10

20

30

40

50

【0055】

一方偏心敏感度TSが小さすぎると制御のために必要なシフトレンズ群の移動量1が大きくなってしまい、シフトレンズ群を駆動するためのアクチュエーター等の駆動手段も大きくなってしまう。

【0056】

本実施形態では各レンズ群の屈折力配置を適切な値に設定することで、シフトレンズ群の偏心敏感度TSを適正な値とし、メカの制御誤差による防振の補正残りが少なく、アクチュエーター等の駆動手段の負荷も少ない変倍光学系を達成している。

【0057】

具体的には、第3レンズ群L3aの偏心敏感度TSが以下の条件を満足するように各要素（各レンズ群の屈折力や光学配置等）を設定している。 10

【0058】

$$0.5 < TS < 3 \cdots (1)$$

本実施形態では各レンズ群の屈折力配置を適切な値に設定することで、第3aレンズ群L3aの偏心敏感度TSを適正な値とし、メカの制御誤差による防振の補正残りが少なく、アクチュエーターなどの駆動手段の負荷も少ない光学系を達成している。

【0059】

一般にズームレンズではズーム全域で光学系全体の収差ある程度の範囲内とするためには、各レンズ群が持つ収差分担は屈折力配置を決めるとほぼある範囲内の値となる。各レンズ群の収差分担が0であれば、問題は無いが、実際にはレンズ構成枚数等の関係でそのようにはならない。手ぶれ補正時の光学性能の劣化は偏心する光学系とその物体側のレンズ群の収差で決定され、特に偏心するレンズ群自体が持つ収差の影響が大きい。従ってズームレンズでは偏心しないときの収差と手ぶれ補正のため偏心したときの収差の両立が困難である。 20

【0060】

本実施形態では第3レンズ群L3を正の屈折力のレンズ群と負の屈折力のレンズ群の2つのレンズ群に分割して、その一方のレンズ群だけをぶれ補正時に光軸に垂直方向に移動させ、他方のレンズ群を光軸に垂直方向には固定とし、第3aレンズ群L3aと第3bレンズ群L3bの収差分担を適切な値とすることで、通常の状態と手ぶれ補正のための偏心時の状態における光学性能の両立を図っている。 30

【0061】

特に本実施形態では第3レンズ群L3が分担する色収差を第3bレンズ群L3bと第3aレンズ群L3aで最適化することで手ぶれ補正で偏心する第3aレンズ群L3aの色収差分担を低減して、偏心時の倍率色収差を低減している。

【0062】

更に好ましくは条件式(1)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0063】

$$1.0 < TS < 2.0 \cdots (1a)$$

本発明の初期の目的とするズームレンズは以上の諸条件を満足することにより達成されるが、更に良好なる光学性能を有しつつ、防振を行うには次の諸条件のうち1つ以上を満足させるのが良い。 40

【0064】

第3レンズ群L3と、第3aレンズ群の焦点距離を各々f3、f3aとするとき

$$0.7 < f3a / f3 < 1.3 \cdots (2)$$

なる条件式を満足するように、第3aレンズ群L3aの屈折力を設定することである。これによれば第3aレンズ群L3aの偏心敏感度が適切な値となるようにすることができる。

【0065】

条件式(2)の下限を超えると敏感度を大きくして第3aレンズ群L3aの手ぶれ補正に必要な移動量を小さくすることが出来るが、第3aレンズ群L3aで発生する収差補正が 50

困難になって偏心時の収差補正が十分に行えない。逆に上限を超えると手ぶれ補正に必要な移動量が大きくなるので良くない。

【0066】

更に好ましくは条件式(2)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0067】

$$0.8 < f_{3a} / f_3 < 1.1 \cdots (2a)$$

広角端のレンズ全長を短縮するためには第1レンズ群L1を望遠側で物体側に位置する様に移動させることで、第2レンズ群L2の変倍効果を大きくしてやるのが良い。

【0068】

変倍の際に第1レンズ群L1を固定とする場合を除いて第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の移動量に関して、広角端から望遠端までの変倍に要する第1レンズ群L1と第3レンズ群L3の移動量(像面方向の移動量の符号を正、その逆を負とする)を各々m1、m3とすると

$$0.3 < |m1 / m3| < 1.2 \cdots (3)$$

なる条件式を満足すると広角端におけるレンズ全長の短縮化に対して有効である。

【0069】

条件式(3)の下限を越えて第1レンズ群L1の移動量が小さくなると広角端におけるレンズ全長の短縮効果が不十分になり、逆に上限を超えて第1レンズ群L1の移動量が大きくなると第1レンズ群L1を繰り出すための鏡筒構造が複雑になったりして良くない。

【0070】

更に好ましくは条件式(3)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0071】

$$0.4 < |m1 / m3| < 1.0 \cdots (3a)$$

高い光学性能を維持しつつ、レンズ全長の短縮を図るには、全系の広角端と望遠端における焦点距離を各々fw、ftとすると

【0072】

【数3】

$$0.7 < |f_2 / \sqrt{f_w \cdot f_t}| < 1.4 \cdots (4)$$

【0073】

なる条件式を満足するのが良い。

【0074】

ここで

【0075】

【数4】

$$\sqrt{f_w \cdot f_t}$$

【0076】

は、中間のズーム位置を意味している。

【0077】

条件式(4)の下限を超えて第2レンズ群L2の屈折力が強くなりすぎると変倍時の第2レンズ群L2の移動量は小さくなるがベッツヴァール和が全体に負の方向に大きくなり像面湾曲の補正が困難になるので良くない。逆に条件式(4)の上限を超えると第2レンズ群L2の変倍時の移動量が大きくなり、レンズ系全体が小型にならなくなると共に防振時の周辺光量変化が大きくなりすぎるので良くない。

【0078】

更に好ましくは条件式(4)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

10

20

30

40

50

【0079】

【数5】

$$0.85 < f_2 / \sqrt{f_w \cdot f_t} < 1.3 \quad \cdots (4a)$$

【0080】

本実施形態の変倍光学系では第3レンズ群L3が主な変倍機能を有しているが、光学性能を維持しつつ、レンズ全長を短縮するには第3レンズ群L3の焦点距離を f_3 、全系の広角端での焦点距離を f_w とすると、

$$2.0 < f_3 / f_w < 3.6 \quad \cdots (5)$$

10

なる条件を満足するのが良い。条件式(5)の下限を超えて第3レンズ群L3の屈折力が強くなりすぎると変倍に要する第3レンズ群L3の移動量は少なくすみレンズ全長の短縮には有利だが、変倍時のコマ収差や非点収差の補正が困難になる。逆に上限を超えると変倍に必要な第3レンズ群L3の移動量が大きくなり、レンズ全長が増大してしまうので良くない。

【0081】

更に好ましくは条件式(5)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0082】

$$2.3 < f_3 / f_w < 3.2 \quad \cdots (5a)$$

第1レンズ群L1を移動させて変倍を行う場合には、第1レンズ群L1の焦点距離を f_1 、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、

20

$$8.0 < f_1 / f_w < 12.0 \quad \cdots (6)$$

なる条件を満足するのが良い。条件式(6)の下限を越えて第1レンズ群L1の屈折力が強くなり過ぎるとレンズ全長の短縮には有利だが製造誤差による像面倒れや変倍時の像ゆれなどが不利になって高い鏡筒精度が必要になる。逆に上限を越えると第1レンズ群L1の移動量が大きくなり過ぎるので良くない。

【0083】

更に好ましくは条件式(6)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0084】

$$8.5 < f_1 / f_w < 11.5 \quad \cdots (6a)$$

30

光学系全体の小型化を達成するためには第3aレンズ群L3aと第3aレンズ群L3a中の唯一の負レンズの焦点距離を各々 f_{3a} 、 f_{33} とすると、

$$0.4 < |f_{33} / f_{3a}| < 0.85 \quad \cdots (7)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0085】

条件式(7)の下限を超えて第3aレンズ群L3a中の唯一の負レンズの屈折力が強くなり過ぎるとレンズ全長の短縮化には有利だがベッツヴァール和が負の方向に増大してしまい像面湾曲の補正が困難になるので良くない。逆に下限をこえてしまうとレンズ全長の短縮が不十分になり、第3aレンズ群L3a内での色収差の補正が十分に行なわれず、偏心倍率色収差が大きくなるので良くない。

40

【0086】

更に好ましくは条件式(7)の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【0087】

$$0.5 < |f_{33} / f_{3a}| < 0.75 \quad \cdots (7a)$$

次に本実施形態の各数値実施例のレンズ構成について説明する。数値実施例1では第1レンズ群L1を単一又は貼合せの1つの正レンズユニットより構成することでレンズ構成の簡素化を図っている。

【0088】

また第2レンズ群L2を物体側から順に、物体側に比べて像側の屈折力の絶対値が大きく、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ、負レンズ、像側に比べて、物体側の屈折力の

50

絶対値が大きく、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズを有する構成としている。

【0089】

第2レンズ群の物体側に負レンズを有する構成として、広角端で発生するコマ収差や像面湾曲の補正を良好に行っている。

【0090】

第3レンズ群L3を物体側から順に正の屈折力の第3aレンズ群L3aと比較的弱い負の屈折力の第3bレンズ群で構成している。

【0091】

そのうち第3aレンズ群L3aを正レンズ31、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ32、像面側に凹面を有する負レンズ33で構成している。

10

【0092】

第3レンズ群L3中に像面側に凹面をむけた負メニスカスレンズを設けることにより第3レンズ群L3全体をテレフトに近い構成とすることで第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の主点間隔を短縮し、レンズ全長の短縮化を達成している。

【0093】

また本実施形態では正レンズ31に非球面を設けることにより、第3レンズ群L3で発生する球面収差を抑制し、防振時に発生する偏心コマ収差を低減している。

【0094】

第3bレンズ群L3bを物体側から負レンズ34と両レンズ面が凸面の正レンズ35の2枚のレンズで構成している。

20

【0095】

本実施形態では第3レンズ群全体が持つ収差分担のうちの一部を第3bレンズ群L3bが分担することで第3aレンズ群L3aの収差分担を少なくでき、これにより手ぶれ補正のため第3aレンズ群L3aが偏心したときの光学性能の劣化を低減している。

【0096】

本実施形態の第3bレンズ群L3bは弱い負の屈折力のレンズ群であるが軸上色収差の補正に関しては第3aレンズ群L3aより大きな軸上収差分担値を持つ。これによって第3aレンズ群L3aの軸上色収差分担を低減出来るため手ぶれ補正時の偏心倍率色収差を低減することが可能となる。

【0097】

また本実施形態では第4レンズ群L4を1枚の正レンズと1枚の負レンズの貼合せレンズの第1のレンズユニットで構成することにより、変倍時やフォーカス時に第4レンズ群L4が移動することによる球面収差や像面湾曲の変動を補正している。

30

【0098】

さらに変倍時の非点収差や歪曲の変動の良好なる補正のためには、第4レンズ群L4に非球面を導入するのが良い。

【0099】

図7の数値実施例2は図3の数値実施例1に比べて第3レンズ群L3が物体側より順に第3bレンズ群L3b、第3aレンズ群L3aの順で配置されていること、第4レンズ群L4が単一の正レンズより構成されていることが異なっており、その他の構成は同じである。

40

【0100】

数値実施例2では第3レンズ群L3を物体側から順に、手ぶれ補正時に光軸と垂直方向には固定の第3bレンズ群L3bと光軸に垂直方向に可動の第3aレンズ群L3aで構成している。

【0101】

このように防振時に可動レンズ群を像面側としても物体側としても成り立つので、メカ的な自由度を増やすことが出来る。

【0102】

図11の数値実施例3は図3の数値実施例1に比べて、変倍の際に、第1レンズ群L1を

50

固定としたことが異なっているだけであり、その他の構成は同じである。

【0103】

数値実施例3では第1レンズ群L1を変倍及びフォーカシング時に固定としている。これは広角端のレンズ全長の短縮には不利だが第1レンズ群L1の鏡筒保持精度を高めることが出来るので光学性能的には有利となる。また比較的重量のある第1レンズ群L1を固定するとレンズ駆動部材の負荷を低減することが出来るという特長もある。

【0104】

次に数値実施例の数値データを示す。各数値実施例においてiは物体側からの光学面の順序を示し、 r_i は第i番目の光学面(第i面)の曲率半径、 d_i は第i面と第i面+1面との間の間隔、 n_i と i はそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、
アップ数を示す。また、もっとも像側の5つの平面はフェースプレート、フィルター等に相当するガラスブロックである。またkを離心率、B、C、D、E・・・を非球面係数とし、光軸からの高さhの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてxとするととき、非球面形状は、

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(h/R)^2\}^{1/2}] + Bh^4 + Ch^6 + Dh^8 \cdots$$

で表示される。但しRは曲率半径である。「D - 0 X」は「 $\times 10^{-x}$ 」を意味している。又、各数値実施例における上述した条件式との対応を表1に示す。

【0105】

【外1】

10

20

f= 7.40000 fno=1: 2.87 2 ω = 62.6° ~ 14.6°
 ~34.92 ~4.50

r 1= 36.900	d 1= 5.20	n 1=1.51633	ν 1= 64.1
r 2= 2558.813	d 2=可変		
r 3= 44.311	d 3= 1.50	n 2=1.77250	ν 2= 49.6
r 4= 10.744	d 4= 5.60		
r 5= -90.696	d 5= 1.20	n 3=1.69680	ν 3= 55.5
r 6= 24.533	d 6= 1.60		
r 7= 19.327	d 7= 2.80	n 4=1.84666	ν 4= 23.9
r 8= 49.070	d 8=可変		
r 9= (絞り)	d 9= 0.80		
r10= 10.630(非球面)	d10= 2.80	n 5=1.74330	ν 5= 49.3
r11= -314.796	d11= 0.30		
r12= 10.917	d12= 2.40	n 6=1.80400	ν 6= 52.4
r13= 18.353	d13= 0.70	n 7=1.84666	ν 7= 23.9
r14= 6.109	d14= 1.9		
r15= -1045.922	d15= 0.60	n 8=1.64769	ν 8= 33.8
r16= 15.000	d16= 1.40	n 9=1.51633	ν 9= 64.1
r17= -55.915(非球面)	d17=可変		
r18= 16.690(非球面)	d18= 3.60	n10=1.73077	ν 10= 40.5
r19= -15.461	d19= 0.80	n11=1.69350	ν 11= 53.2
r20= 96.156	d20=可変		
r21= ∞	d21= 1.20	n12=1.51680	ν 12= 64.2
r22= ∞	d22= 1.56	n13=1.55232	ν 13= 63.4
r23= ∞	d23= 0.74		
r24= ∞	d24= 0.50	n14=1.55671	ν 14= 58.6
r25= ∞			

10

10 面 K= -1.87690D+00 B= 1.10218D-04 C= -5.20608D-07 D= 9.13867D-09

20

17 面 K= 2.03586D+02 B= 9.89084D-05 C= 9.23518D-06 D= 0.00000D+00

18 面 K= -2.80408D+00 B= 6.19554D-05 C= 4.68940D-08 D= -2.82642D-09

焦点距離 可変間隔	7.40	14.85	34.92
d 2	1.00	9.76	22.59
d 8	33.78	14.54	3.30
d 17	4.09	7.45	19.46
d 20	3.00	5.07	6.02

30

【 0 1 0 6 】

【 外 2 】

f= 7. 50000 ~31. 24		fno=1: 2. 88 ~ 4. 20		2 ω = 62. 0~16. 4°	
r 1= 40. 286	d 1= 5. 20	n 1=1. 51633	ν 1= 64. 1		
r 2= 11274. 796	d 2=可変				
r 3= 27. 379	d 3= 1. 50	n 2=1. 77250	ν 2= 49. 6		
r 4= 10. 334	d 4= 7. 30				
r 5= -30. 710	d 5= 1. 20	n 3=1. 69680	ν 3= 55. 5		
r 6= 45. 304	d 6= 1. 00				
r 7= 22. 120(非球面)	d 7= 2. 80	n 4=1. 84666	ν 4= 23. 9		
r 8= 62. 586	d 8=可変				
r 9= (絞り)	d 9= 0. 80				
r10= 21. 137	d10= 0. 60	n 5=1. 64769	ν 5= 33. 8		
r11= 9. 793	d11= 1. 40	n 6=1. 51633	ν 6= 64. 1		
r12= 22. 445	d12= 0. 80				
r13= 8. 533(非球面)	d13= 2. 50	n 7=1. 74330	ν 7= 49. 3		
r14= -274. 668	d14= 0. 30				
r15= 12. 815	d15= 2. 00	n 8=1. 77250	ν 8= 49. 6		
r16= 13. 670	d16= 0. 70	n 9=1. 84666	ν 9= 23. 9		
r17= 5. 908	d17=可変				
r18= 17. 614(非球面)	d18= 2. 50	n10=1. 80610	ν 10= 40. 7		
r19= 240. 466	d19=可変				
r20= ∞	d20= 1. 20	n11=1. 51680	ν 11= 64. 2		
r21= ∞	d21= 1. 56	n12=1. 55232	ν 12= 63. 4		
r22= ∞	d22= 0. 74				
r23= ∞	d23= 0. 50	n13=1. 55671	ν 13= 58. 6		
r24= ∞					

非球面係数

7面 K= 9.66634D-01 B=-1.19354D-05 C=-1.22889D-07 D= 0.00000D+00

13 面 K = -1.92455D+00 B = 2.34715D-04 C = -6.02677D-07 D = -1.27585D-08

18 面 K=-1.74562D+00 B= 3.19290D-05 C= 1.63340D-07 D=-6.57119D-09

焦點距離 可變間隔	7.50	14.31	31.24
d 2	1.00	10.52	25.70
d 8	30.81	13.27	3.35
d 17	3.90	6.37	16.31
d 19	3.80	5.87	6.82

【 0 1 0 7 】

【外 3】

f= 7.40000 fno=1;2.88 $2\omega=62.6^\circ \sim 29.0^\circ$
 ~ 29.0 ~ 9.32

r 1= 35.079	d 1= 5.50	n 1=1.51633	ν 1= 64.1
r 2= 5922.344	d 2=可変		
r 3= 44.492	d 3= 1.50	n 2=1.77250	ν 2= 49.6
r 4= 10.788	d 4= 6.30		
r 5= -42.646	d 5= 1.20	n 3=1.71300	ν 3= 53.9
r 6= 45.880	d 6= 1.00		
r 7= 18.885(非球面)	d 7= 2.50	n 4=1.84666	ν 4= 23.9
r 8= 41.680	d 8=可変		
r 9= (絞り)	d 9= 0.80		
r10= 10.291(非球面)	d10= 2.80	n 5=1.74330	ν 5= 49.3
r11= -121.743	d11= 0.30		
r12= 11.008	d12= 2.40	n 6=1.77250	ν 6= 49.6
r13= 21.137	d13= 0.70	n 7=1.84666	ν 7= 23.9
r14= 5.957	d14= 1.90		
r15= -178.486	d15= 0.60	n 8=1.67270	ν 8= 32.1
r16= 18.000	d16= 1.40	n 9=1.51633	ν 9= 64.1
r17= -49.965	d17=可変		
r18= 23.177(非球面)	d18= 3.30	n10=1.80610	ν 10= 40.7
r19= -9.046	d19= 0.80	n11=1.69350	ν 11= 53.2
r20= 121.372	d20=可変		
r21= ∞	d21= 1.20	n12=1.51680	ν 12= 64.2
r22= ∞	d22= 1.56	n13=1.55232	ν 13= 63.4
r23= ∞	d23= 0.74		
r24= ∞	d24= 0.50	n14=1.55671	ν 14= 58.6
r25= ∞			

10

20

7 面 K= -1.19845D+00 B= 1.46606D-05 C= 6.65304D-09 D= 0.00000D+00

10 面 K= -2.39527D+00 B= 1.69400D-04 C= -1.17377D-06 D= 1.40142D-08

18 面 K= -4.12995D+00 B= 1.32558D-05 C= -9.01872D-08 D= -1.29468D-08

焦点距離 可変間隔	7.40	25.18	29.00
d 2	1.00	18.32	19.09
d 8	34.98	7.74	4.65
d 17	3.48	11.32	12.69
d 20	3.00	5.07	6.02

30

【 0 1 0 8 】

【表 1】

表-1

	条件式	数値実施例		
		1	2	3
(1)	TS	1.352	1.244	1.255
(2)	$f_3 a / f_3$	0.991	0.853	0.970
(3)	$ m_1 / m_3 $	0.519	0.821	—
(4)	$ f_2 / \sqrt{f_w \cdot f_t} $	0.997	1.087	1.111
(5)	f_3 / f_w	2.749	2.927	2.670
(6)	f_1 / f_w	9.792	10.439	9.233
(7)	$ f_{33} / f_{3a} $	0.551	0.684	0.522

10

【0109】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルカメラの実施形態を図15を用いて説明する。

【0110】

図15において、10はカメラ本体、11は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、12はカメラ本体に内蔵されたストロボ、13は外部式ファインダー、14はシャッターボタンである。撮影光学系11は不図示のCCD等の固体撮像素子（光電変換素子）上に被写体の像を形成する。

20

【0111】

このように本発明のズームレンズをデジタルカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

【0112】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラの実施形態を図16を用いて説明する。

【0113】

図16において、20はビデオカメラ本体、21は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、22は撮影光学系21によって被写体像を受光するCCD等の固体撮像素子（光電変換素子）、23は撮像素子22が受光した被写体像を記録する記録手段、24は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察する為のファインダーである。

30

【0114】

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子22上に形成された被写体像が表示される。

【0115】

このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

【0116】

【発明の効果】

40

本発明によれば画像のぶれを補正する為にレンズ群を偏心させた時の偏心発生量が少なく高い光学性能を維持しつつ、良好に防振を行うことができる変倍光学系及びそれを用いた光学機器を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る変倍光学系の近軸屈折力配置の概略図

【図2】 本発明に係る防振系の光学的原理の説明図

【図3】 数値実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図4】 数値実施例1のズームレンズの広角端における諸収差図

【図5】 数値実施例1のズームレンズの中間のズーム位置における諸収差図

【図6】 数値実施例1のズームレンズの望遠端における諸収差図

50

【図 7】 数値実施例 2 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図 8】 数値実施例 2 のズームレンズの広角端における諸収差図

【図 9】 数値実施例 2 のズームレンズの中間のズーム位置における諸収差図

【図 10】 数値実施例 2 のズームレンズの望遠端における諸収差図

【図 11】 数値実施例 3 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図 12】 数値実施例 3 のズームレンズの広角端における諸収差図

【図 13】 数値実施例 3 のズームレンズの中間のズーム位置における諸収差図

【図 14】 数値実施例 3 のズームレンズの望遠端における諸収差図

【図 15】 デジタルカメラの要部概略図

【図 16】 ビデオカメラの要部概略図

10

【符号の説明】

L 1 第 1 レンズ群

L 2 第 2 レンズ群

L 3 第 3 レンズ群

L 4 第 4 レンズ群

S P 絞り

I P 像面

d d 線

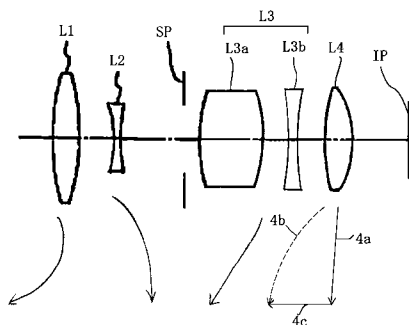
g g 線

M メリディオナル像面

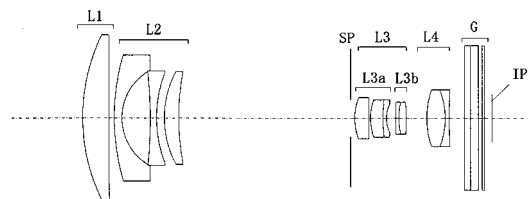
S サジタル像面

20

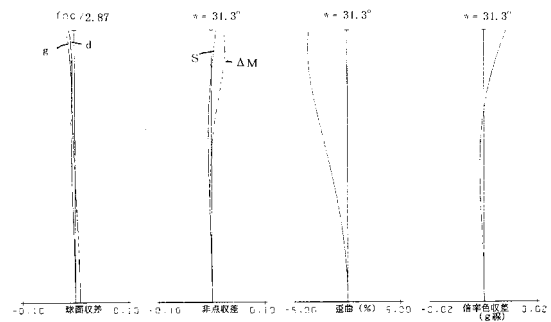
【図 1】



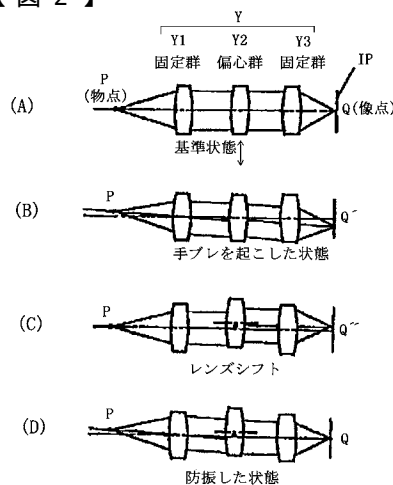
【図 3】



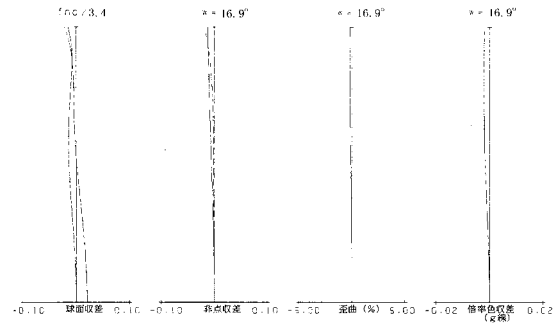
【図 4】



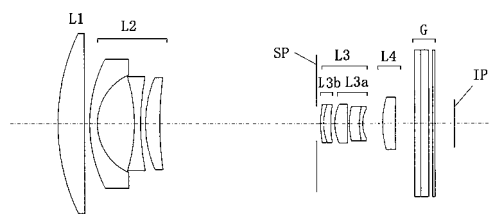
【図 2】



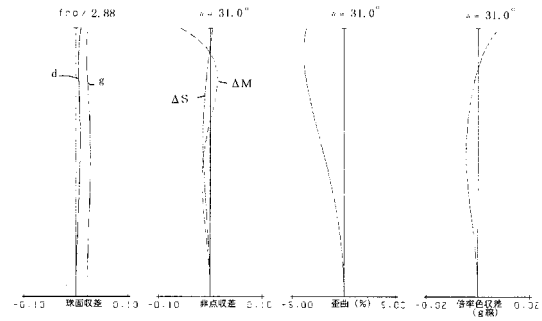
【図 5】



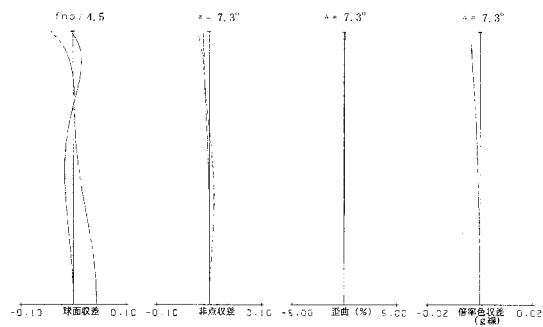
【図 7】



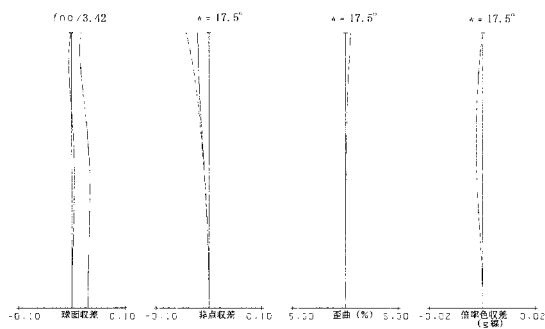
【図 8】



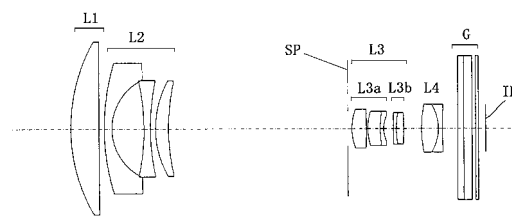
【図 6】



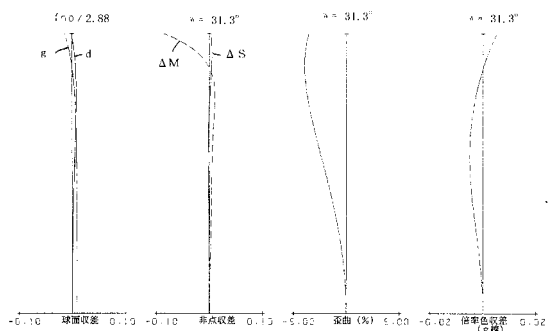
【図 9】



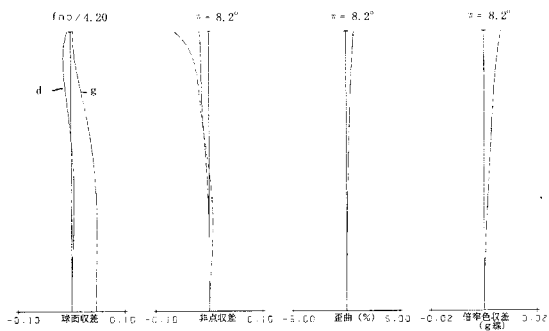
【図 11】



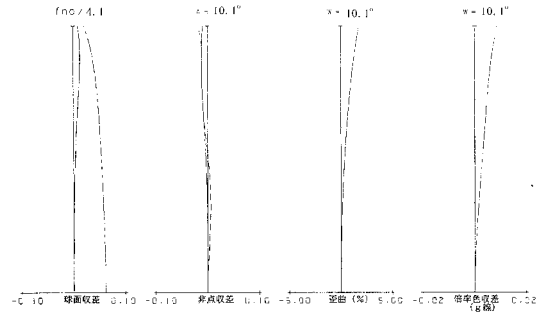
【図 12】



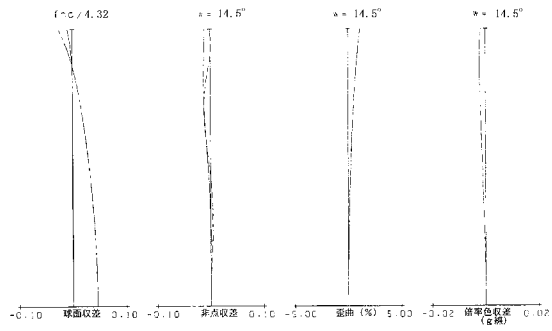
【図 10】



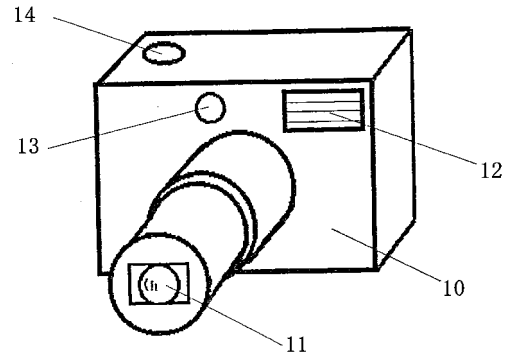
【図 13】



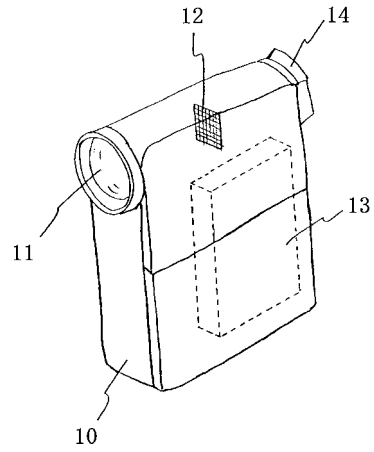
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G02B 9/00-17/08