

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-39091

(P2011-39091A)

(43) 公開日 平成23年2月24日(2011.2.24)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20 2 H O 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2009-183428 (P2009-183428)
 (22) 出願日 平成21年8月6日(2009.8.6)

(71) 出願人 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 難波 則廣
 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

最終頁に続く

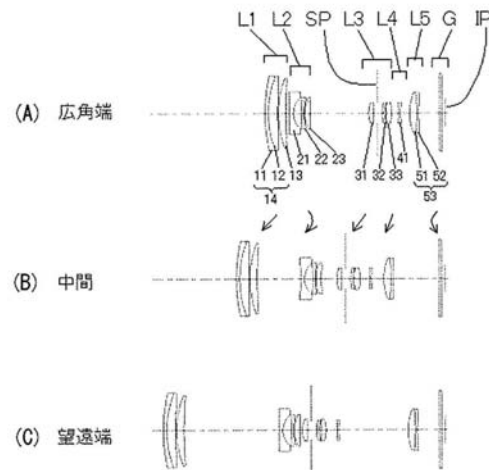
(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】高ズーム比で前玉有効径が小型であり、かつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供。

【解決手段】物体側より像側へ順に、正屈折力の第1レンズ群、負屈折力の第2レンズ群、正屈折力の第3レンズ群、負屈折力の第4レンズ群、正屈折力の第5レンズ群より構成され、広角端に対して望遠端で第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が増大し、第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が減少し、第3レンズ群と第4レンズ群の間隔が変化し、第4レンズ群と第5レンズ群の間隔が増大し、第1レンズ群と第4レンズ群の焦点距離 f_1 、 f_4 、広角端における全系の焦点距離 f_w 、第1レンズ群の広角端から望遠端へのズミングに伴う移動量(符号は像側に移動する場合を正とする) M_1 、広角端における第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離 $T D_w$ を各々適切に設定する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、負の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群、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、広角端に対して望遠端で該第 1 レンズ群と該第 2 レンズ群の間隔が増大し、該第 2 レンズ群と該第 3 レンズ群の間隔が減少し、該第 3 レンズ群と該第 4 レンズ群の間隔が変化し、該第 4 レンズ群と該第 5 レンズ群の間隔が増大し、該第 1 レンズ群と該第 4 レンズ群の焦点距離を各々 f_1 、 f_4 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第 1 レンズ群の広角端から望遠端へのズームに伴う移動量（符号は像側に移動する場合を正とする）を M_1 、広角端における該第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離を $T D w$ とするとき、

$$4.0 < f_1 / f_w < 15.0$$

$$-1.00 < M_1 / T D w < -0.46$$

$$2.0 < |f_4| / f_w < 6.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

10

【請求項 2】

前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$0.5 < |f_2| / f_w < 2.5$$

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。

20

【請求項 3】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$1.0 < f_3 / f_w < 3.0$$

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】

前記第 5 レンズ群の焦点距離を f_5 とするとき、

$$3.0 < f_5 / f_w < 7.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1、2 又は 3 に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズ面から該第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面までの距離を $D L 1$ 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$0.03 < D L 1 / f_t < 0.15$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

30

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面から第 2 レンズ群の最も像側のレンズ面までの距離を $D L 2$ 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とするとき、

$$0.03 < D L 2 / f_t < 0.15$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

40

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は最も物体側に、負レンズと正レンズを接合した接合レンズを有し、該接合レンズの最も物体側のレンズ面の曲率半径を $R 1 a$ 、該接合レンズの最も像側のレンズ面の曲率半径を $R 1 b$ とするとき、

$$-2.0 < (R 1 a + R 1 b) / (R 1 a - R 1 b) < -0.7$$

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 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群は最も物体側に負レンズを有し、該負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を $R 2 a$ 、該負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を $R 2 b$ とするとき、

$$0.5 < (R 2 a + R 2 b) / (R 2 a - R 2 b) < 1.2$$

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 7 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 4 レンズ群は 1 枚の負レンズより構成され、該負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{4a} 、該負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を R_{4b} とするとき、

$$-0.7 < (R_{4a} + R_{4b}) / (R_{4a} - R_{4b}) < 0.2$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

広角端における前記第 4 レンズ群と前記第 5 レンズ群の間隔を D_{45w} 、望遠端における該第 4 レンズ群と該第 5 レンズ群の間隔を D_{45t} とするとき、

$$1.5 < (D_{45t} - D_{45w}) / f_w < 4.3$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成された像を受光する固体撮像素子を有していることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばビデオカメラや電子スチルカメラ、放送用カメラ、監視カメラ等のように固体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、放送用カメラ、監視カメラ、そして銀塩フィルムを用いたカメラ等の撮像装置は高機能化され、又装置全体が小型化されている。そしてそれに用いる撮影光学系としてレンズ全長が短く、コンパクト（小型）で高ズーム比（高変倍比）で、しかも高解像力のズームレンズであることが要求されている。これらの要求に応えるズームレンズとして、物体側に正の屈折力のレンズ群を配置した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として、物体側より像側へ順に正、負、正、負、正の屈折力の 5 つのレンズ群より成るズームレンズが知られている（特許文献 1、2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2001 - 350093 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 117826 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一般に高ズーム比を確保しつつズームレンズ全体を小型にするためには、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、このようなズームレンズは、各レンズ面の屈折力の増加に伴いレンズ肉厚が増すと同時に諸収差の補正が困難になってくる。前述した 5 群ズームレンズにおいて、高ズーム比とレンズ系全体の小型化を図りつつ、良好な光学性能を得るには、各レンズ群の屈折力や各レンズ群のズームングに伴う移動条件等を適切に設定することが重要となる。特にズーム比 1.2 倍程度の高ズーム比を確保しつつ、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、第 1 レンズ群のズームングに伴う移動条件、第 1、第 4 レンズ群の屈折力（焦点距離の逆数）等を適切に設定することが重要となってくる。これらの構成を適切に設定しないと

10

20

30

40

50

、前玉有効径の小型化を図り、かつ高ズーム比を確保しつつ、全ズーム範囲で高い光学性能を得るのが大変困難になってくる。

【0005】

本発明は高ズーム比で前玉有効径が小型であり、かつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、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、

広角端に対して望遠端で該第1レンズ群と該第2レンズ群の間隔が増大し、該第2レンズ群と該第3レンズ群の間隔が減少し、該第3レンズ群と該第4レンズ群の間隔が変化し、該第4レンズ群と該第5レンズ群の間隔が増大し、

該第1レンズ群と該第4レンズ群の焦点距離を各々 f_1 、 f_4 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、該第1レンズ群の広角端から望遠端へのズミングに伴う移動量（符号は像側に移動する場合を正とする）を M_1 、広角端における該第1レンズ群の最も物体側のレンズ面から像面までの距離を $T D w$ とすると、

$$4.0 < f_1 / f_w < 15.0$$

$$-1.00 < M_1 / T D w < -0.46$$

$$2.0 < |f_4| / f_w < 6.0$$

なる条件式を満足している。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、高ズーム比で前玉有効径が小型であり、かつ全ズーム範囲にわたり高い光学性能が得られる小型のズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

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

【図2】(A)、(B)、(C)本発明の実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

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

【図4】(A)、(B)、(C)本発明の実施例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

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

【図6】(A)、(B)、(C)本発明の実施例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

【図7】(A)、(B)、(C)本発明の実施例4の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図8】(A)、(B)、(C)本発明の実施例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

【図9】(A)、(B)、(C)本発明の実施例5の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図10】(A)、(B)、(C)本発明の実施例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

【図11】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】

【0009】

10

20

30

40

50

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、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レンズ群より構成されている。そして、ズーミングに際して広角端に対して望遠端で第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が増大し、第2レンズ群と第3レンズ群との間隔が減少し、第3レンズ群と第4レンズ群との間隔が変化する。更に、第4レンズ群と第5レンズ群との間隔が増大するように各レンズ群が移動する。

【0010】

図1(A)、(B)、(C)は本発明の実施例1のズームレンズの広角端(短焦点距離端)、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)は本発明の実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例1はズーム比13.32、開口比3.21~6.08程度のズームレンズである。図3(A)、(B)、(C)は本発明の実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例2はズーム比13.32、開口比3.55~6.09程度のズームレンズである。

10

【0011】

図5(A)、(B)、(C)は本発明の実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例3はズーム比11.53、開口比3.58~6.09程度のズームレンズである。図7(A)、(B)、(C)は本発明の実施例4のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例4はズーム比12.71、開口比3.48~6.09程度のズームレンズである。図9(A)、(B)、(C)は本発明の実施例5のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図10(A)、(B)、(C)は本発明の実施例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。実施例5はズーム比13.61、開口比3.08~6.08程度のズームレンズである。図11は本発明の撮像装置の要部概略図である。

20

30

【0012】

本発明のズームレンズはデジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置や望遠鏡、双眼鏡の観察装置、複写機、プロジェクター等の光学機器に用いられるものである。レンズ断面図において、左方が前方(物体側、拡大側)で右方が後方(像側、縮小側)である。レンズ断面図において、 i は物体側から像側へ数えたときの各レンズ群の順序を示し、 L_i は第 i レンズ群である。各実施例のレンズ断面図において、 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_4 は負の屈折力の第4レンズ群、 L_5 は正の屈折力の第5レンズ群である。

40

【0013】

SP は開放 F ナンバー(Fno)光束を決定(制限)する開口絞りの作用をする F ナンバー決定部材(以下「開口絞り」ともいう。)であり、第3レンズ群 L_3 中に配置されている。 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。 IP 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)の撮像面が置かれる。又、銀塩フィルム用カメラの撮影光学系として使用する際にはフィルム面に相当する感光面が置かれている。収差図において、 d 、 g は各々 d 線及び g 線、 M 、 S はメリディオナル像面、サジタル像面、倍率色収差は g 線によって表している。

50

【0014】

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、各レンズ群が次のように移動する。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広がるよう、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭まるよう、第3レンズ群と第4レンズ群L4との間隔が変化するよう、第4レンズ群と第5レンズ群L5の間隔が広がるように移動している。このとき広角端に対して望遠端では、第1レンズ群L1、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4は物体側に位置している。また第2レンズ群L2は像側に凸状の軌跡を描いて、第5レンズ群L5は物体側に凸状の軌跡を描いて移動している。Fナンバー決定部材SPは、光軸方向に関して、第3レンズ群L3内に配置している。開口絞りSPをこのように配置することにより望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が詰められるため、ズーミングのための第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔変化量を十分確保することができる。これにより高ズーム比のズームレンズを容易に達成している。

10

【0015】

各実施例のズームレンズでは、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の屈折力のある程度強めることで広角端において、第1レンズ群L1と開口絞りSPとの距離を小さくしている。これにより第1レンズ群L1のレンズ径の小型化を図っている。また第3レンズ群L3と、第5レンズ群L5の屈折力のある程度強めることで開口絞りSPから像面IPまでの距離を小さく（短く）している。これにより広角端におけるレンズ全長短（第1レンズ面から像面までの距離）を短縮している。各実施例のズームレンズでは、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L1を物体側に移動させ、広角端に比べ望遠端において第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔を広げることで変倍作用（ズーム作用）を得ている。さらに広角端から望遠端へのズーミングに際して第3レンズ群を物体側に移動させ広角端に比べて望遠端において第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔を狭めることで変倍作用を得ている。

20

【0016】

さらに広角端に比べて望遠端において第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔を広げることで変倍作用を得ている。このように変倍作用を各レンズ群間の複数の箇所で行うことにより高ズーム比としながら変倍のための移動ストロークを短縮して望遠端においてレンズ全長を短縮している。変倍に伴うピント変動は第5レンズ群L5を物体側へ凸形状となる軌跡を描いて移動することで補正している。無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第1レンズ群L1もしくは第5レンズ群L5を物体側に移動させることで行っている。以上のような構成とすることで広角端および望遠端においてレンズ全長を短縮しつつ、高ズーム比化を図っている。なお各実施例では任意のレンズ群を光軸に対し垂直な方向の成分を持つように移動させて結像位置の変移を行い手ぶれ補正（防振）を行っている。

30

【0017】

次に各レンズ群のレンズ構成について説明する。第1レンズ群L1は物体側より像側へ順に、負レンズ11と正レンズ12を接合した接合レンズ14、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズ13で構成している。各実施例では小型で高ズーム比とするために第1レンズ群L1の屈折力のある程度強めている。このとき第1レンズ群L1で発生する諸収差、特に望遠側において球面収差が多く発生してくる。そこで各実施例では第1レンズ群L1の正の屈折力を全体として正の屈折力の接合レンズ14と正レンズ13で分担しこれら収差の発生を低減している。第2レンズ群L2は物体側より像側へ順に像側の面が凹形状の負レンズ21、両凹形状の負レンズ22、物体側の面が凸形状の正レンズ23で構成している。各実施例では広角端において広い画角を得ながら第1レンズ群L1を小型化するために第2レンズ群L2の屈折力のある程度強めている。このとき第2レンズ群L2で発生する諸収差、特に広角側における像面彎曲、望遠側における球面収差が多く発生してくる。そこで各実施例では第2レンズ群L2の負の屈折力を2つの負レンズ21、22で分担し、これら諸収差の発生を低減している。このようなレンズ構成により広画角化を

40

50

図りながら前玉有効径の小型化と高い光学性能が得られるようにしている。

【0018】

第3レンズ群L3は物体側より像側へ順に、物体側の面が凸形状の正レンズ31、像側の面が凹形状の負レンズ32、正レンズ33で構成している。各実施例では第3レンズ群L3の変倍作用を強めるとともに広角端におけるレンズ全長を短縮するために第3レンズ群L3の屈折力のある程度強めている。このとき第3レンズ群L3で発生する諸収差、特にズーム領域全域に渡る球面収差、コマ収差、軸上色収差が多く発生してくる。そこで各実施例では第3レンズ群L3の正の屈折力を2つの正レンズで分担することによりこれ諸収差の発生を低減している。第4レンズ群L4は1つの負レンズ41のみで構成している。各実施例では少ない構成レンズ枚数で第4レンズ群L4を構成することで全系の薄型化及び軽量化を図っている。

10

【0019】

図1、図3、図9において第5レンズ群L5は物体側より像側へ順に、正レンズ51と、負レンズ52とを接合した接合レンズ53で構成している。接合レンズ53とすることで第5レンズ群L5の屈折力のある程度強めた場合でもズーム領域全域にて倍率色収差の発生を良好に抑えている。図5、図7において第5レンズ群L5は1つの正レンズ51のみで構成している。第5レンズ群L5の屈折力をあまり強めなければ1枚の正レンズでも倍率色収差の発生を少なくすることができる。この場合は第5レンズ群L5の薄型化及び、軽量化が容易となる。特に第5レンズ群L5にてフォーカシングする場合は迅速な合焦（フォーカス）が容易となる。各実施例のズームレンズは以下の条件を満足するようにしている。第1レンズ群L1と第4レンズ群L4の焦点距離を各々 f_1 、 f_4 とする。広角端における全系の焦点距離を f_w 、第1レンズ群L1の広角端から望遠端へのズームに伴う移動量（符号は像側に移動する場合を正）を M_1 とする。広角端における第1レンズ群L1の最も物体側のレンズ面から像面までの距離を $T D w$ 、第4レンズ群L4の焦点距離を f_4 とする。このとき、

20

$$4.0 < f_1 / f_w < 15.0 \quad (1)$$

$$-1.00 < M_1 / T D w < -0.46 \quad (2)$$

$$2.0 < |f_4| / f_w < 6.0 \quad (3)$$

なる条件式を満足するようにしている。

【0020】

30

条件式(1)は第1レンズ群L1の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎると変倍作用が弱まる。この結果、高ズーム比を得るため第1レンズ群L1のズームに伴う移動量を増やして変倍作用を補おうとすると望遠側において全長が増大してくる。また第3レンズ群L3の屈折力を強めて第1レンズ群L1の変倍作用を補おうとすると球面収差、コマ収差、軸上色収差等の諸収差が多く発生してくる。収差補正のために第1レンズ群L1のレンズ枚数を増加すると第1レンズ群L1の厚みが増大し小型化が困難になる。一方、条件式(1)の下限を超えて屈折力が強すぎると望遠側において第1レンズ群L1より球面収差が多く発生してくる。望遠側において球面収差を補正するために第1レンズ群L1のレンズ枚数を増加すると第1レンズ群L1が大型化し、かつ前玉有効径が増大してくるので好ましくない。

40

【0021】

条件式(2)は第1レンズ群L1のズームの際の移動量を規定する式である。上限を超えて物体側への移動量が小さすぎる場合は変倍作用が弱まる。第1レンズ群L1の屈折力を強めて変倍作用を補おうとすると望遠側において球面収差が多く発生してくる。また第2レンズ群L2の屈折力を強めて変倍作用を補おうとすると広角側において像面彎曲、望遠側において球面収差が多く発生してくる。また移動量 M_1 に対して距離 $T D w$ が大きくて上限値を超える場合もある。この場合は広角端のレンズ全長が長く前玉有効径が大きくなるので良くない。一方、条件式(2)の下限を超えて物体側への移動量が大きすぎる場合は望遠側においてレンズ全長が増大し、全系の小型化が困難になる。

【0022】

50

条件式(3)は第4レンズ群L4の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎると変倍作用が弱まり所望のズーム比が得られなくなってくる。また下限を超えて屈折力が強すぎると球面収差、軸上色収差等が多く発生してくる。これらの諸収差補正のためにレンズ枚数を増やすと第4レンズ群L4が大型化してくるので良くない。各実施例において更に好ましくは条件式(1)~(3)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0023】

$$5.0 < f_1 / f_w < 13.0 \quad (1a)$$

$$-0.90 < M_1 / TD_w < -0.46 \quad (2a)$$

$$3.0 < |f_4| / f_w < 5.6 \quad (3a)$$

10

以上のように各実施例によればポジティブリード型のズームレンズにおいて、レンズ全長が短く前玉有効径が小型で、さらに高ズーム比としながらズーム領域全域に渡り諸収差が良好に補正され、高い光学性能が得られる。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。

【0024】

第2、第3、第5レンズ群L2、L3、L5の焦点距離を各々 f_2 、 f_3 、 f_5 とする。第1レンズ群L1の最も物体側に位置するレンズ面から第1レンズ群L1の最も像側に位置するレンズ面までの距離を DL_1 、望遠端における全系の焦点距離を f_t とする。第2レンズ群L2の最も物体側に位置するレンズ面から第2レンズ群L2の最も像側に位置するレンズ面までの距離を DL_2 とする。第1レンズ群L1は最も物体側に、負レンズと正レンズを接合した接合レンズを有し、接合レンズの最も物体側レンズ面の曲率半径を R_{1a} 、接合レンズの最も像側レンズ面の曲率半径を R_{1b} とする。第2レンズ群L2は最も物体側に負レンズを有し、負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{2a} 、負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を R_{2b} とする。第4レンズ群L4は1枚の負レンズにて構成され、負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{4a} 、負レンズの像側のレンズ面の曲率半径を R_{4b} とする。広角端における第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔を D_{45w} 、望遠端における第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔を D_{45t} とする。このとき以下の条件式のうち1以上を満足することが好ましい。

20

【0025】

$$0.5 < |f_2| / f_w < 2.5 \quad (4)$$

$$1.0 < f_3 / f_w < 3.0 \quad (5)$$

$$3.0 < f_5 / f_w < 7.0 \quad (6)$$

$$0.03 < DL_1 / f_t < 0.15 \quad (7)$$

$$0.03 < DL_2 / f_t < 0.15 \quad (8)$$

$$-2.0 < (R_{1a} + R_{1b}) / (R_{1a} - R_{1b}) < -0.7 \quad (9)$$

$$0.5 < (R_{2a} + R_{2b}) / (R_{2a} - R_{2b}) < 1.2 \quad (10)$$

$$-0.7 < (R_{4a} + R_{4b}) / (R_{4a} - R_{4b}) < 0.2 \quad (11)$$

$$1.5 < (D_{45t} - D_{45w}) / f_w < 4.3 \quad (12)$$

30

条件式(4)は第2レンズ群L2の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎると第2レンズ群L2の変倍作用が薄れ所望のズーム比が得られなくなってくる。また下限を超えて屈折力が強すぎると第2レンズ群L2より広角側において像面彎曲、望遠側において球面収差が多く発生してくる。

40

【0026】

条件式(5)は第3レンズ群L3の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎると第3レンズ群L3の変倍作用が薄れ所望のズーム比が得られなくなってくる。また下限を超えて屈折力が強すぎると第3レンズ群L3より球面収差、コマ収差、軸上色収差等が多く発生してくる。

【0027】

条件式(6)は第5レンズ群L5の焦点距離すなわち屈折力を規定する式である。上限を超えて屈折力が弱すぎるとピント変動を補正する効果が薄れフォーカシングのための移

50

動量が長くなっていく。これにより迅速なフォーカシングが困難になっていく。また下限を超えて屈折力が強すぎるとペッツパル和が増大しズーム領域全域にて像面彎曲が多く発生していく。また構成レンズ枚数を増やして像面彎曲の発生を軽減しようとするともレンズ重量が増大するため第4レンズ群L4を駆動するためのトルクが増大していくので良くない。

【0028】

条件式(7)は第1レンズ群L1の光軸方向の厚みを規定する式である。上限を超えて厚すぎるとレンズ全長が増大し前玉有効径が大きくなり、全系の小型化が困難になる。また下限を超えて薄すぎると第1レンズ群L1をある程度屈折力を強めることが難しくなり高ズーム化が困難となる。

10

【0029】

条件式(8)は第2レンズ群L2の光軸方向の厚みを規定する式である。上限を超えて厚すぎるとレンズ全長が増大し前玉有効径が大きくなり、全系の小型化が困難になる。また下限を超えて薄すぎると第2レンズ群L2をある程度屈折力を強めることが難しくなり高ズーム化が困難となる。

【0030】

条件式(9)は第1レンズ群L1の接合レンズ14の形状因子(レンズ形状)を規定する式である。式の値が-1より大きいと像側のレンズ面が像側に凸面を向けた形状となる。上限を越えて像側のレンズ面の凸形状の曲率が大きくなりすぎると広角側において像面彎曲、倍率色収差等が多く発生していく。式の値が-1より小さいと物体側に凸面を向けたメニスカス形状となる。下限を超えてメニスカスの度合いが強すぎると望遠側において球面収差が多く発生していく。

20

【0031】

条件式(10)は第2レンズ群L2の負レンズ21の形状因子を規定する式である。式の値が1より大きいと像側に凹面を向けたメニスカス形状となる。上限を越えてメニスカスの度合いが強すぎると望遠側において球面収差が補正過剰となっていく。式の値が0より小さいと物体側のレンズ面が物体側に凹面を向けた形状となる。下限を超えて物体側のレンズ面の曲率が大きくなりすぎると広角側において像面彎曲や歪曲収差等が多く発生していく。

30

【0032】

条件式(11)は第4レンズ群L4の負レンズ41の形状因子を規定する式である。式の値が0より大きいと像側のレンズ面が像側に凹面を向けた形状となる。上限を越えて像側のレンズ面の曲率が大きくなりすぎるとズーム領域全域にわたり軸外光束において非点隔差が多く発生していく。式の値が0より小さいと物体側のレンズ面が物体側に凹面を向けた形状となる。下限を超えて物体側のレンズ面の曲率が大きくなりすぎるとズーム領域全域に渡り球面収差や軸上色収差が多く発生していく。

【0033】

条件式(12)はズーミングに際しての第4レンズ群L4と第5レンズ群L5との間隔変化量を規定する式である。上限を越えて間隔変化量が大きすぎる場合は望遠端における第5レンズ群の位置が比較的像側にある場合に相当する。この場合は第5レンズ群L5の横倍率が大きくなりピント補正効果が弱まる。結果としてフォーカスの際の移動量が増大し迅速なフォーカシングが難しくなる。下限を超えて間隔変化量が小さすぎる場合は望遠端における第5レンズ群の位置が比較的物体側にある場合に相当する。この場合は広角端から望遠端に至る第5レンズ群L5のズーミングの際の移動ストロークが長くなるため駆動手段が大型化していくので良くない。各実施例において更に好ましくは条件式(4)~(12)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

40

【0034】

$$0.8 < |f_2| / f_w < 2.0 \quad (4a)$$

$$1.3 < f_3 / f_w < 2.5 \quad (5a)$$

$$3.5 < f_5 / f_w < 6.5 \quad (6a)$$

50

0.05 < DL1 / ft < 0.13 (7a)

0.05 < DL2 / ft < 0.13 (8a)

-1.5 < (R1a + R1b) / (R1a - R1b) < -0.80 (9a)

0.6 < (R2a + R2b) / (R2a - R2b) < 1.1 (10a)

-0.6 < (R4a + R4b) / (R4a - R4b) < 0.1 (11a)

1.7 < (D45t - D45w) / fw < 4.0 (12a)

以上のように各実施例によれば、ポジティブリード型のズームレンズにおいて、レンズ全長が短く前玉有効径が小型で、さらに高ズーム比としながらズーム領域全域に渡り諸収差が良好に補正されたズームレンズが得られる。

【0035】

次に本発明の各実施例に相当する数値実施例を示す。各数値実施例において、iは物体側からの面の順序を示す。数値実施例においてriは物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径である。diは物体側より順に第i番目のレンズ厚及び空気間隔である。ndiとdiは各々物体側より順に第i番目の材料のd線に対する屈折率、アッペ数である。非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、Kを円錐定数、A4, A6, A8, A10, A12を各々非球面係数としたとき

【0036】

【数1】

X = (1/R)H^2 / (1 + sqrt(1 - (1+K)(H/R)^2))

+A4 x H^4 + A6 x H^6 + A8 x H^8 + A10 x H^10 + A12 x H^12

【0037】

なる式で表している。また、[e+X]は[x10^+x]を意味し、[e-X]は[x10^-x]を意味している。BFはレンズ最終面から近軸像面までの距離(バックフォーカス)を空気換算したものである。レンズ全長はレンズ最前面(第1レンズ面)からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスBFを加えたものである。非球面は面番号の後に*を付加して示す。前述の各条件式と数値実施例における諸数値の関係を表1に示す。

【0038】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

Table with 5 columns: 面番号, r, d, nd, d. Rows 1-12 with values and some cells marked as '(可変)'.

10

20

30

40

50

13*	-42.498	0.92		
14(絞リ)		1.48		
15	14.621	0.60	1.94595	18.0
16	7.752	0.51		
17	38.232	1.45	1.60311	60.6
18	-10.112	(可変)		
19	-22.588	0.50	1.48749	70.2
20	23.874	(可変)		
21	15.072	2.00	1.69680	55.5
22	-42.895	0.60	1.72825	28.5
23	240.459	(可変)		
24		0.80	1.51633	64.1
25		(可変)		
像面				

10

非球面データ

第7面

K = -1.12918e+000 A 4= 7.09263e-004 A 6= 1.64697e-005 A 8= -3.81294e-007 A10= 1.79401e-008

20

第12面

K = -1.22101e+000 A 4= 4.95648e-005 A 6= 7.55352e-006 A 8= 3.03893e-006 A10= -1.83896e-007

第13面

K = -1.36363e+002 A 4= 9.00236e-007 A 6= 2.00697e-005 A 8= 2.20070e-006 A10= -1.36759e-007

各種データ

ズーム比 13.32

30

	広角	中間	望遠
焦点距離	5.12	17.53	68.25
Fナンバー	3.21	4.62	6.08
画角	37.59	12.51	3.20
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	48.61	56.13	75.70
BF	6.95	13.90	7.26

d 5	0.95	11.54	25.33
d11	15.79	4.21	0.71
d18	1.90	2.57	3.04
d20	2.51	3.39	18.85
d23	5.52	12.48	5.84
d25	0.90	0.90	0.90

40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	41.07
2	6	-6.74
3	12	10.27

50

4 19 -23.73
 5 21 23.41
 6 24

【 0 0 3 9 】

[数值实施例 2]

单位 mm

面 データ

面番号	r	d	nd	d	
1	46.105	0.90	1.84666	23.9	
2	28.149	2.50	1.49700	81.5	
3	-896.593	0.20			
4	29.174	1.95	1.69680	55.5	
5	133.477	(可変)			
6	-107.677	1.03	1.85135	40.1	
7*	5.781	2.23			
8	-25.388	0.60	1.80400	46.6	
9	19.958	0.20			
10	10.787	1.40	1.94595	18.0	10
11	48.530	(可変)			
12*	8.020	1.40	1.58313	59.4	
13*	-43.077	0.92			
14(絞リ)		1.48			
15	14.032	0.60	1.94595	18.0	
16	7.726	0.37			
17	28.459	1.45	1.60311	60.6	
18	-11.506	(可変)			
19	-21.561	0.50	1.48749	70.2	
20	34.086	(可変)			30
21	16.262	2.00	1.69680	55.5	
22	-35.941	0.60	1.72825	28.5	
23	-616.530	(可変)			
24		0.80	1.51633	64.1	
25		(可変)			

像面

非球面データ

第7面

K = -1.09648e+000 A 4= 7.01327e-004 A 6= 1.67084e-005 A 8= -4.05009e-007 A10= 40
 2.30460e-008

第12面

K = -1.13386e+000 A 4= 5.16885e-005 A 6= -3.63367e-006 A 8= 3.63312e-006 A10= -1.67540e-007

第13面

K = -1.42198e+002 A 4= -3.07739e-005 A 6= 8.68663e-006 A 8= 2.96062e-006 A10= -1.33285e-007

各種データ

ズーム比	13.32		
	広角	中間	望遠
焦点距離	5.13	14.29	68.26
Fナンバー	3.55	4.56	6.09
画角	37.53	15.37	3.21
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	51.12	56.53	75.12
BF	5.21	12.85	8.17

10

d 5	0.97	8.78	24.55
d11	16.79	5.54	0.52
d18	1.90	2.05	4.62
d20	5.93	6.98	16.94
d23	4.28	11.92	7.24
d25	0.40	0.40	0.40

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	39.90
2	6	-6.36
3	12	10.36
4	19	-27.01
5	21	23.19
6	24	

20

【 0 0 4 0 】

[数値実施例 3]

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	41.718	1.00	1.84666	23.9
2	28.350	3.00	1.49700	81.5
3	270.615	0.10		
4	37.070	2.00	1.69680	55.5
5	198.718	(可変)		
6	-19399.678	1.03	1.85135	40.1
7*	5.891	2.84		
8	-35.292	0.60	1.80400	46.6
9	19.252	0.20		
10	10.873	1.40	1.94595	18.0
11	38.100	(可変)		
12*	7.535	1.40	1.58313	59.4
13*	-39.703	0.92		
14(絞り)		1.48		
15	16.098	0.60	1.94595	18.0
16	7.574	0.29		
17	29.633	1.45	1.60311	60.6
18	-9.543	(可変)		

40

50

19	-25.546	0.50	1.48749	70.2
20	21.446	(可変)		
21	13.911	1.60	1.69680	55.5
22	63.769	(可変)		
23		0.80	1.51633	64.1
24		(可変)		

像面

非球面データ

第7面

10

K = -1.10287e+000 A 4= 6.93044e-004 A 6= 1.62873e-005 A 8=-3.39845e-007 A10=
1.85149e-008

第12面

K = -1.40191e+000 A 4= 6.64943e-005 A 6= 3.39935e-006 A 8= 3.85620e-007 A10=
2.94359e-008

第13面

K = -1.23906e+002 A 4=-4.48665e-005 A 6= 1.24540e-005 A 8= 6.51078e-008 A10=
4.76659e-008

20

各種データ

ズーム比 11.53

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.40	14.86	50.75
Fナンバー	3.58	5.03	6.09
画角	43.44	14.53	4.30
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	48.63	54.86	72.66
BF	8.14	13.00	9.57

30

d 5	0.70	12.08	27.83
d11	17.29	4.88	1.02
d18	1.00	2.36	4.21
d20	1.09	2.13	9.62
d22	7.21	12.07	8.64
d24	0.40	0.40	0.40

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

40

1	1	47.00
2	6	-6.87
3	12	9.96
4	19	-23.83
5	21	25.20
6	23	

【 0 0 4 1 】

[数値実施例 4]

単位 mm

50

BF	9.25	17.42	6.13
d 5	1.14	13.69	23.74
d11	15.48	3.43	0.50
d18	1.00	2.11	1.82
d20	3.69	1.50	21.63
d22	8.32	16.49	5.21
d24	0.40	0.40	0.40

ズームレンズ群データ

10

群 始面 焦点距離

1	1	38.00
2	6	-7.19
3	12	10.52
4	19	-23.50
5	21	24.74
6	23	

【 0 0 4 2 】

20

[数値実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	46.956	0.90	1.84666	23.9
2	28.657	2.40	1.49700	81.5
3	383.163	0.20		
4	28.893	1.95	1.69680	55.5
5	126.728	(可変)		
6	-112.475	0.95	1.85135	40.1
7*	5.364	2.13		
8	-34.451	0.60	1.80400	46.6
9	19.993	0.20		
10	10.523	1.30	1.92286	18.9
11	59.521	(可変)		
12*	7.637	1.40	1.58313	59.4
13*	-48.324	0.92		
14(絞り)		1.48		
15	13.710	0.60	1.94595	18.0
16	7.544	0.48		
17	60.712	1.45	1.60311	60.6
18	-9.339	(可変)		
19	-15.865	0.50	1.48749	70.2
20	45.081	(可変)		
21	17.556	2.20	1.69680	55.5
22	-32.092	0.60	1.92286	18.9
23	-67.453	(可変)		
24		0.80	1.51633	64.1
25		(可変)		

30

40

50

像面

非球面データ

第7面

K = -1.08028e+000 A 4= 7.05087e-004 A 6= 2.09739e-005 A 8= -7.34249e-007 A10= 2.84558e-008

第12面

K = -1.42301e+000 A 4= 8.27856e-005 A 6= 1.64853e-005 A 8= 2.43605e-006 A10= -2.21873e-007

10

第13面

K = -1.65690e+002 A 4= 1.77865e-005 A 6= 2.70905e-005 A 8= 1.92902e-006 A10= -2.07273e-007

各種データ

ズーム比 13.61

	広角	中間	望遠
焦点距離	5.01	16.66	68.25
Fナンバー	3.08	4.34	6.08
画角	38.19	13.13	3.22
像高	3.33	3.88	3.88
レンズ全長	46.71	55.70	80.72
BF	7.63	14.77	8.37

20

d 5	0.69	11.39	26.74
d11	14.63	3.75	0.69
d18	1.90	2.45	3.59
d20	1.60	3.07	21.07
d23	6.70	13.85	7.44
d25	0.40	0.40	0.40

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	43.29
2	6	-6.64
3	12	10.25
4	19	-24.01
5	21	21.81
6	24	

40

前述の各条件式と数値実施例における諸数値の関係を表1に示す

【 0 0 4 3 】

【表 1】

表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
条件式 (1)	8.02	7.78	10.68	6.04	8.63
条件式 (2)	-0.55	-0.47	-0.49	-0.48	-0.72
条件式 (3)	4.63	5.27	5.42	3.73	4.79
条件式 (4)	1.31	1.24	1.56	1.14	1.32
条件式 (5)	2.00	2.02	2.26	1.67	2.04
条件式 (6)	4.57	4.52	5.73	3.93	4.35
条件式 (7)	0.08	0.08	0.12	0.06	0.08
条件式 (8)	0.08	0.08	0.12	0.06	0.08
条件式 (9)	-1.19	-0.90	-1.36	-1.33	-1.28
条件式 (10)	0.92	0.90	1.00	0.74	0.91
条件式 (11)	-0.03	-0.23	0.09	-0.26	-0.48
条件式 (12)	3.19	2.15	1.94	2.85	3.88

10

【0044】

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 11 を用いて説明する。図 11 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。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。

20

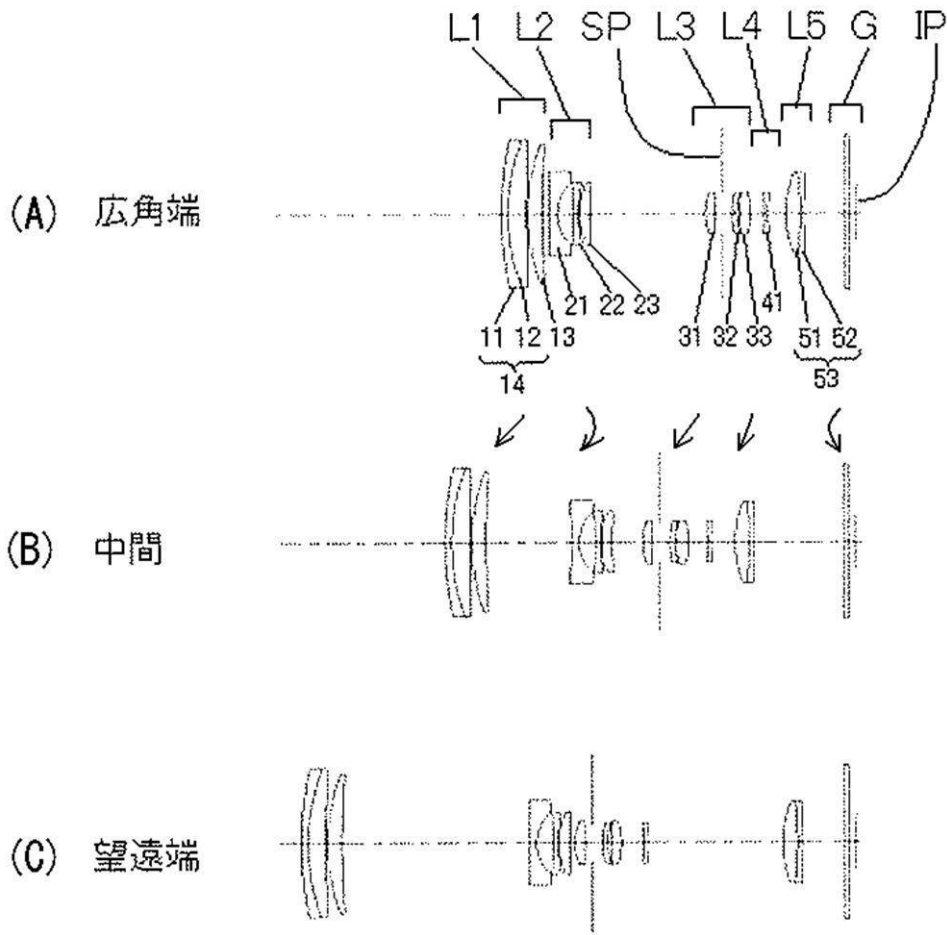
【符号の説明】

30

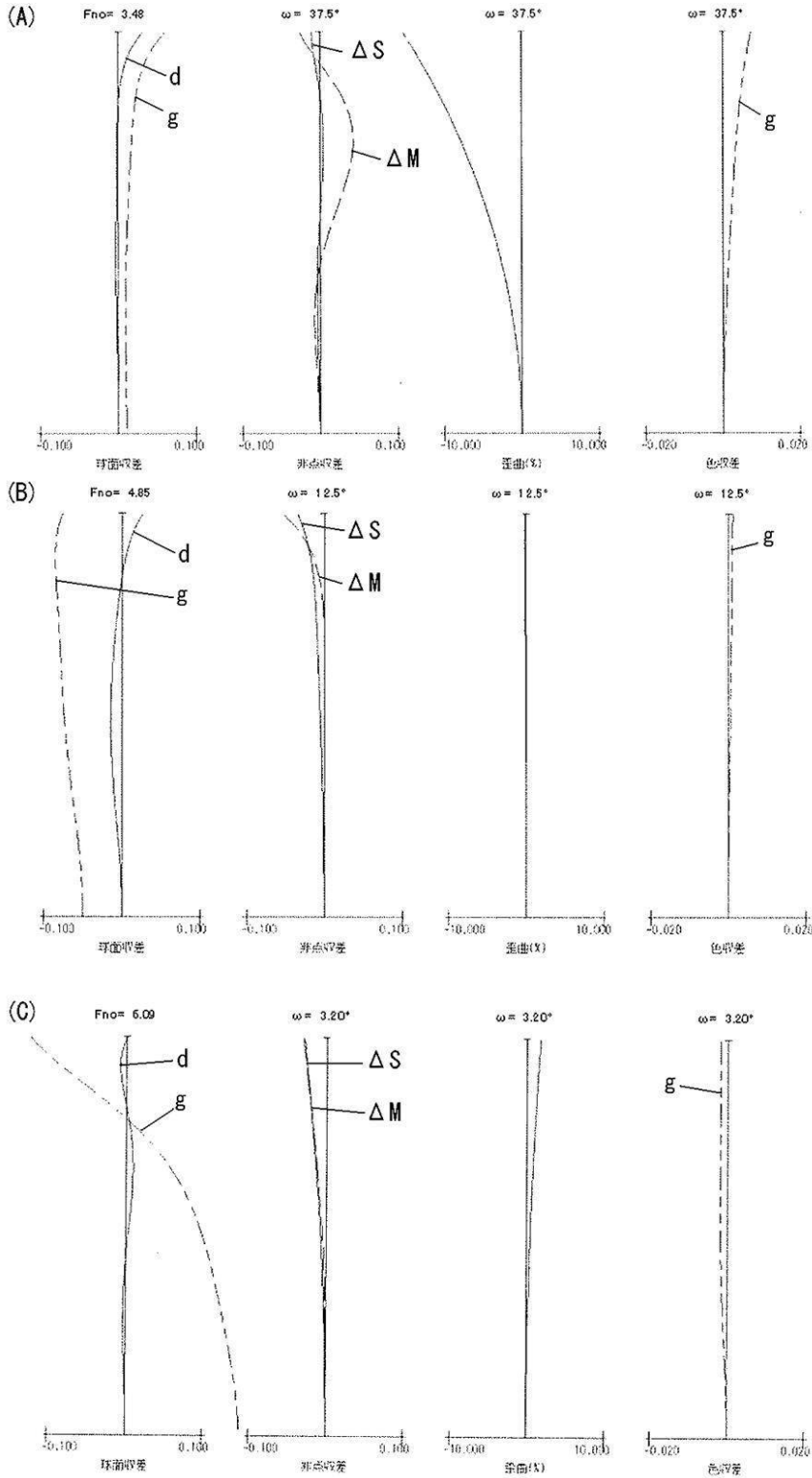
【0045】

L1 ... 第 1 レンズ群、L2 ... 第 2 レンズ群、L3 ... 第 3 レンズ群、L4 ... 第 4 レンズ群、L5 ... 第 5 レンズ群、SP ... 絞り、IP ... 結像面、G ... CCD のフォースプレートやローパスフィルター等のガラスブロック

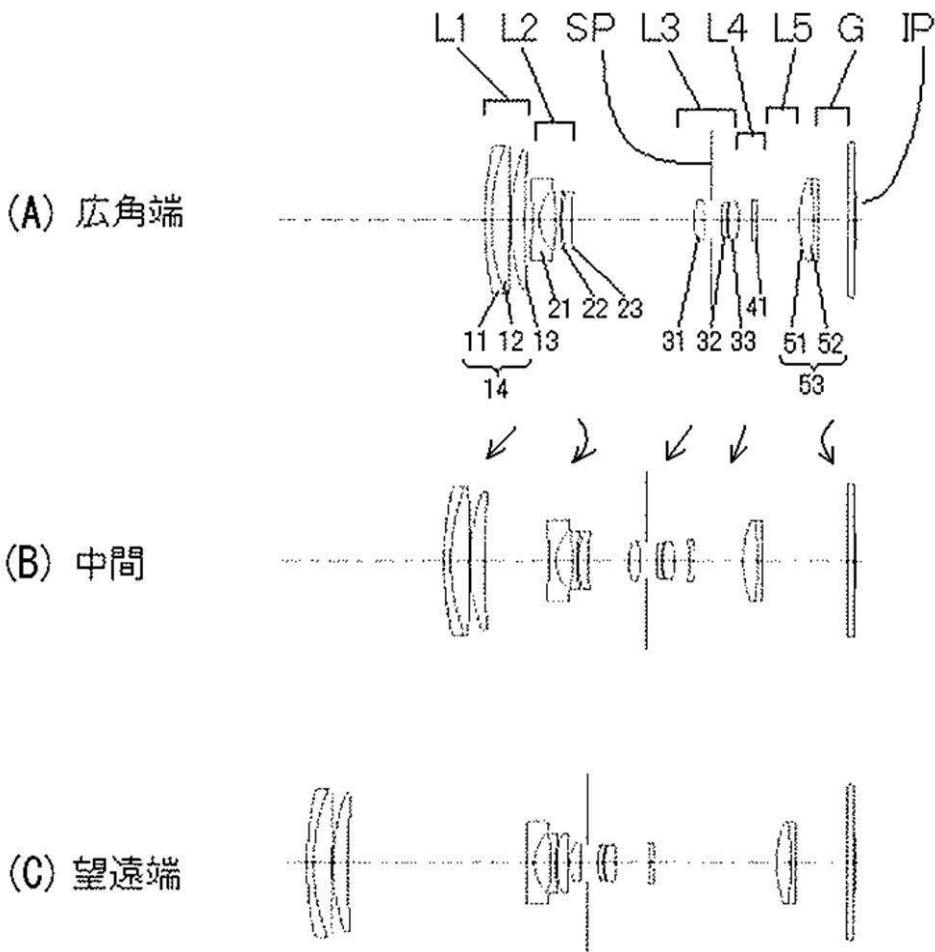
【 図 1 】



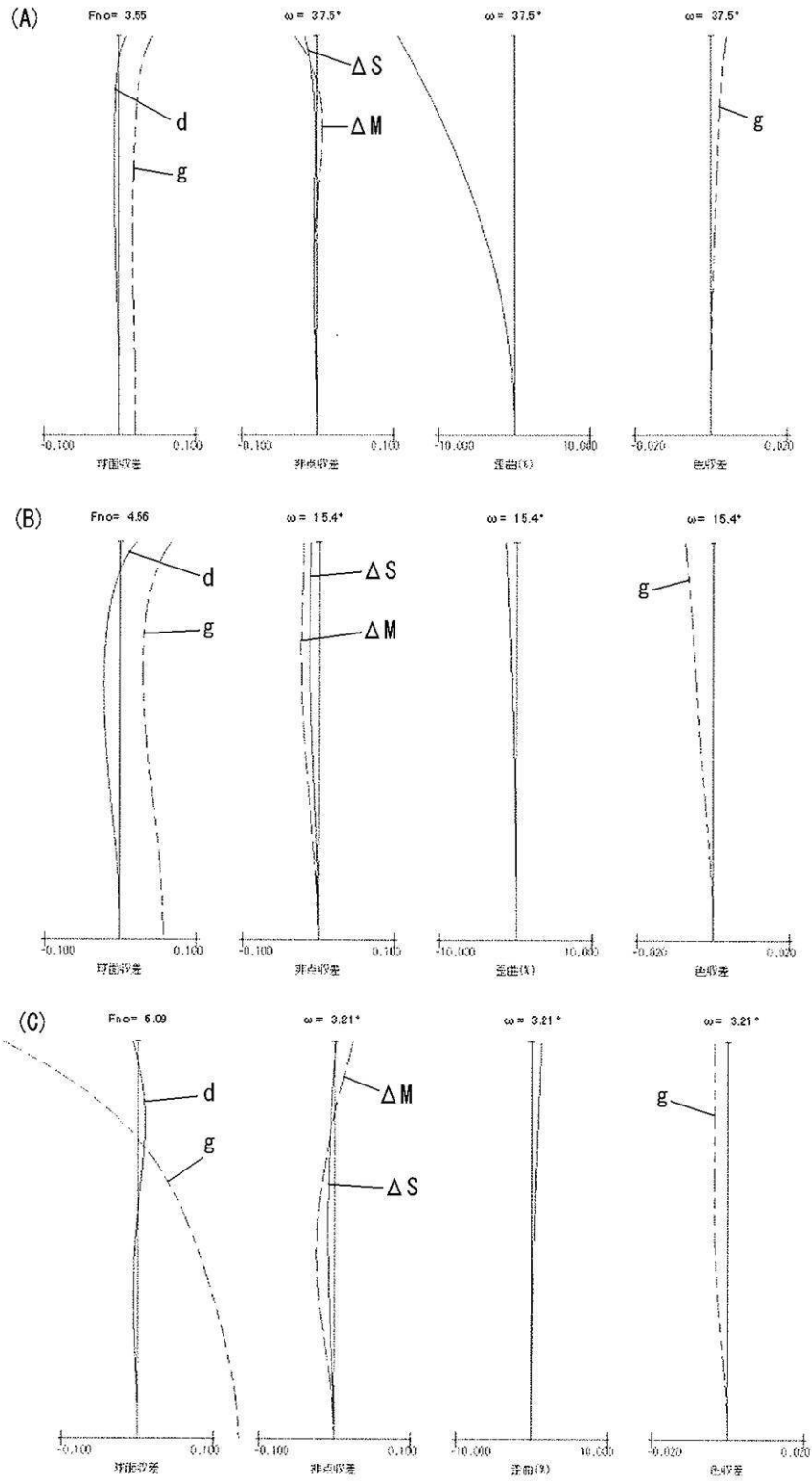
【 図 2 】



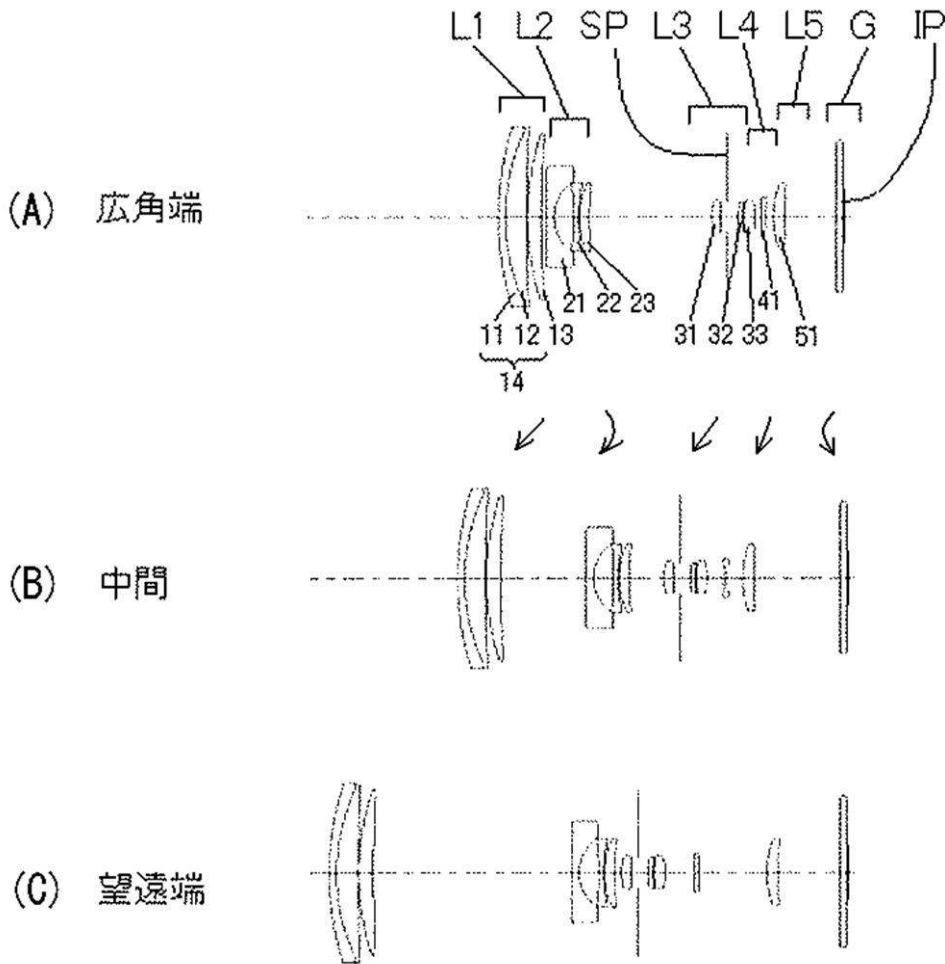
【 図 3 】



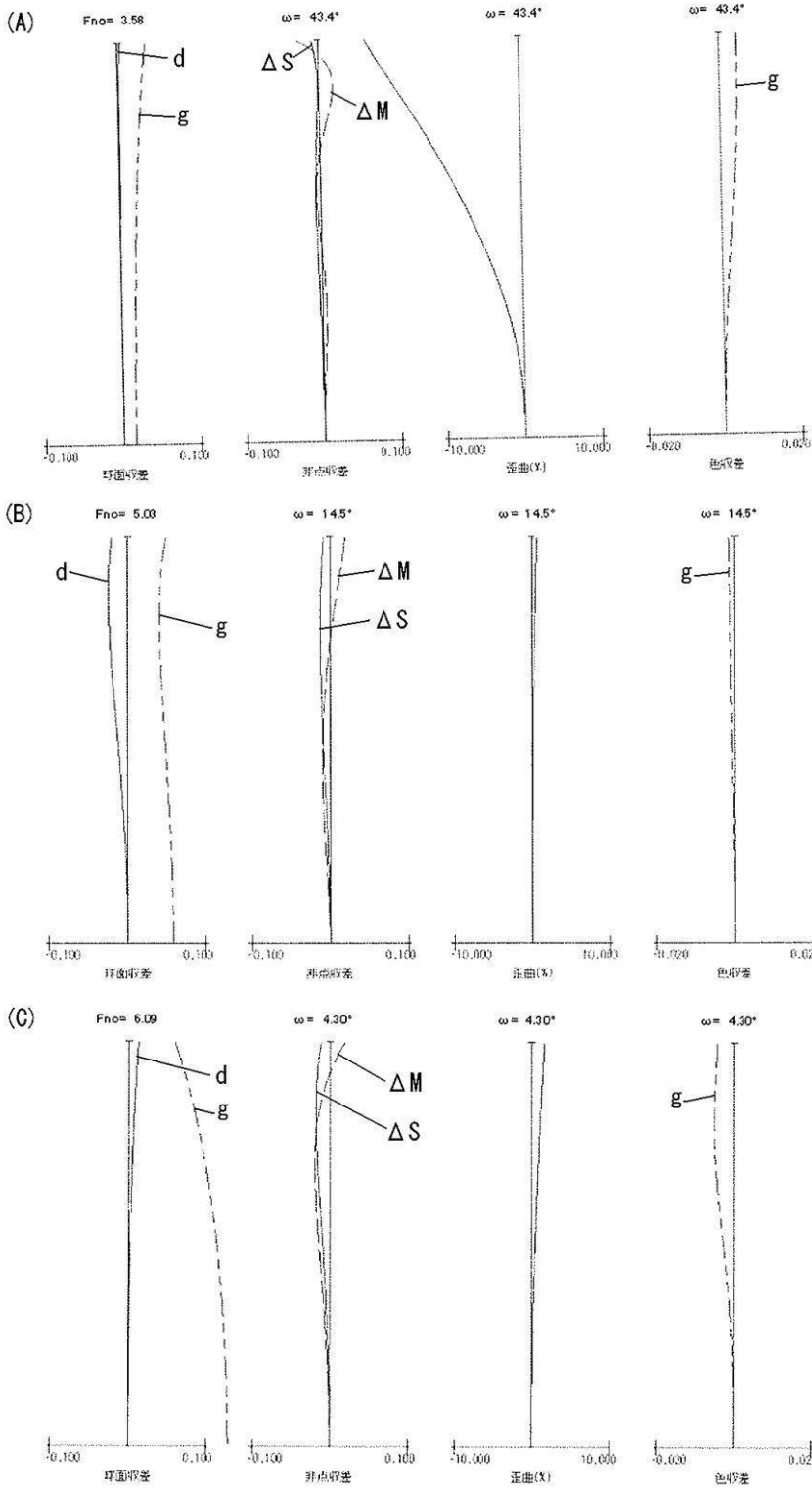
【 図 4 】



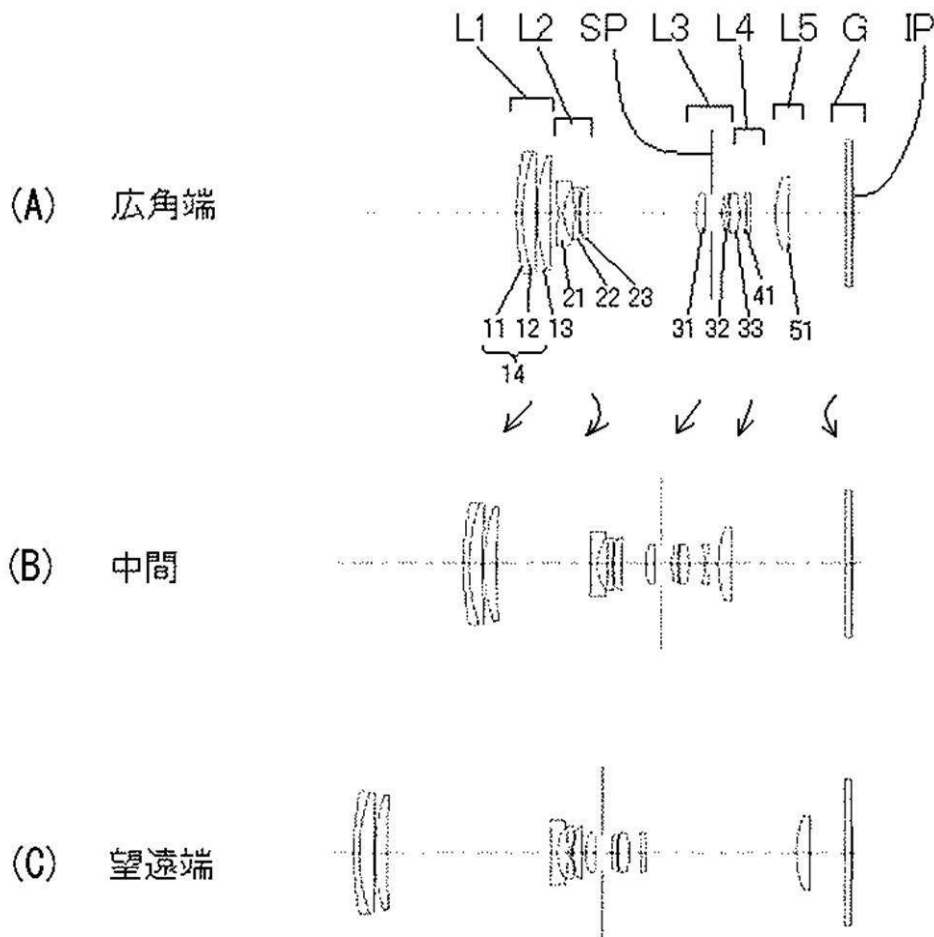
【 図 5 】



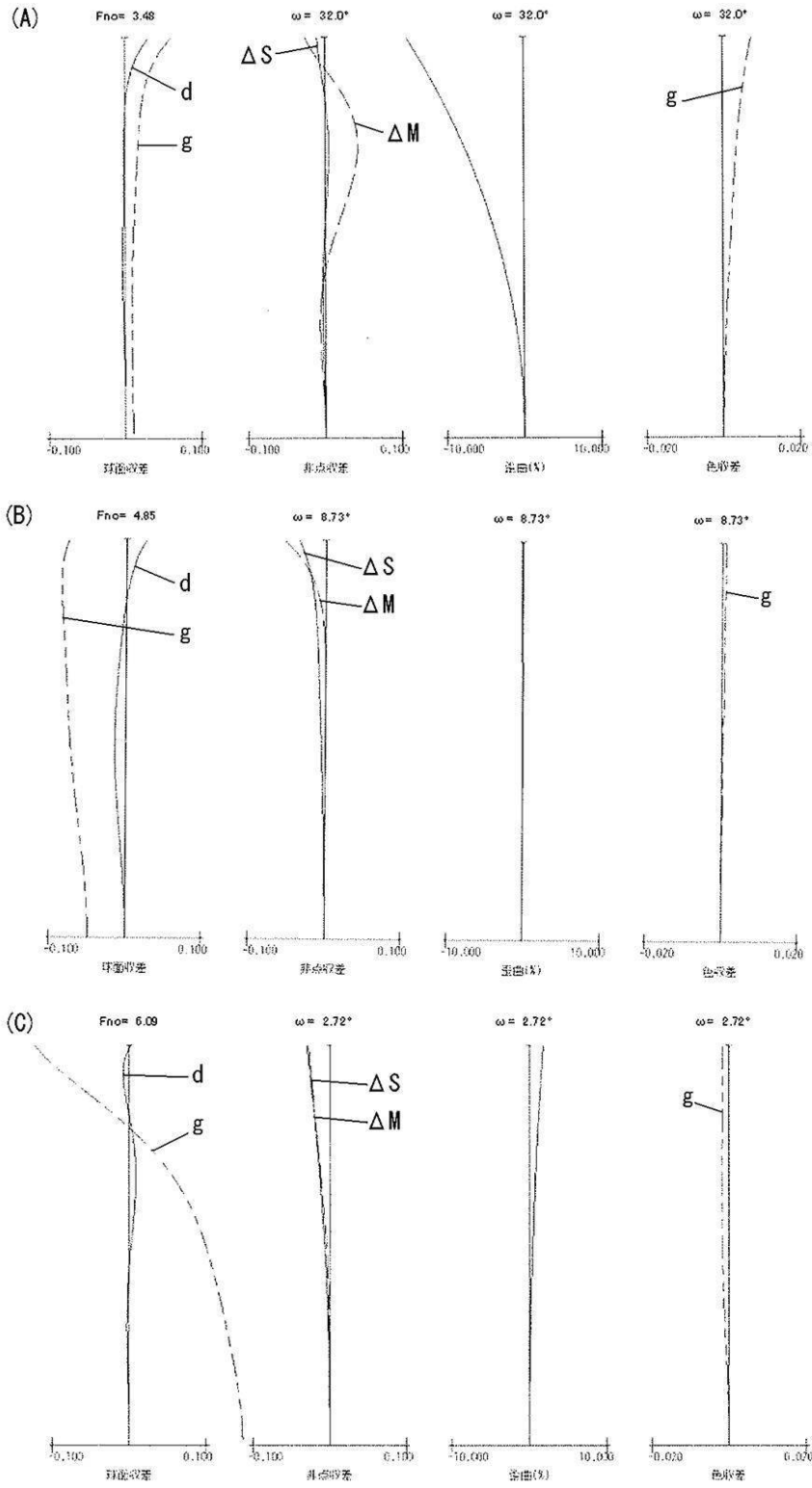
【 図 6 】



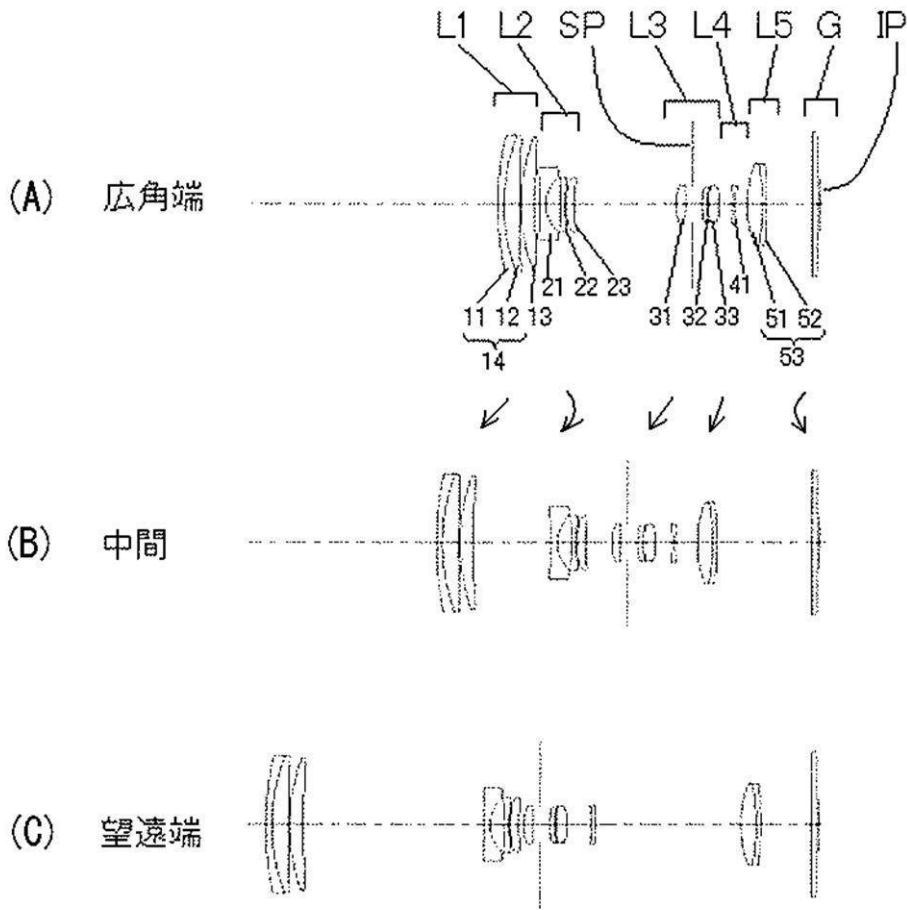
【 図 7 】



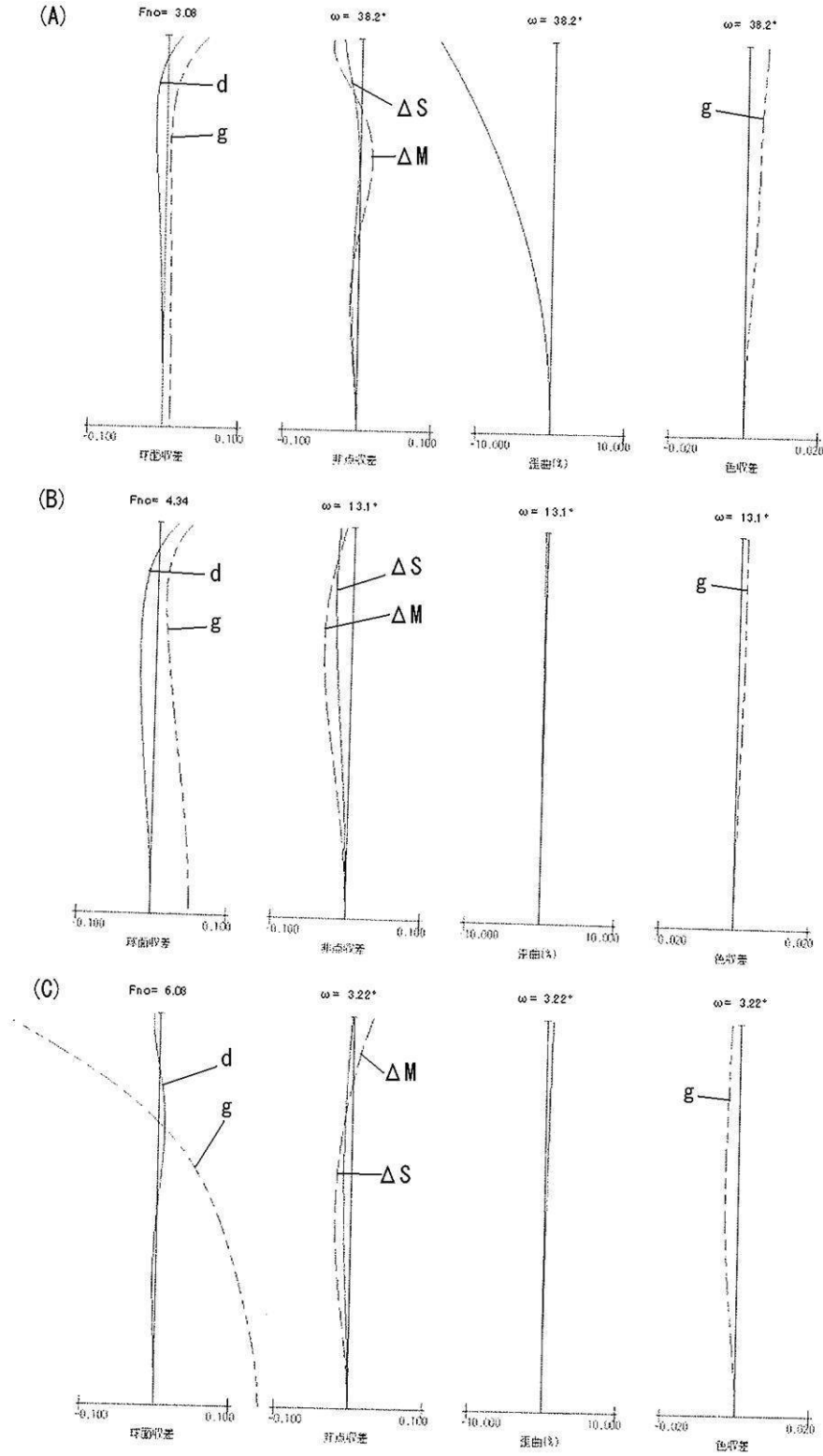
【 図 8 】



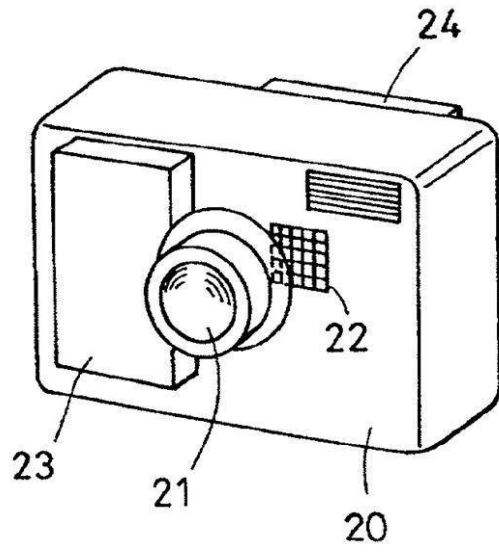
【 図 9 】



【 図 10 】



【図 11】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 KA02 KA03 LA01 MA08 MA16 PA10 PA18 PA19 PB11
PB12 QA02 QA06 QA07 QA17 QA21 QA25 QA32 QA37 QA39
QA41 QA42 QA45 QA46 RA04 RA05 RA12 RA13 RA36 RA42
RA43 RA44 SA43 SA47 SA49 SA53 SA55 SA62 SA63 SA64
SA65 SA66 SB14 SB24 SB32 SB42 SB43