

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4677210号
(P4677210)

(45) 発行日 平成23年4月27日(2011.4.27)

(24) 登録日 平成23年2月4日(2011.2.4)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B	15/16	(2006.01)	GO 2 B	15/16
G02B	13/18	(2006.01)	GO 2 B	13/18
G03B	5/00	(2006.01)	GO 3 B	5/00
H04N	5/225	(2006.01)	HO 4 N	5/225

J

D

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2004-229554 (P2004-229554)
(22) 出願日	平成16年8月5日(2004.8.5)
(65) 公開番号	特開2006-47771 (P2006-47771A)
(43) 公開日	平成18年2月16日(2006.2.16)
審査請求日	平成19年8月1日(2007.8.1)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(72) 発明者	向谷 仁志 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 原田 英信	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよびそれを用いた撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、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レンズ群より構成され、ズーミングに際して前記第2レンズ群と前記第4レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズからなる接合レンズと2枚の正レンズからなり、前記第3レンズ群は、物体側から像側へ順に、最も物体側の面が凹形状で負の屈折力の第3aレンズ群と、正の屈折力の第3bレンズ群から成り、該第3bレンズ群を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて、前記ズームレンズが形成する像の位置を変化させると共に、前記第3aレンズ群より物体側に絞りユニットを有し、前記第1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間隔をDF、広角端における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$4.472 \quad DF / fw < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

物体側より像側へ順に、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レンズ群より構成され、ズーミングに際して前記第2レンズ群と前記第4レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズからなる接合レンズと2枚の正レンズからなり、前記第3レンズ群は、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第3aレンズ群と、

10

20

正の屈折力の第3bレンズ群からなり、前記第3レンズ群と開口絞りとの光軸上における間隔をD、前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の広角端における合成焦点距離をf34、前記第1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間隔をDF、広角端における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$0.1 \times f_{34} < D < 0.6 \times f_{34}$$

$$4.472 \quad DF / fw < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項3】

物体側より像側へ順に、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レンズ群より構成され、ズーミングに際して前記第2レンズ群と前記第4レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズからなる接合レンズと2枚の正レンズからなり、前記第3レンズ群は、物体側から像側へ順に、最も物体側の面が凹形状の負の屈折力の第3aレンズ群と正の屈折力の第3bレンズ群から成り、前記第3bレンズ群は、物体側より像側へ順に、1枚の正レンズ、像側が凹面の負の屈折力のメニスカスレンズ、1枚の正レンズからなり、前記第1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間隔をDF、広角端における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$4.472 \quad DF / fw < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項4】

前記第3aレンズ群と前記第3bレンズ群の焦点距離を各々f3a、f3bとするとき

$$1.0 < |f_{3a} / f_{3b}| < 2.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記第1レンズ群を構成する正レンズと負レンズの平均屈折率を各々Np、Nn、平均アッベ数を各々p、n、前記第1レンズ群を構成する正レンズのうち最も屈折率が高いレンズの屈折率をNp1とするとき、

$$1.7 < Np < 1.8$$

$$0.1 < Nn - Np < 0.2$$

$$P - n > 2.8$$

$$Nn - Np1 > 0.3$$

なる条件式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項に記載のズームレンズ。

【請求項6】

前記第4レンズ群の焦点距離をf4とするとき、

$$4.5 < f4 / fw < 8.0$$

なる条件式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項に記載のズームレンズ。

【請求項7】

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6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項8】

請求項1乃至7のいずれか1項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する光電変換素子とを備えることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関し、特にズームレンズを構成する一部のレンズ群を光軸と垂

10

20

30

40

50

直方向の成分を持つように移動させることにより、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ズームレンズに関するものである。

【背景技術】

【0002】

進行中の車や航空機等移動物体上から撮影しようとすると、撮影系に振動が伝わり手振れとなり撮影画像にぶれが生じる。従来、このときの撮影画像のぶれを、撮影系のレンズ群の一部を平行偏心させることにより防止する機能を有した防振光学系が種々提案されている。

【0003】

例え特許文献1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的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。特許文献2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。

【0004】

また、特許文献3や特許文献4では、加速度センサ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、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。

【0005】

特許文献5では、物体側より順に変倍及び合焦の際に固定の正の屈折力の第1レンズ群、変倍機能を有する負の屈折力の第2レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第3レンズ群、そして変倍により変動する像面を補正する補正機能と合焦機能の双方の機能を有する正の屈折力の第4レンズ群の4つのレンズ群を有した変倍光学系であって、第3レンズ群は負の屈折力の第31群と正の屈折力の第32群の2つのレンズ群より成り、第32群を光軸と垂直方向に移動させて該変倍光学系が振動したときの撮影画像のブレを補正している。

【0006】

特許文献6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。

【0007】

一方、特許文献7では正、負、正、正の屈折力のレンズ群よりなる4群構成の第3レンズ群を正レンズとメニスカス状の負レンズのテレフォトタイプとしてレンズ全長の短縮化を図っている。また、本出願人は特許文献8にて正、負、正、正の屈折力のレンズ群よりなる4群構成にて第3群全体を振動させて防振を行うズームレンズを開示している。これは、第1レンズ群を物体側から順に負レンズと正レンズからなる接合レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズの3枚構成としている。

【0008】

また、特許文献9では、正、負、正、正の屈折力のレンズ群よりなる4群構成にて第1レンズ群を物体側から順に負レンズと正レンズからなる接合レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス状の2枚の正レンズからなる4枚構成とし、第3群全体を振動させて防振を行うズームレンズを開示している。

【0009】

更に、特許文献10や特許文献11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における第3レンズ群の一部を振動させることにより、3-C CD対応の光学系の小型化と高画質化とを同時に実現させた変倍光学系提案している。

【特許文献1】特開昭58-21133号公報

【特許文献2】特開昭61-223819号公報

【特許文献3】特開平1-116619号公報

【特許文献4】特開平2-124521号公報

【特許文献5】特開平7-128619号公報

【特許文献6】特開平7-199124号公報

10

20

30

40

50

【特許文献 7】特開平 5 - 80974 号公報
 【特許文献 8】特開 2001 - 42213 号公報
 【特許文献 9】特開 2002 - 169087 号公報
 【特許文献 10】特開平 11 - 237550 号公報
 【特許文献 11】特開 2002 - 244037 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

一般に撮影系の一部のレンズを、光軸に対して垂直方向に平行偏心させて防振を行う光学系においては、防振のために特別に余分な光学系を必要としないという利点はあるが、移動させるレンズのための空間を必要とし、また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った。 10

【0011】

また、近年、民生用ビデオカメラにおいても高画質化のために、各色毎に 3 つの C C D (Charge Coupled Device) を撮像素子として用いた 3 C C D 方式が一部のカメラでは採用されている。3 C C D 対応の正、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において、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れば、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すると共に、偏心レンズ群の防振のための敏感度を大きくして光学系全体の小型化を図った防振機能を有した変倍光学系の提供が可能である。 20

【0012】

一方、C C D の高密度化とともに撮影系には高い解像周波数が求められている。一般に求められる解像周波数が高くなると、絞り径を小さくしたとき、或いは絞り径が真円形からかけ離れた絞り開口状態になったとき、回折による画像劣化が無視できなくなってくる。

【0013】

これを解決する方法として、虹彩絞りの採用や N D フィルタを光路内に挿入して、回折による影響を最小限に抑制する方法が採られている。この場合、絞り機構や N D フィルターを光路中への挿入に要するための広い軸上間隔が必要であるが、単純に絞り空間を開くと光学系が大型化しやすくなる。また、近年民生用のビデオカメラ等では静止画記録を行うことが可能な撮影装置が増えておりそのため C C D への光量制御としてレンズに対しメカニカルなシャッター機能を持つレンズが要求されている。 30

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、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 レンズ群より構成され、ズーミングに際して第 2 レンズ群と第 4 レンズ群が移動するズームレンズであって、第 1 レンズ群が、物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズからなる接合レンズと 2 枚の正レンズからなり、第 1 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間隔を D F 、広角端における全系の焦点距離を f w とするとき、 40

$$4.472 \quad D F / f w < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【0015】

特に第 1 発明では、第 3 レンズ群が、物体側から像側へ順に、最も物体側の面が凹形状の負の屈折力の第 3 a レンズ群と正の屈折力の第 3 b レンズ群とから成り、第 3 b レンズ群を光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて、ズームレンズが形成する像の位置を変化させると共に、第 3 a レンズ群より物体側に絞りユニットを有することを特徴としている。 50

【0016】

また、第2発明のズームレンズでは、第3レンズ群が、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第3aレンズ群と、正の屈折力の第3bレンズ群からなり、第3レンズ群と開口絞りとの光軸上における間隔をD、第3レンズ群と第4レンズ群との広角端における合成焦点距離をf34とするとき、

$$0.1 \times f_{34} < D < 0.6 \times f_{34}$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0017】

また、第3発明では、第3レンズ群が、物体側から像側へ順に、最も物体側の面が凹形状の負の屈折力の第3aレンズ群と正の屈折力の第3bレンズ群とから成り、第3bレンズ群が、物体側より像側へ順に、1枚の正レンズ、像側が凹面の負の屈折力のメニスカスレンズ、1枚の正レンズからなることを特徴としている。

10

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、光学系全体の小型化を図りながらも高画質を維持することが可能なズームレンズを達成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

図面を用いて本発明のズームレンズと撮像装置の実施形態について説明する。本実施例で開示するズームレンズは、画像のぶれを補正することができる防振機能を有しながらも、光量制御のためのNDフィルター、虹彩絞り、メカニカルシャッター等(絞り装置)を光路内に挿入するための空間を確保し、且つ機構上の簡素化を可能とし、適切なパワー配置とすることで適切な射出瞳の長さを確保しながらも色分解用のプリズム等を配置すべき適切な量のバックフォーカスも確保可能とした大口径で高性能なズームレンズを開示する。

20

【0020】

図1～図4は後述する数値実施例1～4のズームレンズのレンズ断面図である。

【0021】

図5は数値実施例1のズームレンズの無限遠物体にフォーカスした状態での広角端、中間のズーム位置、望遠端での収差図である。図6は数値実施例2のズームレンズの無限遠物体にフォーカスした状態での広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。図7は数値実施例3のズームレンズの無限遠物体にフォーカスした状態での広角端、中間のズーム位置、望遠端での収差図である。図8は数値実施例4のズームレンズの無限遠物体にフォーカスした状態での広角端、中間のズーム位置、望遠端の収差図である。

30

【0022】

図1～4に示すレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群である。第3レンズ群L3は負の屈折力の第3aレンズ群L3aと正の屈折力の第3bレンズ群L3bより構成している。

【0023】

40

本実施例では第3bレンズ群L3bを光軸に垂直方向の成分を持つように移動させることにより、光学系全体が振動(傾動)したときの撮影画像のぶれを補正している。

【0024】

S Pは開口絞り、F Pはフレアカット絞りであり、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間に位置している。Gはフェースプレート、フィルター、色分解手段等に対応して設計上設けられたガラスブロックである。I Pは像面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面が配置されている。

【0025】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、各レンズ断面図中の矢印で示すように第2レンズ群L2を像側へ移動させて変倍を行うと共に、変倍に伴う像面変動を第4レンズ群

50

L 4 を物体側に凸状の軌跡の一部を有しつつ移動させて補正している。

【 0 0 2 6 】

また、第4レンズ群L 4 を光軸上移動させてフォーカスを行うリアフォーカス方式を採用している。レンズ断面図に示す第4レンズ群L 4 の実線の曲線4 a と破線の曲線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ズーミングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。このように第4レンズ群L 4 を物体側へ凸状の軌跡とすることで第3レンズ群L 3 と第4レンズ群L 4との間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 2 7 】

各実施形態において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へのフォーカスは、レンズ断面図の直線4 c に示すように、第4レンズ群L 4 を前方へ繰り出すことにより行う。

【 0 0 2 8 】

本実施例におけるズームレンズは、第1レンズ群L 1 と第2レンズ群L 2 の合成系で形成した虚像を、第3レンズ群L 3 と第4レンズ群L 4 で感光面上（撮像手段面上）に結像するズーム方式をとっている。

【 0 0 2 9 】

本実施例では従来の所謂4群ズームレンズにおいて第1レンズ群L 1 を繰り出してフォーカスを行う場合に比べて、前述のようなリアフォーカス方式を探ることにより、第1レンズ群L 1 のレンズ有効径の増大化を効果的に防止している。

【 0 0 3 0 】

また開口絞りS Pを第3レンズ群L 3 の物体側へ配置することにより、入射瞳位置を短く設定することができ、前玉レンズ径（第1レンズ群の有効系）の縮小化を容易に達成している。

【 0 0 3 1 】

本発明のズームレンズの数値実施例においては第3レンズ群L 3 を負の屈折力の第3 a レンズ群L 3 a と正の屈折力の第3 b レンズ群L 3 b により構成し、このうち第3 b レンズ群L 3 b を、防振のために光軸と垂直方向の成分を持つように移動させて光学系全体が振動したときの像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。

【 0 0 3 2 】

特に3 C C D対応のビデオカメラ用の撮影レンズでは像面側に色分解のための色分解プリズムを配置するための空間が必要であるため通常の単板式の撮影レンズよりも長いバックフォーカスが必要となる。このため第3レンズ群L 3 の屈折力が第4レンズ群L 4 に対して弱くなり、第3レンズ群L 3 の光軸に垂直方向の偏心敏感度が小さくなる。従って第3レンズ群L 3 全体を光軸方向に対して垂直方向に移動させることで防振を行おうとすると第3レンズ群L 3 の移動量が大きくなり、有効径の大きなレンズが必要となる。

【 0 0 3 3 】

そこで本発明では、正の屈折力の第3レンズ群L 3 を負の屈折力の第3 a レンズ群L 3 a と正の屈折力の第3 b レンズ群L 3 b に分割し、負の屈折力のレンズ群を用いた分だけ、シフトレンズ群（第3 b レンズ群L 3 b ）の正の屈折力を大きくし、その偏心敏感度を大きくすることによって防振のための光軸と垂直な方向への移動量を小さくし、それにより第3レンズ群L 3 を含む光学系全体のコンパクト化を達成している。

【 0 0 3 4 】

本発明のズームタイプのように高画質を目的とした撮影系では、多数枚の絞り羽根を有する虹彩絞りを採用することで、ボケ味の改善が可能となる。またC C D等の固体撮像素子への入射光量を一時的にカットするためのシャッター機構なども静止画像を取り込む時には必要とされる。従って本発明では第2レンズ群L 2 と第3レンズ群L 3 の間をそのための空間として利用し、開口絞り、シャッター、N D挿脱機構等の絞り装置を第3レンズ群L 3 前に配置することにした。

10

20

30

40

50

【0035】

そのため、第3レンズ群L3と開口絞りSPとの光軸上における間隔をD、第3レンズ群と第4レンズ群の広角端における合成焦点距離をf34とするとき、

$$0.1 \times f_{34} < D < 0.6 \times f_{34} \quad (1)$$

なる条件を満足することが肝要である。

【0036】

上式は、ズーミングに際し第4レンズ群L4の移動に伴って変動する射出瞳位置を遠くに保ちつつ、レンズ全長の最適化を維持するための条件である。

【0037】

上限値を超えて開口絞りSPまでの空間を広げすぎると、入射瞳位置がレンズ内部に入り込むため前玉レンズ径が増大しコンパクト化が達成できず、また下限値を超えて開口絞りSPまでの間隔が短くなると射出瞳位置がプラスで短くなり、そのため3CCD用色分解ダイクロイックミラーへの軸外光線の入射角変動が大きくなり画面全体の色むらが大きくなり好ましくない。更に、虹彩絞り、メカニカルシャッター、光量調節のためのNDフィルターの挿脱機構等の絞り装置を配置する空間が確保できなくなるなどの問題が発生する。

10

【0038】

更には、

$$0.2 \times f_{34} < D < 0.47 \times f_{34} \quad (1a)$$

の範囲にあることが好ましい。

20

【0039】

本発明において開口絞りSP前後の間隔を十分確保した上で、高い光学性能を実現する為には、第3aレンズ群L3aが、物体側に凹面を向けた凹レンズと正レンズとで構成することである。

【0040】

これによれば第2レンズ群L2からの発散光束を略アフォーカルとする際、高次の球面収差を発生させること無く良好な光学性能を保つことができ、防振時の偏心収差の変動も良好に補正することが可能となる。

【0041】

更には第3aレンズ群L3aと第3bレンズ群L3bの各々少なくとも1面に非球面レンズを設けることである。

30

【0042】

これによれば各レンズ群内で発生する諸収差を小さくし、防振時の光学性能の劣化を抑制するのが容易となる。

【0043】

特に第3aレンズ群L3aの最も像面側のレンズ面、第3bレンズ群L3bの凸形状のレンズ面に非球面を導入するのが良く、これによれば各レンズ群内で発生する球面収差、コマ収差を小さくし、防振時に発生する偏心収差、特に偏心コマ収差を良好に補正するのが容易となる。

【0044】

40

尚、非球面の位置は、各レンズ群の異なるレンズ面でもよい。

【0045】

防振レンズ群である正屈折力の第3bレンズ群L3bは1以上の負レンズを有することである。

【0046】

第3bレンズ群L3bを防振のために偏心させたときの倍率色収差や、偏心させたことによる像面湾曲を補正するためには、防振レンズ群単独で出来るだけ色収差が補正されており、かつペツツバール和が小さくなっていることが望ましい。したがって、防振レンズ群（第3bレンズ群L3b）には少なくとも1枚の負レンズを含むように構成するのが、色収差の補正やペツツバール和を小さくするのに効果的である。

50

【0047】

さらにペツツバール和を良好に小さくするためには第3bレンズ群L3bに含まれる負レンズの屈折率をN3bとしたとき、N3bは1.8以上とすることが好ましい。

【0048】

また、全系の色収差を良好に保つためには、第3aレンズ群L3a内に少なくとも1枚の正レンズを有するようにするのが良い。

【0049】

また、第3aレンズ群L3a、第3bレンズ群L3bの焦点距離を各々f3a、f3bとするとき、

$$1.0 < |f_{3a}/f_{3b}| < 2.0 \quad (2)$$

10

なる条件式を満足することが好ましい。

【0050】

上式の上限値を越えた場合、第3bレンズ群L3bの屈折力が強くなり過ぎることになり、第3レンズ群L3の屈折力が相対的に強くなり適切なバックフォーカスを確保することが困難となる。下限値を超えた場合は、防振レンズ群としての第3bレンズ群L3bの防振敏感度が小さくなり、手振れなどを補正するための移動量が増大し好ましくない。

【0051】

更には、上記条件式は、

$$1.25 < |f_{3a}/f_{3b}| < 1.8 \quad (2a)$$

20

の範囲にあることが好ましい。

【0052】

第2レンズ群L2は、物体側から順に、像側が凹面の負メニスカスレンズ、物体側が凹面である負レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズ、両レンズ面が凹形状の負レンズで構成するのが良い。これによれば全ズーム範囲にわたり、倍率色収差を良好に補正するのが容易となる。

【0053】

また第1レンズ群L1を構成する正レンズと負レンズの平均屈折率を各々Np、Nn、平均アッベ数を各々p、n、第1レンズ群L1を構成する正レンズのうち最も屈折率が低いレンズの屈折率をNp1とするとき、

$$1.7 < Np < 1.8 \quad (3)$$

30

$$0.1 < Nn - Np < 0.2 \quad (4)$$

$$P - n > 28 \quad (5)$$

$$Nn - Np1 > 0.3 \quad (6)$$

なる条件式を満足することが好ましい。

【0054】

(3)式を満足するように、正レンズの平均屈折率を1.7以上とすることで曲率を小さくすることが可能になり、正レンズを薄くし、前玉レンズ径の小型化に寄与する。且つ(4)式を満足するように、負レンズとの屈折率差を0.1以上確保し、(5)式を満足するように、アッベ数差を28以上とし、(6)式を満足するように、少なくとも一つの正レンズとの屈折率差を0.3以上確保することにより、第1レンズ群L1で発生する色収差を効果的に消すことが可能となる。

40

【0055】

これらの限界値はどちらに超えても色収差の補正過剰か、補正不足となり望遠端での軸上色収差、広角端での倍率色収差の残留収差を残すこととなる。

【0056】

また、各数値実施例のズームレンズは、第1レンズ群L1の厚さ（第1レンズ群L1の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の間隔）をDF、広角端における全系の焦点距離をfwとするとき、

$$3.0 < DF/fw < 5.0 \quad (7)$$

なる条件式を満足している。

50

【 0 0 5 7 】

この条件式は第1レンズ群L1の合成厚であるDFを全体焦点距離に対して正規化したものである。(7)式の上限値を超えて、第1レンズ群L1が厚くなると前玉レンズ径の増大を招き、特にレンズ全体に対する重量比率の最も大きい前玉重量が増大するため好ましくない。また下限値を超えて第1レンズ群L1を薄くしようとすると、正レンズの外周厚が小さくなり加工が困難となるため好ましくない。

【 0 0 5 8 】

第4レンズ群L4は少なくとも1枚の負レンズと2枚の正レンズで構成し、かつ少なくとも1つ非球面を有するようにするのが望ましい。

【 0 0 5 9 】

これによれば3CCD対応のカメラに適用し、バックフォーカスを伸ばしたとき第4レンズ群L4の屈折力が強くなると共に、軸上光線が第4レンズ群L4を通る高さが高くなつて球面収差が発生するのを良好に補正することが容易となる。

【 0 0 6 0 】

第4レンズ群L4は少なくとも非球面1面を有する両レンズ面が凸面の正レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、両レンズ面が凸面の正レンズより構成することである。本提案に従って長いバックフォーカスを得るために第3レンズ群L3から射出してくれる軸上光線は高い位置で第4レンズ群L4に入射してくる。そのため第4レンズ群L4の最初に非球面を有する正レンズを配置することにより球面収差の補正をより有効に行うことができる。第4レンズ群L4中に負レンズを配置することによって光軸方向に移動する際の色収差の変動を小さくし高い光学性能を維持することを可能ならしめている。

10

【 0 0 6 1 】

また第4レンズ群L4の焦点距離をf4とするとき、

$$4.5 < f_4 / f_w < 8.0 \quad (8)$$

なる条件式を満足することでバックフォーカスの確保は更に容易になる。

【 0 0 6 2 】

(8)式の下限値を超えて第4レンズ群L4の焦点距離が小さくすると、超広角ズームレンズを設計する際に適切なバックフォーカスを得ることが難しくなる。(8)式の上限値を超えて第4レンズ群L4の焦点距離を長くすると、色分解用プリズム等を確保するのに必要以上の空間を維持させることとなり大口径化することが困難となる。

20

【 0 0 6 3 】

更に(8)式は、

$$5.0 < f_4 / f_w < 6. \quad (8a)$$

の範囲にあることが好ましい。

30

【 0 0 6 4 】

次に数値実施例1~4の数値データを示す。数値実施例において、fは焦点距離、Fn_oはFナンバー、_iは半画角である。_iは物体側より数えた順序を示し、r_iは第i番目の面の曲率半径、d_iは第i番目の面と第(i+1)番目の面との軸上間隔、n_iと_iは各々第i番目の材料のd線を基準とした屈折率とアッペ数である。

【 0 0 6 5 】

数値実施例1におけるR31からR37、数値実施例2におけるR28からR32、数値実施例3におけるR31からR36、数値実施例4におけるR31からR36、数値実施例5におけるR29からR35は、各々ローパスフィルター、赤外カットフィルター、三色分解プリズム、CCDカバーガラス等に相当する。

40

【 0 0 6 6 】

非球面形状は、光の進行方向を正とし、Xを光軸方向の面頂点からの変位量、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、Rを近軸曲率半径、Kを円錐定数、B~Eを各々非球面係数とするとき、

【 0 0 6 7 】

【数1】

$$x = \frac{(1/R) h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K) (h/R)^2}} + B h^4 + C h^6 + D h^8 + E h^{10}$$

【0068】

なる式で表している。なお「e ± Z」は「× 10 ± Z」を意味する。

【0069】

又前述の各条件式と数値実施例の関係を表1に示す。

【0070】

(数値実施例1)

f = 10 ~ 116.6	F n o = 1.66 ~ 1.95	2 = 58.5°	~ 5.5°
R 1 = 2432.438	D 1 = 5.83	N 1 = 1.84666	1 = 23.8
R 2 = 121.734	D 2 = 17.07	N 2 = 1.48749	2 = 70.2
R 3 = -818.931	D 3 = 0.54		
R 4 = 167.005	D 4 = 10.15	N 3 = 1.83480	3 = 42.7
R 5 = 2351.013	D 5 = 0.54		
R 6 = 92.340	D 6 = 10.59	N 4 = 1.80400	4 = 46.6
R 7 = 261.296	D 7 = 可変		
R 8 = 161.055	D 8 = 2.27	N 5 = 1.80609	5 = 40.9
R 9 = 19.845	D 9 = 10.31		
R10 = -89.388	D10 = 2.38	N 6 = 1.77249	6 = 49.6
R11 = 68.384	D11 = 2.92		
R12 = 39.816	D12 = 9.72	N 7 = 1.84666	7 = 23.8
R13 = -53.929	D13 = 1.94	N 8 = 1.83400	8 = 37.2
R14 = 86.612	D14 = 可変		
R15 = フレアー絞り	D15 = 6.48		
R16 = 虹彩絞り	D16 = 12.96		
r17 = -55.284	D17 = 1.94	N 9 = 1.69680	9 = 55.5
R18 = 35.267	D18 = 6.91	N10 = 1.68329	10 = 31.4
R19* = -131.198	D19 = 1.94		
R20* = 44.978	D20 = 4.75	N11 = 1.58913	11 = 61.3
R21 = 132.008	D21 = 2.16	N12 = 1.80518	12 = 25.4
R22 = 57.994	D22 = 1.78		
R23 = 174.373	D23 = 5.83	N13 = 1.48749	13 = 70.2
R24 = -75.386	D24 = 可変		
R25* = 53.816	D25 = 7.13	N14 = 1.583130	14 = 59.4
R26 = -236.538	D26 = 0.43		
R27 = 64.274	D27 = 1.94	N15 = 1.846660	15 = 23.8
R28 = 29.798	D28 = 10.59	N16 = 1.487490	16 = 70.2
R29 = -86.155	D29 = 可変		
R30 =	D30 = 3.89	N17 = 1.516330	17 = 64.1
R31 =	D31 = 2.16		
R32 =	D32 = 46.98	N18 = 1.516330	18 = 64.1
R33 =	D33 = 6.30		
R34 =			

\ 焦点距離 10.0 30.2 116.6

可変間隔\

D 7	2.118	45.738	74.818
D14	78.713	35.093	6.013

10

20

30

40

50

D24	21.593	16.133	18.979
D29	6.162	11.621	8.776

*印は非球面を表し、非球面係数は

R19 k =-124.820 B =-6.42746e-06 C =1.99763e-08 D =-2.97435e-11 E =0.0
 R20 k =-0.19830 B =-1.63530e-06 C =3.01342e-09 D =-6.90812e-12 E =0.0
 R25 k =-0.68858 B =-8.53526e-07 C =5.45737e-10 D =-1.72620e-13 E =0.0

(数値実施例 2)

f = 10 ~ 116.8	F n o = 1.66 ~ 1.95	2 = 58.5° ~ 5.5°	10
R 1 = 697.890	D 1 = 5.44	N 1 = 1.846660	1 = 23.8
R 2 = 107.693	D 2 = 16.71	N 2 = 1.496999	2 = 81.5
R 3 = 1560.073	D 3 = 0.37		
R 4 = 154.122	D 4 = 10.77	N 3 = 1.804000	3 = 46.6
R 5 = -254618.720	D 5 = 0.48		
R 6 = 95.557	D 6 = 11.46	N 4 = 1.834000	4 = 37.2
R 7 = 260.308	D 7 = 可変		
R 8 = 177.036	D 8 = 2.16	N 5 = 1.806098	5 = 40.9
R 9 = 21.017	D 9 = 10.96		
R10 = -61.404	D10 = 2.91	N 6 = 1.772499	6 = 49.6
R11 = 56.089	D11 = 2.92		
R12 = 46.422	D12 = 7.76	N 7 = 1.846660	7 = 23.8
R13 = -82.547	D13 = 2.14	N 8 = 1.834000	8 = 37.2
R14 = 280.162	D14 = 可変		
R15 = 紋り	D15 = 19.43		
R16 = -51.178	D16 = 1.94	N 9 = 1.696797	9 = 55.5
R17 = 41.435	D17 = 6.69	N10 = 1.688931	10 = 31.1
R18*= -105.058	D18 = 1.94		
R19*= 36.414	D19 = 6.91	N11 = 1.589130	11 = 61.3
R20 = 189.839	D20 = 2.16	N12 = 1.805181	12 = 25.4
R21 = 54.043	D21 = 2.66		
R22 = 1625.338	D22 = 6.91	N13 = 1.487490	13 = 70.2
R23 = -64.107	D23 = 可変		
R24*= 58.424	D24 = 7.56	N14 = 1.583126	14 = 59.4
R25 = -196.169	D25 = 0.43		
R26 = 59.587	D26 = 1.94	N15 = 1.846660	15 = 23.9
R27 = 30.636	D27 = 10.15	N16 = 1.487490	16 = 70.2
R28 = -116.012	D28 = 可変		
R29 =	D29 = 3.89	N17 = 1.516330	17 = 64.1
R30 =	D30 = 2.16		
R31 =	D31 = 46.84	N18 = 1.516330	18 = 64.2
R32 =			

\ 焦点距離 10.0 29.6 116.8

可変間隔 \

D 7	2.116	45.106	73.766
D14	78.660	35.670	7.010
D23	23.207	18.281	21.502
D28	6.158	11.083	7.863

*印は非球面を表し、非球面係数は

R18 k = -96.7046 B = -1.04102e-05 C = 3.06287e-08 D = -4.39663e-11 E = 0.0

R19 k = -1.09924 B = -1.25161e-06 C = 6.10487e-09 D = -9.86198e-12 E = 0.0

R24 k = 1.31001 B = -2.05391e-06 C = -1.11659e-09 D = 2.05162e-12 E = -2.01940e-15

(数値実施例 3)

f = 10 ~ 117.2 F n o = 1.66 ~ 1.95 2 = 58.5° ~ 5.5°

R 1 = 1718.915 D 1 = 5.39 N 1 = 1.846660 1 = 23.8

R 2 = 111.669 D 2 = 16.60 N 2 = 1.496999 2 = 81.5

R 3 = -6364.569 D 3 = 0.54 10

R 4 = 157.475 D 4 = 11.64 N 3 = 1.804000 3 = 46.6

R 5 = -2753.019 D 5 = 0.54

R 6 = 93.097 D 6 = 10.57 N 4 = 1.834000

4 = 37.2

R 7 = 237.557 D 7 = 可変

R 8 = 147.493 D 8 = 2.16 N 5 = 1.806098

5 = 40.9

R 9 = 19.642 D 9 = 10.33

R10 = -75.204 D10 = 2.91 N 6 = 1.772499

6 = 49.6

R11 = 87.050 D11 = 2.92

R12 = 41.118 D12 = 8.30 N 7 = 1.846660

7 = 23.8

R13 = -54.014 D13 = 1.94 N 8 = 1.834000

8 = 37.2 20

R14 = 83.927 D14 = 可変

R15 = 虹彩絞り D15 = 4.31

R16 = フレアー絞り D16 = 15.09

R17 = -59.736 D17 = 1.94 N 9 = 1.696797

9 = 55.5

R18 = 36.801 D18 = 7.98 N10 = 1.688931

10 = 31.1

R19*= -124.316 D19 = 1.94

R20*= 41.822 D20 = 6.90 N11 = 1.589130

11 = 61.3

R21 = 149.700 D21 = 2.16 N12 = 1.805181

12 = 25.4

R22 = 55.160 D22 = 2.66

R23 = 257.115 D23 = 6.90 N13 = 1.487490

13 = 70.2 30

R24 = -68.575 D24 = 可変

R25*= 52.975 D25 = 7.55 N14 = 1.583126

14 = 59.4

R26 = -285.863 D26 = 0.43

R27 = 60.981 D27 = 1.94 N15 = 1.846660

15 = 23.9

R28 = 29.058 D28 = 10.57 N16 = 1.487490

16 = 70.2

R29 = -100.378 D29 = 可変

R30 = D30 = 3.88 N17 = 1.516330

17 = 64.1

R31 = D31 = 2.16

R32 = D32 = 46.79 N18 = 1.516330

18 = 64.1

R33 = 40

\ 焦点距離 10.00 30.0 117.2

可変間隔 \

D 7 2.114 45.554 74.514

D14 78.575 35.135 6.175

D24 19.973 14.705 17.678

D29 6.151 11.420 8.447

*印は非球面を表し、非球面係数は

R19 k = -102.330 B = -6.40087e-06 C = 2.01455e-08 D = -3.13331e-11 E = 0.00

50

R20 k = -0.69845 B = -1.22524e-06 C = 4.96336e-09 D = -9.93644e-12 E = 0.00

R25 k = -0.03891 B = -9.17462e-07 C = -5.10062e-10 D = 1.79248e-12 E = -1.69755e-15

(数値実施例 4)

f = 10 ~ 116.1	F n o = 1.66 ~ 1.95	2 = 58.5° ~ 5.5°	
R 1 = 10584.097	D 1 = 5.82	N 1 = 1.846660	1 = 23.9
R 2 = 124.113	D 2 = 17.25	N 2 = 1.487490	2 = 70.2
R 3 = -632.187	D 3 = 0.54		
R 4 = 163.602	D 4 = 10.13	N 3 = 1.834807	3 = 42.7
R 5 = 2439.838	D 5 = 0.54		10
R 6 = 91.838	D 6 = 10.56	N 4 = 1.804000	4 = 46.6
R 7 = 249.308	D 7 = 可変		
R 8 = 153.472	D 8 = 2.26	N 5 = 1.806098	5 = 40.9
R 9 = 19.556	D 9 = 10.29		
R10 = -93.040	D10 = 2.37	N 6 = 1.772499	6 = 49.6
R11 = 65.428	D11 = 2.91		
R12 = 38.665	D12 = 9.70	N 7 = 1.846660	7 = 23.8
R13 = -57.519	D13 = 1.94	N 8 = 1.834000	8 = 37.2
R14 = 84.333	D14 = 可変		20
R15 = フレア-絞り	D15 = 4.31		
R16 = 虹彩絞り	D16 = 15.09		
R17 = -53.227	D17 = 1.94	N 9 = 1.696797	9 = 55.5
R18 = 35.905	D18 = 7.65	N10 = 1.683290	10 = 31.4
R19*= -128.190	D19 = 1.94		
R20*= 45.679	D20 = 6.47	N11 = 1.589130	11 = 61.3
R21 = 121.490	D21 = 2.16	N12 = 1.805181	12 = 25.4
R22 = 57.309	D22 = 1.75		
R23 = 153.556	D23 = 5.82	N13 = 1.487490	13 = 70.2
R24 = -77.312	D24 = 可変		
R25*= 52.359	D25 = 7.11	N14 = 1.583126	14 = 59.4
R26 = -229.097	D26 = 0.43		30
R27 = 70.837	D27 = 1.94	N15 = 1.846660	15 = 23.9
R28 = 31.363	D28 = 10.76	N16 = 1.487490	16 = 70.2
R29 = -84.181	D29 = 可変		
R30 =	D30 = 3.88	N17 = 1.516330	17 = 64.1
R31 =	D31 = 2.16		
R32 =	D32 = 46.89	N18 = 1.516330	18 = 64.2
R33 =			
\\ 焦点距	10.000	30.2	116.1
可变間隔 \\			40
D 7	2.114	45.626	74.634
D14	78.555	35.043	6.035
D24	20.462	14.961	17.779
D29	10.366	15.867	13.049

*印は非球面を表し、非球面係数は

R19 k = -102.123 B = -5.87959e-06 C = 1.84834e-08 D = -3.36183e-11 E = 1.81092e-14

R20 k = -0.13863 B = -1.50799e-06 C = 2.90309e-09 D = -9.46585e-12 E = 7.48131e-15

R25 k = -1.03360 B = -8.21071e-07 C = 9.59867e-10 D = -1.14958e-12 E = 9.35384e-16

【0071】

【表1】

	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3	数値実施例4
fW	10.00	10.002	10.002	10.000
fT	116.7	116.804	117.206	116.063
D	12.960	19.430	19.400	15.090
f34(wide)	44.358	45.064	44.497	44.499
D/f34(wide)	0.292	0.431	0.436	0.339
f3a	-134.559	-147.284	-167.942	-129.259
f3b	98.244	93.802	98.784	98.068
f4	52.153	52.891	53.627	52.514
f3a/f3b	1.370	1.570	1.700	1.318
f4/fw	5.214	5.288	5.362	5.252
f1	114.919	114.431	114.385	114.444
f2	-21.825	-21.833	-21.770	-21.801
f3	263.132	202.314	192.190	278.019
Np	1.709	1.712	1.712	1.709
Np1	1.487	1.497	1.497	1.487
v p	53.17	55.10	55.10	53.17
v n	23.80	23.80	23.80	23.90
Nn-Np1	0.359	0.350	0.350	0.359
Nn-Np	0.138	0.135	0.135	0.138
v p - v n	29.4	31.3	31.3	29.3
DF	44.720	45.230	45.230	45.230
DF/fw	4.471	4.522	4.522	4.523

10

20

【0072】

次に数値実施例1～4のズームレンズを撮影光学系として用いた光学機器の実施例を、図9を用いて説明する。

【0073】

図9は、本発明のズームレンズをビデオカメラ用いた例である。図9において、10はカメラ本体、11は数値実施例1～4のズームレンズによって構成された撮影光学系、12は撮影光学系11によって形成される被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)、13は固体撮像素子12が受光した被写体像を記録するメモリ、14は被写体像を観察するためのファインダーである。ファインダー14としては、光学ファインダーや液晶パネル等の表示素子に表示された被写体像を観察するタイプのファインダーが考えられる。

30

【0074】

このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0075】

40

- 【図1】数値実施例1のズームレンズのレンズ断面図である。
- 【図2】数値実施例2のズームレンズのレンズ断面図である。
- 【図3】数値実施例3のズームレンズのレンズ断面図である。
- 【図4】数値実施例4のズームレンズのレンズ断面図である。
- 【図5】数値実施例1のズームレンズの収差図である。
- 【図6】数値実施例2のズームレンズの収差図である。
- 【図7】数値実施例3のズームレンズの収差図である。
- 【図8】数値実施例4のズームレンズの収差図である。
- 【図9】ビデオカメラの要部概略図である。

【符号の説明】

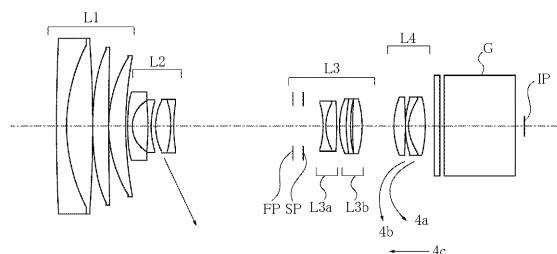
50

【 0 0 7 6 】

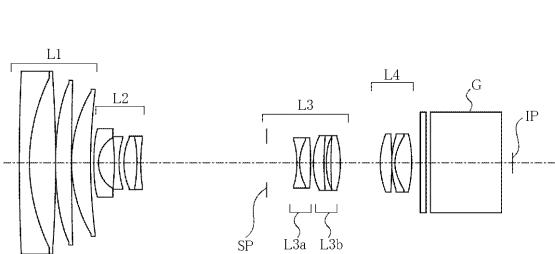
L 1 第 1 レンズ群
 L 2 第 2 レンズ群
 L 3 第 3 レンズ群
 L 4 第 4 レンズ群
 S P 開口絞り
 I P 像面
 G ガラスブロック
 L 3 a 第 3 a レンズ群
 L 3 b 第 3 b レンズ群

10

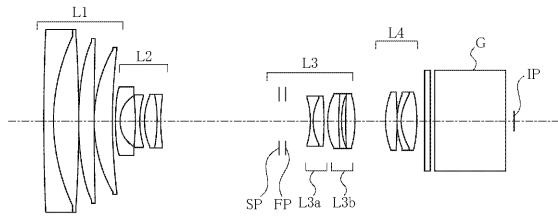
【図 1】



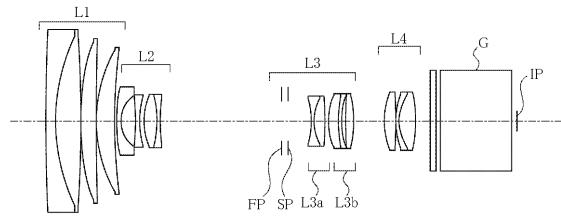
【図 2】



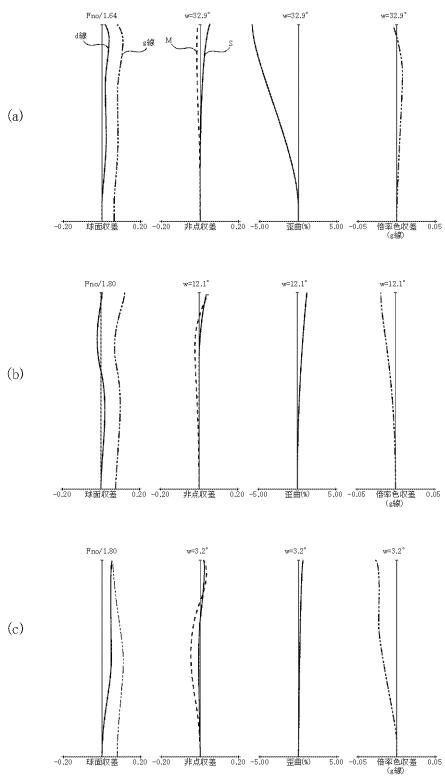
【図3】



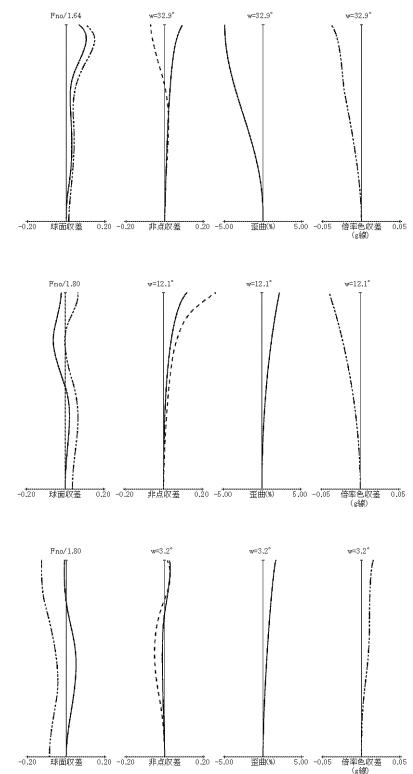
【図4】



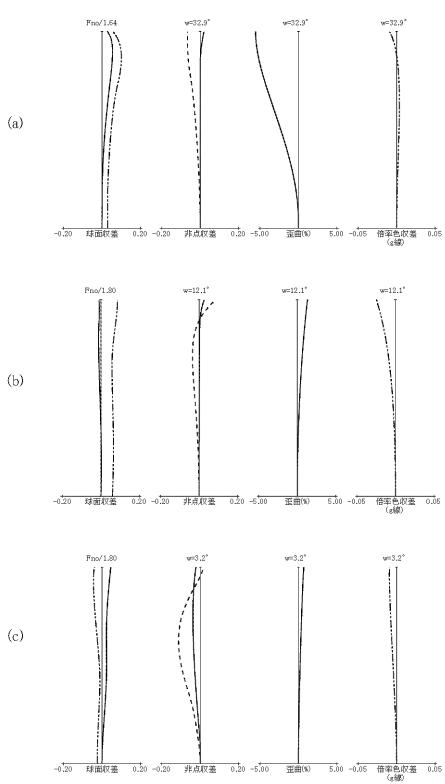
【図5】



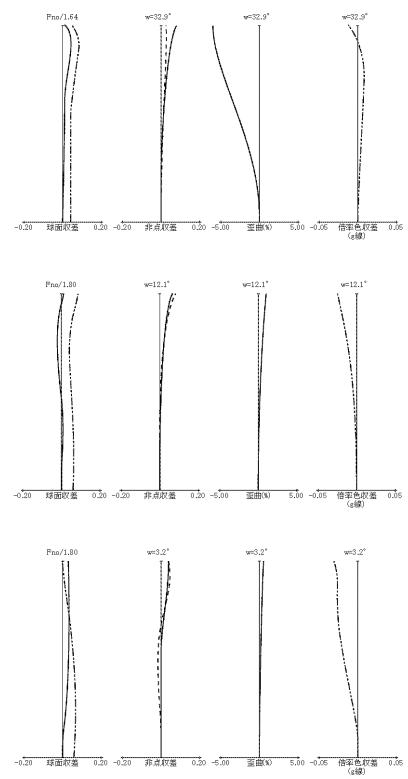
【図6】



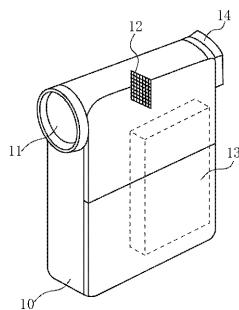
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2004/025348 (WO, A1)

特開平11-237550 (JP, A)

特開平07-128619 (JP, A)

特開2002-244037 (JP, A)

特開2003-322795 (JP, A)

特開2003-098434 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04