

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5773793号
(P5773793)

(45) 発行日 平成27年9月2日 (2015.9.2)

(24) 登録日 平成27年7月10日 (2015.7.10)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/20 (2006.01)

GO 3 B 17/17 (2006.01)

GO 2 B 15/20

GO 3 B 17/17

請求項の数 14 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2011-170956 (P2011-170956)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成23年8月4日 (2011.8.4)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-37064 (P2013-37064A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成25年2月21日 (2013.2.21)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成26年7月28日 (2014.7.28)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	岡田 隆志
			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	森内 正明

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、光路折り曲げ用の光学素子、2つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズーミングに際し、前記光学素子は不動であり、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ように、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、及び前記後続レンズ群に含まれる2つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 Rw 、 Rt とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.21 < Rt / Rw < 3.0$$

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、光路折り曲げ用の光学素子、2つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズーミングに際し、前記光学素子は不動であり、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ように、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、及び前記後続レンズ群に含まれる2つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記後続レ

ンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 R_w 、 R_t 、広角端から望遠端へのズームングにおける前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の像面に対する相対移動量を m_R 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離を f_R とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.1 < R_t / R_w < 3.0$$

$$0.85 < |m_R / f_R| < 1.50$$

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】

前記後続レンズ群は、物体側より像側へ順に、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、ズームングに際して前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記後続レンズ群は、物体側より像側へ順に、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 レンズ群より構成され、ズームングに際して前記第 4 レンズ群は不動であり、ズームングに際して前記第 3 レンズ群と前記第 5 レンズ群は移動することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記後続レンズ群は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群、正の屈折力の第 6 レンズ群より構成され、ズームングに際して前記第 3 レンズ群は不動であり、ズームングに際して前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群と前記第 6 レンズ群は移動することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

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、光路折り曲げ用の光学素子、後続レンズ群より構成され、該後続レンズ群は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 3 レンズ群、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群、正の屈折力の第 6 レンズ群から成り、ズームングに際して、前記第 3 レンズ群と前記第 5 レンズ群と前記光学素子は不動であり、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ように、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、前記第 4 レンズ群、前記第 6 レンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第 2 レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記第 3 レンズ群から前記第 6 レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 R_w 、 R_t とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.1 < R_t / R_w < 3.0$$

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 7】

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、負の屈折力の第 3 レンズ群、光路折り曲げ用の光学素子、2 つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズームングに際し、前記光学素子は不動であり、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ように、前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群、及び前記後続レンズ群に含まれる 2 つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第 2 レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 R_w 、 R_t とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.1 < R_t / R_w < 3.0$$

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 8】

10

20

30

40

50

広角端から望遠端へのズームングにおける前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の像面に対する相対移動量を m_R 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離を f_R とするとき、

$$0.85 < |m_R / f_R| < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 7 に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記後続レンズ群は、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 4 レンズ群、負の屈折力の第 5 レンズ群、正の屈折力の第 6 レンズ群より構成され、ズームングに際して前記第 3 レンズ群と前記第 5 レンズ群は不動であり、ズームングに際して前記第 4 レンズ群と前記第 6 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載のズームレンズ。

10

【請求項 10】

広角端から望遠端へのズームングにおける前記第 1 レンズ群の像面に対する相対移動量を m_1 、広角端から望遠端へのズームングにおける前記第 2 レンズ群の像面に対する相対移動量を m_2 、広角端から望遠端へのズームングにおける前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の像面に対する相対移動量を m_R 、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 とするとき、

$$0.15 < |m_1 - m_2| / f_t < 0.35$$

$$2.7 < |m_R| / f_w < 4.5$$

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 項に記載のズームレンズ。

20

【請求項 11】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、 $0.060 < |f_2| / f_t < 0.130$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離を f_R 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$0.15 < |f_R| / f_t < 0.30$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

30

【請求項 13】

固体撮像素子に像を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 13 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固体撮像素子と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】

40

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、監視用カメラ、銀塩写真用のカメラ、放送用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、そして銀塩フィルムを用いたフィルムカメラ等の撮像装置は高機能化され、また装置全体が小型化されている。そしてそれに伴い、これらの撮像装置に用いられる撮影光学系には、高ズーム比で全体が小型であり、カメラの厚み（前後方向の厚み）を薄くできるズームレンズであることが求められている。

50

【 0 0 0 3 】

カメラの小型化とズームレンズの高ズーム比化を図るため、非撮影時に各レンズ群の間隔を撮影状態と異なる間隔まで縮小してカメラ筐体内に収納する所謂沈胴式のズームレンズが知られている。またカメラの厚みを薄くするために、撮影光学系の光軸（光路）を90°折り曲げる反射部材、例えば内面反射を利用したプリズム部材を光路中に配置した所謂屈曲式のズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

【 0 0 0 4 】

特許文献1では物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1乃至第4レンズ群を有する4群ズームレンズにおいて、第2レンズ群と第3レンズ群の間に光路折り曲げ用の反射部材を配置したズームレンズを開示している。

10

【 0 0 0 5 】

特許文献2では、物体側から順に、正、負、負、正、正又は正、負、負、正、負の屈折力の第1乃至第5レンズ群を有する5群ズームレンズにおいて、第2レンズ群と第3レンズ群の間に光路折り曲げ用の反射部材を配置したズームレンズを開示している。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献1 】 特開2010-48855号公報

【 特許文献2 】 特開2010-152318号公報

【 発明の概要 】

20

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

一般にズームレンズを小型化するためには、ズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）を強めつつ、レンズ枚数を削減すれば良い。しかしながら、このようにしたズームレンズは、各レンズ面の屈折力の増加に伴いコバ厚を確保するためにレンズ肉厚が増してしまい、特に前玉有効径（第1レンズ群の有効径）が増大し、レンズ全長の短縮化が困難になる。

【 0 0 0 8 】

また、同時に望遠端において色収差などの諸収差の発生が多くなり、これらの補正が困難になってくる。そこで、ズームレンズにおいて、高ズーム比化を図りつつ、全系の小型化を図るには各レンズ群の屈折力や結像倍率等を適切に設定することが重要になってくる。また、レンズ群の間に光路折り曲げ用の反射部材を有するズームレンズでは、カメラの厚み方向と、それに直交する方向にレンズ群を配置することでカメラの薄型化を達成することが容易となる。

30

【 0 0 0 9 】

しかしながら、これらの効果を得るためにはズームレンズのレンズ構成を適切に設定することが重要になってくる。例えば、反射部材の光路中の配置位置、そしてズーミングの際の各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。特に各レンズ群の屈折力やズーミング時の変倍用のレンズ群の移動量等が適切でないと、ズーミングに際して諸収差の変動が多くなり、またレンズ系全体の小型化及び高ズーム比化が困難になる。

40

【 0 0 1 0 】

本発明は、高ズーム比で良好なる画像を容易に得ることができ、しかもカメラに適用したときカメラ等の厚みを薄くすることができるズームレンズ及びそれを用いた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 1 】

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、光路折り曲げ用の光学素子、2つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズーミングに際し、前記光学素子は不動であり、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ように、前記第1レンズ群、前記第2レンズ群、及び前記後続

50

レンズ群に含まれる２つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第２レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 Rw 、 Rt とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.21 < Rt / Rw < 3.0$$

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、光路折り曲げ用の光学素子、２つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズームングに際し、前記光学素子は不動であり、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ように、前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、及び前記後続レンズ群に含まれる２つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第２レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 Rw 、 Rt 、広角端から望遠端へのズームングにおける前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の像面に対する相対移動量を mR 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離を fR とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.1 < Rt / Rw < 3.0$$

$$0.85 < |mR / fR| < 1.50$$

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、光路折り曲げ用の光学素子、後続レンズ群より構成され、該後続レンズ群は、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第３レンズ群、正の屈折力の第４レンズ群、負の屈折力の第５レンズ群、正の屈折力の第６レンズ群から成り、ズームングに際して、前記第３レンズ群と前記第５レンズ群と前記光学素子は不動であり、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ように、前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、前記第４レンズ群、前記第６レンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第２レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記第３レンズ群から前記第６レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 Rw 、 Rt とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.1 < Rt / Rw < 3.0$$

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、負の屈折力の第３レンズ群、光路折り曲げ用の光学素子、２つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有し、ズームングに際し、前記光学素子は不動であり、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ように、前記第１レンズ群、前記第２レンズ群、及び前記後続レンズ群に含まれる２つ以上のレンズ群が移動するズームレンズであって、

広角端と望遠端における前記第２レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、前記後続レンズ群の中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 Rw 、 Rt とするとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0$$

$$2.1 < Rt / Rw < 3.0$$

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】

【００１２】

本発明によれば、高ズーム比で良好なる画像を容易に得ることができ、しかもカメラに適用したときカメラ等の厚みを薄くすることができるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【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)、(C) 本発明の実施例1に対応する数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【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)、(C) 本発明の実施例2に対応する数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【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)、(C) 本発明の実施例3に対応する数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

10

【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)、(C) 本発明の実施例4に対応する数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図9】本発明の実施例5の広角端におけるレンズ断面図

【図10】(A)、(B)、(C) 本発明の実施例5に対応する数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図11】本発明の実施例5の広角端におけるレンズ断面図

【図12】(A)、(B)、(C) 本発明の実施例5に対応する数値実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

20

【図13】本発明の撮像装置の要部概略図

【図14】本発明の実施例1のズームレンズのレンズ断面図

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置について説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、光路折り曲げ用の光学素子、2つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有する。そしてズームングに際し、光学素子は不動であり、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ように第1レンズ群と第2レンズ群、及び後続レンズ群に含まれる2つ以上のレンズ群が移動する。

30

【0015】

若しく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、負の屈折力の第3レンズ群、光路折り曲げ用の光学素子、2つ以上のレンズ群を含む後続レンズ群を有する。そしてズームングに際し、光学素子は不動であり、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ように第1レンズ群と第2レンズ群、及び後続レンズ群に含まれる2つ以上のレンズ群が移動する。ここで光路折り曲げ用の光学素子(反射手段)は、反射ミラー又は内面反射面を有するプリズム等である。

【0016】

図1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)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、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。図3は本発明の実施例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)、(C)はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

40

【0017】

図5は本発明の実施例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)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図7は本発明の実施例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)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

50

【0018】

図9は本発明の実施例5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10(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例5のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図11は本発明の実施例6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12(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例6のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0019】

各実施例のレンズ断面図ではプリズムに設けた内面反射面で光路を折り曲げているが各レンズ断面図では便宜上光路を展開した状態で示している。

【0020】

図13は本発明のズームレンズを備えるカメラ(撮像装置)の要部概略図である。図14は本発明の実施例1において反射手段(プリズム)内に設けた内面反射面で光路を折り曲げたときのレンズ断面図である。

【0021】

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そして銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。レンズ断面図において、左方が被写体側(物体側)(前方)で、右方が像側(後方)である。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 レンズ群である。

【0022】

L_R は複数のレンズ群を含む後続レンズ群である。 S_P はFナンバー光束を制限する開口絞り、 F_R は不要光をカットするフレア絞りである。 P_R は光路折り曲げ用の光学素子であり、本実施例では内面反射面を有し、光路上の光路を90度又は90度前後折り曲げるプリズムよりなっている。 G は光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。

【0023】

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影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する感光面が置かれる。収差図のうち、球面収差図において、実線の d 、2点鎖線の g は各々 d 線及び g 線である。非点収差図において点線の M と実線の S は各々メリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差は g 線によって表している。 ω は半画角(撮影画角の半分の値)(度)、 F_{no} はFナンバーである。

【0024】

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。

【0025】

各実施例のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 L_1 、負の屈折力を有する第2レンズ群 L_2 を有する。広角端から望遠端への変倍に際し、広角端よりも望遠端で第1レンズ群 L_1 が撮像面に対して物体側、第2レンズ群 L_2 が像側へ相対的に移動してズーミングを行っている。

【0026】

各実施例では、ズーミングに際し、広角端に比べて望遠端において第1レンズ群 L_1 が物体側に位置する様に、また第2レンズ群が像側に位置するように移動させている。これにより広角端におけるレンズ全長を短くし、前玉有効径の小型化を図りつつ、高いズーム比を得ている。特に、各実施例では、正の屈折力の第1レンズ群 L_1 を物体側へ移動することで第2レンズ群 L_2 に大きな変倍効果を持たせて第1レンズ群 L_1 、第2レンズ群 L_2 の屈折力をあまり大きくすることなく10~20倍程度の高ズーム比を得ている。

【0027】

第1レンズ群 L_1 の有効レンズ径を小型にするためには、第1レンズ群 L_1 を構成するレンズの数が少ない方が好ましい。各実施例では第1レンズ群 L_1 を物体側から像側へ順

10

20

30

40

50

に、負、正、正レンズの３枚のレンズを含むようにしている。

【００２８】

具体的に各実施例においては、正レンズと負レンズの各１枚を接合した接合レンズと、正レンズより第１レンズ群Ｌ１を構成している。これにより高ズーム比を図る際に発生する球面収差と色収差を良好に補正している。

【００２９】

各実施例において第２レンズ群Ｌ２は負レンズ、負レンズ、正レンズよりなり、かつ１以上の非球面を有している。

【００３０】

具体的には各実施例において第２レンズ群Ｌ２の最も物体側のレンズＧ４の片側または両側の面を非球面形状としている。これにより、主に広角端において倍率色収差、ズーム全域において像面湾曲を良好に補正している。

【００３１】

各実施例のズームレンズは光路折り曲げ素子（プリズム）を有するため、カメラの厚み方向と直行する方向にレンズ群を配置することでカメラの厚みを薄くしている。その結果、ズームングに際して第１レンズ群Ｌ１および第２レンズ群Ｌ２の移動量が大きくなると、ズームレンズ鏡筒の段付き構造が複雑になり、これらのレンズ群の保持精度が難しくなる。保持精度の悪化が低下するとレンズ群が偏芯し、光学性能が低下してくる。そのため、各実施例のズームレンズは、光路折り曲げ素子よりも物体側の前群の変倍と像側の後群の変倍の分担を最適に設定している。具体的には次のとおりである。

【００３２】

広角端と望遠端における第２レンズ群Ｌ２の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ とする。後続レンズ群ＬＲの中で最も変倍分担の大きいレンズ群の広角端と望遠端における横倍率を各々 Rw 、 Rt とする。このとき、

$$4.3 < 2t / 2w < 12.0 \quad \dots (1)$$

$$2.1 < Rt / Rw < 3.0 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足している。

【００３３】

各実施例において後続レンズ群ＬＲの中で最も変倍分担の大きいレンズ群は次のとおりである。実施例１は第４レンズ群である。実施例２は第４レンズ群である。実施例３は第４レンズ群である。実施例４は第３レンズ群である。実施例５は第３レンズ群である。実施例６は第４レンズ群である。

【００３４】

条件式（１）は第２レンズ群Ｌ２の変倍作用を定めたものである。条件式（２）は光路折り曲げ用の光学素子ＰＲよりも像側の後続レンズ群ＬＲのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の変倍作用を適切に定めたものである。

【００３５】

条件式（１）の下限を超えて第２レンズ群Ｌ２の変倍作用が小さくなると、ズームレンズが所望するズーム比（１２～２０倍）を得るのが難しくなる。あるいは光路折り曲げ用の光学素子ＰＲよりも像側の後続レンズ群ＬＲの変倍分担が大きくなるため、カメラの横方向の光路長が長くなりカメラが大型化してくる。または、後続レンズ群ＬＲの屈折力が大きくなるため、ズーム全域にわたるコマ収差の補正が困難になる。また、後続レンズ群ＬＲで防振を行う場合には防振時のコマ収差の補正が困難になる。

【００３６】

条件式（１）の上限を超えて第２レンズ群Ｌ２の変倍作用が大きくなると、第２レンズ群Ｌ２のズームングに際しての移動量 $m2$ が大きくなり、ズームレンズ鏡筒の構造が複雑化する。この結果前述のように光学性能が悪化してくる。

【００３７】

また、第２レンズ群Ｌ２の焦点距離 $f2$ が小さくなると主に広角端において像面湾曲、倍率色収差の補正が困難になる。また、ズーム全域において画面周辺像面の変動抑制が困

10

20

30

40

50

難になる。また、主に変倍に寄与する第2レンズ群L2の屈折力が強くなるために各レンズ群の傾き・平行偏芯敏感度が高くなり、カメラを組み立てる際および通常使用時に、メカ部品のガタなどによる偏芯で良好な光学性能を得るのが難しくなる。

【0038】

条件式(2)の下限を超えて光路折り曲げ用の光学素子よりも像側の後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の変倍作用が小さくなると、所望のズーム比(12~20倍)を得るのが難しくなり、第2レンズ群L2の変倍作用が大きくなる。この結果、第2レンズ群L2の移動量m2が大きくなるか、焦点距離f2が小さくなるので、前述のような光学性能が低下してくる。

【0039】

条件式(2)の上限を超えて光路折り曲げ用の光学素子よりも像側の後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の変倍作用が大きくなると、カメラの横方向の光路長が長くなりカメラが大型化してくる。または後続レンズ群LRの屈折力が大きくなるため、ズーム全域にわたりコマ収差の補正や防振時のコマ収差の補正が困難になる。

【0040】

以上のように、各実施例では条件式(1)、(2)を満足するように広角端と、望遠端における第2レンズ群L2、後続レンズ群LRのうち最も変倍分担の大きいレンズ群の変倍分担を適切に設定している。これにより、全系の小型・薄型を図りつつ、高ズーム比でしかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得ている。

【0041】

尚、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。

$$4.5 < 2t / 2w < 8.0 \quad \dots (1a)$$

$$2.15 < Rt / Rt < 2.80 \quad \dots (2a)$$

以上の如く構成することにより、広画角かつ高ズーム比でズーム全域にわたり高い光学性能を有した小型のズームレンズを得ることができる。各実施例において、更に好ましくは次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。この他、条件式(2)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$2.21 < Rt / Rw < 3.0 \quad \dots (2b)$$

【0042】

各実施例において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L1の像面に対する相対移動量をm1とする。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L2の像面に対する相対移動量をm2とする。広角端から望遠端へのズーミングにおける後続レンズ群LRの中で最も変倍分担の大きいレンズ群の像面に対する相対移動量をmRとする。広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々fw、ftとする。

【0043】

第2レンズ群L2の焦点距離をf2とする。後続レンズ群LRの中で最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離をfRとする。このとき以下の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0044】

$$0.15 < |m1 - m2| / ft < 0.35 \quad \dots (3)$$

$$2.7 < |mR| / fw < 4.5 \quad \dots (4)$$

$$0.060 < |f2| / ft < 0.130 \quad \dots (5)$$

$$0.15 < |fR| / ft < 0.30 \quad \dots (6)$$

$$0.85 < |mR / fR| < 1.50 \quad \dots (7)$$

条件式(3)は全系を小型にしつつ高ズーム比化するために、ズーミングに際しての第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の移動量m1、m2と望遠端における全系の焦点距離ftとの関係を適切に定めたものである。

【0045】

条件式(3)の下限を超えて第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の移動量m1、m2の差が全系の焦点距離ftに比べて小さくなると、第1レンズ群L1、第2レンズ群L2

10

20

30

40

50

の焦点距離が小さくなる。この結果、広角端において像面湾曲、倍率色収差の補正が困難になる。更にズーム全域における画面周辺の像面湾曲の変動を抑制するのが困難になる。また、望遠端において球面収差、軸上色収差の補正が困難になる。

【0046】

条件式(3)の上限を超えて第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の移動量 m_1 、 m_2 の差が全系の焦点距離 f_t に比べて大きくなると、ズームレンズ鏡筒の段付き構造が複雑になる。この結果、レンズ群の保持精度が悪くなることに起因して光学性能が低下してくる。または、カメラの厚みが大きくなり、カメラが大型化してくる。

【0047】

条件式(4)は全系を小型にしつつ高ズーム比化するためのものである。条件式(4)は光路折り曲げ用の光学素子PRよりも像側の後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群のズーミングに伴う移動量 m_R と広角端における全系の焦点距離 f_w との比を適切に定めたものである。

10

【0048】

条件式(4)の下限を超えて後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の移動量 m_R が、広角端における全系の焦点距離 f_w に比べて小さくなると、後続レンズ群LRの変倍分担が小さくなる。その結果、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の変倍分担が大きくなるため、光学性能が低下し、またカメラが大型化してくる。

【0049】

条件式(4)の上限を超えて後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の移動量 m_R が、広角端における全系の焦点距離 f_w に比べて大きくなると、カメラの横方向が大きくなり、カメラが大型化してくる。また、広角端から望遠端にかけてのFナンバー F_{no} の変動が大きくなるので良くない。

20

【0050】

条件式(5)は全系を小型にしつつ高ズーム比化するために、第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 と望遠端における全系の焦点距離 f_t との比を適切に定めたものである。

【0051】

条件式(5)の下限を超えて第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 が全系の焦点距離 f_t に比べて小さくなると主に広角端において像面湾曲、倍率色収差の補正が困難になり、またズーム全域において画面周辺の像面湾曲の変動を抑制するのが困難になる。また、主に変倍に寄与する第2レンズ群L2の屈折力が強くなるために各レンズ群の傾き・平行偏芯敏感度が高くなる。この結果、カメラを組み立てる際および通常使用時に、メカ部品のガタなどによる偏芯で良好な光学性能を得るのが困難になる。

30

【0052】

条件式(5)の上限を超えて第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 が全系の焦点距離 f_t に比べて大きくなると高ズーム比化するためにズーミングに際して第2レンズ群L2の移動量を増やさなければならない。このため、光学性能が悪化し、またカメラが大型化してくる。また、第1、2レンズ群の有効径が増大してくる。

【0053】

条件式(6)は全系を小型にしつつ高ズーム比化するために、光路折り曲げ用の光学素子PRよりも像側の後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離 f_R と望遠端における全系の焦点距離 f_t との比を適切に定めたものである。

40

【0054】

条件式(6)の下限を超えて後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離 f_R が、望遠端における全系の焦点距離 f_t に比べて小さくなると、ズーム全域にわたるコマ収差の補正が困難になる。また、上記の焦点距離 f_R を有するレンズ群で防振を行う場合には防振時のコマ収差の補正が困難になる。

【0055】

条件式(6)の上限を超えて後続レンズ群LRのうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の焦点距離 f_R が、望遠端における全系の焦点距離 f_t に比べて大きくなると、所望のズ

50

ーム比を得るためには、焦点距離 f_R 群の移動量が大きくなる。このため、カメラが大型化してくる。あるいは、第1レンズ群 L_1 と第2レンズ群の変倍分担が大きくなるため、光学性能が悪化してくる。

【0056】

条件式(7)は後続レンズ群 L_R のうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の移動量 m_R と焦点距離 f_R との比を適切に定めたものである。条件式(7)の下限を超えて後続レンズ群のうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の移動量 m_R が小さくなるか、焦点距離 f_R が大きくなると、このレンズ群の変倍分担量が小さくなる。その結果第1レンズ群 L_1 と第2レンズ群 L_2 の変倍分担が大きくなるため、光学性能が悪化してくる。

【0057】

条件式(7)の上限を超えて光路折り曲げ用の光学素子よりも後続レンズ群のうち、最も変倍分担の大きいレンズ群の移動量 m_R が大きくなると、カメラの横方向が大きくなりカメラが大型化してくる。あるいは焦点距離 f_R が小さくなると、ズーム全域にわたるコマ収差の補正が困難になり光学性能が悪化してくる。

【0058】

各実施例において、更に収差補正及びズーミングの際の収差変動を小さくしつつ、レンズ系全体を小型にし、ズーム比を大きくするためには、条件式(3)乃至(7)の数値範囲を次の如く設定するのが好ましい。

$$\begin{aligned} 0.18 < |m_1 - m_2| / f_t < 0.31 & \dots (3a) \\ 2.72 < |m_R| / f_w < 3.70 & \dots (4a) \\ 0.070 < |f_2| / f_t < 0.125 & \dots (5a) \\ 0.18 < |f_R| / f_t < 0.28 & \dots (6a) \\ 0.90 < |m_R| / f_R < 1.20 & \dots (7a) \end{aligned}$$

以上のように各実施例によれば、光学系全体が小型・薄型でかつ12～20倍程度の高ズーム比で、しかも全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

【0059】

次に各実施例のズームレンズのレンズ構成について説明する。実施例1、2のレンズ断面図において、 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 は負の屈折力の第3レンズ群、 L_4 は正の屈折力の第4レンズ群、 L_5 は負の屈折力の第5レンズ群、 L_6 は正の屈折力の第6レンズ群である。実施例1、2は6群ズームレンズである。

【0060】

光路折り曲げ用の光学素子(プリズム)は第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 との間に配置されている。開口絞り SP は第4レンズ群 L_4 の内部に配置されている。フレアカット絞り FP は第4レンズ群 L_4 の像側に配置されている。

【0061】

実施例1、2では、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように第1、第2、第4、第6レンズ群 L_1 、 L_2 、 L_4 、 L_6 を移動させている。具体的には、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように像面に対して相対的に、第1レンズ群 L_1 を物体側へ、第2レンズ群 L_2 を像側へ、第4レンズ群 L_4 を物体側へ移動させている。第6レンズ群 L_6 は像側へ移動してから物体側へ移動し、さらに像側へ移動するといった変曲点を2回持つ軌跡で移動させている。

【0062】

開口絞り SP とフレアカット絞り FP はズーミングに際して第4レンズ群 L_4 と一体的に移動している。プリズム PR 、第3レンズ群 L_3 、第5レンズ群 L_5 は不動である。尚、第3、5レンズ群 L_3 、 L_5 を必要に応じて他のレンズ群と独立に移動させても良い。また、実施例1、2においては第6レンズ群 L_6 を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤフォーカス式を採用している。

【0063】

10

20

30

40

50

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矢印 6 c に示すように第 6 レンズ群 L 6 を前方に繰り出すことによって行っている。第 6 レンズ群 L 6 に関する実線の曲線 6 a と点線の曲線 6 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に伴う際の像面変動を補正するための移動軌跡を示している。

【 0 0 6 4 】

また、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 でフォーカシングを行っても良く、この場合には第 5 レンズ群 L 5 を後方に繰り込むことによって行う。正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 の一部または全体を、光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動させて、光軸に対し垂直方向に像を変移させている。これにより光学系（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。すなわち防振を行っている。また、撮影画像のぶれ補正のために負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 を、光軸に対して垂直方向の成分を持つように動かしても良い。

10

【 0 0 6 5 】

実施例 1、2 では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ようにし、これによって光学系全体が大型化するのを防止している。

【 0 0 6 6 】

尚、各実施例ではレンズ群の全体または一部を光軸と垂直方向に移動させて防振を行っているが、移動方式はレンズ群の全体または一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させれば、画像のぶれを補正することが可能である。例えば鏡筒構造の複雑化を許容すれば、光軸上に回転中心を持つようにレンズ群の全体または一部を回動させて防振を行っても良い。

20

【 0 0 6 7 】

第 4 レンズ群 L 4 を正レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズの接合レンズより構成して防振時の偏心収差を軽減している。第 4 レンズ群 L 4 に非球面を用いている。これによってズーミングに伴う球面収差の変動を良好に補正している。第 3、第 5、第 6 レンズ群 L 3、L 5、L 6 を 1 つのレンズより構成して各レンズ群の小型・軽量化を図っている。

【 0 0 6 8 】

実施例 3 は実施例 1、2 と同様の屈折力配置の 6 群ズームレンズである。実施例 3 は実施例 1、2 に比べて光路折り曲げ用の光学素子（プリズム）が第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 との間に配置されていること、開口絞り S P が第 4 レンズ群 L 4 の物体側に置けることが異なっている。その他の構成は実施例 1、2 と略同じである。

30

【 0 0 6 9 】

実施例 4 のレンズ断面図において 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。実施例 4 は 4 群ズームレンズである。光路折り曲げ用の光学素子（プリズム）は第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 との間に配置されている。開口絞り S P は第 3 レンズ群 L 3 の内部に配置されている。フレアカット絞り F P は第 3 レンズ群 L 3 の像側に配置されている。

40

【 0 0 7 0 】

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矢印のように第 1、第 2、第 3、第 4 レンズ群 L 1、L 2、L 3、L 4 を移動させている。

【 0 0 7 1 】

具体的には、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように像面に対して相対的に、第 1 レンズ群 L 1 を物体側へ、第 2 レンズ群 L 2 を像側へ、第 3 レンズ群 L 3 を物体側へ移動させている。第 4 レンズ群 L 4 は物体側へ凸状の軌跡を描いて移動させている。開口絞り S P とフレアカット絞り F P はズーミングに際して第 4 レンズ群 L 4 と一体的に移動している。プリズム P R は不動である。また、実施例 4 においては第 4 レンズ群 L 4 を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤフォーカス式を採用している。

50

【0072】

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矢印4cに示すように第4レンズ群L4を前方に繰り出すことによって行っている。第4レンズ群L4に関する実線の曲線4aと点線の曲線4b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に伴う際の像面変動を補正するための移動軌跡を示している。

【0073】

正の屈折力の第3レンズ群L3の一部または全体を、光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動させて、光軸に対し垂直方向に像を変移させている。これにより光学系（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。すなわち防振を行っている。

10

【0074】

実施例4では、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ようにし、これによって光学系全体が大型化するのを防止している。尚、実施例4ではレンズ群の全体または一部を光軸と垂直方向に移動させて防振を行っているが、移動方式はレンズ群の全体または一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させれば、画像のぶれを補正することが可能である。例えば鏡筒構造の複雑化を許容すれば、光軸上に回転中心を持つようにレンズ群の全体または一部を回転させて防振を行っても良い。

【0075】

20

第3レンズ群L3に非球面を用いている。これによってズーミングに伴う球面収差の変動を良好に補正している。第3レンズ群L3を正レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより構成している。これにより防振時の偏心収差の発生を軽減している。

【0076】

実施例5の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は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群である。実施例5は5群ズームレンズである。光路折り曲げ用の光学素子（プリズム）は第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間に配置されている。開口絞りSPは第3レンズ群L3の物体側に配置されている。フレアカット絞りFPは第3レンズ群L3の像側に配置されている。

30

【0077】

実施例5では、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように第1、第2、第3、第5レンズ群L1、L2、L3、L5を移動させている。具体的には、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように像面に対して相対的に、第1レンズ群L1を物体側へ、第2レンズ群L2を像側へ、第3レンズ群L3を物体側へ移動させている。第5レンズ群L5は像側へ移動してから物体側へ移動し、さらに像側へ移動するといった変曲点を2回持つ軌跡で移動させている。

【0078】

開口絞りSPとフレアカット絞りFPはズーミングに際して第3レンズ群L3と一体的に移動している。プリズムPR、第4レンズ群L4は不動である。尚、第4レンズ群L4を必要に応じて他のレンズ群と独立に移動させても良い。また、実施例5においては第5レンズ群L5を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤフォーカス式を採用している。

40

【0079】

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矢印5cに示すように第5レンズ群L5を前方に繰り出すことによって行っている。第5レンズ群L5に関する実線の曲線5aと点線の曲線5b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に伴う際の像面変動を補正するための移動軌跡を示している。また、負の屈折力の第4レンズ群L4でフォーカシングを行っても良く、この場合に

50

は第4レンズ群L4を後方に繰り込むことによって行う。

【0080】

正の屈折力の第3レンズ群L3の一部または全体を、光軸に対し垂直方向の成分を持つように移動させて、光軸に対し垂直方向に像を変移させている。これにより光学系（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。すなわち防振を行っている。また、撮影画像のぶれ補正のために負の屈折力の第4レンズ群L4を、光軸に対して垂直方向の成分を持つように動かしても良い。

【0081】

実施例5では、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ようにし、これによって光学系全体が大型化するのを防止している。実施例5ではレンズ群の全体または一部を光軸と垂直方向に移動させて防振を行っているが、移動方式はレンズ群の全体または一部を光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動させれば、画像のぶれを補正することが可能である。

【0082】

例えば鏡筒構造の複雑化を許容すれば、光軸上に回転中心を持つようにレンズの全体または一部を回転させて防振を行っても良い。

【0083】

第3レンズ群L3に非球面を用いている。これによって、ズーミングに伴う球面収差の変動を良好に補正している。第3レンズ群L3を正レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより構成している。これにより防振時の偏心収差の発生を軽減している。第4、第5レンズ群L4、L5を1つのレンズより構成して各レンズ群の小型・軽量化を図っている。

【0084】

実施例6は実施例1、2と同様の屈折力配置の6群ズームレンズである。実施例6は実施例1に比べて広角端から望遠端へのズーミングに際して第5レンズ群L5を物体側へ移動している点が異なっている。その他の構成は実施例1、2と略同じである。

【0085】

図14は実施例1において第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間に物体側からの光を折り曲げる光学素子PRを含むことで、カメラの厚み方向を薄くした状態を示している。これは他の実施例においても同様である。

【0086】

図14において各部材に付した符番は図1に示した符番と同じである。次に各実施例に示したようなズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラの実施形態を図13を用いて説明する。図13において、20はカメラ本体、21は実施例1～6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。

【0087】

PRは光路折り曲げ用の光学素子としてのプリズムである。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。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。このように本発明のズームレンズをデジタルスチル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。

【0088】

次に、本発明の実施例1乃至6に各々対応する数値実施例1乃至6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す。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+1面との間の間隔、n_{d i}と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、アッペ数を示す。

【0089】

また、kを離心率、A₄、A₆、A₈、A₁₀を非球面係数、光軸からの高さhの位置

10

20

30

40

50

での光軸方向の変位を面頂点を基準にして x とするとき、非球面形状は、

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

で表示される。

【0090】

但し R は近軸曲率半径である。また、例えば「E - Z」の表示は「10⁻²」を意味する。数値実施例において最後の4つの面は、フィルター、フェースプレート等の光学ブロックの面である。各実施例において、バックフォーカス (BF) はレンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算長により表したものである。レンズ全長は最も物体側のレンズ面から最終レンズ面までの距離に空気換算長のバックフォーカスを加えたものである。また、各数値実施例における上述した各条件式との対応を表1に示す。

【0091】

(数値実施例1)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	45.734	0.88	1.84666	23.9	23.70
2	20.149	4.38	1.48749	70.2	21.20
3	615.302	0.06			19.71
4	22.979	2.63	1.83481	42.7	17.30
5	165.210	(可変)			16.82
6	212.868	0.81	1.85135	40.1	12.80
7*	6.632	3.50			9.46
8	-11.068	0.50	1.88300	40.8	9.10
9	48.546	0.19			9.29
10	23.302	1.88	1.95906	17.5	9.47
11	-29.843	(可変)			9.46
12		8.50	1.83400	37.2	7.49
13		1.25			6.72
14	-12.149	0.50	1.48749	70.2	7.38
15	-18.702	(可変)			7.38
16*	9.558	2.13	1.55332	71.7	7.75
17*	-32.929	1.00			7.75
18		1.25			7.27(絞り)
19	10.259	0.63	1.90366	31.3	7.75
20	7.347	1.75			7.75
21*	69.223	3.25	1.58313	59.4	7.75
22	-6.684	0.50	1.83400	37.2	7.75
23	-14.284	0.75			7.75
24		(可変)			6.23(フレアーカット絞り)
25	-71.936	0.50	1.88300	40.8	7.18
26	37.386	(可変)			7.25
27	14.862	2.63	1.48749	70.2	9.97
28	-31.560	(可変)			9.92
29		0.38	1.51633	64.1	12.50
30		1.63			12.50
31		0.63	1.51633	64.1	12.50
32		1.5			12.50

像面

【0092】

10

20

30

40

50

非球面データ

第7面

K = 3.56807e-001 A 4=-1.97016e-004 A 6=-6.08143e-006 A 8= 2.52505e-007 A10=-1.37257e-008

第16面

K = 1.44106e-001 A 4=-2.02062e-004 A 6= 3.63056e-006 A 8=-4.20493e-007 A10= 1.46253e-008

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 5.42362e-006 A 6= 5.43526e-006 A 8=-5.03430e-007 A10= 1.81855e-008

10

第21面

K =-1.54545e+001 A 4= 5.50390e-005 A 6= 3.40440e-006 A 8=-1.89333e-007 A10= 1.09743e-008

各種データ

ズーム比 13.18

	広角	中間	望遠
焦点距離	5.16	19.89	68.01
Fナンバー	3.33	4.95	5.77
半画角(度)	33.16	11.03	3.26
像高	3.37	3.88	3.88
レンズ全長	73.13	77.36	86.99
BF	7.48	9.57	6.52

20

d 5	0.54	9.02	18.14
d11	5.44	3.28	0.74
d15	16.71	3.15	0.43
d24	3.13	16.70	19.42
d26	7.86	5.77	8.82
d28	4.70	6.79	3.74

30

【 0 0 9 3 】

(数値実施例 2)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	55.250	0.88	2.00069	25.5	23.28
2	19.865	4.75	1.48749	70.2	20.85
3	-114.524	0.06			19.69
4	20.305	2.63	1.88300	40.8	17.15
5	154.202	(可変)			16.51
6	376.132	0.81	1.85135	40.1	12.63
7*	6.336	3.50			9.29
8	-11.800	0.50	1.88300	40.8	8.98
9	66.529	0.19			9.17
10	21.573	1.88	1.95906	17.5	9.37
11	-39.247	(可変)			9.33
12		8.38	1.83400	37.2	7.26

40

50

13		1.25			7.14	
14	-23.619	0.50	1.48749	70.2	7.34	
15	-70.831	(可変)			7.51	
16*	10.724	2.63	1.55332	71.7	8.13	
17*	-37.728	1.00			8.13	
18		1.25			7.53(絞り)	
19	9.025	0.63	1.90366	31.3	8.13	
20	7.221	2.25			8.13	
21*	112.601	4.00	1.58313	59.4	8.13	
22	-5.531	0.50	1.83481	42.7	8.13	10
23	-14.093	0.75			8.13	
24		(可変)			6.41(フレアーカット絞り)	
25	-77.506	0.50	1.80518	25.4	7.39	
26	45.811	(可変)			7.48	
27	17.841	2.63	1.60311	60.6	10.44	
28	-43.264	(可変)			10.32	
29		0.38	1.51633	64.1	12.50	
30		1.63			12.50	
31		0.63	1.51633	64.1	12.50	
32		0.5			12.50	20
像面						

【 0 0 9 4 】

非球面データ

第7面

K = 1.37037e-001 A 4=-1.21694e-004 A 6=-2.46723e-007 A 8=-2.29008e-008 A10=-4.82840e-010

第16面

K = 3.53907e-001 A 4=-1.71593e-004 A 6= 4.83183e-006 A 8=-2.00888e-007 A10=-6.58057e-010 30

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.96853e-006 A 6= 6.51084e-006 A 8=-2.69720e-007

第21面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.75475e-004 A 6= 4.87085e-006 A 8= 1.42820e-008 A10= 1.03278e-009

各種データ

40

ズーム比	16.98		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.22	15.21	88.67
Fナンバー	3.46	4.29	6.08
半画角(度)	32.84	14.29	2.50
像高	3.37	3.88	3.88
レンズ全長	80.16	77.56	92.51
BF	7.89	11.89	6.44

d 5 0.55 7.56 17.07

50

d11	6.36	0.75	0.74
d15	18.27	8.37	0.42
d24	3.13	13.03	20.98
d26	10.41	6.41	11.87
d28	5.11	9.11	3.65

【 0 0 9 5 】

(数値実施例3)

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	38.333	0.88	1.84666	23.9	23.83	10
2	20.393	4.38	1.48749	70.2	21.53	
3	270.389	0.06			19.91	
4	22.406	2.63	1.77250	49.6	17.77	
5	121.516	(可変)			17.25	
6	81.750	0.88	1.85135	40.1	13.04	
7*	5.630	3.50			9.12	
8	-14.052	0.50	1.88300	40.8	8.94	
9	62.414	0.19			9.07	
10	15.831	1.88	1.95906	17.5	9.30	20
11	-85.235	(可変)			9.14	
12	-119.710	0.50	1.48749	70.2	6.96	
13	52.711	0.63			6.80	
14		7.75	1.83400	37.2	6.65	
15		(可変)			6.31	
16		0.13			6.81(絞り)	
17*	8.125	2.38	1.76802	49.2	7.38	
18*	-339.468	0.19			7.38	
19	10.870	0.63	1.90366	31.3	7.38	
20	6.175	1.75			7.38	30
21*	603.604	3.25	1.58313	59.4	7.38	
22	-4.803	0.50	1.83400	37.2	7.38	
23	-11.166	0.75			7.38	
24		(可変)			5.99(フレアーカット絞り)	
25	-29.905	0.50	1.88300	40.8	7.41	
26	-226.086	(可変)			7.54	
27	13.651	2.63	1.48749	70.2	10.22	
28	-42.986	(可変)			10.09	
29		0.38	1.51633	64.1	12.50	
30		1.63			12.50	40
31		0.63	1.51633	64.1	12.50	
32		0.5			12.50	

像面

【 0 0 9 6 】

非球面データ

第7面

K = -2.17063e-003 A 4 = -4.27550e-005 A 6 = 7.68348e-006 A 8 = -4.89239e-007 A10 = 1.51359e-008

第17面

K = 6.62493e-002 A 4=-2.27638e-004 A 6= 3.94832e-007 A 8=-1.54196e-007 A10=-5.44903e-009

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.38920e-005 A 6= 4.64653e-006 A 8=-4.11975e-007

第21面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.41988e-004 A 6= 9.08580e-006 A 8= 7.24863e-008 A10= 5.86327e-009

10

各種データ

ズーム比	11.18		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.17	13.78	57.82
Fナンバー	3.41	4.89	5.77
半画角(度)	33.09	15.70	3.83
像高	3.37	3.88	3.88
レンズ全長	69.17	72.61	84.78
BF	8.87	9.32	5.98

20

d 5	0.44	5.04	17.84
d11	5.44	4.72	0.74
d15	16.20	4.23	1.85
d24	3.13	15.10	17.48
d26	7.53	7.08	10.43
d28	6.09	6.53	3.19

【 0 0 9 7 】

(数値実施例4)

30

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	46.833	0.88	1.84666	23.9	23.91
2	19.904	4.38	1.48749	70.2	21.36
3	-374.792	0.06			20.23
4	21.129	2.63	1.83481	42.7	17.89
5	128.748	(可変)			17.44
6	346.613	0.88	1.85135	40.1	13.00
7*	6.613	3.38			9.48
8	-14.185	0.50	1.88300	40.8	9.12
9	17.357	0.19			9.16
10	14.353	2.00	1.95906	17.5	9.37
11	-72.939	(可変)			9.29
12		9.00	1.83400	37.2	7.88
13		(可変)			6.59
14*	9.136	2.13	1.55332	71.7	7.38
15*	-58.793	1.00			7.38
16		1.25			6.39(絞リ)
17	8.992	0.63	1.90366	31.3	7.38
18	6.670	1.75			7.38

40

50

19*	92.448	3.25	1.58313	59.4	7.38
20	-7.058	0.50	1.83400	37.2	7.38
21	-20.616	0.75			7.38
22		(可変)			5.62 (フレアーカット絞り)
23	11.299	0.63	1.77250	49.6	9.95
24	8.390	2.63	1.48749	70.2	9.61
25	59.941	(可変)			9.42
26		0.38	1.51633	64.1	12.50
27		1.63			12.50
28		0.63	1.51633	64.1	12.50
29		0.5			12.50
像面					

10

【 0 0 9 8 】

非球面データ

第7面

K = 2.37193e-001 A 4=-1.02322e-004 A 6=-1.87083e-006 A 8= 1.29457e-008 A10=-1.54018e-009

第14面

20

K = 1.71627e-001 A 4=-1.86911e-004 A 6= 1.30969e-006 A 8=-3.87465e-007 A10=2.76372e-008

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.36039e-005 A 6= 2.90982e-006 A 8=-4.01768e-007 A10=3.38589e-008

第19面

K = 1.65060e+002 A 4= 5.45353e-005 A 6= 2.68368e-006 A 8=-1.59015e-007 A10=1.74965e-008

30

各種データ

ズーム比	14.45		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.16	12.65	74.61
Fナンバー	3.54	4.63	5.77
半画角 (度)	33.14	17.03	2.97
像高	3.37	3.88	3.88
レンズ全長	74.73	69.78	86.27
BF	6.36	13.04	6.74

40

d 5	0.51	4.88	16.89
d11	5.19	2.55	0.73
d13	19.83	7.81	1.04
d22	10.82	16.16	29.23
d25	3.58	10.25	3.95

【 0 0 9 9 】

(数値実施例5)

面データ

50

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	37.309	0.88	1.84666	23.9	23.65	
2	20.147	4.38	1.48749	70.2	21.36	
3	380.756	0.06			19.77	
4	21.774	2.63	1.77250	49.6	17.79	
5	113.710	(可変)			17.28	
6	127.756	0.88	1.85135	40.1	12.54	
7*	5.971	3.25			8.94	
8	-14.727	0.50	1.88300	40.8	8.66	
9	18.733	0.19			8.70	10
10	13.172	1.88	1.95906	17.5	8.93	
11	-127.366	(可変)			8.81	
12		8.13	1.83400	37.2	7.14	
13		(可変)			6.18	
14		0.13			6.69(絞り)	
15*	8.210	2.38	1.76802	49.2	7.38	
16*	155.976	0.19			7.38	
17	10.276	0.63	1.90366	31.3	7.38	
18	6.106	1.75			7.38	
19*	-210.706	3.25	1.58313	59.4	7.38	20
20	-4.782	0.50	1.83400	37.2	7.38	
21	-10.679	0.75			7.38	
22		(可変)			6.06(フレアーカット絞り)	
23	-51.132	0.50	1.88300	40.8	7.72	
24	-624.457	(可変)			7.80	
25	16.874	2.63	1.48749	70.2	10.27	
26	-34.455	(可変)			10.17	
27		0.38	1.51633	64.1	12.50	
28		1.63			12.50	
29		0.63	1.51633	64.1	12.50	30
30		0.5			12.50	
像面						

【 0 1 0 0 】

非球面データ

第7面

K = 7.52150e-002 A 4=-3.93686e-005 A 6= 8.95884e-006 A 8=-6.16794e-007 A10= 2.30798e-008

第15面

K = 8.62579e-002 A 4=-2.06264e-004 A 6=-2.03365e-006 A 8=-2.51572e-007 A10= 1.20108e-010

第16面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.65666e-005 A 6= 1.02907e-006 A 8=-6.23153e-007 A10= 1.47642e-008

第19面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.26845e-004 A 6= 1.29837e-005 A 8=-6.94950e-007 A10= 4.57693e-008

各種データ

ズーム比	13.19		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.16	11.56	68.01
Fナンバー	3.50	4.68	5.77
半画角(度)	33.18	18.53	3.26
像高	3.37	3.88	3.88
レンズ全長	71.37	72.18	85.81
BF	8.41	9.30	6.43

10

d 5	0.52	3.74	17.80
d11	5.57	4.04	0.74
d13	17.86	7.16	2.05
d22	3.13	13.83	18.94
d24	8.86	7.97	10.84
d26	5.63	6.51	3.64

【0101】

(数値実施例6)

20

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	57.394	0.88	1.84666	23.9	23.61
2	21.123	4.38	1.48749	70.2	21.15
3	-254.232	0.06			19.87
4	22.890	2.63	1.88300	40.8	17.44
5	139.584	(可変)			16.80
6	306.573	0.81	1.85135	40.1	13.08
7*	6.295	3.63			9.56
8	-11.818	0.50	1.88300	40.8	9.33
9	99.890	0.19			9.59
10	21.587	1.88	1.95906	17.5	9.85
11	-34.889	(可変)			9.83
12		8.75	1.83400	37.2	7.88
13		1.25			7.05
14	-26.724	0.50	1.48749	70.2	7.75
15	-108.223	(可変)			7.75
16*	9.418	2.38	1.55332	71.7	8.25
17*	-50.324	1.00			8.25
18		1.25			7.39(絞り)
19	9.604	0.63	1.90366	31.3	8.25
20	7.027	1.88			8.25
21*	45.352	3.63	1.58313	59.4	8.25
22	-5.602	0.50	1.83400	37.2	8.25
23	-12.961	0.75			8.25
24		(可変)			6.19(フレアーカット絞り)
25	-66.081	0.50	1.77250	49.6	6.38
26	34.275	(可変)			6.41
27	17.206	2.63	1.48749	70.2	10.45
28	-27.674	(可変)			10.38

30

40

50

29	0.38	1.51633	64.1	12.50
30	1.63			12.50
31	0.63	1.51633	64.1	12.50
32	0.5			12.50
像面				

【 0 1 0 2 】

非球面データ

第7面

K = 8.19995e-002 A 4=-7.55869e-005 A 6=-2.98397e-006 A 8= 1.29543e-007 A10=-3.02166e-009 10

第16面

K = 2.30102e-001 A 4=-1.98424e-004 A 6= 4.09245e-006 A 8=-2.01826e-007 A10=-3.68361e-009

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-8.49659e-008 A 6= 7.51034e-006 A 8=-3.97670e-007

第21面

K = 3.48251e+001 A 4= 1.01068e-004 A 6= 5.65942e-006 A 8=-1.69562e-007 A10=5.90897e-009 20

各種データ

ズーム比	15.11		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.16	17.70	77.90
Fナンバー	3.21	4.31	5.77
半画角 (度)	33.18	12.35	2.85
像高	3.37	3.88	3.88
レンズ全長	74.73	75.26	88.86
BF	7.66	11.46	6.62

d 5	0.53	9.29	18.24
d11	5.36	0.93	0.74
d15	18.00	6.54	0.42
d24	3.13	9.63	12.59
d26	7.14	8.31	16.30
d28	4.88	8.67	3.83

【 0 1 0 3 】

【表 1】

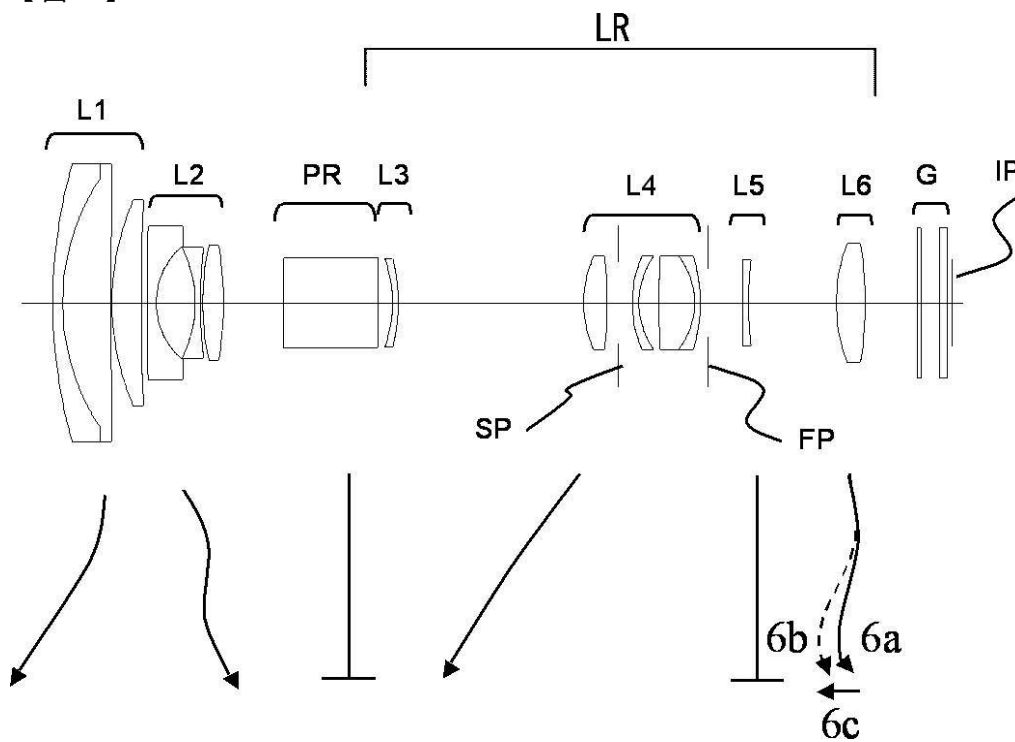
実施例	条 件 式						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
実施例1	4.94	2.67	0.26	3.16	0.101	0.22	1.10
実施例2	7.04	2.46	0.19	3.42	0.076	0.19	1.08
実施例3	4.72	2.16	0.30	2.77	0.124	0.27	0.92
実施例4	6.23	2.38	0.22	3.64	0.081	0.24	1.04
実施例5	5.39	2.24	0.25	3.07	0.088	0.25	0.94
実施例6	6.13	2.21	0.23	3.41	0.094	0.20	1.15

【符号の説明】

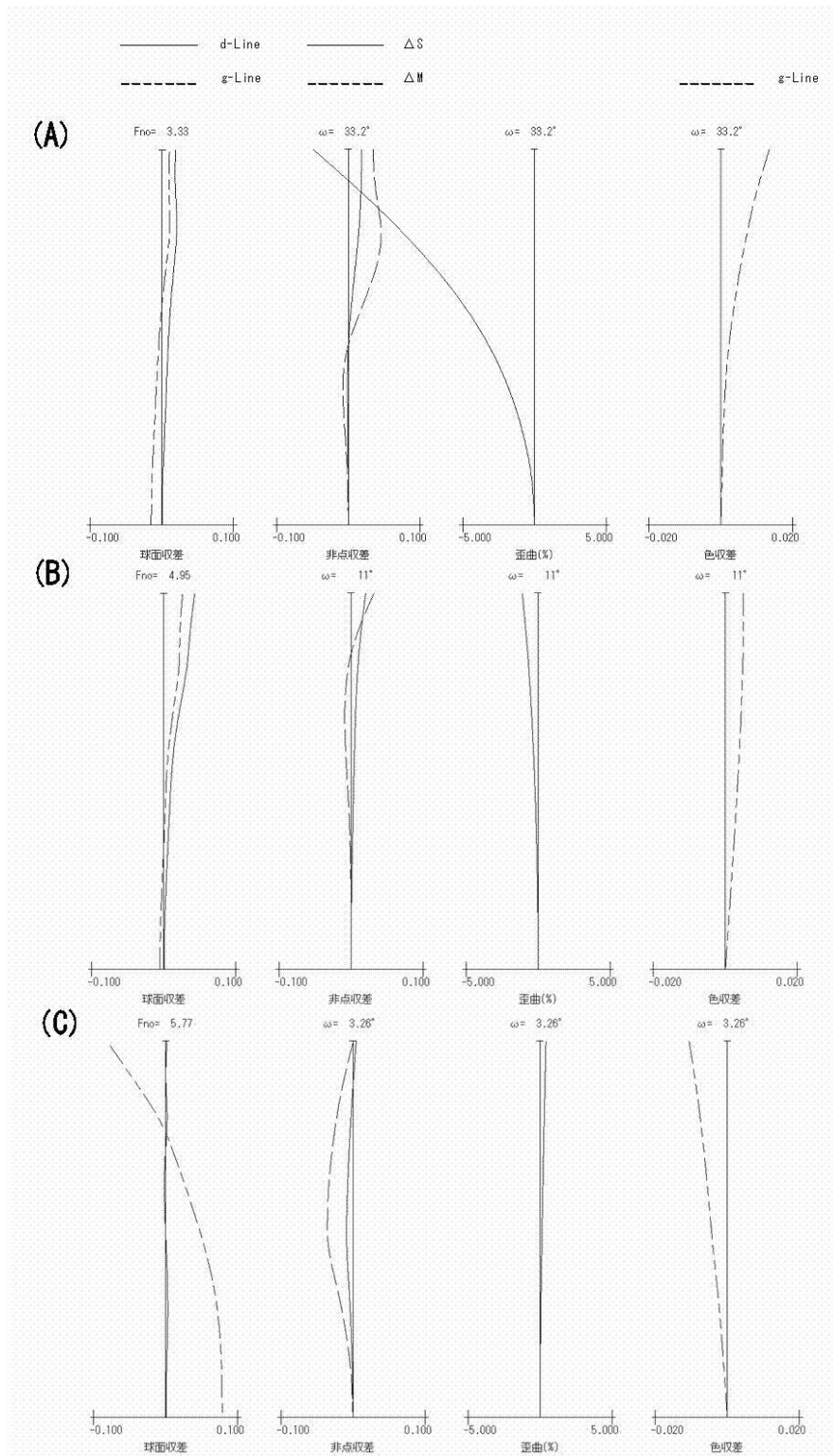
【 0 1 0 4 】

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	L 5	第 5 レンズ群	L 6	第 6 レンズ群
L R	後続レンズ群	P R	光路折り曲げ用の光学素子		

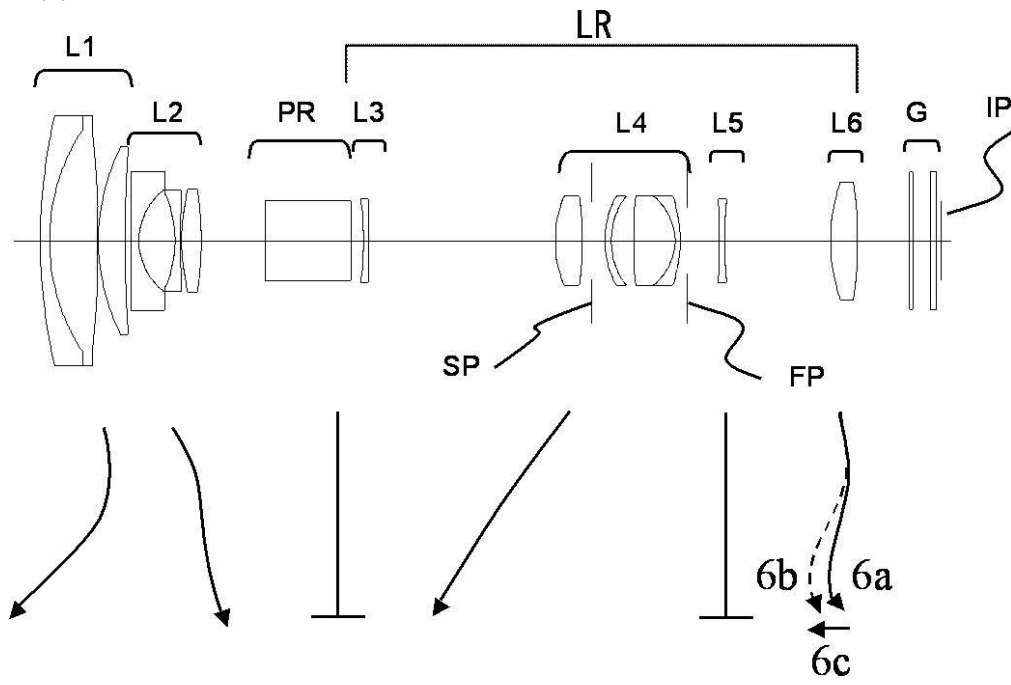
【 図 1 】



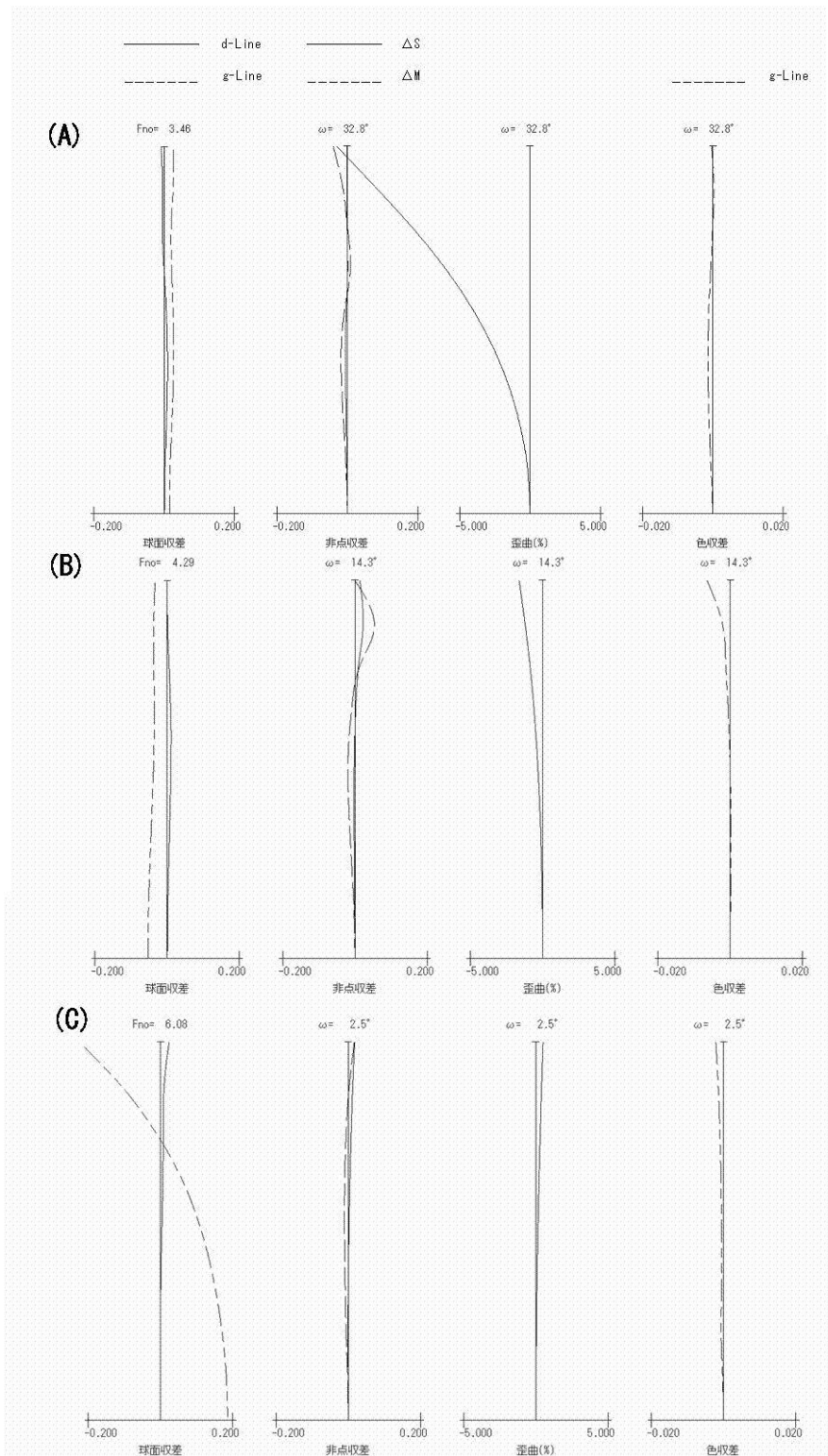
【図 2】

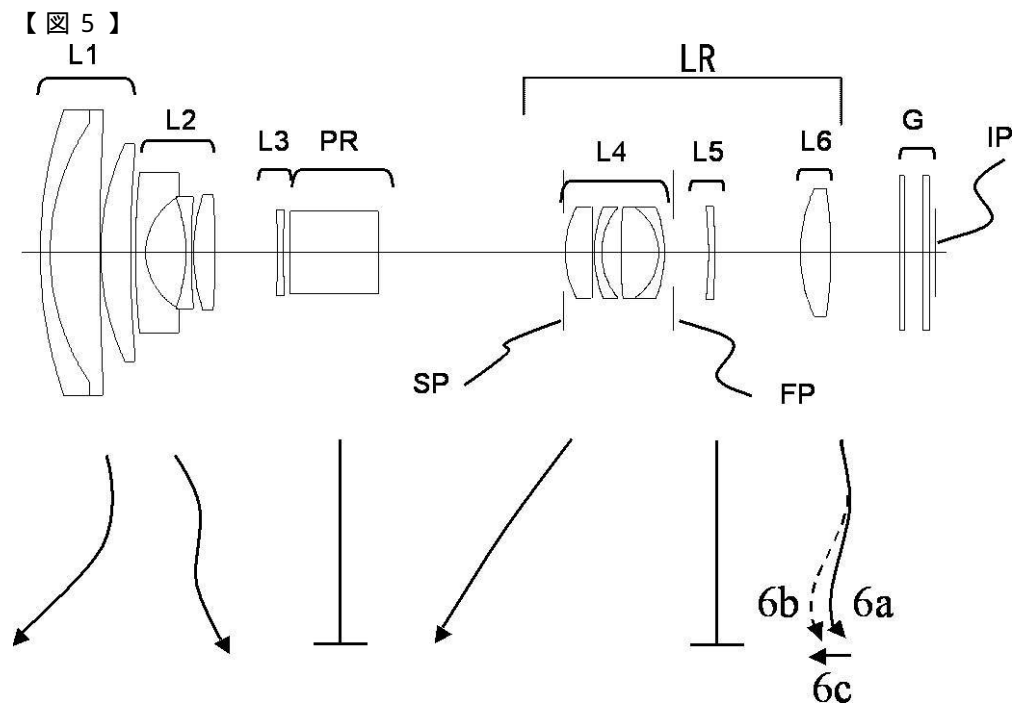


【図3】

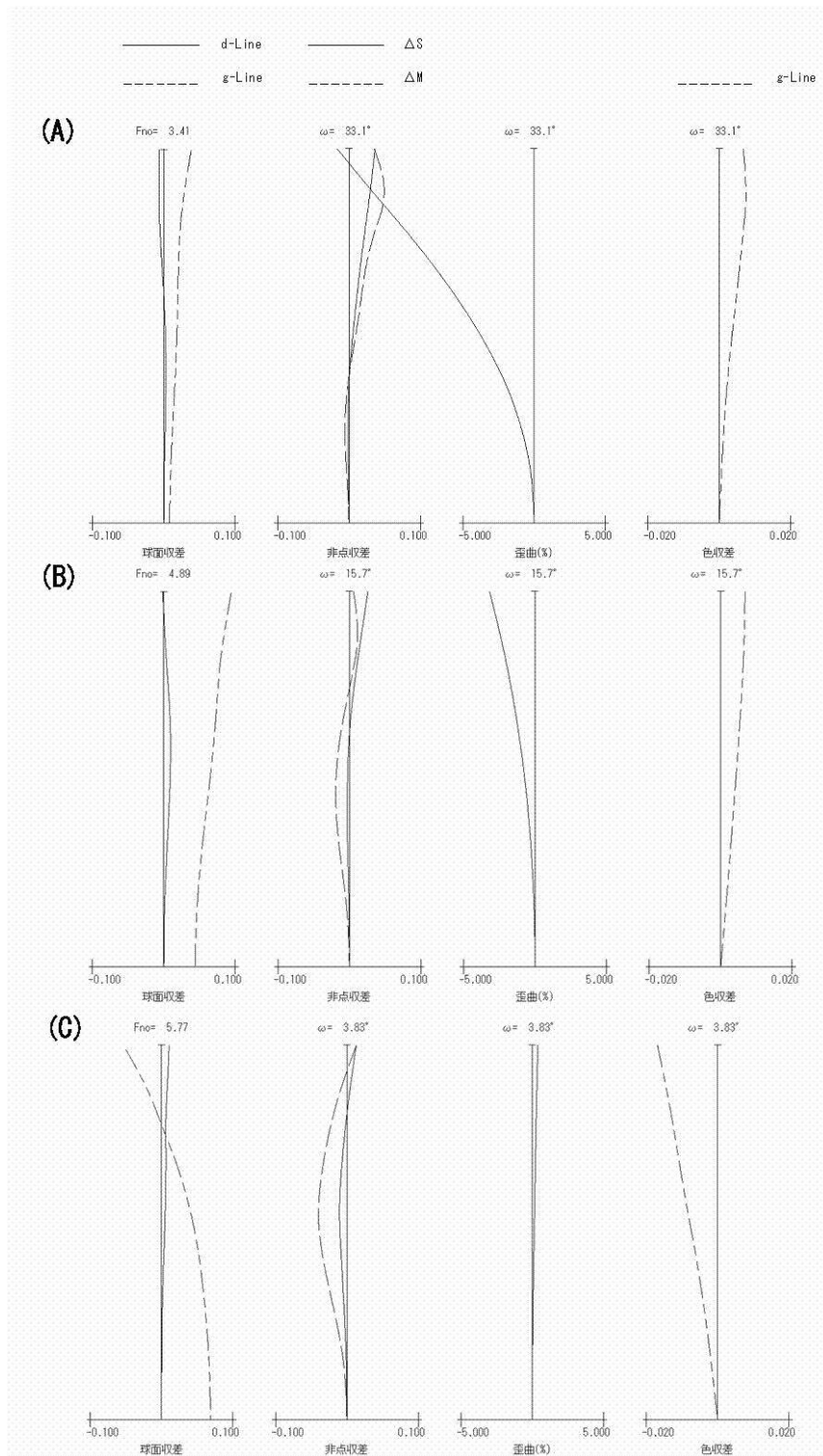


【図 4】

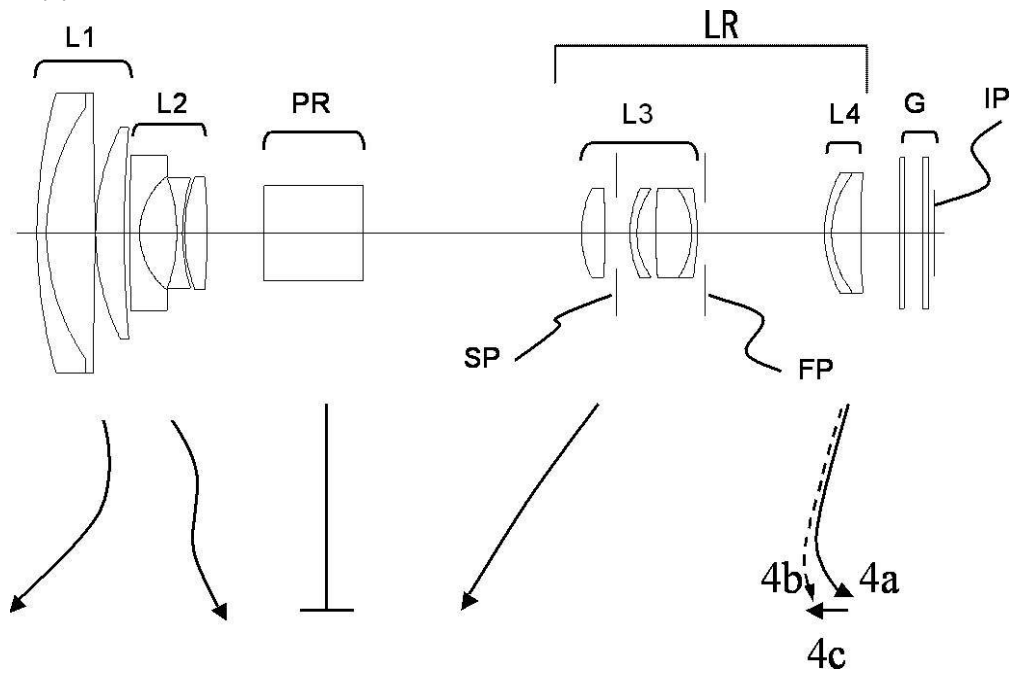




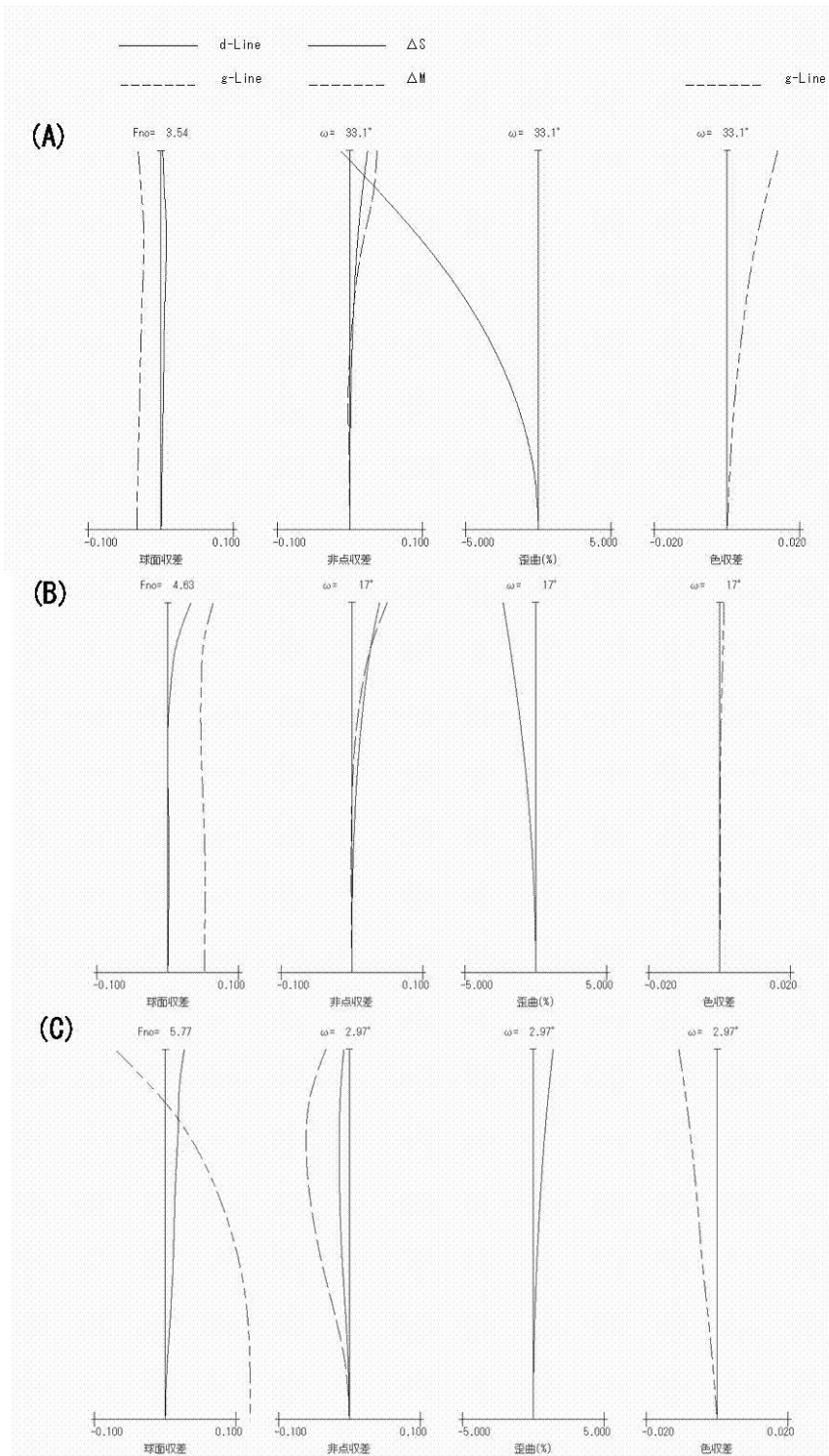
【図 6】



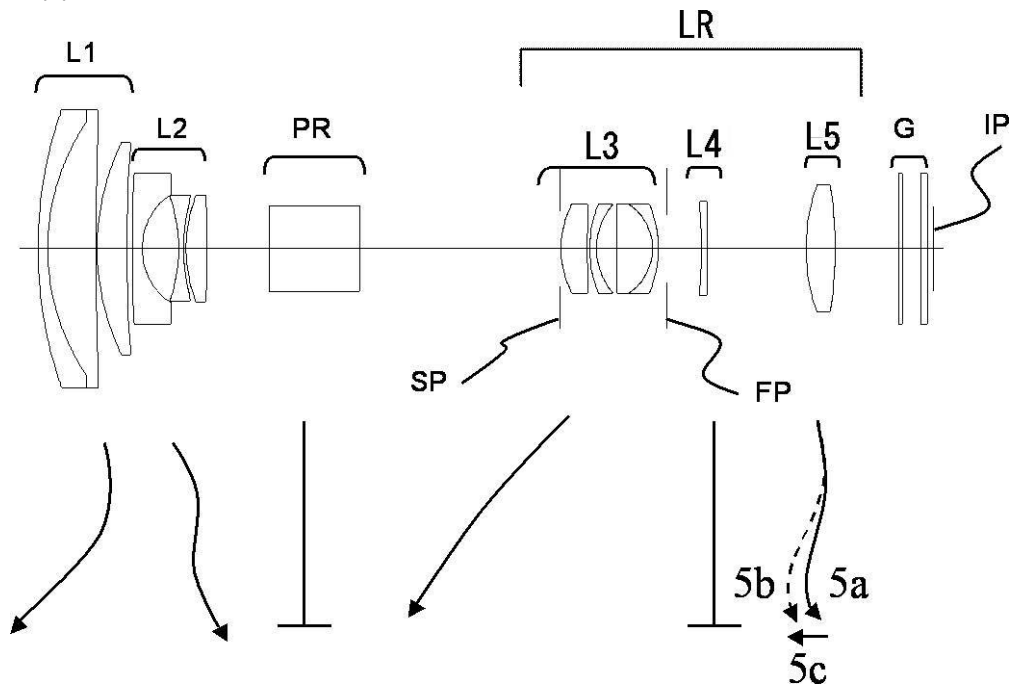
【図7】



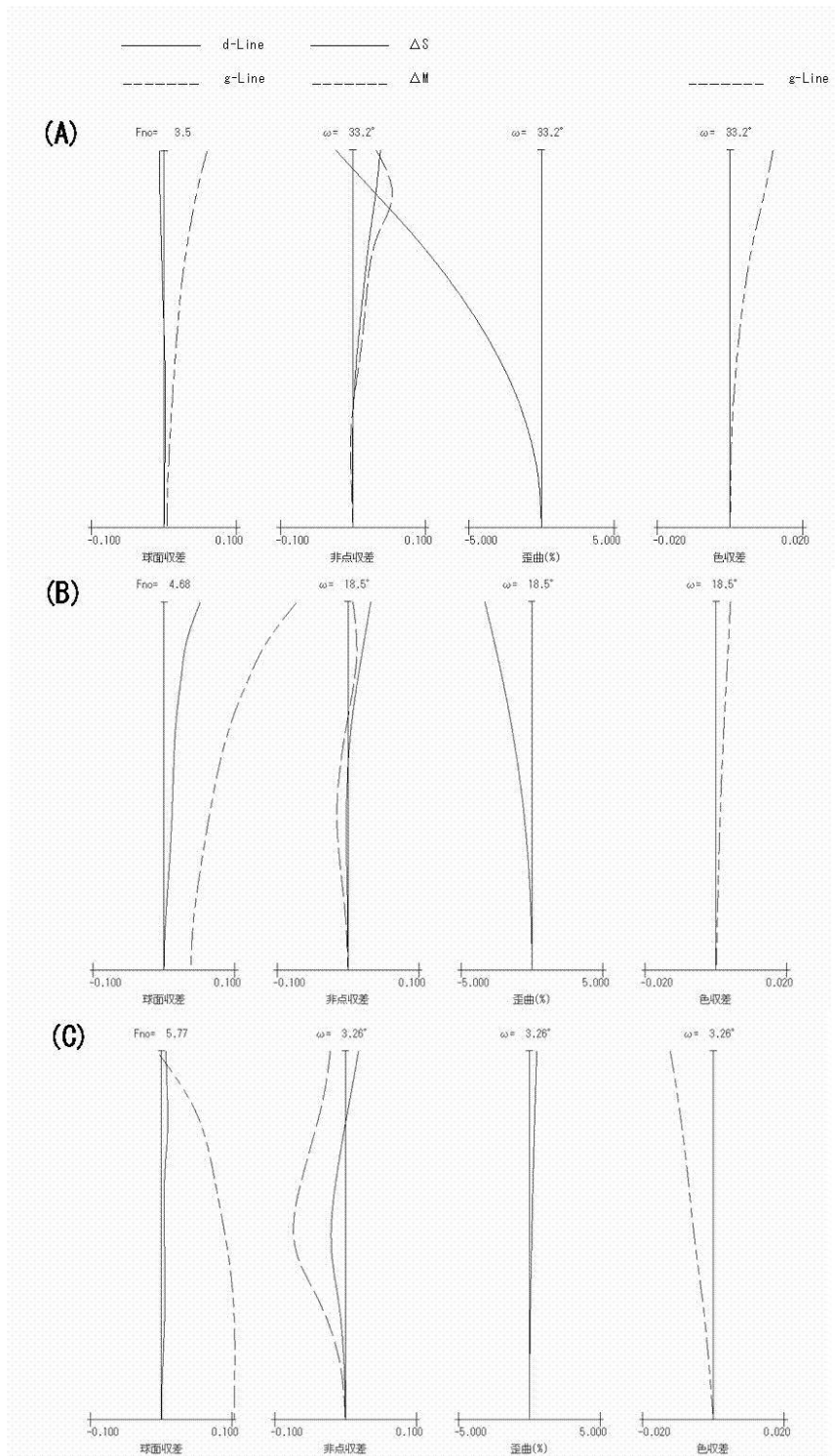
【図 8】



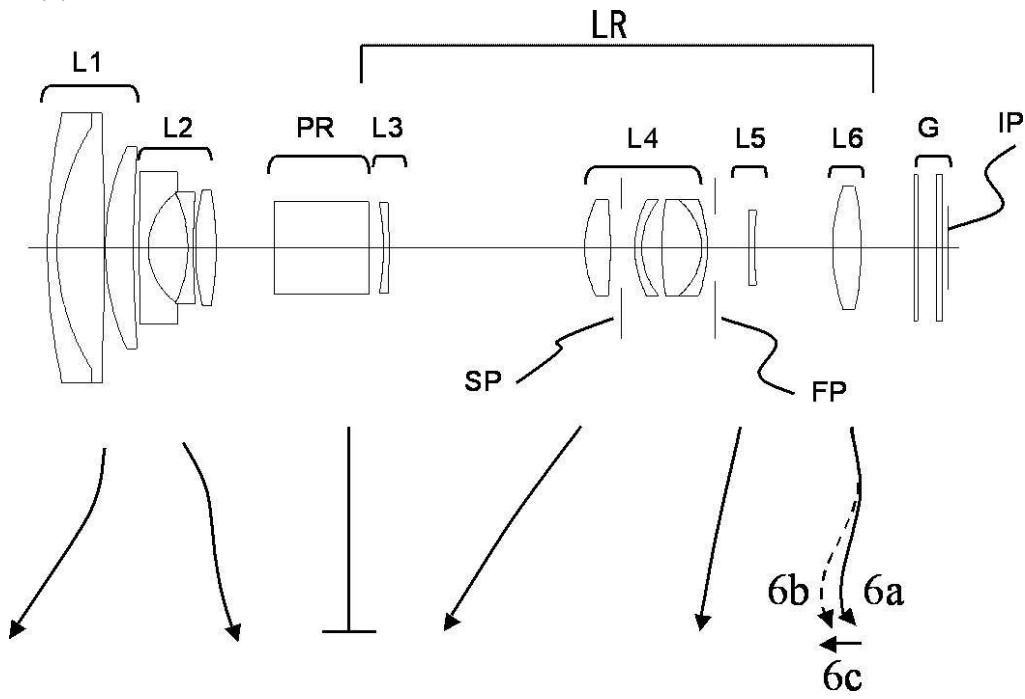
【図 9】



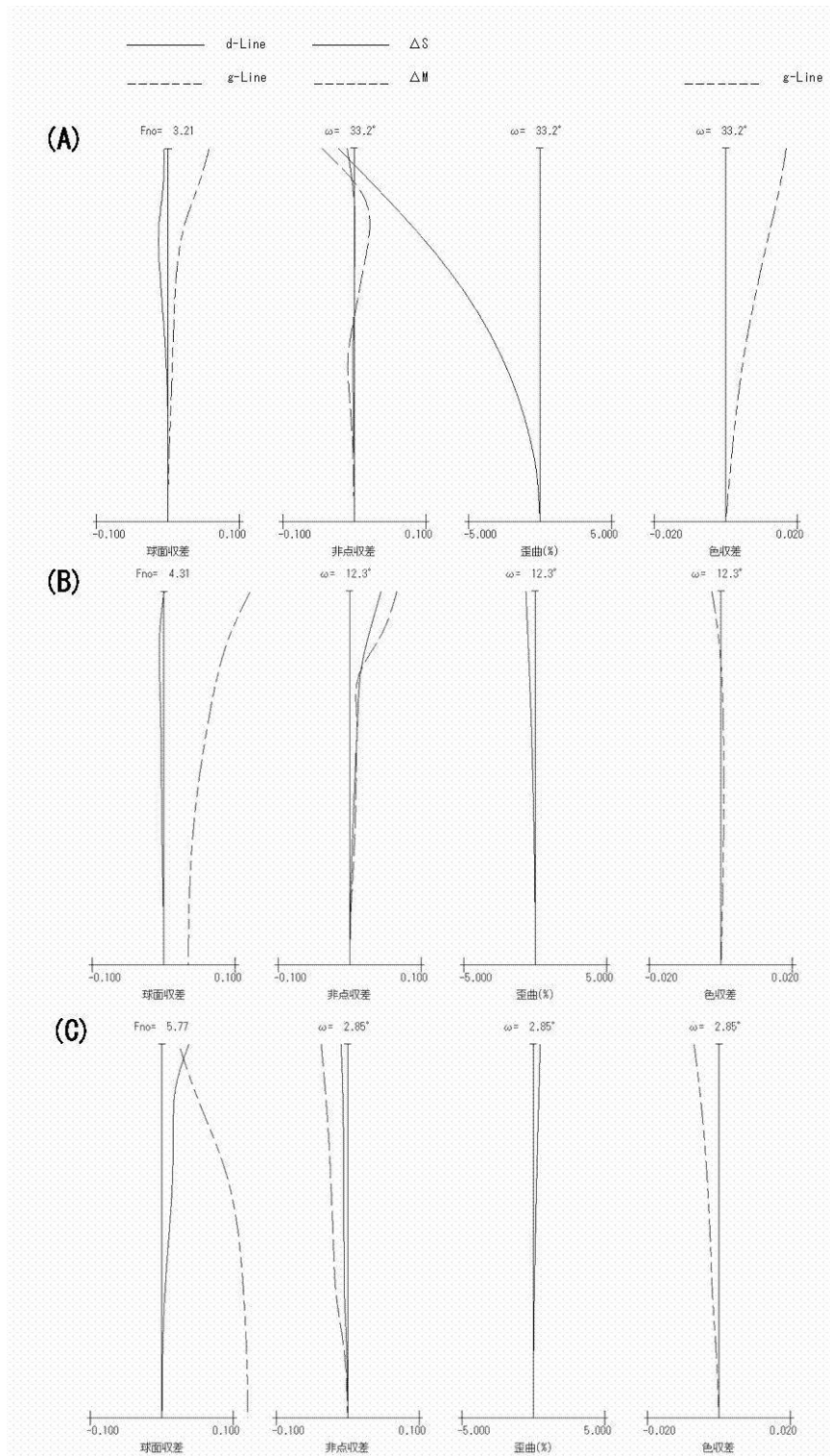
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2010 - 48855 (JP, A)
特開 2011 - 13281 (JP, A)
特開 2007 - 219040 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4
G 0 3 B	1 7 / 0 4	-	1 7 / 1 7