

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6230267号
(P6230267)

(45) 発行日 平成29年11月15日(2017.11.15)

(24) 登録日 平成29年10月27日(2017.10.27)

(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 15 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-108836 (P2013-108836)
 (22) 出願日 平成25年5月23日 (2013.5.23)
 (65) 公開番号 特開2014-228734 (P2014-228734A)
 (43) 公開日 平成26年12月8日 (2014.12.8)
 審査請求日 平成28年5月19日 (2016.5.19)

(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 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 中原 誠
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 濱戸 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、複数のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミ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、

前記後群に含まれるレンズ群の中で最も像側に配置された最終レンズ群は負の屈折力を有し、

前記最終レンズ群の焦点距離を f_r 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを $B_f w$ 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を m_1 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を m_2 とするとき、

$$\begin{aligned} 0.04 < |f_r| / f_t & \underline{0.098} \\ 0.20 < B_f w / f_w & < 0.45 \\ 0.0 & |m_2 / m_1| < 0.5 \end{aligned}$$

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】

前記ズームレンズの最も物体側のレンズ面から像面までの望遠端における光軸上の距離を $T D_t$ とするとき、

$$0.5 < T D_t / f_t < 1.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

10

20

【請求項 3】

広角端において無限遠にフォーカスしているときにおける射出瞳位置から像面までの距離を E_p とするとき、

$$0.55 < |E_p / f_w| < 4.00$$

なる条件式を満足する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。

【請求項 4】

広角端において無限遠にフォーカスしているときにおける前記最終レンズ群の横倍率を r_w とするとき、

$$1.2 < r_w < 2.2$$

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。 10

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側の面が凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより構成され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 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズとを接合した接合レンズ、両凹形状の負レンズより構成され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】

前記後群は、フォーカシングに際して移動するフォーカス群を有し、該フォーカス群は、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズから構成され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。 20

【請求項 8】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、負の屈折力の第 6 レンズ群より構成される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。

【請求項 9】

無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、前記第 4 レンズ群は像側へ移動することを特徴とする請求項 8 に記載のズームレンズ。 30

【請求項 10】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群、前記第 5 レンズ群、前記第 6 レンズ群は物体側へ移動し、

ズーミングに際して前記第 2 レンズ群は不動であることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群、前記第 3 レンズ群、前記第 4 レンズ群、前記第 5 レンズ群、前記第 6 レンズ群は物体側へ移動し、前記第 2 レンズ群は像側へ移動することを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

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、複数のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミ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、

前記第 1 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側の面が凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記後群に含まれるレンズ群の中で最も像側に配置された最終レンズ群は負の屈折力を有し、

前記最終レンズ群の焦点距離を f_r 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを B

10

20

30

40

50

F w、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量をm1、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量をm2とするとき、

$$\begin{aligned} 0.04 < |f_r| / f_t < 0.11 \\ 0.20 < B F_w / f_w < 0.45 \\ 0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \end{aligned}$$

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13】

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、複数のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミ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、

10

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズとを接合した接合レンズ、両凹形状の負レンズより構成され、

前記後群に含まれるレンズ群の中で最も像側に配置された最終レンズ群は負の屈折力を有し、

前記最終レンズ群の焦点距離をf_r、広角端における全系の焦点距離をf_w、望遠端における全系の焦点距離をf_t、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスをB F_w、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量をm1、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量をm2とするとき、

$$\begin{aligned} 0.04 < |f_r| / f_t < 0.11 \\ 0.20 < B F_w / f_w < 0.45 \\ 0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

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14】

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、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群より構成され、ズーミ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、前記第6レンズ群の焦点距離をf_r、広角端における全系の焦点距離をf_w、望遠端における全系の焦点距離をf_t、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスをB F_w、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量をm1、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量をm2とするとき、

30

$$\begin{aligned} 0.04 < |f_r| / f_t < 0.11 \\ 0.20 < B F_w / f_w < 0.45 \\ 0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \end{aligned}$$

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15】

請求項1乃至14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撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

40

【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、例えばビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、監視カメラ、フィルム用カメラ、放送用カメラ等の撮像装置の撮像光学系として好適に用いられるものである。

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置の小型化、高性能化に伴いそれに用いるズームレンズは、高ズーム比で全系が小型であり、しかも高い光学性能を有することが要求されている。一般にズームレ

50

ンズの小型化を図りつつ、且つ高いズーム比を得るためにズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めればよい。しかしながら単に各レンズ群の屈折力を強めると光学性能が劣化してくる。また高い光学性能を維持するためには各レンズ群に所定数以上のレンズを用いれば良いが、このように構成すると全系の小型化が困難になる。

【0003】

全系の小型化を図りつつ、高ズーム比を実現することが容易なズームレンズとして最も物体側のレンズ群が正の屈折力より成るポジティブリード型のズームレンズが知られている。ポジティブリード型のズームレンズは、バックフォーカスを短くし、レンズ全長を短くすることが容易である。

【0004】

従来、ポジティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に正、負、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群より成る6群ズームレンズが知られている（特許文献1乃至3）。特許文献1乃至3では、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔を変えるようにレンズ群を移動した高ズーム比のズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-192858号公報

【特許文献2】特開2008-304857号公報

【特許文献3】特開平11-174324号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

近年、撮像装置に用いられるズームレンズの多くには、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有し、しかも全系が小型で高ズーム比であることが強く求められている。このようなズームレンズを得るためにズームタイプ及びズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）やズーミングに際してのレンズ群の移動量等を適切に設定することが重要になってくる。

【0007】

20

例えは前述した6群ズームレンズでは、ズーミングに伴う第1レンズ群の移動量や第2レンズ群の移動量、第6レンズ群の焦点距離や広角端と望遠端における全系の焦点距離、そしてバックフォーカス等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成を適切に設定しないと、全系が小型化で、しかも高ズーム比のズームレンズを得るのが難しくなってくる。

【0008】

本発明は、高ズーム比で小型のズームレンズ及びそれを有する撮像装置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】

【0009】

40

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、複数のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミ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つて、

前記後群に含まれるレンズ群の中で最も像側に配置された最終レンズ群は負の屈折力を有し、

前記最終レンズ群の焦点距離を f_r 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを B_Fw 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を m_1 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を m_2 とするとき、

50

$$\begin{array}{l} 0.04 < |f_r| / f_t < 0.098 \\ 0.20 < B_F w / f_w < 0.45 \\ 0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \end{array}$$

なる条件式を満足する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、複数のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミ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、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側の面が凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記後群に含まれるレンズ群の中で最も像側に配置された最終レンズ群は負の屈折力を有し、

前記最終レンズ群の焦点距離を f_r 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを $B_F w$ 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を m_1 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を m_2 とするとき、

$$\begin{array}{l} 0.04 < |f_r| / f_t < 0.11 \\ 0.20 < B_F w / f_w < 0.45 \\ 0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \end{array}$$

なる条件式を満足する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、複数のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミ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、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズとを接合した接合レンズ、両凹形状の負レンズより構成され、

前記後群に含まれるレンズ群の中で最も像側に配置された最終レンズ群は負の屈折力を有し、

前記最終レンズ群の焦点距離を f_r 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを $B_F w$ 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を m_1 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を m_2 とするとき、

$$\begin{array}{l} 0.04 < |f_r| / f_t < 0.11 \\ 0.20 < B_F w / f_w < 0.45 \\ 0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \end{array}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

る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、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群より構成され、ズーミ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、前記第6レンズ群の焦点距離を f_r 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端における前記ズームレンズのバックフォーカスを $B_F w$ 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を m_1 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を m_2 とするとき、

$$\begin{array}{l} 0.04 < |f_r| / f_t < 0.11 \\ 0.20 < B_F w / f_w < 0.45 \\ 0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \end{array}$$

10

20

30

40

50

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、高ズーム比で小型のズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の実施例1の広角端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 本発明の実施例1の広角端と望遠端における縦収差図

【図3】本発明の実施例2の広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B) 本発明の実施例2の広角端と望遠端における縦収差図

10

【図5】本発明の実施例3の広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B) 本発明の実施例3の広角端と望遠端における縦収差図

【図7】本発明の実施例4の広角端におけるレンズ断面図

【図8】(A)、(B) 本発明の実施例4の広角端と望遠端における縦収差図

【図9】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】

【0012】

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。ズームレンズとして、望遠系（望遠型）のズームレンズは、望遠端における焦点距離が長いことから、レンズ全長（最も物体側のレンズ面から像面までの距離）が長くなりやすい。そのため、最も物体側に正の屈折力（焦点距離の逆数）のレンズ群を配置し、最も像側に負の屈折力のレンズ群を配置している。これにより、望遠端におけるレンズ全長が望遠端における全系の焦点距離より短くなるように構成している。

20

【0013】

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、複数のレンズ群を含む後群より構成されている。後群に含まれるレンズ群の中で最も像側の最終レンズ群は負の屈折力である。隣り合うレンズ群の間隔を変えてズーミングを行っている。

【0014】

図1は実施例1のズームレンズの広角端（短焦点距離端）におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)は、それぞれ実施例1のズームレンズの広角端と、望遠端（長焦点距離端）における縦収差図である。実施例1のズームレンズはズーム比4.38、Fナンバー4.68～6.55である。図3は実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)は、それぞれ実施例2のズームレンズの広角端と、望遠端における縦収差図である。実施例2のズームレンズは、ズーム比5.11、Fナンバー4.68～6.55である。

30

【0015】

図5は実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)は、それぞれ実施例3のズームレンズの広角端と、望遠端における縦収差図である。実施例3のズームレンズは、ズーム比5.58、Fナンバー4.68～7.00である。図7は実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)は、それぞれ実施例4のズームレンズの広角端と、望遠端における縦収差図である。実施例4のズームレンズは、ズーム比4.24、Fナンバー4.68～6.55である。図9は本発明のズームレンズを備えるデジタルカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

40

【0016】

各実施例のズームレンズは、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置（光学装置）に用いられる撮像光学系である。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。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクター等の投射レンズとして用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。レンズ断面図において、 i は物体側からのレンズ群の順番を示し、 L_i は第*i*レ

50

ンズ群である。

【0017】

具体的には L_1 は正の屈折力（光学的パワー = 焦点距離の逆数）の第1レンズ群、 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_R は複数のレンズ群を有する後群である。 L_r は後群 L_R の一部を構成する負の屈折力の最終レンズ群、 L_f は後群 L_R の一部を構成する負の屈折力のフォーカスレンズ群である。ここでレンズ群とはズーミング又はフォーカシングの際に変化する光軸方向に沿ったレンズ間隔によって分けられる部分系をいう。

【0018】

S_P は開口絞り（Fナンバー決定絞り）であり、第3レンズ群 L_3 の物体側に配置されている。 I_P は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮像光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれている。又、銀塩フィルム用のカメラの撮像光学系として使用する際には、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における各レンズ群の移動軌跡を示している。Focusに関する矢印は無限遠から至近距離へのフォーカシングに際してのレンズ群の移動方向を示している。

10

【0019】

球面収差図において実線と2点鎖線は各々 d 線（波長 587.6 nm）と g 線（波長 435.8 nm）である。非点収差図において点線と実線は各々メリディオナル像面、サジタル像面である。歪曲は d 線について示している。倍率色収差は g 線によって表わしている。 α は半画角（度）、 $F_n o$ は F ナンバーである。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群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。

20

【0020】

各実施例において最終レンズ群 L_R の焦点距離を f_r 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、望遠端における全系の焦点距離を f_t 、広角端におけるズームレンズのバックフォーカスを $B F_w$ とする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群 L_1 の移動量を m_1 、広角端から望遠端へのズーミングにおける第2レンズ群 L_2 の移動量を m_2 とする。このとき、

$$0.04 < |f_r| / f_t < 0.11 \quad \dots (1)$$

30

$$0.20 < B F_w / f_w < 0.45 \quad \dots (2)$$

$$0.0 |m_2 / m_1| < 0.5 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足している。

【0021】

ここで広角端から望遠端へのズーミングにおける移動量とは広角端におけるレンズ群の光軸上の位置と望遠端におけるレンズ群の光軸上の位置の差をいう。移動量の符号はレンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とする。

【0022】

次に前述の条件式（1）乃至条件式（3）の技術的意味について説明する。条件式（1）は、望遠端における全系の焦点距離に対する最終レンズ群 L_r の焦点距離の比を適切にするためのものである。条件式（1）の上限を超えて最終レンズ群 L_r の焦点距離の絶対値が大きくなると、即ち負の屈折力が弱くなりすぎると、望遠端における全系の焦点距離に対するレンズ全長が長くなり、全系の小型化が困難になる。

40

【0023】

ここでレンズ全長とは第1レンズ面から最終レンズ面までの距離にバックフォーカスを加えた値である。即ち最も物体側のレンズ面から像面までの距離である。逆に、条件式（1）の下限を超えて最終レンズ群 L_r の焦点距離の絶対値が小さくなると、即ち負の屈折力が強くなりすぎると、ズーミングに際して収差変動が大きくなると共に偏心敏感度も大きくなり、生産の安定性が低下する。

【0024】

50

条件式(2)は、広角端における全系の焦点距離に対する広角端におけるバックフォーカスの比を適切にするためのものである。条件式(2)の上限を超えて広角端におけるバックフォーカスが長くなりすぎると、レンズ全長が長くなり、全系の小型化が困難になってしまう。条件式(2)の下限を超えて広角端におけるバックフォーカスが短くなりすぎると、像面への軸外光線の入射角が大きくなり、画面周辺部に到達すべき光束が受光素子(撮像素子)上に達することが少なくなり、シェーディングが多く発生してくる。また最終レンズ群L_rのレンズ有効径が増大してくる。

【0025】

条件式(3)は、ズーミングにおける第1レンズ群L₁に対する第2レンズ群L₂の光軸方向の移動量の比に関するものである。条件式(3)の上限を超えると、ズーミングにおける第2レンズ群L₂の移動量が大きくなりすぎて鏡筒構造が複雑化し、全系の小型化が困難になる。また、第2レンズ群L₂のレンズ有効径が増大してくる。条件式(3)の下限値0はズーミングに際して第2レンズ群L₂が不動又は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L₂が往復移動することを意味する。

【0026】

各実施例において、更に好ましくは条件式(1)乃至条件式(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0027】

$$0.06 < |f_r| / f_t < 0.10 \quad \dots \quad (1a)$$

$$0.22 < B_F w / f_w < 0.40 \quad \dots \quad (2a)$$

$$0.0 |m_2 / m_1| < 0.3 \quad \dots \quad (3a)$$

この他、条件式(1)は後述する実施例4の数値に基づいて

$$0.04 < |f_r| / f_t < 0.098 \quad \dots \quad (1x)$$

とするのが良い。

各実施例において、最も物体側のレンズ面から像面までの望遠端における光軸上の距離(レンズ全長)をT_Dtとする。広角端において無限遠にフォーカスしているときにおける射出瞳位置から像面までの距離をE_pとする。広角端において無限遠にフォーカスしているときにおける最終レンズ群L_rの横倍率をr_w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。

【0028】

$$0.5 < T_D t / f_t < 1.0 \quad \dots \quad (4)$$

$$0.55 < |E_p / f_w| < 4.00 \quad \dots \quad (5)$$

$$1.2 < r_w < 2.2 \quad \dots \quad (6)$$

結像位置から射出瞳位置までの距離の符号は結像位置から像側方向に測ったときを正、物体側方向に測ったときを負とする。

【0029】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(4)は望遠端における全系の焦点距離に対する望遠端におけるレンズ全長の比を適切にするためのものである。条件式(4)の上限を超えて望遠端におけるレンズ全長が長過ぎると、望遠端における軸上色収差の補正が困難となり好ましくない。条件式(4)の下限を超えて望遠端におけるレンズ全長が短過ぎると、ズーミングの際の移動レンズ群の移動量を確保するのが困難となり、またズーム全域にわたってコマ収差を良好に補正することが困難となる。

【0030】

条件式(5)は広角端における全系の焦点距離に対する結像位置(像面)から射出瞳位置までの距離の比を適切にするためのものである。条件式(5)の上限を超えると、レンズ全長が増大して全系の小型化が困難になる。また条件式(5)の下限を超えると、像面への軸外光線の入射角が大きくなり、画面周辺部に到達すべき光束が受光素子上に達することが少なくなり、シェーディングが多く発生してくる。また最終レンズ群L_rのレンズ有効径が増大してくる。

【0031】

10

20

30

40

50

条件式(6)は、最終レンズ群 L_r の広角端における横倍率に関し、特に像面湾曲を良好に補正するためのものである。条件式(6)の下限値を下回ると、最終レンズ群 L_r の負の屈折力が弱まりすぎて、ズーミングに際しての移動量が大きくなり全系の小型化が困難になる。

【0032】

一方、上限値を上回ると、最終レンズ群 L_r の負のパワーが強まりすぎて、ズーミングに際して像面湾曲の変動が増大し、これを軽減するのが困難となる。更に好ましくは条件式(4)乃至条件式(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0033】

$$\begin{aligned} 0.6 < T D_t / f_t < 0.8 & \cdots (4a) \\ 0.59 < |E_p / f_w| < 3.50 & \cdots (5a) \\ 1.6 < r_w < 1.9 & \cdots (6a) \end{aligned}$$

10

各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群 L_1 、負の屈折力の第2レンズ群 L_2 、正の屈折力の第3レンズ群 L_3 、複数のレンズ群を含む後群 L_R より構成されている。そして、物体側から像側へ順に、後群 L_R は負の屈折力の第4レンズ群 L_4 、正の屈折力の第5レンズ群 L_5 、負の屈折力の第6レンズ群 L_6 より構成されている。そして無限遠から近距離へのフォーカシングに際して、第4レンズ群 L_4 は像側へ移動する。

【0034】

ここで第4レンズ群 L_4 はフォーカスレンズ群 L_f 、第6レンズ群 L_6 は最終レンズ群 L_r である。

20

【0035】

図1の実施例1では、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群 L_1 、第3レンズ群 L_3 乃至第6レンズ群 L_6 は物体側へ移動し、ズーミングに際して第2レンズ群 L_2 は不動である。図3の実施例2、図5の実施例3、図7の実施例4では広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群 L_1 、第3レンズ群 L_3 乃至第6レンズ群 L_6 は物体側へ移動し、第2レンズ群 L_2 は像側へ移動する。

【0036】

各実施例において各レンズ群は、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群 L_1 と第2レンズ群 L_2 との間隔が大きい。そして第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 との間隔が小さくなるように少なくとも第1レンズ群 L_1 と第3レンズ群 L_3 が移動している。また、最も物体側に正の屈折力の第1レンズ群 L_1 を配置し、最も像側に負の屈折力の最終レンズ群 L_r を配置することにより、望遠端におけるレンズ全長が望遠端における全系の焦点距離より短くなるような屈折力配置としている。

30

【0037】

最終レンズ群 L_r は1以上の非球面を有している。これにより、広角端における歪曲収差等を良好に補正している。第1レンズ群 L_1 は、物体側から像側へ順に配置された、物体側の面が凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより構成される。これによりコマ収差や望遠端において球面収差等を良好に補正している。物体側から像側へ順に、第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負レンズと物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズとを接合した接合レンズ、両凹形状の負レンズより構成される。

40

【0038】

これにより、広角端から望遠端へのズーミングに伴う収差変動を軽減している。後群 L_R はフォーカシングに際して移動するフォーカス群 L_f を有し、フォーカス群 L_f は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズから構成される。これにより、フォーカシングに伴う収差変動を軽減している。また、フォーカスレンズ群のレンズ枚数が少ないとにより、より素早いフォーカシングを容易にしている。

【0039】

各実施例において、任意のレンズ群、又はレンズ群の一部を光軸に対して垂直方向の成

50

分を持つように移動させてズームレンズが振動したときの像ぶれを補正するようにしても良い。これによれば、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うことができて、光学系全体が大型化するのを防止することができる。

【 0 0 4 0 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【 0 0 4 1 】

次に本発明の光学系を用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）の実施例を図9を用いて説明する。

【 0 0 4 2 】

図9において、20はカメラ本体、21は本発明のズームレンズによって構成された撮像光学系である。22はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系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）、23は固体撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22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。

【 0 0 4 3 】

以下に、実施例1乃至4に各々対応する数値実施例1乃至4を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順番を示し、riは第i番目（第i面）の曲率半径である。diは第i面と第i+1面との間の間隔である。ndi、diはそれぞれd線を基準とした材料の屈折率、アッペ数を示す。BFはバックフォーカスである。*はその面が非球面であることを示す。非球面データには、非球面を次式で表した場合の非球面係数を示す。

【 0 0 4 4 】

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2} + B \cdot h^4 + C \cdot h^6 + D \cdot h^8 + E \cdot h^{10} + F \cdot h^{12}]$$

但し、xは光軸方向の基準面からの変位量、hは光軸に対して垂直な方向の高さ、Rはベースとなる2次曲面の半径、B、C、D、E、Fはそれぞれ4次、6次、8次、10次、12次の非球面係数である。尚、「e-Z」の表示は「10-Z」を意味する。又前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

【 0 0 4 5 】

（数値実施例1）

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	74.626	3.35	1.48749	70.2
2	-3502.694	0.15		
3	64.812	1.50	1.80610	33.3
4	39.213	4.40	1.49700	81.5
5	225.696	(可変)		
6	-189.821	1.00	1.83481	42.7
7	18.632	2.58	1.84666	23.9
8	110.570	0.44		
9	-227.719	0.90	1.83481	42.7
10	60.720	(可変)		
11(絞り)		1.49		
12	66.553	1.84	1.71700	47.9

10

20

30

40

50

13	-99.994	0.15			
14	28.617	2.92	1.49700	81.5	
15	-41.165	0.90	1.90366	31.3	
16	134.312	13.29			
17	36.398	0.80	1.90366	31.3	
18	17.303	2.49	1.48749	70.2	
19	-51.697	0.09			
20	20.513	1.77	1.57099	50.8	
21	252.272	(可変)			
22	40.251	1.61	1.84666	23.9	10
23	-46.548	0.70	1.80400	46.6	
24	11.884	(可変)			
25	138.781	2.65	1.61293	37.0	
26	-20.082	(可変)			
27*	-14.082	1.74	1.52996	55.8	
28	-14.063	0.50			
29	-12.538	1.00	1.88100	40.1	
30	-55.370	(可変)			

像面

20

非球面データ

第27面

K = 0.00000e+000 B= 1.21278e-004 C= 3.68674e-007 D= 5.55857e-009 E=-6.10804
e-011 F= 3.75229e-013

各種データ

ズーム比	4.38				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	55.05	135.00	241.30		
Fナンバー	4.68	5.50	6.55		30
半画角(度)	13.94	5.78	3.24		
像高	13.66	13.66	13.66		
レンズ全長	100.06	139.46	151.18		
BF	13.40	25.43	39.25		
d 5	1.39	40.79	52.52		
d10	16.84	11.46	1.03		
d21	6.66	3.55	0.66		
d24	9.58	7.07	6.49		
d26	3.93	2.89	2.99		40
d30	13.40	25.43	39.25		

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	108.50	9.40	-0.93	-7.01	
2	6	-34.23	4.91	2.15	-0.69	
3	12	24.12	24.25	17.26	-11.06	
4	22	-22.78	2.31	1.93	0.61	
5	25	28.80	2.65	1.44	-0.21	50

6	27	-18.39	3.24	0.66	-1.47
---	----	--------	------	------	-------

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

1	1	149.93			
2	3	-126.47			
3	4	94.75			
4	6	-20.28			
5	7	26.13			
6	9	-57.34			10
7	12	55.99			
8	14	34.44			
9	15	-34.78			
10	17	-37.23			
11	18	26.91			
12	20	39.00			
13	22	25.71			
14	23	-11.71			
15	25	28.80			
16	27	600.00			20
17	29	-18.60			

【 0 0 4 6 】

(数値実施例 2)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	82.625	3.90	1.48749	70.2	30
2	1831.955	0.15			
3	69.057	1.50	1.80610	33.3	
4	44.848	5.57	1.43875	94.9	
5	346.781	(可変)			
6	797.599	1.00	1.83481	42.7	
7	16.624	3.00	1.84666	23.9	
8	67.210	0.88			
9	-126.265	0.90	1.83481	42.7	
10	66.563	(可変)			
11(絞り)		1.00			40
12	73.685	2.07	1.67790	50.7	
13	-76.129	0.15			
14	32.143	3.14	1.49700	81.5	
15	-41.471	0.90	1.90366	31.3	
16	187.102	18.56			
17	37.488	0.80	1.90366	31.3	
18	18.281	2.58	1.48749	70.2	
19	-60.638	0.09			
20	20.719	1.88	1.51742	52.4	
21	285.808	(可変)			50

22	31.504	1.53	1.84666	23.9
23	-205.208	0.70	1.80400	46.6
24	12.071	(可変)		
25	134.017	2.67	1.64769	33.8
26	-22.621	(可変)		
27*	-16.274	2.39	1.58313	59.4
28	-12.792	0.47		
29	-11.921	1.00	1.88300	40.8
30	-81.128	(可変)		

像面

10

非球面データ

第27面

K = 0.00000e+000 B= 9.39256e-005 C= 6.96473e-007 D=-1.32339e-008 E= 2.20766
e-010 F=-1.17233e-012

各種データ

ズーム比	5.11			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	56.90	199.84	291.00	20
Fナンバー	4.68	5.88	6.55	
半画角(度)	13.50	3.91	2.69	
像高	13.66	13.66	13.66	
レンズ全長	110.12	167.42	175.23	
BF	13.45	31.58	40.22	
d 5	1.06	57.15	64.80	
d10	16.30	7.91	1.08	
d21	7.59	2.76	0.50	
d24	10.55	8.44	8.94	30
d26	4.35	2.76	2.86	
d30	13.45	31.58	40.22	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置	
1	1	125.03	11.13	-0.88	-8.27	
2	6	-33.14	5.78	3.06	-0.49	
3	12	27.69	30.15	22.57	-15.57	
4	22	-26.78	2.23	2.17	0.88	40
5	25	30.08	2.67	1.39	-0.24	
6	27	-18.64	3.86	0.90	-1.55	

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離	
1	1	177.37	
2	3	-163.22	
3	4	116.74	
4	6	-20.35	
5	7	25.40	50

6	9	-52.10		
7	12	55.54		
8	14	36.96		
9	15	-37.50		
10	17	-40.28		
11	18	29.13		
12	20	43.07		
13	22	32.35		
14	23	-14.16		
15	25	30.08		10
16	27	81.82		
17	29	-15.93		

【 0 0 4 7 】

(数値実施例 3)

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	85.126	5.98	1.48749	70.2	20
2	2347.808	0.15			
3	85.787	1.50	1.83481	42.7	
4	50.058	6.71	1.43875	94.9	
5	205.241	(可変)			
6	135.699	1.00	1.83481	42.7	
7	23.452	4.40	1.84666	23.8	
8	62.761	1.72			
9	-102.013	0.90	1.83481	42.7	
10	117.354	(可変)			30
11(絞り)		0.5			
12	118.335	2.56	1.72000	42.0	
13	-66.578	0.15			
14	43.464	4.12	1.49700	81.5	
15	-53.632	0.90	1.90366	31.3	
16	177.008	37.06			
17	33.316	0.80	1.90366	31.3	
18	19.543	2.51	1.51633	64.1	
19	-134.587	0.10			
20	26.552	1.75	1.48749	70.2	40
21	249.559	(可変)			
22	35.046	1.51	1.84666	23.8	
23	-1546.909	0.70	1.80400	46.6	
24	13.712	(可変)			
25	-213.705	2.54	1.66680	33.0	
26	-23.216	(可変)			
27	-41.175	2.89	1.62004	36.3	
28	-15.529	0.33			
29*	-12.348	1.00	1.85135	40.1	
30*	-319.187	(可変)			50

像面

非球面データ

第29面

K = 0.00000e+000 B= 9.50033e-005 C=-3.06394e-007 D= 1.39818e-009 E= 9.91988
e-011 F=-6.65767e-013

第30面

K = 0.00000e+000 B= 3.66077e-005 C=-5.79961e-007 D= 4.09930e-009 E= 2.56446
e-011 F=-2.64714e-013

10

各種データ

ズーム比 5.58

	広角	中間	望遠
焦点距離	69.59	251.52	388.00
Fナンバー	4.68	6.30	7.00
半画角(度)	11.11	3.11	2.02
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	155.01	227.97	240.02
BF	15.81	37.15	46.87

20

d 5	1.20	78.32	92.00
d10	31.79	13.11	2.78
d21	6.98	3.21	0.49
d24	14.67	12.15	13.24
d26	2.80	2.25	2.87
d30	15.81	37.15	46.87

ズームレンズ群データ

30

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	184.84	14.33	-3.70	-13.05
2	6	-45.87	8.02	5.28	0.03
3	12	41.91	49.95	49.87	-32.94
4	22	-30.54	2.21	2.16	0.89
5	25	38.85	2.54	1.70	0.18
6	27	-24.10	4.22	1.58	-1.02

単レンズデータ

レンズ 始面 焦点距離

40

1	1	181.03
2	3	-146.78
3	4	148.93
4	6	-34.10
5	7	42.07
6	9	-65.25
7	12	59.52
8	14	49.00
9	15	-45.46
10	17	-53.79

50

11	18	33.23
12	20	60.80
13	22	40.49
14	23	-16.90
15	25	38.85
16	27	38.55
17	29	-15.11

【 0 0 4 8 】

(数値実施例 4)

10

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	61.348	3.49	1.48749	70.2
2	492.286	0.15		
3	66.214	1.50	1.83481	42.7
4	37.963	4.81	1.43875	94.9
5	376.242	(可変)		
6	314.076	1.00	1.88300	40.8
7	17.991	2.50	1.84666	23.8
8	75.636	0.69		
9	-122.939	0.90	1.88300	40.8
10	161.288	(可変)		
11(絞り)		0.5		
12	132.445	1.75	1.75500	52.3
13	-63.955	0.15		
14	33.169	2.93	1.43875	94.9
15	-30.691	0.90	1.91082	35.3
16	443.743	16.07		
17	33.329	0.80	1.90200	25.1
18	18.113	2.48	1.54072	47.2
19	-46.475	0.09		
20	24.729	1.56	1.61800	63.3
21	187.706	(可変)		
22	58.525	1.66	1.90366	31.3
23	-27.075	0.70	1.77250	49.6
24	11.065	(可変)		
25	90.157	2.17	1.62004	36.3
26	-31.492	(可変)		
27	-42.983	3.31	1.57501	41.5
28	-12.307	0.09		
29*	-10.447	1.00	1.80139	45.5
30*	-476.091	(可変)		

像面

非球面データ

第29面

K = 0.00000e+000 B= 1.39915e-004 C= 1.42394e-007 D= 1.66496e-009 E=-5.14069
 e-012 F= 4.84087e-013

10

20

30

40

50

第30面

K = 0.00000e+000 B= 3.17559e-005 C=-2.53064e-007 D= 4.34632e-010 E= 5.56696
e-012 F=-7.66324e-014

各種データ

ズーム比	4.24		
	広角	中間	望遠
焦点距離	56.90	140.00	241.30
Fナンバー	4.68	5.88	6.55
半画角(度)	13.50	5.57	3.24
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	99.97	142.32	160.09
BF	13.47	24.41	32.10
d5	0.98	41.58	58.71
d10	16.10	8.36	0.70
d21	7.58	4.40	0.83
d24	7.75	10.94	14.51
d26	2.90	1.45	2.05
d30	13.47	24.41	32.10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	122.20	9.94	-1.58	-8.12
2	6	-43.23	5.08	2.49	-0.56
3	12	24.29	26.73	20.84	-9.68
4	22	-20.79	2.36	1.75	0.45
5	25	37.90	2.17	1.00	-0.35
6	27	-23.69	4.40	1.53	-1.17

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	143.38
2	3	-109.22
3	4	95.82
4	6	-21.65
5	7	27.34
6	9	-78.89
7	12	57.34
8	14	36.85
9	15	-31.49
10	17	-45.11
11	18	24.43
12	20	45.92
13	22	20.67
14	23	-10.09
15	25	37.90
16	27	28.85
17	29	-13.34

【0049】

【表1】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1)	0.076	0.064	0.062	0.098
(2)	0.243	0.236	0.227	0.237
(3)	0.000	0.021	0.068	0.040
(4)	0.633	0.607	0.622	0.670
(5)	0.599	0.615	0.650	0.591
(6)	1.804	1.805	1.698	1.618

【符号の説明】

【0050】

S P : 絞り

I P : 撮像面

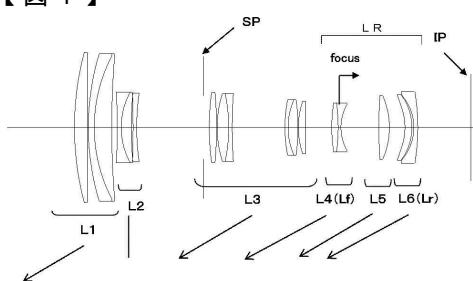
L 1 ~ L 6 : 第1レンズ群 ~ 第6レンズ群

L r : 最終レンズ群

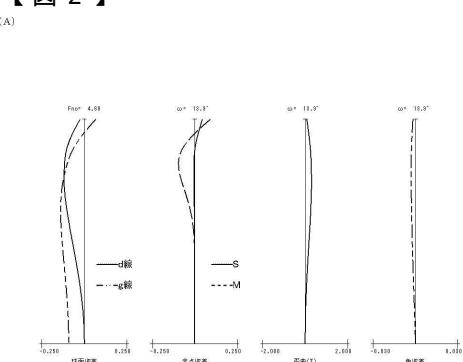
L f : フォーカスレンズ群

S P : 開口絞り

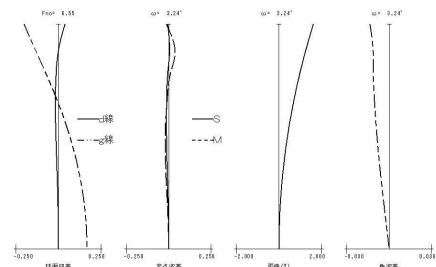
【図1】



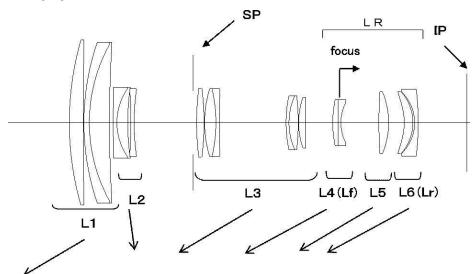
【図2】



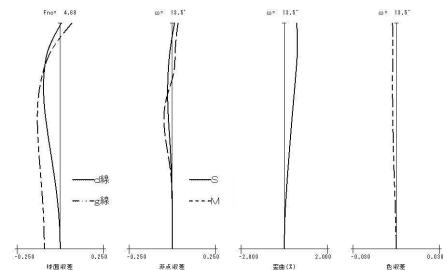
(B)



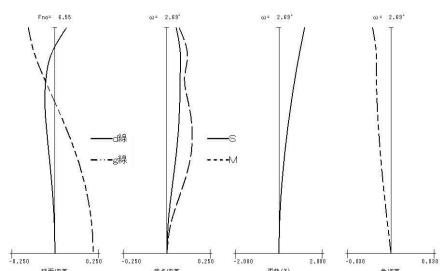
【図3】



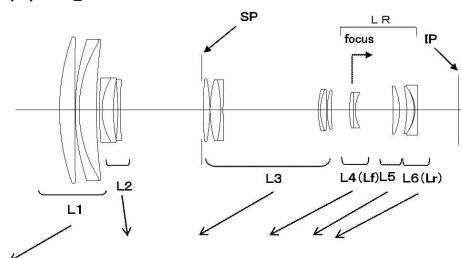
【図4】



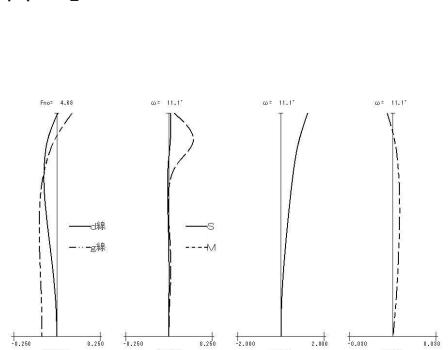
(B)



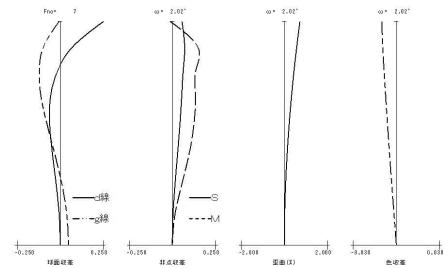
【図5】



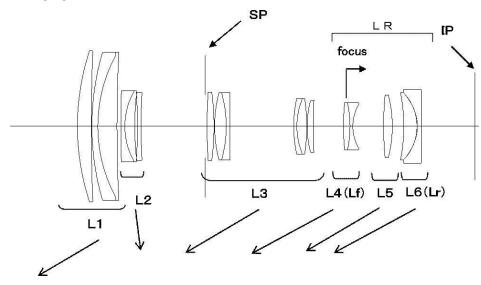
【図6】



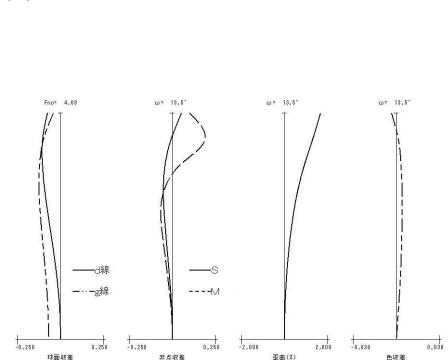
(B)



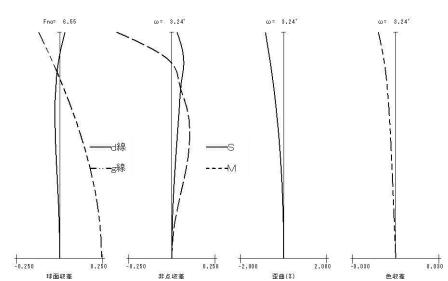
【図7】



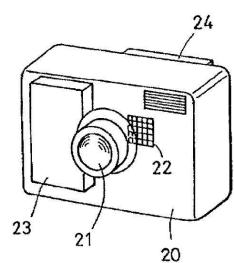
【図8】



(B)



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-202201(JP, A)
特開平04-293007(JP, A)
特開2005-352265(JP, A)
特開平03-225308(JP, A)
特開平11-084240(JP, A)

(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