

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6141005号
(P6141005)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl.
G O 2 B 15/167 (2006.01)

F I
G O 2 B 15/167

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2012-284627 (P2012-284627)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年12月27日 (2012.12.27)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-126766 (P2014-126766A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年7月7日 (2014.7.7)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成27年12月21日 (2015.12.21)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	齋藤 慎一郎
			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	瀬戸 息吹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(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、広角端から望遠端へのズームングに際して、前記第1レンズ群と前記第4レンズ群が不動であり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群が移動し、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

広角端に比べて望遠端において前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の間隔が増大し、前記ズームレンズは開口絞りをさらに有し、

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、レンズ全長を TL 、望遠端における前記開口絞りから像面までの空気演算距離を DSP 、記第1レンズ群に含まれる正レンズの中で最も物体側に配置された正レンズの焦点距離を f_{1p} 、前記第1レンズ群に含まれる正レンズの中で最も物体側に配置された正レンズの材料の d 線における屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{d1p} 、 d_{1p} とするとき、

$$0.1 < f_1 / f_3 < 2.4$$

$$0.10 < DSP / TL < 0.32$$

$$1.0 < f_{1p} / f_1 < 3.0$$

$$1.49 < n_{d1p} < 2.00$$

$$45 < d_{1p} < 75$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】

物体側から像側へ順に配置された、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、広角端から望遠端へのズームングに際して、前記第 1 レンズ群と前記第 4 レンズ群が不動であり、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群が移動し、ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

広角端に比べて望遠端において前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の間隔が増大し、前記ズームレンズは開口絞りをさらに有し、前記第 3 レンズ群は 1 枚の正レンズからなり、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、レンズ全長を TL 、望遠端における前記開口絞りから像面までの空気演算距離を DSP 、前記第 3 レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッベ数を d_3 とするとき、

$$0.1 < f_1 / f_3 < 2.4$$

$$0.10 < DSP / TL < 0.32$$

$$3.5 < d_3 < 6.5$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

10

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群に含まれる負レンズの中で最も像側に配置された負レンズの焦点距離を f_{2n} 、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$1.0 < f_{2n} / f_2 < 3.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

20

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群に含まれる正レンズの中で最も物体側に配置された正レンズの物体側のレンズ面と像側のレンズ面の曲率半径をそれぞれ R_{11} 、 R_{12} とするとき、

$$-2.0 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < 2.0$$

なる条件式を満たす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 2 レンズ群に含まれる正レンズの中で最も像側に配置された正レンズの材料の d 線における屈折率とアッベ数をそれぞれ n_{d2p} 、 d_{2p} とするとき、

$$1.8 < n_{d2p} < 2.2$$

$$1.5 < d_{2p} < 3.0$$

なる条件式を満たす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。

30

【請求項 6】

フォーカシングに際して前記第 3 レンズ群が移動し、望遠端における全系の焦点距離を f_T とするとき、

$$0.2 < f_3 / f_T < 1.0$$

なる条件式を満たす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。

40

【請求項 7】

広角端における全系の焦点距離を f_W とするとき、

$$0.8 < f_1 / f_W < 3.0$$

なる条件式を満たす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】

前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とするとき、

$$0.6 < f_1 / f_4 < 2.2$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

50

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 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た像を受光する撮像素子を有す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及びそれを有する撮像装置に関し、特にスチルカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラ、そして監視用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系として好適なものである。

【背景技術】

10

【0002】

近年、撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系には、レンズ全長（第 1 レンズ面から像面までの距離）が短く、全系が小型でも大口径比のズームレンズであることが要求されている。これらの要求を満足するズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 4 レンズ群より成るポジティブリード型の 4 群ズームレンズが知られている。

【0003】

前述した 4 群ズームレンズにおいて、第 2 レンズ群を移動させて変倍を行い、第 3 レンズ群にて変倍に伴う像面変動を補正すると共に、フォーカシングを行う所謂インナーフォーカスタイプの 4 群ズームレンズが知られている（特許文献 1～3）。

20

【0004】

一般にインナーフォーカス式のズームレンズは第 1 レンズ群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて第 1 レンズ群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になる。また、近接撮影、特に極至近撮影が容易となる。さらに、フォーカシングに際して小型軽量のレンズ群を移動させているので、レンズ群の駆動力が小さくて済み、迅速なフォーカスが容易になる等の特徴がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2006 - 201524 号公報

30

【特許文献 2】特開 2009 - 86537 号公報

【特許文献 3】特開昭 59 - 52215 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、撮像装置の高機能化、小型化に伴って、それに用いるレンズ系には、高ズーム比で大口径、かつ撮像レンズ系全体が小型であり、さらに、色収差の少ない高い光学性能を有するズームレンズであることが強く要望されている。

【0007】

一般にズームレンズにおいて、高ズーム比を確保しつつ、全系の小型化を図るためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めつつ、レンズ枚数を削減すれば良い。しかしながら、このように構成したズームレンズは、各レンズ面の屈折力の増加に伴いレンズ肉厚が増してしまい、全体の短縮効果が不十分になり、小型化が難しく同時に諸収差が多く発生し、これらの諸補正が困難になってくる。

40

【0008】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、全系の小型化と、大口径比を確保しつつ高い光学性能を得るには、ズームレンズを構成する各要素を適切に設定することが重要となってくる。例えばズームタイプ（レンズ群の数や各レンズ群の屈折力）、各レンズ群のズミングに伴う移動軌跡、そして各レンズ群の変倍負担等の構成を適切に設定することが重要になってくる。

50

【 0 0 0 9 】

これらの構成が適切でないと、大口径化を図る際に全系が大型化し、又、ズームに伴う諸収差の変動が増大し、全ズーム範囲、及び画面全体にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくる。例えば特許文献 1 に開示されたズームレンズでは、レンズ群構成、各レンズ群の屈折力分担等の要素が大口径化を図る際に必ずしも適切でないため、全系の小型化を維持しつつ、例えば F ナンバー 2 . 8 より大口径化を図るのが難しい。

【 0 0 1 0 】

特許文献 1 において、フォーカシング用の第 3 レンズ群の倍率を適切に設定し、フォーカス移動量を適正化すれば、第 3 レンズ群の小型化を図ることもできる。しかしながら大口径化を図った際、正のベッツバール和が増大し、これを十分に改善することが難しく、像面湾曲が増大する傾向となる。特許文献 2、3 は第 1 レンズ群と第 3 レンズ群の屈折力の比が必ずしも適切でなく、レンズ全長が増大する傾向があった。

【 0 0 1 1 】

本発明は、大口径でかつ全系が小型で、しかも広角端から望遠端に至る全ズーム範囲にわたり良好なる光学性能が得られるズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明のズームレンズは、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、広角端から望遠端へのズームに際して、前記第 1 レンズ群と前記第 4 レンズ群が不動であり、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群が移動し、ズームに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

広角端に比べて望遠端において前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の間隔が増大し、前記ズームレンズは開口絞りをさらに有し、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、レンズ全長を TL 、望遠端における前記開口絞りから像面までの空気演算距離を DSP 、前記第 1 レンズ群に含まれる正レンズの中で最も物体側に配置された正レンズの焦点距離を f_{1p} 、前記第 1 レンズ群に含まれる正レンズの中で最も物体側に配置された正レンズの材料の d 線における屈折率とアッペ数をそれぞれ n_{d1p} 、 d_{1p} とするとき、

$$0.1 < f_1 / f_3 < 2.4$$

$$0.10 < DSP / TL < 0.32$$

$$1.0 < f_{1p} / f_1 < 3.0$$

$$1.49 < n_{d1p} < 2.00$$

$$45 < d_{1p} < 75$$

なる条件式を満たすことを特徴としている。

この他、本発明のズームレンズは、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、広角端から望遠端へのズームに際して、前記第 1 レンズ群と前記第 4 レンズ群が不動であり、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群が移動し、ズームに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

広角端に比べて望遠端において前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の間隔が増大し、前記ズームレンズは開口絞りをさらに有し、前記第 3 レンズ群は 1 枚の正レンズからなり、

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 、レンズ全長を TL 、望遠端における前記開口絞りから像面までの空気演算距離を DSP 、前記第 3 レンズ群に含まれる正レンズの材料のアッペ数を d_3 とするとき、

$$0.1 < f_1 / f_3 < 2.4$$

$$0.10 < DSP / TL < 0.32$$

$$35 < d_3 < 65$$

なる条件式を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、大口径でかつ全系が小型で、しかも球面収差、コマ収差、像面湾曲などの諸収差を良好に補正した高い光学性能が容易に得られるズームレンズが実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】(A)、(B)、(C) 実施例1の広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 実施例1の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

10

【図3】(A)、(B)、(C) 実施例2の広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C) 実施例2の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図5】(A)、(B)、(C) 実施例3の広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 実施例3の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図7】本発明の撮像装置の要部概略図

20

【図8】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、正の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）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ている。ズームングに際して第1レンズ群および第4レンズ群は不動で、第2レンズ群と第3レンズ群が移動する。ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

【0016】

30

広角端から望遠端へのズームングに際して、第2レンズ群は像側に単調移動している。第3レンズ群が非直線的に移動している。そして広角端に比べ望遠端での第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大し（広く）、第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が縮小する（狭くなる）ようにしている。

【0017】

図1(A)、(B)、(C)は本発明の実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）、中間ズーム位置、望遠端（長焦点距離端）におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例1はズーム比2.85、開口比1.85～2.40、撮影半画角6.09度～2.14度程度のズームレンズである。

40

【0018】

図3(A)、(B)、(C)は本発明の実施例2のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比2.85、開口比1.85～1.85、撮影半画角8.02度～2.83度程度のズームレンズである。

【0019】

図5(A)、(B)、(C)は本発明の実施例3のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3

50

はズーム比 1.9、開口比 1.34 ~ 2.60、撮影半画角 3.55 度 ~ 1.87 度程度のズームレンズである。図 7 は本発明のズームレンズを用いたデジタルビデオカメラの要部概略図である。図 8 は本発明のズームレンズを用いたネットワークカメラの要部概略図である。

【0020】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルカメラ、銀塩フィルムカメラ、TV カメラ等の撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。又各実施例のズームレンズを画像投射装置（プロジェクター）用の投射光学系として用いることもできる。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。また、レンズ断面図において、 i を物体側からのレンズ群の順番とすると、 B_i は第 i レンズ群を示す。レンズ断面図において、 B_1 は正の屈折力の第 1 レンズ群、 B_2 は負の屈折力の第 2 レンズ群、 B_3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、 B_4 は正の屈折力の第 4 レンズ群である。

10

【0021】

SP は開放 F ナンバー（ F_{no} ）の光束を決定（制限）する開口絞りである。 G は光学フィルター、フェースプレート、ローパスフィルター、赤外カットフィルターなどに相当する光学ブロックである。 IP は像面である。像面 IP は、ビデオカメラやネットワークカメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、CCD センサや CMOS センサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する。銀塩フィルムカメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、フィルム面に相当する。矢印は広角端から望遠端へのズーミング（変倍）に際して、各レンズ群の移動軌跡を示している。

20

【0022】

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 B_1 と第 2 レンズ群 B_2 との間隔が増大し、また第 2 レンズ群 B_2 と第 3 レンズ群 B_3 との間隔が縮小している。具体的には、矢印まで示す如く広角端から望遠端へのズーミングに際して第 2 レンズ群 B_2 を像側へ移動させて変倍を行うとともに、変倍に伴う像面変動を第 3 レンズ群 B_3 を非直線的に移動させて補正している。

【0023】

さらに、第 3 レンズ群 B_3 を光軸上移動させてフォーカシングを行っている。第 3 レンズ群 B_3 に関する実線の曲線 3a と点線の曲線 3b は各々無限遠物体と近距離物体にフォーカス（合焦）しているときの広角端から望遠端への変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。また望遠端のズーム位置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には、矢印 3c に示すように第 3 レンズ群 B_3 を像側へ繰り込むことで行っている。なお、実施例 1 乃至実施例 3 において開口絞り SP はズーミングのためには不動であるが必要に応じて独立に又は他のレンズ群とともに移動させても良い。

30

【0024】

収差図において F_{no} は F ナンバー、 θ は半画角（度）であり、光線追跡値による画角である。球面収差図において、実線の d は d 線（波長 587.6 nm）、2 点鎖線の g は g 線（波長 435.8 nm）である。非点収差図で実線の S と点線の M は各々 d 線におけるサジタル像面とメリディオナル像面である。歪曲収差は d 線について示している。倍率色収差図において 2 点鎖線の g は g 線である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用のレンズ群（第 2 レンズ群 B_2 ）が機構上、光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

40

【0025】

各実施例では所定のズーム比を確保し、諸収差を良好に補正するために、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 B_1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 B_2 、正の屈折力の第 3 レンズ群 B_3 、正の屈折力の第 4 レンズ群 B_4 より構成している。そして、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第 1 レンズ群 B_1 が撮像面に対して固定、第 2 レンズ群が像側へ移動して変倍を行っている。

【0026】

変倍の際に結像面に対して第 1 レンズ群 B_1 を固定することにより、高い位置精度を保

50

つこと、ズーミング時のレンズ全長（第１レンズ面から像面までの距離）の変化を無くしている。また、可動レンズ群を少なくし、機構部品の簡素化を図っている。機構部品の簡素化することにより、ゴミ等の発生を低減することができ、高い光学性能を維持したズームレンズおよびそれを用いた撮像装置を構成している。さらに、コンバートレンズなどのアクセサリを取り付ける場合のレンズ鏡筒の強度が強くなるようにしている。

【００２７】

ズーミングに際して、第２レンズ群Ｂ２と第３レンズ群Ｂ３を移動させることで、可動レンズ群の数を最小限として、レンズ全系の小型化や構成の簡素化を図っている。また、フォーカシングを第３レンズ群Ｂ３の移動により行う。これにより無限遠物体から近距離物体へのフォーカシング時の収差変動を抑制している。特に第３レンズ群Ｂ３と第４レンズ群Ｂ４の間を略アフォーカルとなる屈折力配置を行うことで、フォーカシングに際しての諸収差、特にコマ収差の変動を抑制している。

10

【００２８】

さらにズーミングに際して、第４レンズ群Ｂ４を撮像面に対して不動とすることで、鏡筒構造の簡素化を図りつつ堅牢性を向上させている。各実施例において第１レンズ群Ｂ１の焦点距離を f_1 、第３レンズ群Ｂ３の焦点距離を f_3 、レンズ全長を TL 、望遠端での開口絞り SP から像面位置までの空気演算距離（フィルター等の平行平板を除去したときの距離）を DSP とする。

このとき、

$$0.1 < f_1 / f_3 < 2.4 \quad \cdots (1)$$

20

$$0.10 < DSP / TL < 0.32 \quad \cdots (2)$$

なる条件式を満たしている。

【００２９】

条件式（１）は、第１レンズ群Ｂ１の焦点距離 f_1 と、第３レンズ群Ｂ３の焦点距離 f_3 の比を規定している。条件式（１）の上限を超えて第１レンズ群Ｂ１の屈折力が小さくなると、望遠端においてレンズ全長が長くなり、全系が大型化してくる。また、変倍を行う第２レンズ群Ｂ２に対する物点が遠くなり、第２レンズ群Ｂ２の結像倍率が小さくなる。この結果、変倍比を大きくするために、ズーミングに際しての第２レンズ群Ｂ２の移動量が大きくなり、全系が大型化してくる。

【００３０】

30

条件式（１）の下限を超えて第１レンズ群Ｂ１の屈折力が大きくなると、望遠端におけるレンズ全長は短縮されるが、 F ナンバーを小さくした際、望遠側において色収差が残存してくるので、好ましくない。

【００３１】

条件式（２）は、ズームレンズにおける開口絞り SP の位置を正規化している。大口径化を図った際、開口絞り SP の径方向が増大する。各実施例では、条件式（２）を満たすことにより、周辺画角の光束の中心が開口絞り SP の中心近傍を通らない所謂、片絞り状態とならないように、開口絞り SP の径方向の小型化と大口径化を実現している。

【００３２】

条件式（２）の上限を超えると、入射瞳位置が近くなり、大口径化を図った際、広角側において開口絞り SP の絞り径が径方向に大型化してくるので良くない。条件式（２）の下限を超えると、特に望遠側において、第１レンズ群Ｂ１へ入射する軸外光束が光軸から離れ、第１レンズ群Ｂ１が径方向に増大してくるので良くない。

40

【００３３】

各実施例において更に好ましくは条件式（１）、（２）の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【００３４】

$$0.9 < f_1 / f_3 < 2.0 \quad \cdots (1a)$$

$$0.15 < DSP / TL < 0.30 \quad \cdots (2a)$$

条件式（１ａ）を満たすことにより、大口径化による球面収差の発生を抑制しつつ、レ

50

レンズ全長の短縮化が容易になる。また、条件式(2a)を満たすことにより、レンズ全長の増大を抑えつつ、高いズーム比が確保しやすくなる。更に好ましくは条件式(1a)、(2a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0035】

$$1.1 < f_1 / f_3 < 1.8 \quad \dots (1b)$$

$$0.20 < DSP / TL < 0.26 \quad \dots (2b)$$

以上のように、条件式(1)、(2)を同時に満たすことにより、ズーム全域で高い結像性能を達成した大口径で小型なズームレンズが実現できる。

【0036】

各実施例において、更に好ましくは次の条件式のうち1以上を満足するのがよい。第2レンズ群B3の焦点距離を f_2 、第3レンズ群B3の焦点距離を f_3 、第4レンズ群B4の焦点距離を f_4 とする。広角端および望遠端における全系の焦点距離を各々 f_W 、 f_T とする。

10

【0037】

第1レンズ群B1に含まれる正レンズの中で最も物体側に配置された正レンズG1Fpの焦点距離を f_{1p} 、正レンズG1Fpの材料のd線における屈折率を n_{d1p} 、アッペ数を d_{1p} とする。また、正レンズG1Fpの物体側のレンズ面と像側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{11} 、 R_{12} とする。

【0038】

第2レンズ群B2に含まれる負レンズの中で最も像側に配置された負レンズG2Rnの焦点距離を f_{2n} とする。第2レンズ群B2に含まれる正レンズの中で最も像側に配置された正レンズG2Rpの材料のd線における屈折率を n_{d2p} 、アッペ数を d_{2p} とする。第2レンズ群B2の広角端および望遠端における横倍率を各々 2_W 、 2_T とする。第3レンズ群B3は1枚の正レンズよりなり、正レンズの材料のアッペ数を d_3 とする。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

20

【0039】

$$1.0 < f_{1p} / f_1 < 3.0 \quad \dots (3)$$

$$1.0 < f_{2n} / f_2 < 3.0 \quad \dots (4)$$

$$-2.0 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < 2.0 \quad \dots (5)$$

$$1.49 < n_{d1p} < 2.00 \quad \dots (6)$$

$$4.5 < d_{1p} < 7.5 \quad \dots (7)$$

$$1.8 < n_{d2p} < 2.2 \quad \dots (8)$$

$$1.5 < d_{2p} < 3.0 \quad \dots (9)$$

$$0.2 < f_3 / f_T < 1.0 \quad \dots (10)$$

$$0.8 < f_1 / f_W < 3.0 \quad \dots (11)$$

$$0.6 < f_1 / f_4 < 2.2 \quad \dots (12)$$

$$1.5 < 2_T / 2_W < 4.0 \quad \dots (13)$$

$$3.5 < d_3 < 6.5 \quad \dots (14)$$

30

【0040】

第1レンズ群B1は、最も物体側に正レンズを配置することが望ましい。大口径化に伴う球面収差を補正しつつ、望遠化に伴うレンズ全長の短縮を図るためには、最も物体側に正レンズを配置し、第1レンズ群B1の主点位置を物体側へ近づけるのが良い。

40

【0041】

条件式(3)は、第1レンズ群B1の正レンズのうち最も物体側の正レンズG1Fpの焦点距離 f_{1p} を、第1レンズ群B1の焦点距離 f_1 で正規化したもので、第1レンズ群B1中の正レンズG1Fpの屈折力配分を示している。条件式(3)の上限を超えて、正レンズG1Fpの屈折力が相対的に弱くなりすぎると、光束の収斂の程度が弱くなり、第1レンズ群B1全体の径方向が増大してくる。また、望遠側において球面収差を良好に補正することが難しくなる。

【0042】

50

条件式(3)の下限を超えて、正レンズG1Fpの屈折力が相対的に強くなりすぎると、高次の球面収差や倍率収差が多く発生してくる。第2レンズ群B2は、最も像側に負レンズを配置することが収差補正上、望ましい。ズーミングに伴う像面湾曲の変動や非点収差を抑えつつ、望遠化に伴うレンズ全長の短縮を図るためには、第2レンズ群B2の最も像側に負レンズを配置し、第2レンズ群B2の主点位置を像側へ近づけるのが良い。

【0043】

条件式(4)は、このときの第2レンズ群B2の負レンズのうち最も像側の負レンズG2Rnの焦点距離 f_{2n} を、第2レンズ群B2の焦点距離 f_2 で正規化したもので、第2レンズ群B2中の負レンズG2Rnの屈折力配分を示している。

【0044】

条件式(4)の上限を超えて、負レンズG2Rnの屈折力が相対的に弱くなりすぎると、望遠端における焦点距離を長い方へ確保する際、ズーミングに伴う第2レンズ群B2の移動量が増加し、全系が大型化してくる。条件式(4)の下限を超えて、正レンズG2Rnの屈折力が相対的に強くなりすぎると、広角側において非点収差の発生が多くなり、これを補正することが難しくなる。また、広角側において像面湾曲の波長毎のばらつきが増大してくる。

【0045】

条件式(5)は、第1レンズ群B1の正レンズのうち最も物体側の正レンズG1Fpのレンズ形状(シェープファクタ)を規定している。条件式(5)は主に球面収差の発生を抑えつつ、かつコマ収差の発生も抑制するための条件である。条件式(5)の上限を超えて、正レンズG1Fpの物体側のレンズ面の曲率半径が大きくなりすぎると、広角側において球面収差を良好に補正することが困難になる。

【0046】

条件式(5)の下限を超えて、正レンズG1Fpの像側のレンズ面の曲率半径が大きくなりすぎると、正レンズG1Fpで補正しきれずに残存する球面収差を他のレンズで補正しなければならず、第1レンズ群B1のレンズ枚数が増加し、全系が大型化してくる。

【0047】

条件式(6)、(7)は、第1レンズ群B1の正レンズのうち最も物体側の正レンズG1Fpの材料のd線における屈折率とアッペ数を規定している。なお、材料のアッペ数dはフラウンホーファ線のd線、F線、C線における屈折率をNd、NF、NCとすると

$$d = (Nd - 1) / (NF - NC)$$

で定義される。

【0048】

正レンズG1Fpの材料が、条件式(6)、(7)の範囲外となると、球面収差やコマ収差等の単色収差と軸上色収差をバランス良く補正するのが困難になる。

【0049】

条件式(8)、(9)は、第2レンズ群B2の正レンズのうち最も像側の正レンズG2Rpの材料のd線における屈折率とアッペ数を規定している。条件式(8)、(9)は主に第2レンズ群B2のレンズ群内の色消しと第2レンズ群B2の薄型化を図るためのものである。

【0050】

条件式(8)の上限を超えて、正レンズG2Rpの材料の屈折率が高くなりすぎると、像面湾曲の補正が過剰となる。条件式(8)の下限を超えて、正レンズG2Rpの材料の屈折率が低くなると、広角側において非点収差の発生を抑制することが困難となる。また、第2レンズ群B2で所定の屈折力を確保した際、収差補正のため第2レンズ群B2のレンズ枚数が増加してくる。

【0051】

条件式(9)の範囲外になると、第2レンズ群B2内で色消しを行うために、正レンズG2Rpの物体側のレンズ面および像側のレンズ面の曲率半径が小さくなり、コバ厚を確

10

20

30

40

50

保するためにレンズ肉厚が増加し、第2レンズ群B2が大型化してくる。各実施例では第3レンズ群B3と第4レンズ群B4の間を略アフォーカルとなる構成としている。そして、第3レンズ群B3にて合焦動作（フォーカシング）を行うことで、合焦動作に伴う球面収差の変動を抑制している。

【0052】

条件式(10)は、第3レンズ群B3の焦点距離 f_3 と、望遠端における全系の焦点距離 f_T の比を規定している。条件式(10)の上限を超えて第3レンズ群B3の屈折力が弱くなると、レンズ全長が大型化してくる。また、フォーカシングに際し、第3レンズ群B3の移動量が大きくなり、迅速なフォーカシングが難しくなる。条件式(10)の下限値を超えて、第3レンズ群B3の屈折力が強くなりすぎると、全ズーム範囲にわたり球面収差やコマ収差が補正過剰となり、好ましくない。

10

【0053】

条件式(11)は、第1レンズ群B1の焦点距離 f_1 と、広角端における全系の焦点距離 f_W の比を規定している。条件式(11)の上限を超えて第1レンズ群B1の屈折力が小さくなると、高ズーム比化を図るのにレンズ全長を大きくする必要があり、好ましくない。条件式(11)の下限を超えて第1レンズ群B1の屈折力を大きくすると、高ズーム比化およびレンズ全長の短縮には有利だが、球面収差およびコマ収差の補正と色収差の補正との両立が難しく、好ましくない。

【0054】

条件式(12)は、第1レンズ群B1の焦点距離 f_1 と、第4レンズ群B4の焦点距離 f_4 の比を規定している。条件式(12)を満たすことにより、バックフォーカスを所定量確保しつつ、レンズ全長の短縮を図っている。条件式(12)の上限を超えて第1レンズ群の屈折力が小さくなると、軸外収差を軽減することができるが、大口径化を図る際、望遠側において球面収差を補正するのが困難になる。

20

【0055】

条件式(12)の下限を超えて第4レンズ群B4の屈折力が小さくなると、バックフォーカスを所定量確保するのが難しくなり、ズームレンズと撮像素子の間にフィルター等の光学部材を配置することが難しくなる。

【0056】

さらに、条件式(1)と条件式(12)を同時に満足すると、第3レンズ群B3と第4レンズ群B4の間を略アフォーカルとなる屈折力配置が実現しやすく、より好ましい。

30

【0057】

条件式(13)は第2レンズ群B2の変倍分担を規定している。ズーム比3程度のズーム比を容易に実現するためのものである。条件式(13)の上限を超えて、望遠端での第2レンズ群B2の横倍率と広角端での第2レンズ群B2の横倍率の比が大きくなると、ズームに伴う収差変動が大きくなり、ズーム全域で諸収差をバランス良く補正することが困難となる。条件式(13)の下限を超えて、望遠端での第2レンズ群B2の横倍率と広角端での第2群の横倍率の比が小さくなると、所定のズーム比を得ることが難しくなる。

【0058】

条件式(14)は、第3レンズ群B3の正レンズの材料のアッベ数を規定している。第3レンズ群B3が1つの正レンズで構成される場合、条件式(14)の範囲外となる材料は、分散が大きく、ズームに際して色収差の変動を抑制することが困難となる。好ましくは条件式(3)から(13)は、次の条件式を満足すると、好ましい。

40

【0059】

$$\begin{aligned}
 1.1 < f_{1p} / f_1 < 2.0 & \dots (3a) \\
 1.3 < f_{2n} / f_2 < 2.5 & \dots (4a) \\
 -1.5 < (R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12}) < 1.0 & \dots (5a) \\
 1.55 < n_{dp} < 1.85 & \dots (6a) \\
 5.0 < v_{dp} < 7.0 & \dots (7a)
 \end{aligned}$$

50

$$\begin{aligned}
 1.85 < n d 2 p < 2.15 & \dots (8a) \\
 1.6 < d 2 p < 2.5 & \dots (9a) \\
 0.25 < f 3 / f T < 0.90 & \dots (10a) \\
 1.0 < f 1 / f W < 2.8 & \dots (11a) \\
 0.8 < f 1 / f 4 < 2.0 & \dots (12a) \\
 1.6 < 2 T / 2 W < 3.5 & \dots (13a) \\
 4.0 < d 3 < 6.0 & \dots (14a)
 \end{aligned}$$

【0060】

条件式(3a)を満たすことにより、第1レンズ群B1の正レンズのうち最も物体側の正レンズG1Fpの球面収差の補正分担が適正となり、第1レンズ群B1の薄型化が容易になる。条件式(4a)を満たすことにより、望遠端における焦点距離の長焦点化を図りつつ、第2レンズ群B2を薄型化することができ、また、ズーミング時の像面湾曲の変動を軽減するのが容易になる。条件式(5a)を満たすことにより、大口径化を図りつつ球面収差の補正が容易になる。

10

【0061】

条件式(6a)を満たすことにより、第1レンズ群B1の正レンズのうち最も物体側の正レンズG1Fpの薄型化とコマ収差の補正が容易になる。条件式(7a)を満たすことにより、広角側における倍率色収差と望遠側における軸上色収差の補正が容易になる。条件式(8a)を満たすことにより、ズーム中間域において像面湾曲の補正が容易になる。条件式(9a)を満たすことにより、第2レンズ群B2の薄型化とズーミングに伴う倍率色収差を軽減するのが容易になる。

20

【0062】

条件式(10a)を満たすことにより、望遠側において球面収差とコマ収差の補正が容易になり、かつ第3レンズ群B3のレンズ枚数を少なくすることが容易になる。条件式(11a)を満たすことにより、高ズーム比化を図りつつ、大口径化が容易になる。条件式(12a)を満たすことにより、所定の長さのバックフォーカスが容易に得られ、また、ズーミングに伴う倍率色収差の変動を軽減することが容易になる。条件式(13a)を満たすことにより、高ズーム比化と全系の小型化が容易になる。

【0063】

条件式(14a)を満たすことにより、ズーミングに伴う色収差の変動を軽減するのが容易になる。好ましくは条件式(3a)乃至条件式(14a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

30

【0064】

$$\begin{aligned}
 1.2 < f 1 p / f 1 < 1.8 & \dots (3b) \\
 1.6 < f 2 n / f 2 < 2.0 & \dots (4b) \\
 -1.3 < (R 1 1 + R 1 2) / (R 1 1 - R 1 2) < 0.5 & \dots (5b) \\
 1.6 < n d 1 p < 1.7 & \dots (6b) \\
 5.5 < v d 1 p < 6.5 & \dots (7b) \\
 1.90 < n d 2 p < 2.11 & \dots (8b) \\
 1.7 < d 2 p < 2.0 & \dots (9b) \\
 0.30 < f 3 / f T < 0.75 & \dots (10b) \\
 1.1 < f 1 / f W < 2.5 & \dots (11b) \\
 1.0 < f 1 / f 4 < 1.8 & \dots (12b) \\
 1.7 < 2 T / 2 W < 3.0 & \dots (13b) \\
 4.5 < d 3 < 5.5 & \dots (14b)
 \end{aligned}$$

40

【0065】

各実施例では、以上のような構成とすることで広角端および望遠端におけるレンズ全長を短縮しつつ、高ズーム比化を図っている。各実施例では、前述の如く構成することにより、非球面レンズを採用することなく、広角端において像面湾曲を良好に補正している。

【0066】

50

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ビデオカメラの実施例を図 7 を用いて説明する。図 7 において、10 はカメラ本体、11 は実施例 1 乃至実施例 3 で説明したいずれかのズームレンズによって構成された撮影光学系である。12 はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系 11 によって形成された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）である。13 は液晶ディスプレイ等によって構成され、固体撮像素子 12 上に形成された被写体像を観察するためのファインダである。

【0067】

また、本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたネットワークカメラの実施例を図 8 を用いて説明する。図 8 において、20 はカメラ本体、21 は実施例 1 乃至実施例 3 で説明したいずれかのズームレンズによって構成された撮影光学系である。22 はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系 21 によって形成された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）である。このように本発明のズームレンズをデジタルビデオカメラやネットワーク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。

【0068】

尚、各実施例のズームレンズは投射装置（プロジェクタ）用の投射光学系として用いることもできる。

【0069】

以下、実施例 1～3 に対応する数値実施例 1～3 の具体的数値データを示す。各数値実施例において、 i は物体側から数えた面の番号を示す。 r_i は第 i 番目の光学面（第 i 面の曲率半径である。 d_i は第 i 面と第 $(i+1)$ 面との軸上間隔である。 nd_i 、 d_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、アッペ数である。最も像側の 2 つの面はガラスブロック G に相当している。

【0070】

B F は空気換算のバックフォーカスである。また、前述の各条件式と数値実施例との関係を（表 1）に示す。各数値実施例では広角端、中間ズーム位置、望遠端における 3 つの焦点距離における F ナンバー、半画角（度）、像高、レンズ全長、B F 等における値を示している。半画角は光線追跡値による半画角を示す。前述の各条件式とパラメータに対する各実施例との対応を表 1 に示す。

【0071】

[数値実施例 1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	48.534	4.41	1.60311	60.6
2	-780.140	0.20		
3	29.004	1.60	1.84666	23.8
4	19.803	6.79	1.49700	81.5
5	94.554	(可変)		
6	89.689	0.80	1.83481	42.7
7	8.289	2.49	1.95906	17.5
8	13.872	2.28		
9	-17.958	0.70	1.91082	35.3
10	593.130	(可変)		
11	66.485	2.21	1.77250	49.6
12	-42.908	(可変)		
13	24.843	2.13	1.77250	49.6
14	540.505	0.15		

15	16.854	3.67	1.59522	67.7
16	-39.648	0.80	1.92286	18.9
17	30.560	4.00		
18(絞リ)		4.85		
19	43.054	2.50	1.84666	23.8
20	-8.791	0.80	1.80100	35.0
21	7.852	0.85		
22	11.358	1.81	1.63636	35.4
23	-31.736	8.09		
24		2.30	1.51400	70.0
25		1.00		

像面

10

【 0 0 7 2 】

各種データ

ズーム比	2.85		
	広角	中間	望遠
焦点距離	28.14	58.46	80.32
Fナンバー	1.85	1.97	2.40
半画角(度)	6.09	2.94	2.14
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	86.45	86.45	86.45
BF	10.61	10.61	10.61
d 5	11.42	18.92	20.79
d10	16.22	8.47	2.96
d12	5.16	5.42	9.06

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	48.46
2	6	-10.20
3	11	34.06
4	13	29.85
5	24	

30

【 0 0 7 3 】

[数値実施例 2]

単位 mm

40

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	121.088	3.55	1.62299	58.2
2	-96.851	0.20		
3	26.184	1.60	1.84666	23.8
4	17.831	6.30	1.59522	67.7
5	46.571	(可変)		
6	89.099	0.80	1.70154	41.2
7	10.169	2.61	1.95906	17.5
8	14.319	3.68		

50

9	-19.663	0.70	1.83481	42.7
10	-137.956	(可変)		
11	62.462	1.86	1.77250	49.6
12	-71.865	(可変)		
13	25.796	2.35	1.77250	49.6
14	-252.749	0.15		
15	14.752	3.64	1.59522	67.7
16	-57.273	0.80	1.95906	17.5
17	29.095	3.00		
18(絞り)		4.65		
19	21.739	2.15	1.84666	23.8
20	-11.045	0.80	1.77250	49.6
21	5.752	3.64		
22	8.302	2.42	1.48749	70.2
23	-41.192	3.52		
24		2.30	1.51400	70.0
25		1.00		

像面

10

【 0 0 7 4 】

20

各種データ

ズーム比	2.85		
	広角	中間	望遠
焦点距離	21.30	44.06	60.63
Fナンバー	1.85	1.85	1.85
半画角(度)	8.02	3.90	2.83
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	80.04	80.04	80.04
BF	6.04	6.04	6.04

30

d 5	2.66	13.56	16.29
d10	20.60	10.03	2.53
d12	5.86	5.53	10.30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	51.52
2	6	-14.44
3	11	43.52
4	13	28.94
5	24	

40

【 0 0 7 5 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	38.475	5.29	1.60311	60.6

50

2	316.905	0.20		
3	29.758	1.60	1.85478	24.8
4	19.117	7.53	1.49700	81.5
5	65.781	(可変)		
6	53.697	1.00	1.77250	49.6
7	11.008	3.30	1.95906	17.5
8	15.008	5.01		
9	-19.009	0.90	1.83481	42.7
10	-1071.173	(可変)		
11	59.276	5.31	1.80400	46.6
12	-43.689	(可変)		
13	42.239	6.29	1.59522	67.7
14	-27.325	1.10	2.00069	25.5
15	4691.232	0.20		
16	23.613	5.00	1.60311	60.6
17	-86.256	0.90	2.00069	25.5
18	266.706	7.00		
19(絞り)		7.81		
20	13.476	1.69	1.85478	24.8
21	54.125	0.80	1.80610	40.9
22	6.714	1.06		
23	7.379	1.88	1.64769	33.8
24	16.618	5.78		
25		2.30	1.51400	70.0
26		1.00		

像面

【 0 0 7 6 】

各種データ

ズーム比	1.90		
	広角	中間	望遠
焦点距離	48.38	77.46	91.88
Fナンバー	1.34	2.34	2.60
半画角(度)	3.55	2.22	1.87
像高	3.00	3.00	3.00
レンズ全長	104.17	104.17	104.17
BF	8.30	8.30	8.30

d 5	12.67	16.56	17.53
d10	14.81	6.33	2.58
d12	4.53	9.12	11.90

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	55.46
2	6	-13.24
3	11	32.02
4	13	52.60
5	25	

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

【表 1】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3
f_W	28.141	21.299	48.383
f_T	80.317	60.630	91.877
f_1	48.465	51.520	55.458
f_2	-10.201	-14.437	-13.236
f_3	34.057	43.521	32.019
f_4	29.850	28.937	52.600
β_{2W}	-0.706	-0.685	-1.141
β_{2T}	-2.005	-1.934	-1.962
f_{1p}	75.912	86.918	72.095
f_{2n}	-19.126	-27.544	-23.191
(6) n_{d1p}	1.603	1.623	1.603
(7) v_{d1p}	60.64	58.16	60.64
(8) n_{d2p}	1.959	1.959	1.959
(9) v_{d2p}	17.47	17.47	17.47
DS_P	21.424	19.688	21.536
TL	86.452	80.044	104.174
f_W / f_T	2.854	2.847	1.899
(1) f_1 / f_3	1.423	1.184	1.732
(2) DS_P / TL	0.248	0.246	0.207
(3) f_{1p} / f_1	1.566	1.687	1.300
(4) f_{2n} / f_2	1.875	1.908	1.752
(5) $(R_{11} + R_{12}) / (R_{11} - R_{12})$	-0.883	0.111	-1.276
(10) f_3 / f_T	0.424	0.718	0.348
(11) f_1 / f_W	1.722	2.419	1.146
(12) f_1 / f_4	1.624	1.780	1.054
(13) β_{2T} / β_{2W}	2.840	2.823	1.720
(14) v_{d3}	49.6	49.6	46.58

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

B 1 ... 第 1 レンズ群

B 2 ... 第 2 レンズ群

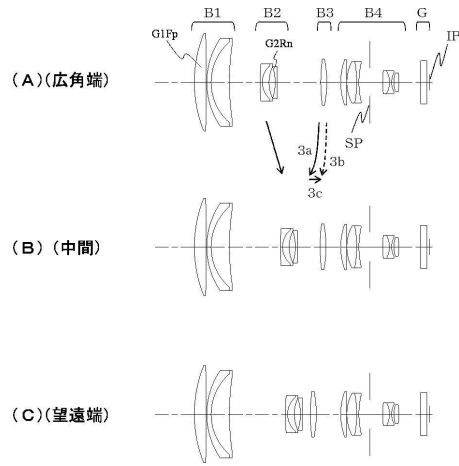
B 3 ... 第 3 レンズ群

B 4 ... 第 4 レンズ群

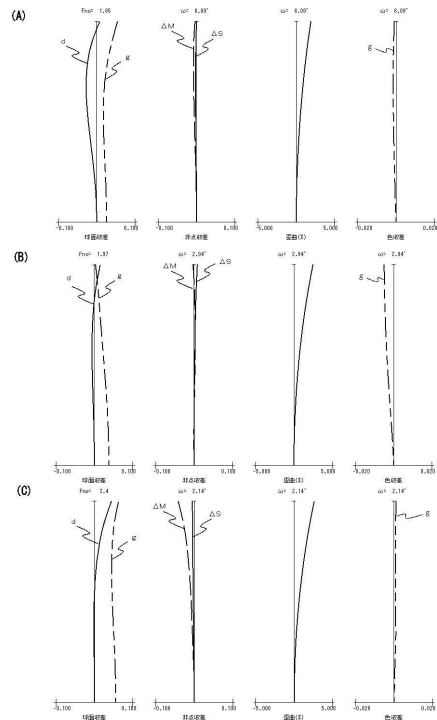
10

20

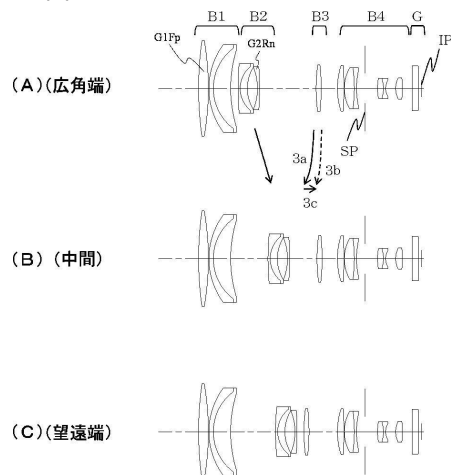
【図 1】



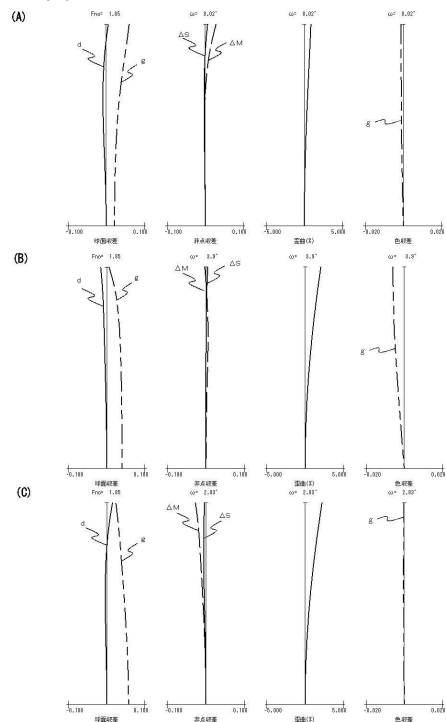
【図 2】



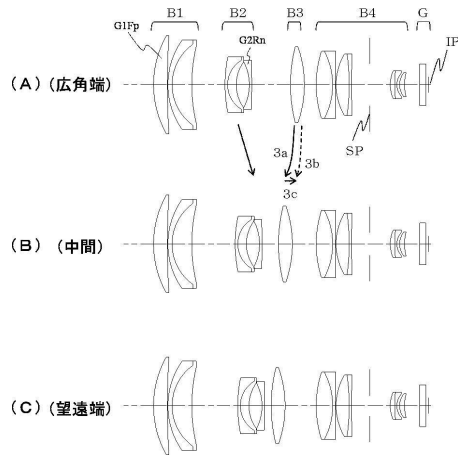
【図 3】



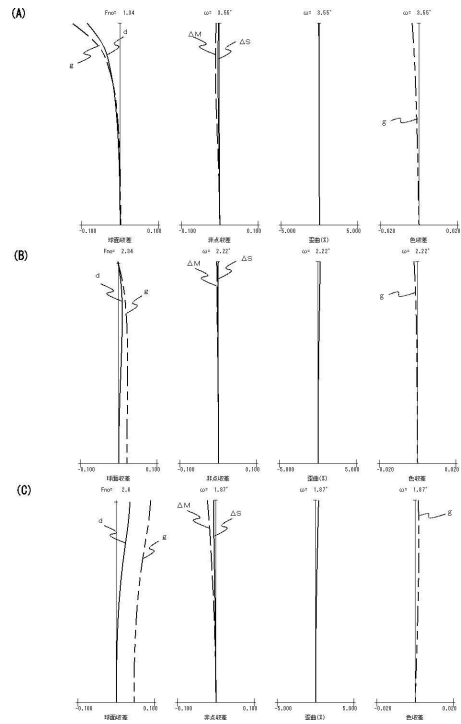
【図 4】



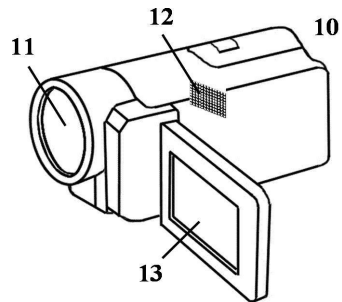
【図 5】



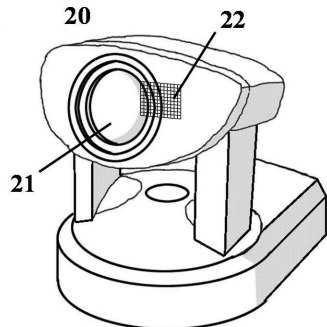
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-027217(JP,A)
特開平01-221715(JP,A)
特開2010-276761(JP,A)
特開2009-036844(JP,A)
特開2000-121939(JP,A)
特開平06-160778(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0303596(US,A1)

(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