

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6702771号
(P6702771)

(45) 発行日 令和2年6月3日 (2020. 6. 3)

(24) 登録日 令和2年5月11日 (2020. 5. 11)

(51) Int. Cl.

G O 2 B 15/20 (2006. 01)

F I

G O 2 B 15/20

請求項の数 17 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2016-61487 (P2016-61487)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成28年3月25日 (2016. 3. 25)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-173680 (P2017-173680A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成29年9月28日 (2017. 9. 28)	(74) 代理人	100126240
審査請求日	平成31年3月22日 (2019. 3. 22)		弁理士 阿部 琢磨
		(74) 代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72) 発明者	岩本 俊二
			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】

物体側から像側へ順に配置された、1以上の正の屈折力のレンズ群よりなる前群、ズームリングに際して移動する負の屈折力のレンズ群よりなる変倍群、複数のレンズ群を含む正の屈折力の後群より構成され、ズームリ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、

前記前群は、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、正の屈折力の第2レンズ群より構成され、該第2レンズ群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して物体側に移動する第1フォーカスレンズ群であり、

前記後群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して移動する第2フォーカスレンズ群を有し、

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ群の移動量を Maw 、望遠端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ群の移動量を Mat とするとき、

$$0.1 < Maw / Mat < 0.6$$

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】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、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、負の屈折力の第7レンズ群より構成され、該第7レンズ群は前記第2フォーカスレンズ群であることを特徴とする請求項1に記載

10

20

のズームレンズ。

【請求項 3】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群より構成され、該第 4 レンズ群は前記第 2 フォーカスレンズ群であることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 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、正の屈折力の第 7 レンズ群より構成され、該第 4 レンズ群は前記第 2 フォーカスレンズ群であることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

10

【請求項 5】

物体側から像側へ順に配置された、1 以上の正の屈折力のレンズ群よりなる前群、ズームリングに際して移動する負の屈折力のレンズ群よりなる変倍群、複数のレンズ群を含む正の屈折力の後群より構成され、ズームリ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、

前記前群は、正の屈折力の第 1 レンズ群より構成され、該第 1 レンズ群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して物体側に移動する第 1 フォーカスレンズ群であり、

前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、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、該第 6 レンズ群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して移動する第 2 フォーカスレンズ群であり、

20

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第 1 フォーカスレンズ群の移動量を Maw 、望遠端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第 1 フォーカスレンズ群の移動量を Mat とするとき、

$$0.1 < Maw / Mat < 0.6$$

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 6】

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第 2 フォーカスレンズ群の移動量を Mbw 、望遠端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第 2 フォーカスレンズ群の移動量を Mbt とするとき、

30

$$0.15 < Mbw / Mbt < 0.80$$

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 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第 2 フォーカスレンズ群の移動量を Mbw とするとき、

$$0.3 < Maw / Mbw < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

40

望遠端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第 2 フォーカスレンズ群の移動量を Mbt とするとき、

$$0.5 < Mat / Mbt < 7.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 1 フォーカスレンズ群の焦点距離を fa 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を ft とするとき、

$$0.3 < fa / ft < 1.1$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか一項に記載のズームレン

50

ズ。

【請求項 10】

前記第 2 フォーカスレンズ群の焦点距離を f_b 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.10 < |f_b| / f_t < 0.80$$

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 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

広角端における前記前群の焦点距離を f_{fw} 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t とするとき、

$$0.30 < f_{fw} / f_t < 0.70$$

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 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

前記変倍群の焦点距離を f_v 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.30 < |f_v| / f_w < 0.65$$

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 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 13】

広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w 、広角端における前記前群と前記変倍群の間隔を L_{fvw} 、望遠端における前記前群と前記変倍群の間隔を L_{fvt} とするとき、

$$0.10 < (L_{fvt} - L_{fvw}) / f_w < 0.50$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 14】

前記第 1 フォーカスレンズ群の焦点距離を f_a 、広角端における前記前群の焦点距離を f_{fw} とするとき、

$$0.90 < f_a / f_{fw} < 2.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 15】

広角端における前記後群の焦点距離を f_{rw} 、広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w とするとき、

$$0.5 < f_{rw} / f_w < 1.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 14 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 16】

広角端における前記ズームレンズの焦点距離を f_w 、望遠端における前記ズームレンズの焦点距離を f_t 、広角端において最至近距離の物体に合焦しているときの結像横倍率を MOD_w 、望遠端において最至近距離の物体に合焦しているときの結像横倍率を MOD_t とするとき、

$$0.95 < (MOD_t / MOD_w) / (f_t / f_w) < 1.20$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 15 の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 16 の何れか一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。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【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、電子スチルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のように撮像素子を用いた撮像装置、或いは銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置に用いる撮像光学系には、全系が小型でありながら高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い性能を有するズームレンズであることが要求されている。またフォーカシングに際して収差変動が少なく、全物体距離にわたり高い光学性能を有すること等が要望されている。

10

【0003】

高ズーム比を実現しやすいズームレンズとして、最も物体側に正の屈折力のレンズ群が配置されたポジティブリードタイプのズームレンズが知られている。ポジティブリードタイプでフォーカシングに際しての収差変動が少なく、全物体距離にわたり高い光学性能を得るために、フォーカシングに際して2つのレンズ群を移動するようにしたフローティング方式を用いたズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

【0004】

特許文献1では物体側から像側へ順に、正、負、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群よりなる5群ズームレンズにおいて、第3レンズ群と第5レンズ群を互いに逆方向へ移動させてフォーカシングを行っている。また特許文献1では物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群よりなる6群ズームレンズにおいて、第4レンズ群と第6レンズ群を互いに逆方向へ移動させてフォーカシングを行っている。

20

【0005】

特許文献2では物体側から像側へ順に、正、負、正、正、負、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第7レンズ群よりなる7群ズームレンズにおいて、第5レンズ群と第6レンズ群を互いに逆方向へ移動させてフォーカシングを行っている。また特許文献2では物体側から像側へ順に、正、負、正、正、負、正、正、負の屈折力の第1レンズ群乃至第8レンズ群よりなる8群ズームレンズにおいて、第5レンズ群と第7レンズ群を互いに逆方向へ移動させてフォーカシングを行っている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-180218号公報

【特許文献2】特開2013-109013号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

フォーカシングによる収差変動を改善するには、フォーカシングに際して複数のレンズ群を光軸方向に移動させるフローティング方式を用いるのが有効である。フローティング方式を用いると、至近距離にフォーカシングする際、フォーカシングレンズ群の移動量を短くすることができ、レンズ系全体の小型化を図りつつ、収差変動の低減を図ることが容易となる。特にマクロ撮影と同様の至近距離まで収差変動を少なくしつつ、フォーカシングすることが容易になる。

40

【0008】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、全系の小型化を図りつつ、高ズーム比で全ズーム範囲及び全物体距離にわたり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、ズーミングに際しての移動条件等）、フォーカシングに際して移動

50

するレンズ群の選定やフォーカシングに際して移動するレンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。

【0009】

例えばフォーカシングに際して2つのレンズ群を移動させるフローティング方式を用いるときは、フォーカシングに際して移動させる2つのレンズ群の選定や、移動方向そして移動量等を適切に設定することが重要になってくる。

【0010】

本発明は、高ズーム比で全ズーム範囲及び全物体距離にわたり高い光学性能が容易に得られる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】

【0011】

本発明の一側面としてのズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、1以上の正の屈折力のレンズ群よりなる前群、ズーミングに際して移動する負の屈折力のレンズ群よりなる変倍群、複数のレンズ群を含む正の屈折力の後群より構成され、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、前記前群は、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、正の屈折力の第2レンズ群より構成され、該第2レンズ群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して物体側に移動する第1フォーカスレンズ群であり、前記後群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して移動する第2フォーカスレンズ群を有し、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ群の移動量を M_{aw} 、望遠端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ群の移動量を M_{at} とすると、 $0.1 < M_{aw} / M_{at} < 0.6$ なる条件式を満足することを特徴としている。

また、本発明の他の側面としてのズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、1以上の正の屈折力のレンズ群よりなる前群、ズーミングに際して移動する負の屈折力のレンズ群よりなる変倍群、複数のレンズ群を含む正の屈折力の後群より構成され、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、前記前群は、正の屈折力の第1レンズ群より構成され、該第1レンズ群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して物体側に移動する第1フォーカスレンズ群であり、前記後群は、物体側から像側へ順に配置された、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、該第6レンズ群は、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際して移動する第2フォーカスレンズ群であり、広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ群の移動量を M_{aw} 、望遠端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しての前記第1フォーカスレンズ群の移動量を M_{at} とすると、 $0.1 < M_{aw} / M_{at} < 0.6$ 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、高ズーム比で全ズーム範囲及び全物体距離にわたり高い光学性能が容易に得られるズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】(A)、(B) 実施例1の広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 実施例1の無限遠にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図3】(A)、(B)、(C) 実施例1の至近距離にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図4】(A)、(B) 実施例2の広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図5】(A)、(B)、(C) 実施例2の無限遠にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 6】(A)、(B)、(C) 実施例 2 の至近距離にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 7】(A)、(B) 実施例 3 の広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 8】(A)、(B)、(C) 実施例 3 の無限遠にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 9】(A)、(B)、(C) 実施例 3 の至近距離にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 10】(A)、(B) 実施例 4 の広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 11】(A)、(B)、(C) 実施例 4 の無限遠にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

10

【図 12】(A)、(B)、(C) 実施例 4 の至近距離にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 13】(A)、(B) 実施例 5 の広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 14】(A)、(B)、(C) 実施例 5 の無限遠にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 15】(A)、(B)、(C) 実施例 5 の至近距離にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 16】(A)、(B) 実施例 6 の広角端、望遠端におけるレンズ断面図

【図 17】(A)、(B)、(C) 実施例 6 の無限遠にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

20

【図 18】(A)、(B)、(C) 実施例 6 の至近距離にフォーカスしているときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 19】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】

【0014】

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説明する。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レンズ群のみからなる前群 L F、ズームングに際して移動する負の屈折力のレンズ群よりなる変倍群 L V、複数のレンズ群を含む正の屈折力の後群 L R より構成されている。そして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。

30

【0015】

図 1 (A)、(B) は本発明の実施例 1 のズームレンズの広角端と望遠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 のズームレンズにおいて無限遠距離に合焦したとき（フォーカスしたとき）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 (A)、(B)、(C) はそれぞれ実施例 1 のズームレンズにおいて最至近距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0016】

ここで、最至近距離は広角端における結像横倍率 - 0.238、中間のズーム位置における結像横倍率 - 0.438、望遠端における結像横倍率 - 0.694 である。実施例 1 はズーム比 2.69、開口比 (F ナンバー) 4.49 ~ 5.86 程度のズームレンズである。

40

【0017】

図 4 (A)、(B) は本発明の実施例 2 のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図 5 (A)、(B)、(C) はそれぞれ実施例 2 のズームレンズにおいて無限遠距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図 6 (A)、(B)、(C) はそれぞれ実施例 2 のズームレンズにおいて最至近距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0018】

最至近距離は広角端における結像横倍率 - 0.222、中間のズーム位置における結像

50

横倍率 - 0.398、望遠端における結像横倍率 - 0.630である。実施例2はズーム比2.69、開口比4.56~5.86程度のズームレンズである。

【0019】

図7(A)、(B)は本発明の実施例3のズームレンズの広角端と望遠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3のズームレンズにおいて無限遠距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図9(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例3のズームレンズにおいて最至近距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0020】

最至近距離は広角端における結像横倍率 - 0.094、中間のズーム位置における結像横倍率 - 0.168、望遠端における結像横倍率 - 0.250である。実施例3はズーム比2.69、開口比2.90のズームレンズである。

【0021】

図10(A)、(B)は本発明の実施例4のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図11(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズにおいて無限遠距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図12(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例4のズームレンズにおいて最至近距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0022】

最至近距離は広角端における結像横倍率 - 0.087、中間のズーム位置における結像横倍率 - 0.182、望遠端における結像横倍率 - 0.392である。実施例4はズーム比4.00、開口比4.03~5.80程度のズームレンズである。

【0023】

図13(A)、(B)は本発明の実施例5のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図14(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例5のズームレンズにおいて無限遠距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図15(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例5のズームレンズにおいて最至近距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0024】

最至近距離は広角端における結像横倍率 - 0.215、中間のズーム位置における結像横倍率 - 0.421、望遠端における結像横倍率 - 0.682である。実施例5はズーム比2.69、開口比4.58~5.86程度のズームレンズである。

【0025】

図16(A)、(B)は本発明の実施例6のズームレンズの広角端と望遠端におけるレンズ断面図である。図17(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例6のズームレンズにおいて無限遠距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図18(A)、(B)、(C)はそれぞれ実施例6のズームレンズにおいて至近距離へ合焦したときの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0026】

最至近距離は広角端における結像横倍率 - 0.092、中間のズーム位置における結像横倍率 - 0.171、望遠端における結像横倍率 - 0.250である。実施例6はズーム比2.69、開口比2.90~2.90程度のズームレンズである。

【0027】

図19は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0028】

各実施例のズームレンズはビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、銀塩フィルムカメラ、TVカメラなどの撮像装置に用いられる撮像光学系である。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。

【0029】

10

20

30

40

50

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、L F は前群であり、1つ以上の正の屈折力のレンズ群を有する。L V は変倍群であり、ズーミングに際して移動する負の屈折力のレンズ群より構成されている。L R は正の屈折力の後群であり、複数のレンズ群を有する。i を物体側からのレンズ群の順番とすると、L i は第 i レンズ群を示す。

【0030】

S P は開口絞りである。I P は像面である。像面 I P は、ビデオカメラやデジタルカメラの撮像光学系としてズームレンズを使用する際には、C C D センサや C M O S センサなどの撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する。また像面 I P は銀塩フィルムカメラの撮像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。フォーカスに関する矢印は無限遠から近距離にフォーカシングをするときの各レンズ群の移動方向を示す。

【0031】

収差図のうち、球面収差図において、実線の d は d 線（波長 587.6 nm）、二点鎖線の g は g 線（波長 435.8 nm）、点線の S・C は正弦条件を示す。非点収差図において、実線の S は d 線におけるサジタル像面、点線の M は d 線における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 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。

【0032】

フォーカス方式として物体側の第1レンズ群（前玉レンズ群）でフォーカシングを行う前玉フォーカス方式は一般的にフォーカシングに際しての収差変動が比較的少ない。また、ポジティブリードタイプのズームレンズにおいて前玉フォーカス方式はフォーカシングに際して変倍レンズ群と第1レンズ群の間隔が増大するため、変倍効果により撮影倍率を上げやすい。

【0033】

しかしながら、広角端においてフォーカシングに際しての第1レンズ群の移動量が増大するため、広角端において近距離撮影時に周辺光量を確保するのが困難となる。また、周辺光量を十分確保しようとする前玉有効径（第1レンズ群の有効径）が著しく大きくなってしまふ。

【0034】

前玉フォーカス方式に対して第2レンズ群以降のレンズ群を用いてフォーカスを行うインナーフォーカス方式、又はリアフォーカス方式（以下「リアフォーカス方式」という）がある。このリアフォーカス方式はフォーカシングに際してのレンズ群の移動量を小さくしやすく、全系の小型化に有利である。しかしながら、フォーカシングに際しての収差変動が大きく、フォーカシングに際しての収差変動を軽減することが困難である。また、最大撮影倍率を上げるために、より近距離までフォーカシング出来るようにしようとする、フォーカスレンズ群の位置敏感度が極めて大きくなってしまふ傾向がある。

【0035】

リアフォーカス方式においてフォーカシングに際しての収差変動を少なくするためにはフォーカシングに際して複数のレンズ群を互いに異なる移動量で動かすフローティング方式を用いることが有効である。フローティング方式は複数のレンズ群のいずれか1つを主たるフォーカシングレンズ群、もう一方が収差補正のレンズ群と解釈される。この時、撮影可能距離の短縮化及び最大撮影倍率の向上を図るためには収差補正のレンズ群にもフォーカス作用を持たせることが重要となってくる。

【0036】

本発明ではリアフォーカス方式において、フォーカシングに際して1つのレンズ群を主たるフォーカスレンズ群とし、他の1つのレンズ群をフォーカシングに際して変動する収差を補正する収差補正レンズ群とするフローティング方式を採用している。収差補正レン

10

20

30

40

50

ズ群は前玉フォーカス方式における前玉レンズ群又はその一部であるため、フォーカスの作用をもっており、これにより撮影距離の短縮化を容易にしている。

【 0 0 3 7 】

また、前玉フォーカスの特徴より、変倍効果で撮影倍率を上げることが容易となる。また、フォーカシングに際してそれぞれのレンズ群の移動量を適切に設定することで、フォーカシングに伴う収差変動を軽減している。

【 0 0 3 8 】

さらに本発明では、広角端において近距離撮影時の周辺光量を確保するため、広角端において前玉フォーカスのレンズ群の移動量が大きくなり過ぎないように、それぞれのフォーカスレンズ群の移動量を適切に設定している。逆に望遠端においては前玉フォーカス方式の特徴を活かし、出来るだけ撮影倍率を上げるために前玉フォーカスのレンズ群の移動量が大きくなるようにそれぞれのフォーカスレンズ群の移動量を適切に設定している。

【 0 0 3 9 】

次に本発明のズームレンズの構成について詳細に説明する。本発明に係る各実施例のズームレンズにおいて、前群 L F に含まれる正の屈折力のレンズ群をフォーカスレンズ群 L a (第 1 フォーカスレンズ群)、後群 L R に含まれる正の屈折力または負の屈折力のレンズ群をフォーカスレンズ群 L b (第 2 フォーカスレンズ群)とする。無限遠から至近距離へのフォーカシングに際しフォーカスレンズ群 L a は物体側へ移動し、フォーカスレンズ群 L b は物体側又は像側へ移動する。

【 0 0 4 0 】

広角端において無限遠から至近距離へのフォーカシングにおけるフォーカスレンズ群 L a の移動量を M a w、望遠端において無限遠から至近距離へのフォーカシングにおけるフォーカスレンズ群 L a の移動量を M a t とする。このとき、

$$0.1 < M a w / M a t < 0.6 \quad \cdots (1)$$

なる条件式を満足する。ここで至近距離とは広角端において結像横倍率が - 0.238 ~ - 0.087 程度、望遠端において結像横倍率が - 0.694 ~ - 0.250 程度の範囲内にあることをいう。

【 0 0 4 1 】

各実施例のズームレンズでは、変倍レンズ群の物体側又は像側のレンズ群をフォーカスに用いることで、フォーカシングに際しての収差変動を軽減させている。また、無限遠から至近距離へのフォーカシングに際してフォーカスレンズ群 L a を物体側に動かすことでフォーカシングに際して変倍作用が働き、ワーキングディスタンスを確保しつつ撮影倍率を上げている。ここで、ワーキングディスタンスとは最も物体側のレンズの物体側のレンズ面頂点位置から物体面までの光軸上の距離である。

【 0 0 4 2 】

フォーカシングに際しての移動量とは、無限遠合焦時におけるフォーカスレンズ群の光軸上の位置を基準として撮影可能な物体距離全域においてフォーカスレンズ群が最も大きく移動した位置までの光軸方向の距離と定義する。

【 0 0 4 3 】

条件式 (1) はフォーカスレンズ群 L a の広角端と望遠端におけるフォーカシングに際しての移動量の比を規定している。上限を超えて広角端におけるフォーカスレンズ群 L a の移動量が増大すると、広角端における周辺光量の確保が困難になり好ましくない。下限を超えて広角端におけるフォーカスレンズ群 L a の移動量が減少すると、フォーカスレンズ群 L a による収差補正の効果が不十分となり、フォーカシングに際しての収差変動が増大するため好ましくない。

【 0 0 4 4 】

更に好ましくは条件式 (1) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$0.15 < M a w / M a t < 0.45 \quad \cdots (1a)$$

以上のように本発明によれば望遠端において高い撮影倍率を実現し、ズーム全域でフォーカシングに際しての収差変動が小さく物体距離全般にわたり高い光学性能を有した、小

10

20

30

40

50

型なズームレンズを得ることができる。

【 0 0 4 5 】

各実施例において好ましくは次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。広角端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際してのフォーカスレンズ群 L b の移動量を M b w、望遠端における無限遠から至近距離へのフォーカシングに際してのフォーカスレンズ群 L b の移動量を M b t とする。フォーカスレンズ群 L a の焦点距離を f a、望遠端における全系の焦点距離を f t とする。フォーカスレンズ群 L b の焦点距離を f b とする。広角端における前群 L F の焦点距離を f f w とする。

【 0 0 4 6 】

変倍群 L V の焦点距離を f v、広角端における全系の焦点距離を f w とする。広角端における前群 L F と変倍群 L V の間隔を L f v w、望遠端における前群 L F と変倍群 L V の間隔を L f v t とする。広角端における後群 L R の焦点距離を f r w とする。広角端において最至近距離に合焦しているときの結像横倍率を M O D w、望遠端において最至近距離に合焦しているときの結像横倍率を M O D t とする。このとき、次の条件式のうち1つ以上を満足するのが良い。

【 0 0 4 7 】

$$\begin{aligned} 0.15 < M b w / M b t < 0.80 & \cdots (2) \\ 0.3 < M a w / M b w < 5.0 & \cdots (3) \\ 0.5 < M a t / M b t < 7.0 & \cdots (4) \\ 0.3 < f a / f t < 1.1 & \cdots (5) \\ 0.10 < |f b| / f t < 0.80 & \cdots (6) \\ 0.30 < f f w / f t < 0.70 & \cdots (7) \\ 0.30 < |f v| / f w < 0.65 & \cdots (8) \\ 0.10 < (L f v t - L f v w) / f w < 0.50 & \cdots (9) \\ 0.90 < f a / f f w < 2.00 & \cdots (10) \\ 0.5 < f r w / f w < 1.0 & \cdots (11) \\ 0.95 < (M O D t / M O D w) / (f t / f w) < 1.20 & \cdots (12) \end{aligned}$$

【 0 0 4 8 】

条件式 (2) はフォーカスレンズ群 L b の広角端と望遠端におけるフォーカシングに際しての移動量の比を規定している。上限を超えて広角端におけるフォーカスレンズ群 L b の移動量が増大すると、広角端におけるフォーカシングに際しての収差変動、特に像面湾曲の変動が増大し、好ましくない。下限を超えて広角端におけるフォーカスレンズ群 L b の移動量が減少すると、フォーカスレンズ群 L a の移動量が増大し、広角端における周辺光量の確保が困難となり、好ましくない。

【 0 0 4 9 】

条件式 (3) は広角端におけるフォーカスレンズ群 L a とフォーカスレンズ群 L b のフォーカシングに際しての最大移動量の比を規定している。上限を超えてフォーカスレンズ群 L a の移動量が増大すると広角端における周辺光量の確保が困難となり、好ましくない。下限を超えてフォーカスレンズ群 L a の移動量が減少すると、広角端におけるフォーカシングに際しての収差変動、特に像面湾曲の変動が増大し、好ましくない。

【 0 0 5 0 】

条件式 (4) は望遠端におけるフォーカスレンズ群 L a とフォーカスレンズ群 L b のフォーカシングに際しての移動量の比を規定している。上限を超えてフォーカスレンズ群 L a の移動量が増大するとメカ機構が複雑化してレンズ系が大型化するため好ましくない。下限を超えてフォーカスレンズ群 L a の移動量が減少すると、十分なワーキングディスタンスを確保することが困難となり、好ましくない。

【 0 0 5 1 】

条件式 (5) はフォーカスレンズ群 L a の焦点距離を規定している。上限を超えてフォーカスレンズ群 L a の焦点距離が長くなると、フォーカシングに際してのフォーカスレンズ群 L a の移動量が増大し、レンズ系が大型化するため好ましくない。下限を超えてフォ

10

20

30

40

50

ーカスレンズ群 L a の焦点距離が短くなると、望遠端において諸収差、とくに球面収差、軸上色収差、倍率色収差の補正が困難となり、好ましくない。

【 0 0 5 2 】

条件式 (6) はフォーカスレンズ群 L b の焦点距離を規定している。上限を超えてフォーカスレンズ群 L b の焦点距離の絶対値が大きくなると、フォーカシングに際してのフォーカスレンズ群 L b の移動量が増大し、レンズ系が大型化するため好ましくない。下限を超えてフォーカスレンズ群 L b の焦点距離の絶対値が小さくなると、フォーカスレンズ群 L b の位置敏感度が高くなりすぎ、フォーカスレンズ群 L b を駆動するメカ機構に対する要求精度が高くなりすぎるため、好ましくない。

【 0 0 5 3 】

条件式 (7) は前群 L F の焦点距離を規定している。上限を超えて前群 L F の焦点距離が長くなると、望遠端におけるテレ比を十分小さくすることが困難となり、レンズ系が大型化するため好ましくない。下限を超えて前群 L F の焦点距離が短くなると、望遠端において諸収差、特にコマ収差と倍率色収差の補正が困難となり、好ましくない。

【 0 0 5 4 】

条件式 (8) は変倍群 L V の焦点距離を規定している。上限を超えて変倍群 L V の焦点距離の絶対値が大きくなると、変倍比を十分確保することが困難となり、好ましくない。下限を超えて変倍群 L V の焦点距離の絶対値が小さくなると、諸収差のズーム変動、特に球面収差と歪曲収差のズーム変動を軽減することが困難となり好ましくない。

【 0 0 5 5 】

条件式 (9) は前群 L F と変倍群 L V の変倍時の空気間隔を規定している。上限を超えて空気間隔の変化が増大するとレンズ系が大型化し、好ましくない。下限を超えて空気間隔の変化が小さくなると変倍群 L V の変倍分担が少なくなり、十分な変倍比を確保することが困難となるため、好ましくない。

【 0 0 5 6 】

条件式 (1 0) は広角端における前群 L F の焦点距離とフォーカスレンズ群 L a の焦点距離の比を規定している。上限を超えてフォーカスレンズ群 L a の焦点距離が長くなると、フォーカシングに際してのフォーカスレンズ群 L a の移動量が増大し、レンズ系が大型化するため好ましくない。下限を超えてフォーカスレンズ群 L a の焦点距離が短くなると、フォーカシングに際しての収差変動、特に望遠端における倍率色収差の変動を軽減することが困難となり、好ましくない。

【 0 0 5 7 】

条件式 (1 1) は広角端における後群 L R の焦点距離を規定している。上限を超えて後群 L R の焦点距離が長くなると広角端において長いバックフォーカスを確保することが困難となり、好ましくない。下限を超えて後群 L R の焦点距離が短くなると、レンズ全長が長くなり、レンズ系が大型化するため好ましくない。

【 0 0 5 8 】

条件式 (1 2) は最至近距離 (最短撮影距離) における広角端と望遠端の結像横倍率の比に対する広角端と望遠端における全系の焦点距離の比との関係を規定している。最至近距離における広角端と望遠端の結像横倍率の比は近距離側での変倍比に相当する。近距離側と遠距離側で変倍比が異なると、合焦動作に伴いズームングの範囲が変化してしまい好ましくない。

【 0 0 5 9 】

条件式 (1 2) の上限を超えて至近の結像横倍率の広角端から望遠端にズームングした際の変化が焦点距離の変化よりも大きくなると、近距離側で撮像画角が大きく変化してしまい、好ましくない。下限を超えて至近の結像横倍率の広角端から望遠端にズームングした際の変化が焦点距離の変化よりも小さくなると、近距離側で撮像画角の変化が小さくなりすぎ、好ましくない。さらに好ましくは条件式 (2) 乃至 (1 2) の数値範囲を以下の如く設定するのが良い。

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
0.20 < M_{bw} / M_{bt} < 0.65 & \cdots (2a) \\
0.55 < M_{aw} / M_{bw} < 3.00 & \cdots (3a) \\
0.75 < M_{at} / M_{bt} < 5.00 & \cdots (4a) \\
0.40 < f_a / f_t < 0.95 & \cdots (5a) \\
0.18 < |f_b| / f_t < 0.75 & \cdots (6a) \\
0.35 < f_{fw} / f_t < 0.68 & \cdots (7a) \\
0.34 < |f_v| / f_w < 0.56 & \cdots (8a) \\
0.14 < (L_{fv} - L_{vw}) / f_w < 0.45 & \cdots (9a) \\
0.99 < f_a / f_{fw} < 1.80 & \cdots (10a) \\
0.60 < f_{rw} / f_w < 0.89 & \cdots (11a) \\
0.97 < (MOD_t / MOD_w) / (f_t / f_w) < 1.18 & \cdots (12a)
\end{aligned}$$

10

【0061】

前述した条件式(1a)乃至(12a)の技術的意味は条件式(1)乃至(12)と同様である。

【0062】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。実施例1において、1つ以上のレンズ群を含む前群L_F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L₁、正の屈折力の第2レンズ群L₂より構成されている。フォーカスレンズ群L_aは第2レンズ群L₂である。変倍群L_Vは負の屈折力の第3レンズ群L₃より構成されている。

【0063】

20

複数のレンズ群を含む後群L_Rは物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第4レンズ群L₄、負の屈折力の第5レンズ群L₅、正の屈折力の第6レンズ群L₆、負の屈折力の第7レンズ群L₇より構成されている。フォーカスレンズ群L_bは第7レンズ群L₇である。前群L_Fの一部の正の屈折力のフォーカスレンズ群L_aがフローティングレンズ群である。後群L_Rの最も像側の負の屈折力のフォーカスレンズ群L_bが主フォーカスレンズ群である。

【0064】

本実施例では、リアフォーカス方式と前玉フォーカス方式を効果的に組み合わせている。開口絞りS_Pの前後のフォーカスレンズ群L_aとフォーカスレンズ群L_bを異なる移動量で互いに反対側へ移動することにより、フォーカシングに際しての収差変動を効果的に軽減している。

30

【0065】

レンズ断面図において、第2レンズ群L₂に関する実線の曲線2aと点線の曲線2bは各々無限遠物体と近距離物体(至近物体)にフォーカスしているとき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2cに示す如く、第2レンズ群L₂を前方(物体側)に繰り出すことで行っている。

【0066】

第7レンズ群L₇に関する実線の曲線7aと点線の曲線7b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7cに示す如く、第7レンズ群L₇を後方(像側)に繰り込むことで行っている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群のレンズ群間隔が変化する。

40

【0067】

実施例2のレンズ構成は実施例1と同じであり、これによって実施例1と同様の効果を得ている。実施例3において、前群L_F、変倍群L_Vは実施例1と同じである。複数のレンズ群を含む後群L_Rは物体側から像側へ順に配置された正の屈折力の第4レンズ群L₄、正の屈折力の第5レンズ群L₅より構成されている。フォーカスレンズ群L_bは第4レンズ群L₄である。前群L_Fの一部の正の屈折力のフォーカスレンズ群L_aがフローティングレンズ群である。後群L_Rの物体側の正の屈折力のフォーカスレンズ群L_bが主フォ

50

ーカスレンズ群である。

【0068】

実施例3ではフォーカスに用いる2つのレンズ群を光軸方向で比較的近傍に配置してメカ機構の単純化を図っている。実施例3においても、リアフォーカス方式と前玉フォーカス方式を効果的に組み合わせている。開口絞りSPの前後のフォーカスレンズ群Laとフォーカスレンズ群Lbを異なる移動量で互いに反対側へ移動することにより、フォーカシングに際しての収差変動を効果的に軽減している。

【0069】

レンズ断面図において、第2レンズ群L2に関する実線の曲線2aと点線の曲線2bは各々無限遠物体と近距離物体（至近物体）にフォーカスしているとき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2cに示す如く、第2レンズ群L2を前方（物体側）に繰り出すことで行っている。

10

【0070】

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4cに示す如く、第4レンズ群L4を後方（像側）に繰り込むことで行っている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群のレンズ群間隔が変化する。

【0071】

20

実施例4において前群LF、変倍群LVは実施例1と同じである。複数のレンズ群を含む後群LRは物体側から像側へ順に配置された正の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5、負の屈折力の第6レンズ群L6、正の屈折力の第7レンズ群L7より構成されている。フォーカスレンズ群Lbは第4レンズ群L4である。前群LFの一部の正の屈折力のフォーカスレンズ群Laがフローティングレンズ群である。後群LRの物体側の正の屈折力のフォーカスレンズ群Lbが主フォーカスレンズ群である。

【0072】

実施例4ではフォーカスに用いる2つのレンズ群を光軸方向で比較的近傍に配置してメカ機構の単純化を図っている。実施例4においても、リアフォーカス方式と前玉フォーカス方式を効果的に組み合わせている。開口絞りSPの前後のフォーカスレンズ群Laとフォーカスレンズ群Lbを異なる移動量で互いに反対側へ移動することにより、フォーカシングに際しての収差変動を効果的に軽減している。

30

【0073】

レンズ断面図において、第2レンズ群L2に関する実線の曲線2aと点線の曲線2bは各々無限遠物体と近距離物体（至近物体）にフォーカスしているとき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2cに示す如く、第2レンズ群L2を前方（物体側）に繰り出すことで行っている。

【0074】

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4cに示す如く、第4レンズ群L4を後方（像側）に繰り込むことで行っている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群のレンズ群間隔が変化する。

40

【0075】

実施例5において前群LFは、正の屈折力の第1レンズ群L1より構成されている。フォーカスレンズ群Laは第1レンズ群L1である。変倍群LVは実施例1と同じである。複数のレンズ群を含む後群LRは物体側から像側へ順に配置された正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5、負の屈折力の第6レンズ群L6より構成されている。フォーカスレンズ群Lbは第6レンズ群L6で

50

ある。フォーカスレンズ群 L a がフローティングレンズ群である。後群 L R の最も像側の負の屈折力のフォーカスレンズ群 L b が主フォーカスレンズ群である。

【 0 0 7 6 】

実施例 5 においても、リアフォーカス方式と前玉フォーカス方式を効果的に組み合わせている。開口絞り S P の前後のフォーカスレンズ群 L a とフォーカスレンズ群 L b を異なる移動量で互いに反対側へ移動することにより、フォーカシングに際しての収差変動を効果的に軽減している。

【 0 0 7 7 】

レンズ断面図において、第 1 レンズ群 L 1 に関する実線の曲線 1 a と点線の曲線 1 b は各々無限遠物体と近距離物体（至近物体）にフォーカスしているとき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 1 c に示す如く、第 1 レンズ群 L 1 を前方（物体側）に繰り出すことで行っている。

10

【 0 0 7 8 】

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 6 c に示す如く、第 6 レンズ群 L 6 を後方（像側）に繰り込むことで行っている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群のレンズ群間隔が変化する。

【 0 0 7 9 】

20

実施例 6 のレンズ構成について説明する。実施例 6 において、1 つ以上のレンズ群を含む前群 L F 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 L 1、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 より構成されている。フォーカスレンズ群 L a は第 2 レンズ群 L 2 である。変倍群 L V は負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 より構成されている。

【 0 0 8 0 】

複数のレンズ群を含む後群 L R は物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、正の屈折力の第 5 レンズ群 L 5、正の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 より構成されている。フォーカスレンズ群 L b は第 6 レンズ群 L 6 である。前群 L F の一部の正の屈折力のフォーカスレンズ群 L a がフローティングレンズ群である。後群 L R の最も像側の正の屈折力のフォーカスレンズ群 L b が主フォーカスレンズ群である。

30

【 0 0 8 1 】

本実施例では、リアフォーカス方式と前玉フォーカス方式を効果的に組み合わせている。開口絞り S P の前後のフォーカスレンズ群 L a とフォーカスレンズ群 L b を異なる移動量で物体側へ移動することにより、フォーカシングに際しての収差変動を効果的に軽減している。

【 0 0 8 2 】

レンズ断面図において、第 2 レンズ群 L 2 に関する実線の曲線 2 a と点線の曲線 2 b は各々無限遠物体と近距離物体（至近物体）にフォーカスしているとき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 2 c に示す如く、第 2 レンズ群 L 2 を前方（物体側）に繰り出すことで行っている。

40

【 0 0 8 3 】

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 6 c に示す如く、第 6 レンズ群 L 6 を前方（物体側）に移動することで行っている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群のレンズ群間隔が変化する。尚、以上の実施例において、主フォーカシングレンズ群をどのレンズ群に設定しても良い。

【 0 0 8 4 】

実施例 1 乃至 4、実施例 6 は前群 L F に含まれる一部のフォーカスレンズ群 L a が、フ

50

ローティンングレンズ群であり、実施例 5 は前群 L F 全体のフォーカスレンズ群 L a がフローティンングレンズ群である。前群 L F の一部をフローティンングレンズ群とすると、フローティンングレンズ群の軽量化が容易となる。前群 L F 全体をフローティンングレンズ群とすると、フォーカシングに際しての移動量の削減が容易となる。

【 0 0 8 5 】

無限遠から近距離側へのフォーカスに際してフォーカスレンズ群 L a を物体側に、フォーカスレンズ群 L b を物体側又は像側に移動させている。フォーカスレンズ群 L a とフォーカスレンズ群 L b を移動させることで、フォーカシングによる重心位置の変化を小さくして、操作性を向上させている。

【 0 0 8 6 】

次に本発明のズームレンズを撮像光学系として用いたデジタルカメラ（撮像装置）の実施形態を図 1 9 を用いて説明する。図 1 9 において、2 0 はデジタルカメラ本体、2 1 は上述の各実施例のズームレンズによって構成された撮像光学系である。2 2 は撮像光学系 2 1 によって被写体像（像）を受光する C C D 等の撮像素子（光電変換素子）、2 3 は撮像素子 2 2 が受光した被写体像を記録する記録手段である。2 4 は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。

【 0 0 8 7 】

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子 2 2 上に形成された被写体像が表示される。このように本発明のズームレンズをデジタルカメラ等の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を実現している。

【 0 0 8 8 】

以下に実施例 1 乃至 6 に対応する数値データ 1 乃至 6 を示す。各数値データにおいて i は物体側からの面の順番を示す。数値データにおいて r i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、d i は物体側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、n d i と d i は各々物体側より順に第 i 番目のレンズの材料の屈折率とアッペ数である。

【 0 0 8 9 】

また、焦点距離、F ナンバー等のスペックに加え、半画角は全系の半画角（度）、像高は半画角を決定する最大像高、レンズ全長は第 1 レンズ面から像面までの距離である。また、各レンズ群データは、各レンズ群の焦点距離を示している。最至近結像横倍率も示す。また、各光学面の間隔 d が（可変）となっている部分は、ズーミングやフォーカシングに際して変化するものであり、別表に焦点距離に応じた面間隔を記している。尚、以下に記載する数値データ 1 乃至 5 のレンズデータに基づく、各条件式の計算結果を表 1 に示す。

【 0 0 9 0 】

[数値データ 1]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	126.007	3.40	1.48749	70.2
2	877.317	(可変)		
3	59.251	1.25	1.80000	29.8
4	36.447	5.76	1.59522	67.7
5	2051.413	(可変)		
6	176.601	1.05	1.77250	49.6
7	30.683	3.76		
8	-70.236	1.05	1.58913	61.1
9	34.299	2.95	1.80518	25.4
10	223.604	(可変)		
11	44.779	3.36	1.60311	60.6
12	-580.358	0.15		
13	47.706	4.58	1.48749	70.2

14	-43.682	1.05	1.90366	31.3
15	-249.132	0.76		
16(絞リ)		(可変)		
17	-49.860	0.90	1.66998	39.3
18	19.067	4.50	1.80000	29.8
19	129.584	(可変)		
20	-191.995	2.74	1.80400	46.6
21	-37.633	0.15		
22	76.913	4.84	1.60311	60.6
23	-22.273	0.95	1.90366	31.3
24	-153.966	0.15		
25	40.977	2.23	1.77250	49.6
26	99.139	(可変)		
27	95.597	0.95	1.88300	40.8
28	29.454	2.92		
29	-51.644	2.16	1.84666	23.8
30	-31.310	8.97		
31	-27.304	1.05	1.70154	41.2
32	289.514	0.28		
33	57.032	2.86	1.84666	23.8
34	791.169	(可変)		

10

20

像面

【 0 0 9 1 】

各種データ

ズーム比	2.69		
	広角	中間	望遠
焦点距離	72.10	129.82	193.99
Fナンバー	4.49	5.40	5.86
半画角(度)	16.70	9.46	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	164.73	184.09	196.00

30

レンズ群間隔(無限遠合焦時)

d 2	6.15	15.06	18.07
d 5	2.00	12.45	21.35
d10	26.24	10.90	1.20
d16	2.35	6.33	8.63
d19	14.47	10.61	7.62
d26	6.72	4.30	1.17
d34	42.04	59.68	73.20

40

レンズ群間隔(至近合焦時)

d 2	1.00	6.09	3.55
d 5	7.15	21.42	35.87
d10	26.24	10.90	1.20
d16	2.35	6.33	8.63
d19	14.47	10.61	7.62
d26	10.57	12.45	15.17
d34	38.18	51.53	59.20

50

最至近結像横倍率

-0.238 -0.438 -0.694

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	301.39
2	3	130.60
3	6	-37.12
4	11	52.42
5	17	-77.59
6	20	34.99
7	27	-40.65

10

【 0 0 9 2 】

[数値データ 2]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	128.168	3.99	1.51633	64.1
2	2079.248	(可変)		
3	59.086	1.25	1.74077	27.8
4	40.709	5.48	1.48749	70.2
5	634.488	(可変)		
6	168.826	1.05	1.83481	42.7
7	33.994	3.53		
8	-85.182	1.05	1.61405	55.0
9	34.442	4.05	1.84666	23.8
10	180.491	(可変)		
11	56.489	3.40	1.72000	50.2
12	-174.468	0.15		
13	40.471	4.71	1.48749	70.2
14	-51.917	1.05	1.84666	23.8
15	3352.883	1.02		
16(絞り)		(可変)		
17	-55.364	0.90	1.72047	34.7
18	18.802	3.96	1.84666	23.8
19	74.828	(可変)		
20	-116.452	2.47	1.80400	46.6
21	-38.045	0.15		
22	68.055	5.08	1.72916	54.7
23	-22.087	0.95	1.90366	31.3
24	-294.724	0.15		
25	44.979	2.06	1.83481	42.7
26	97.580	(可変)		
27	93.185	0.95	1.88300	40.8
28	27.071	3.09		
29	-51.661	2.08	1.84666	23.8
30	-28.511	6.82		
31	-25.450	1.05	1.88300	40.8
32	-949.858	0.67		
33	61.889	4.39	1.80000	29.8

20

30

40

50

34 -137.229 (可変)

像面

【 0 0 9 3 】

各種データ

ズーム比	2.69		
	広角	中間	望遠
焦点距離	72.10	129.54	193.98
Fナンバー	4.56	5.42	5.86
半画角(度)	16.70	9.48	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	174.27	187.86	197.44

10

レンズ群間隔(無限遠合焦時)

d 2	12.65	12.65	12.65
d 5	2.00	15.60	25.18
d10	27.79	12.43	2.24
d16	2.28	6.64	10.36
d19	14.98	10.62	6.90
d26	6.97	4.04	1.18
d34	42.09	60.38	73.43

20

レンズ群間隔(至近合焦時)

d 2	10.39	8.11	1.00
d 5	4.26	20.14	36.83
d10	27.79	12.43	2.24
d16	2.28	6.64	10.36
d19	14.98	10.62	6.90
d26	10.86	12.43	16.19
d34	38.20	52.00	58.41

30

最至近結像横倍率

-0.222 -0.398 -0.630

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	264.35
2	3	177.68
3	6	-39.69
4	11	45.13
5	17	-56.18
6	20	33.05
7	27	-42.84

40

【 0 0 9 4 】

[数値データ 3]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	260.497	1.80	1.66998	39.3
2	102.643	2.46		
3	127.212	9.44	1.49700	81.5

50

4	-293.060	0.15		
5	70.630	7.44	1.49700	81.5
6	176.032	(可変)		
7	50.616	1.80	1.84666	23.8
8	41.457	1.34		
9	47.563	8.38	1.49700	81.5
10	-2245.257	(可変)		
11	406.968	1.20	1.80400	46.6
12	31.902	7.56		
13	-84.845	1.26	1.49700	81.5
14	35.177	5.33	1.84666	23.8
15	428.147	3.13		
16	-51.892	1.20	1.80400	46.6
17	-1119.967	(可変)		
18	302.829	4.41	1.80400	46.6
19	-79.565	0.15		
20	271.705	5.79	1.49700	81.5
21	-47.922	1.20	1.83400	37.2
22	-182.549	(可変)		
23(絞り)		0.39		
24	57.816	4.12	1.77250	49.6
25	158.490	0.15		
26	46.013	3.45	1.77250	49.6
27	64.518	2.70		
28	228.641	4.55	1.74000	28.3
29	32.997	6.00	1.49700	81.5
30	-631.865	2.00		
31	149.773	4.77	1.80518	25.4
32	-55.853	1.20	1.59551	39.2
33	35.640	4.29		
34	-65.840	1.20	1.74400	44.8
35	-236.280	6.58		
36	439.133	4.93	1.80610	40.9
37	-65.850	0.28		
38	188.617	8.53	1.48749	70.2
39	-31.750	1.50	1.83400	37.2
40	-7114.924	8.76		
41	72.198	4.60	1.83400	37.2
42	268.078	(可変)		

像面

【 0 0 9 5 】

各種データ

ズーム比	2.69		
	広角	中間	望遠
焦点距離	72.00	135.00	194.00
Fナンバー	2.90	2.90	2.90
半画角(度)	16.72	9.10	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	248.04	248.04	248.04

10

20

30

40

50

レンズ群間隔（無限遠合焦時）

d 6	6.07	28.77	35.89
d10	1.58	10.02	13.58
d17	27.81	14.31	1.50
d22	24.28	6.63	8.76
d42	54.26	54.26	54.26

レンズ群間隔（至近合焦時）

d 6	1.00	19.58	23.98
d10	6.65	19.21	25.50
d17	30.38	19.45	8.76
d22	21.71	1.50	1.50
d42	54.26	54.26	54.26

10

最至近結像横倍率

-0.094 -0.168 -0.250

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	164.77
2	7	139.40
3	11	-24.97
4	18	82.10
5	23	99.06

20

【 0 0 9 6 】

[数値データ 4]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	254.819	4.56	1.48749	70.2
2	2500.885	(可変)		
3	332.224	3.00	1.80610	33.3
4	82.483	0.57		
5	91.032	9.08	1.49700	81.5
6	-228.274	0.15		
7	72.374	9.20	1.49700	81.5
8	-432.920	(可変)		
9	-103.704	4.44	1.90366	31.3
10	-38.888	2.00	1.65160	58.5
11	40.844	2.45		
12	428.327	2.00	1.65160	58.5
13	25.410	5.40	1.90366	31.3
14	236.606	2.45		
15	-43.184	2.00	1.83481	42.7
16	131.306	(可変)		
17	650.491	3.23	1.59282	68.6
18	-91.558	0.15		
19	72.460	2.00	1.90366	31.3
20	36.517	6.08	1.49700	81.5
21	-92.081	(可変)		

30

40

50

22	-68.057	2.00	1.84666	23.8
23	-89.624	0.15		
24	50.636	5.06	1.59282	68.6
25	-178.508	4.02		
26(絞リ)		(可変)		
27	84.033	3.28	1.80610	33.3
28	-289.199	1.57	1.72916	54.7
29	48.375	1.89		
30	-481.106	1.50	1.65160	58.5
31	121.273	(可変)		
32	158.707	4.63	1.51742	52.4
33	-42.609	0.94		
34	-36.715	2.24	1.80610	33.3
35	-70.709	8.22		
36	77.395	8.93	1.57501	41.5
37	-30.760	2.00	1.88300	40.8
38	-397.965	(可変)		

像面

【 0 0 9 7 】

各種データ

ズーム比 4.00

	広角	中間	望遠
焦点距離	70.98	141.89	283.59
Fナンバー	4.03	5.12	5.80
半画角(度)	16.95	8.67	4.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	228.54	263.44	281.60

レンズ群間隔(無限遠合焦時)

d 2	7.02	20.80	20.44
d 8	4.00	16.80	33.97
d16	29.56	15.29	2.00
d21	11.03	6.98	5.28
d26	19.52	25.16	29.64
d31	12.33	4.20	4.02
d38	39.85	68.99	81.04

レンズ群間隔(至近合焦時)

d 2	2.00	12.14	6.95
d 8	9.02	25.47	47.46
d16	31.28	17.55	4.81
d21	9.32	4.72	2.47
d26	19.52	25.16	29.64
d31	12.33	4.20	4.02
d38	39.85	68.99	81.04

最至近結像横倍率

-0.087 -0.182 -0.392

ズームレンズ群データ

10

20

30

40

50

群	始面	焦点距離
1	1	581.63
2	3	118.91
3	9	-25.33
4	17	71.38
5	22	81.46
6	27	-87.24
7	32	190.36

【 0 0 9 8 】

10

[数値データ 5]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	66.176	1.25	1.80000	29.8
2	40.055	6.00	1.59522	67.7
3	-778.361	(可変)		
4	67.768	1.05	1.77250	49.6
5	30.919	4.16		
6	-71.750	1.05	1.58913	61.1
7	34.394	4.89	1.80518	25.4
8	147.698	(可変)		
9	58.600	3.55	1.60311	60.6
10	-295.263	0.15		
11	40.085	5.47	1.48749	70.2
12	-54.974	1.05	1.90366	31.3
13	-269.455	0.71		
14(絞り)		(可変)		
15	-45.707	0.90	1.66998	39.3
16	21.600	6.01	1.80000	29.8
17	83.097	(可変)		
18	-404.679	3.52	1.80400	46.6
19	-38.780	0.15		
20	86.512	7.85	1.60311	60.6
21	-23.220	0.95	1.90366	31.3
22	-171.263	0.15		
23	45.851	2.66	1.77250	49.6
24	943.105	(可変)		
25	214.108	0.95	1.88300	40.8
26	30.180	2.76		
27	-46.195	5.09	1.84666	23.9
28	-27.280	7.99		
29	-24.126	1.05	1.70154	41.2
30	-156.084	0.15		
31	50.204	2.27	1.84666	23.9
32	98.403	(可変)		

20

30

40

像面

【 0 0 9 9 】

各種データ

ズーム比 2.69

広角	中間	望遠
----	----	----

50

焦点距離	72.10	129.94	193.96
Fナンバー	4.58	5.51	5.86
半画角(度)	16.70	9.45	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	167.80	181.03	192.09

レンズ群間隔(無限遠合焦時)

d 3	2.00	15.23	26.28
d 8	29.24	11.55	1.20
d14	2.41	9.49	16.46
d17	11.59	6.36	2.00
d24	4.70	2.88	1.03
d32	46.09	63.74	73.33

10

レンズ群間隔(至近合焦時)

d 3	7.57	30.58	53.21
d 8	29.24	11.55	1.20
d14	2.41	9.49	16.46
d17	11.59	6.36	2.00
d24	7.35	8.79	12.60
d32	43.44	57.83	61.77

20

最至近結像横倍率

-0.215	-0.421	-0.682
--------	--------	--------

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	128.91
2	4	-46.79
3	9	49.07
4	15	-53.85
5	18	30.34
6	25	-35.84

30

【0 1 0 0】

[数値データ6]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	245.376	1.80	1.66998	39.3
2	105.515	1.23		
3	125.813	9.16	1.49700	81.5
4	-298.520	0.15		
5	70.351	6.91	1.49700	81.5
6	163.820	(可変)		
7	50.753	1.80	1.84666	23.8
8	40.850	1.03		
9	45.701	7.79	1.49700	81.5
10	14640.067	(可変)		
11	494.770	1.20	1.80400	46.6
12	33.190	6.01		

40

50

13	-86.852	5.24	1.49700	81.5
14	36.971	5.23	1.84666	23.8
15	511.778	2.86		
16	-57.664	1.25	1.80400	46.6
17	1933.632	(可変)		
18	257.322	4.28	1.80400	46.6
19	-91.996	0.15		
20	412.434	5.58	1.49700	81.5
21	-49.191	1.20	1.83400	37.2
22	-142.777	(可変)		
23(絞り)		0.39		
24	56.647	3.93	1.77250	49.6
25	143.379	0.15		
26	45.975	4.75	1.77250	49.6
27	63.538	1.84		
28	334.076	1.50	1.74000	28.3
29	33.966	5.99	1.49700	81.5
30	-1299.269	2.00		
31	119.244	4.97	1.80518	25.4
32	-56.448	1.20	1.59551	39.2
33	34.651	4.39		
34	-65.294	1.20	1.74400	44.8
35	-443.105	4.94		
36	552.461	5.14	1.83481	42.7
37	-64.237	0.15		
38	234.299	7.98	1.53996	59.5
39	-32.344	1.50	1.83400	37.2
40	-540.946	(可変)		
41	80.918	4.53	1.77250	49.6
42	294.180	(可変)		

10

20

30

像面

【 0 1 0 1 】

各種データ

ズーム比	2.69		
	広角	中間	望遠
焦点距離	72.00	135.00	194.00
Fナンバー	2.90	2.90	2.90
画角	16.72	9.10	6.36
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	245.77	245.77	245.77
BF	54.00	54.00	54.00

40

レンズ群間隔 (無限遠合焦時)

d 6	6.18	31.55	39.07
d10	1.58	8.86	12.05
d17	29.79	15.19	1.50
d22	19.56	1.50	4.48
d40	15.23	15.23	15.23
d42	54.00	54.00	54.00

50

レンズ群間隔（至近合焦時）

d 6	1.00	22.10	27.41
d10	6.76	18.31	23.71
d17	29.79	15.19	1.50
d22	19.56	1.50	4.48
d40	9.83	4.61	1.50
d42	59.40	64.62	67.73

最至近結像横倍率

-0.092 -0.171 -0.250

10

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	161.99
2	7	142.85
3	11	-25.79
4	18	83.22
5	23	185.55
6	41	143.17

20

【 0 1 0 2 】

【表 1】

表 1

条件式		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
(1)	Maw/Mat	0.355	0.194	0.426	0.372	0.207	0.444
(2)	Mbw/Mbt	0.275	0.259	0.354	0.610	0.229	0.393
(3)	Maw/Mbw	1.335	0.582	1.971	2.924	2.104	0.960
(4)	Mat/Mbt	1.037	0.776	1.640	4.790	2.328	0.849
(5)	fa/ft	0.673	0.916	0.719	0.419	0.665	0.736
(6)	fb /ft	0.210	0.221	0.423	0.252	0.185	0.738
(7)	ffw/ft	0.479	0.566	0.407	0.359	0.665	0.409
(8)	fv /fw	0.515	0.550	0.347	0.357	0.414	0.358
(9)	(Lfvt-Lfvw)/fw	0.268	0.321	0.167	0.422	0.337	0.145
(10)	fa/ffw	1.406	1.619	1.767	1.168	1.000	1.799
(11)	frw/fw	0.631	0.658	0.869	0.629	0.686	0.882
(12)	(β MODt/ β MODw)/(ft/fw)	1.083	1.057	0.983	1.123	1.179	1.009

30

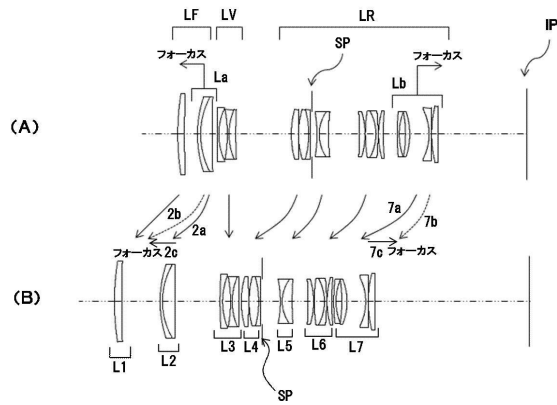
【符号の説明】

【 0 1 0 3 】

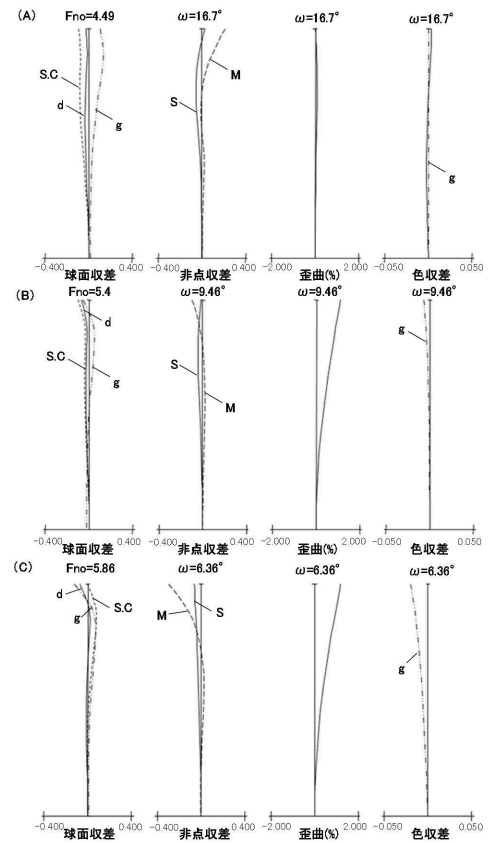
L F 前群 L V 変倍群 L R 後群 L a フォーカスレンズ群
 L b フォーカスレンズ群
 L 1 第 1 レンズ群 L 2 第 2 レンズ群 L 3 第 3 レンズ群
 L 4 第 4 レンズ群 L 5 第 5 レンズ群 L 6 第 6 レンズ群
 L 7 第 7 レンズ群

40

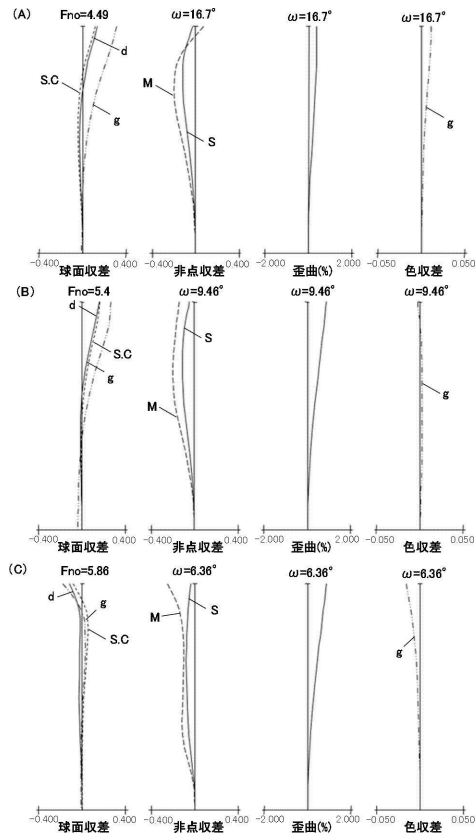
【図 1】



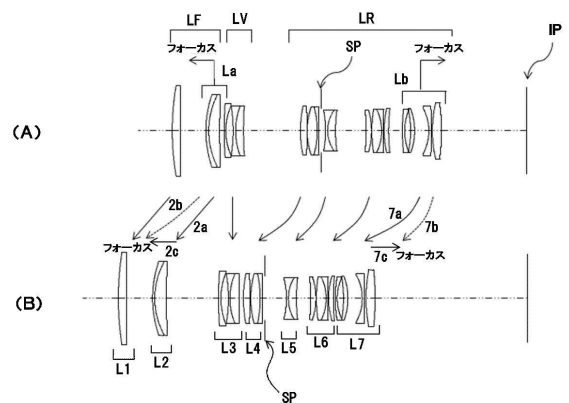
【図 2】



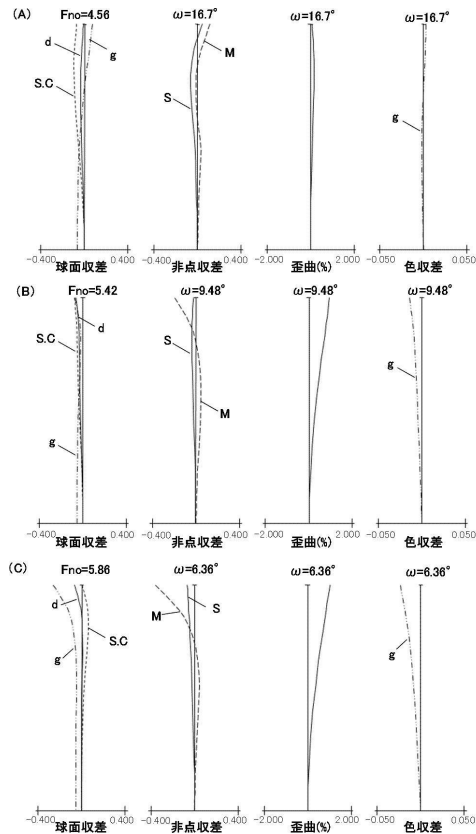
【図 3】



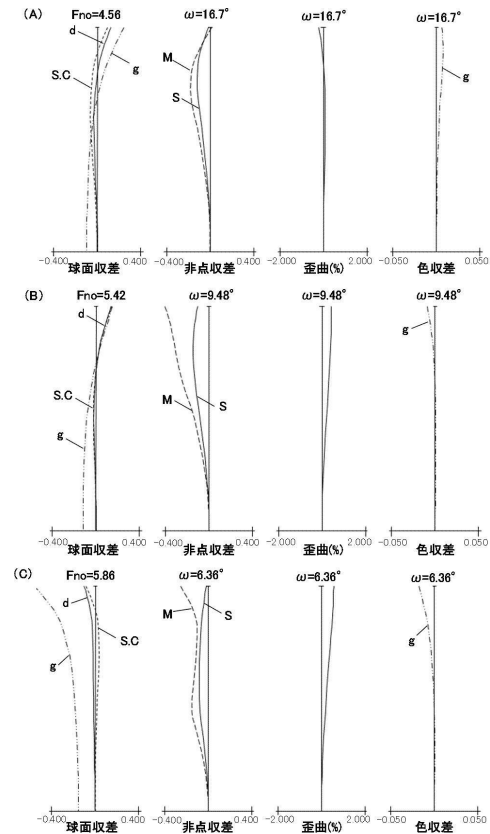
【図 4】



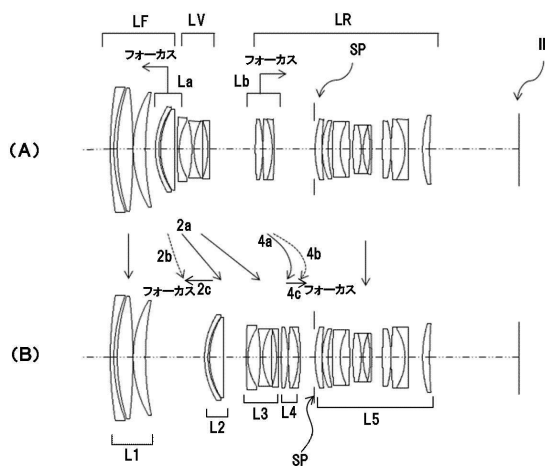
【図 5】



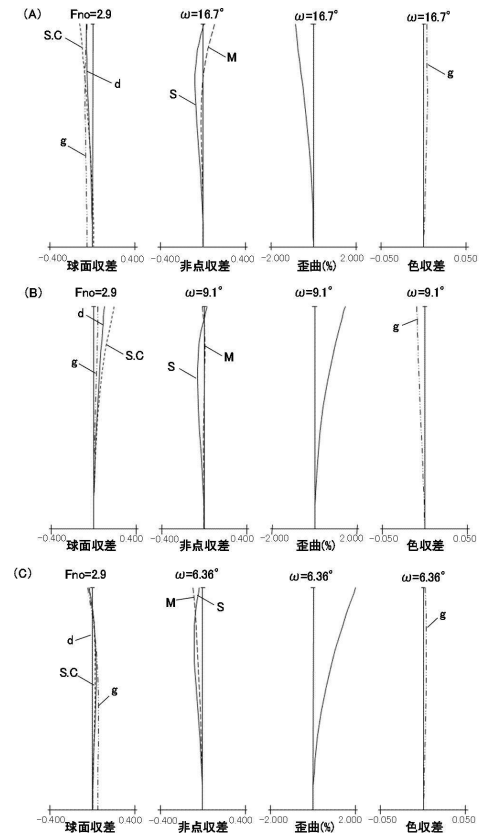
【図 6】



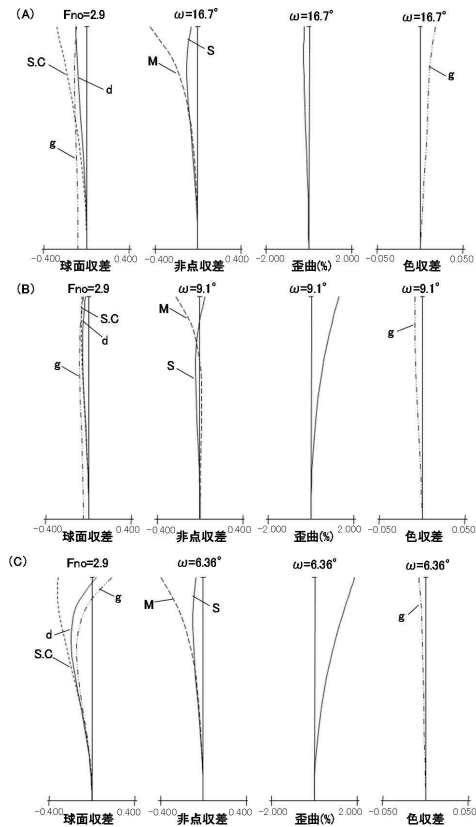
【図 7】



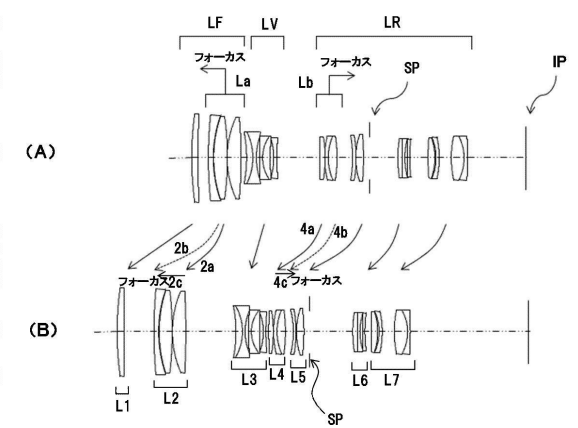
【図 8】



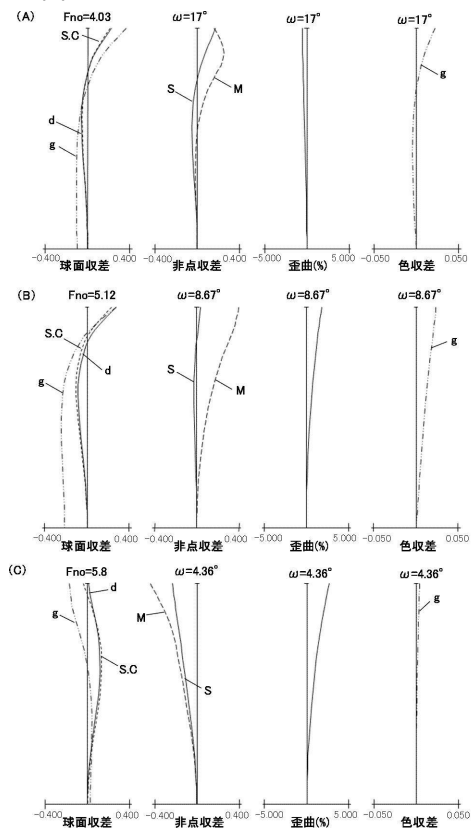
【図 9】



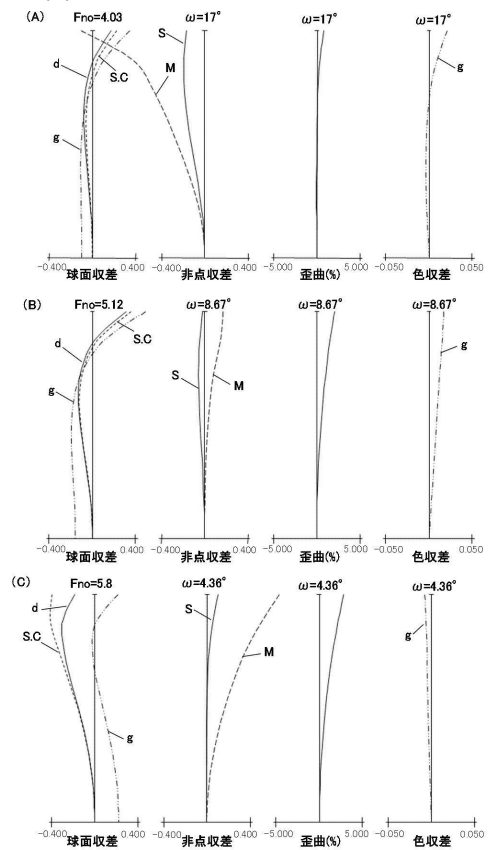
【図 10】



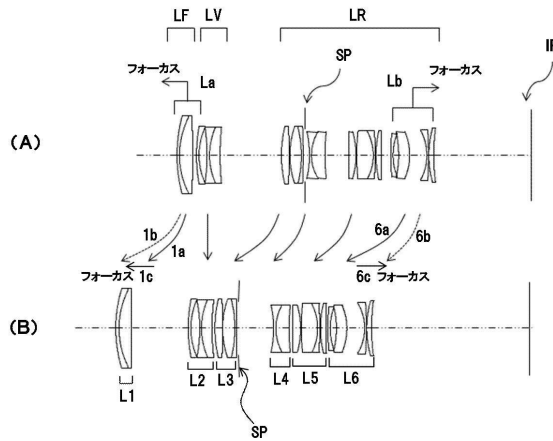
【図 11】



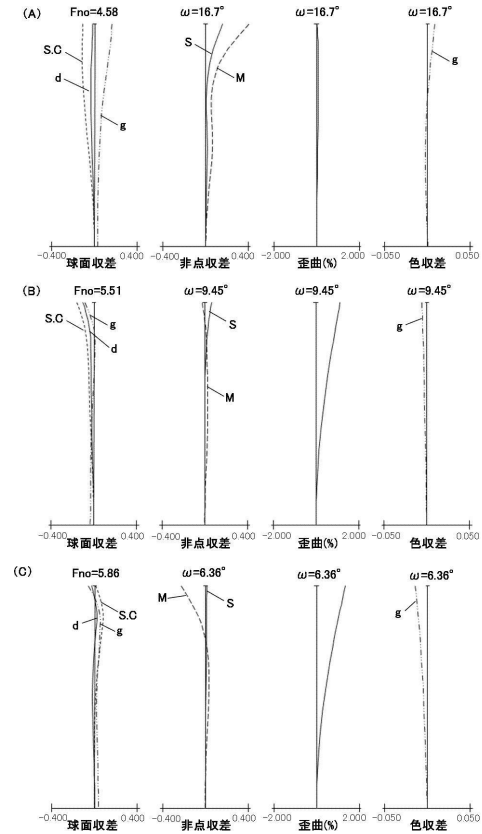
【図 12】



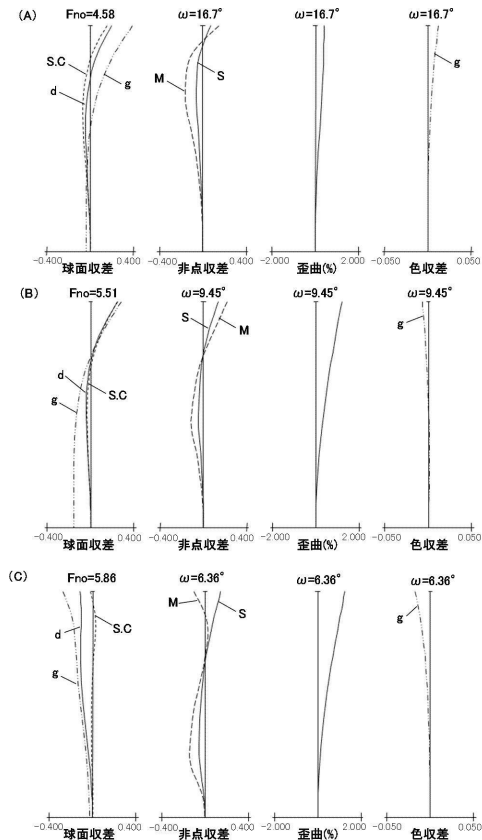
【図 13】



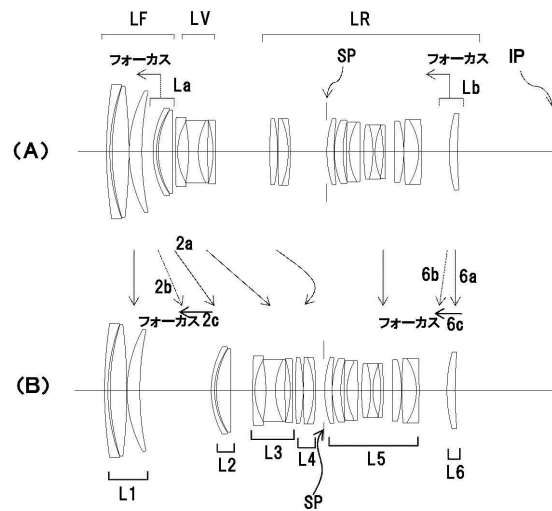
【図 14】



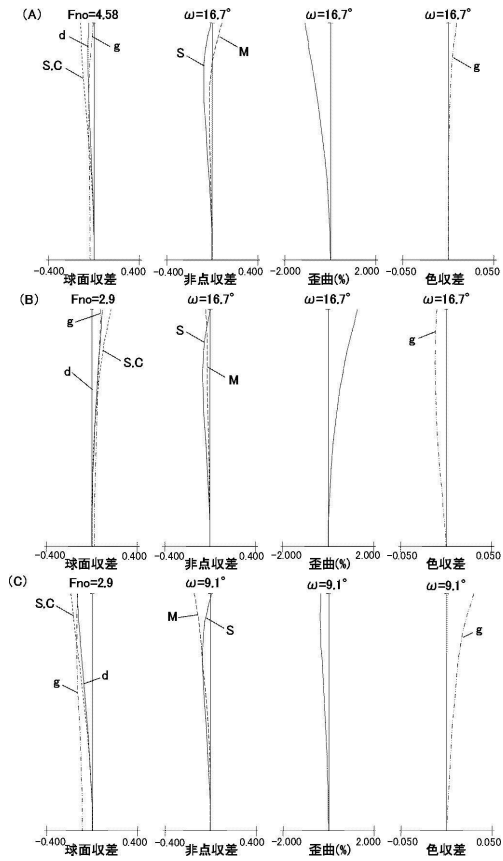
【図 15】



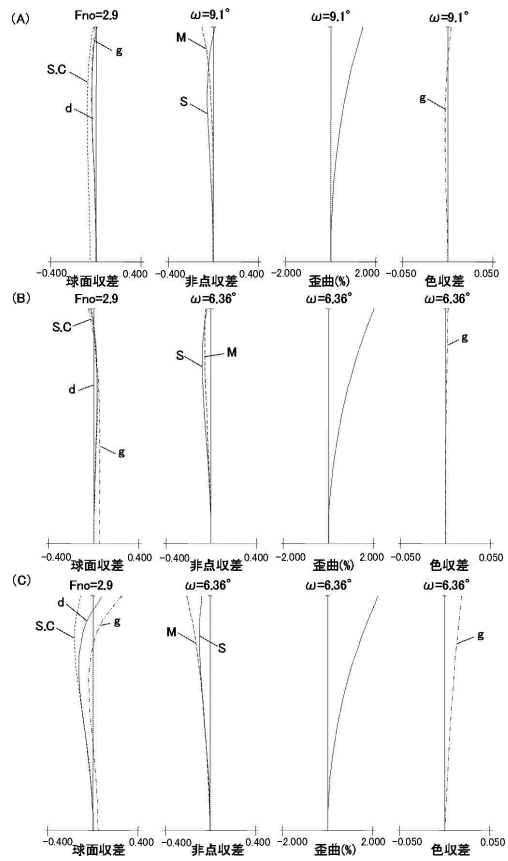
【図 16】



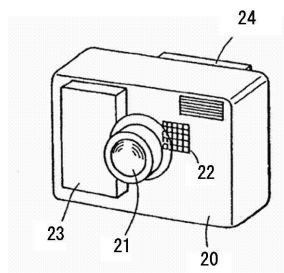
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平4 - 1 2 7 1 1 1 (J P , A)
特開平4 - 1 2 7 1 1 2 (J P , A)
特開平1 0 - 2 2 1 6 0 0 (J P , A)
特開平1 1 - 3 1 6 3 4 1 (J P , A)
特開昭5 8 - 2 1 1 1 1 8 (J P , A)
特開平8 - 1 5 6 0 8 (J P , A)
特開平7 - 6 3 9 9 2 (J P , A)
特開平8 - 1 1 4 7 4 4 (J P , A)
特開昭5 8 - 1 3 7 8 1 4 (J P , A)
米国特許第3 8 4 1 7 3 5 (U S , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B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