

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6347739号
(P6347739)

(45) 発行日 平成30年6月27日(2018.6.27)

(24) 登録日 平成30年6月8日(2018.6.8)

(51) Int. Cl.	F 1	
GO 2 B 15/20 (2006.01)	GO 2 B	15/20
GO 2 B 13/18 (2006.01)	GO 2 B	13/18
HO 4 N 5/225 (2006.01)	HO 4 N	5/225 4 0 0
HO 4 N 5/232 (2006.01)	HO 4 N	5/232 4 8 0
	HO 4 N	5/232 9 6 0

請求項の数 13 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2014-258167 (P2014-258167)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成26年12月22日(2014.12.22)	(74) 代理人	100086818 弁理士 高梨 幸雄
(65) 公開番号	特開2016-118658 (P2016-118658A)	(72) 発明者	井上 卓 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
(43) 公開日	平成28年6月30日(2016.6.30)	審査官	吉川 陽吾
審査請求日	平成29年6月6日(2017.6.6)		

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配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第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、

フォーカシングに際して前記第3レンズ群が光軸方向に移動し、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端から望遠端までのズーミングにおける前記第3レンズ群の移動量を m_3 とし、該移動量の符号は前記第3レンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0.85 < |f_3 / f_w| < 3.15$$

$$-1.60 < m_3 / f_w < -1.00$$

$$1.30 < |f_1 / f_w| < 1.83$$

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配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第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、

フォーカシングに際して前記第3レンズ群が光軸方向に移動し、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端から望遠端までのズームにおける前記第3レンズ群の移動量を m_3 とし、該移動量の符号は前記第3レンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径と、前記第3レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径をそれぞれ R_{3o} 、 R_{3i} とするとき、

$$0.85 < |f_3 / f_w| < 3.15$$

$$-1.60 < m_3 / f_w < -1.00$$

$$-0.80 < (R_{3i} - R_{3o}) / (R_{3i} + R_{3o}) < -0.30$$

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3】

ズームに際して前記第2レンズ群と一体的に移動する開口絞りを有し、広角端において無限遠物体にフォーカスしているときの前記開口絞りから前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離を d_{p3} とするとき、

$$0.07 < d_{p3} / f_w < 0.45$$

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3レンズ群の光軸上の厚みを T_{D3} とするとき、

$$0.03 < T_{D3} / f_w < 0.14$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載のズームレンズ。

20

【請求項5】

前記第2レンズ群の焦点距離 f_2 とするとき、

$$0.70 < f_2 / f_w < 1.28$$

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。

【請求項6】

前記第2レンズ群は、正の屈折力の第1部分群と正の屈折力の第2部分群からなり、像ぶれ補正に際して、前記第1部分群は光軸に対して垂直方向の成分を持つ方向に移動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。

30

【請求項7】

前記第1部分群は1つのレンズ要素からなることを特徴とする請求項6に記載のズームレンズ。

【請求項8】

広角端から望遠端へのズームに際して、前記第1レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動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3レンズ群は1つのレンズ要素からな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】

前記第4レンズ群は1つのレンズ要素からな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。

40

【請求項11】

前記第5レンズ群は1つのレンズ要素からな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】

前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 、広角端から望遠端までのズームにおける前記第4レンズ群の移動量を m_4 とし、該移動量の符号は前記第4レンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とするとき、

$$1.20 < f_4 / f_3 < 11.50$$

50

- 1.80 < m4 / fw < - 1.25
 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。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のズームレンズと、該ズームレンズによって形成される像を受光する撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【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、デジタルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ、監視用カメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系に好適なものである。

10

【背景技術】

【0002】

撮像装置（カメラ）に用いる撮像光学系には広い撮影画角を包含し、高解像力で小型のズームレンズであることが要望されている。この他、撮像装置に用いたときは、高速かつ高精度にオートフォーカス（自動合焦）ができることが要望されている。静止画像を撮像するときのオートフォーカス方式として位相差方式が多く用いられている。一方、近年の一眼レフカメラでは動画撮影機能を有すること、動画撮影中にオートフォーカスできることが要望されている。

20

【0003】

動画を撮影するときのオートフォーカス方式としては、フォーカスレンズ群を駆動させるときの駆動音が小さく、高速なフォーカスができること等が要望されている。これらの要望を満足するオートフォーカス方式として、撮像信号中の高周波成分を検出することによって撮像光学系の合焦状態を評価する、高周波検出方式（TV-AF方式）が知られている。

【0004】

TV-AF方式を用いた撮像装置では、フォーカスレンズ群（フォーカシングに際して移動するレンズ群）を光軸方向に高速で振動させて（以下、「ウォブリング」という）合焦状態からのズレ方向を検出する。そしてウォブリングの後、撮像センサの出力信号から画像領域の特定の周波数帯の信号成分を検出して、合焦状態となるフォーカスレンズ群の光軸方向の最適位置を算出する。その後、最適位置にフォーカスレンズ群を移動させて合焦完了となる。

30

【0005】

動画撮影においては、特にモーターの駆動音が録音されないように、なるべく静かに、しかも高速にフォーカスレンズ群を駆動する必要がある。したがって、フォーカスレンズ群は小型軽量であることが強く求められている。従来、広画角で、全系が小型のズームレンズとして、最も物体側に負の屈折力のレンズ群が配置されたネガティブリード型のズームレンズが知られている。ネガティブリード型のズームレンズにおいて、小型軽量のレンズ群を用いてフォーカシングを行ったズームレンズが知られている（特許文献1、2）。

40

【0006】

特許文献1では物体側から順に負、正、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第4群レンズ群よりなり、隣り合うレンズ群の間隔を変えてズーミングを行い、第3レンズ群でフォーカシングを行うズームレンズを開示している。特許文献2では物体側から像側へ順に、負、正、負、負、正の屈折力の第1レンズ群乃至第5レンズ群から成り、隣り合うレンズ群の間隔を変えてズーミングを行い第1レンズ群又は第4レンズ群でフォーカシングを行うズームレンズを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

50

【特許文献1】特開2012-173298号公報

【特許文献2】特開2012-27283号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

撮像装置に用いるズームレンズには、広画角でかつレンズ系全体が小型であること、フォーカスレンズ群が小型軽量でフォーカシングが高速に行え、しかもフォーカシングに際して収差変動が少ないこと等が強く要望されている。フォーカスレンズ群を小型軽量にするためにはフォーカスレンズ群の構成レンズ枚数を少なくする必要がある。しかしながら、フォーカスレンズ群の構成レンズ枚数を少なくすると、フォーカスレンズ群の残収差が大きくなる。このため、フォーカシングに際して収差変動が大きくなり、遠距離から近距離までの物体距離全般にわたり良好な光学性能を得ることが難しくなる。

10

【0009】

一方、フォーカシングに際しての収差変動を小さくするためにフォーカスレンズ群のパワーを弱くするとフォーカシングに際しての移動量が大きくなり、レンズ全長が増大してくる。全系が小型で広画角で、フォーカシングが高速に行え、かつフォーカシングに際しての収差変動の少ないズームレンズを得るには、レンズ群の数や各レンズ群の屈折力そしてフォーカスレンズ群の選択及び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。

【0010】

特にネガティブリード型のズームレンズでは、ズームレンズを構成する複数のレンズ群のうちから、どのレンズ群をフォーカスレンズ群とするのが重要である。また、フォーカスレンズ群の屈折力そしてフォーカスレンズ群のズーミングに際しての移動量等を適切に設定することが重要になってくる。これらの設定が適切でないとき、全系が小型で広画角で物体距離全般にわたり高い光学性能のズームレンズを得るのが困難になってくる。

20

【0011】

本発明は、全体が小型でかつ広画角でありながらズーミングに際しての収差変動が少なく、物体距離全般にわたり高い光学性能が得られるズームレンズの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

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

30

フォーカシングに際して前記第3レンズ群が光軸方向に移動し、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端から望遠端までのズーミングにおける前記第3レンズ群の移動量を m_3 とし、該移動量の符号は前記第3レンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0.85 < |f_3 / f_w| < 3.15$$

$$-1.60 < m_3 / f_w < -1.00$$

$$1.30 < |f_1 / f_w| < 1.83$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

40

【0013】

この他、本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に配置された、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第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、

フォーカシングに際して前記第3レンズ群が光軸方向に移動し、

広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端か

50

ら望遠端までのズームングにおける前記第3レンズ群の移動量を m_3 とし、該移動量の符号は前記第3レンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、前記第3レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径と、前記第3レンズ群の最も像側のレンズ面の曲率半径をそれぞれ R_{3o} 、 R_{3i} とすると、

$$\begin{aligned} & 0.85 < |f_3 / f_w| < 3.15 \\ & -1.60 < m_3 / f_w < -1.00 \\ & -0.80 < (R_{3i} - R_{3o}) / (R_{3i} + R_{3o}) < -0.30 \end{aligned}$$

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】

【0014】

本発明によれば、全体が小型でかつ広画角でありながらズームングに際しての収差変動が少なく、物体距離全般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。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施例1のレンズ断面図

【図2】(A)、(B) 実施例1の無限遠に合焦時の収差図

【図3】実施例2のレンズ断面図

【図4】(A)、(B) 実施例2の無限遠に合焦時の収差図

【図5】実施例3のレンズ断面図

【図6】(A)、(B) 実施例3の無限遠に合焦時の収差図

【図7】参考例1のレンズ断面図

【図8】(A)、(B) 参考例1の無限遠に合焦時の収差図

【図9】実施例4のレンズ断面図

【図10】(A)、(B) 実施例4の無限遠に合焦時の収差図

【図11】実施例5のレンズ断面図

【図12】(A)、(B) 実施例5の無限遠に合焦時の収差図

【図13】実施例6のレンズ断面図

【図14】(A)、(B) 実施例6の無限遠に合焦時の収差図

【図15】実施例7のレンズ断面図

【図16】(A)、(B) 実施例7の無限遠に合焦時の収差図

【図17】撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0016】

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、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、1つ以上のレンズ群を含む後群より構成されている。ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。後群は全ズーム範囲にわたり正の屈折力である。フォーカシングに際して第3レンズ群が光軸方向に移動する。

【0017】

図1は本発明の実施例1の広角端におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)は実施例1の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例1はズーム比2.83、Fナンバー3.55~6.44のズームレンズである。図3は本発明の実施例2の広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)は実施例2の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比2.88、Fナンバー3.60~6.44のズームレンズである。

【0018】

図5は本発明の実施例3の広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)は実施例3の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比2.88、Fナンバー3.61~6.44のズームレンズである。図7は本発明の

10

20

30

40

50

参考例 1 の広角端におけるレンズ断面図である。図 8 (A)、(B) は参考例 1 の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。参考例 1 はズーム比 2 . 8 8、F ナンバー 3 . 6 0 ~ 6 . 4 4 のズームレンズである。

【 0 0 1 9 】

図 9 は本発明の実施例 4 の広角端におけるレンズ断面図である。図 1 0 (A)、(B) は実施例 4 の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例 4 はズーム比 2 . 8 8、F ナンバー 3 . 5 8 ~ 6 . 4 4 のズームレンズである。図 1 1 は本発明の実施例 5 の広角端におけるレンズ断面図である。図 1 2 (A)、(B) は実施例 5 の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例 5 はズーム比 2 . 8 8、F ナンバー 3 . 4 9 ~ 5 . 8 0 のズームレンズである。

10

【 0 0 2 0 】

図 1 3 は本発明の実施例 6 の広角端におけるレンズ断面図である。図 1 4 (A)、(B) は実施例 6 の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例 6 はズーム比 2 . 8 8、F ナンバー 3 . 6 5 ~ 5 . 8 0 のズームレンズである。図 1 5 は本発明の実施例 7 の広角端におけるレンズ断面図である。図 1 6 (A)、(B) は実施例 7 の無限遠に合焦したときの広角端、望遠端における収差図である。実施例 7 はズーム比 2 . 8 8、F ナンバー 3 . 5 8 ~ 6 . 4 4 のズームレンズである。図 1 7 は本発明の撮像装置の要部概略図である。

【 0 0 2 1 】

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像光学系である。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクターに用いても良く、このときは左方がスクリーン側、右方が被投射画像側となる。レンズ断面図において O L はズームレンズである。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。

20

【 0 0 2 2 】

L r は 1 つ以上のレンズ群よりなる後群である。S P は光量調整用の開口絞りである。F S は開口径が一定のフレアカット絞り（F S 絞り）であり、レンズ系の最も像側に配置されている。I P は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮像光学系として使用する際には C C D センサや C M O S 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。

30

【 0 0 2 3 】

レンズ断面図において、実線の矢印は無限遠に合焦したときに広角端から望遠端へのズームングにおける各レンズ群の移動軌跡を示している。点線の矢印は近距離に合焦したときに広角端から望遠端へのズームングにおける第 3 レンズ群 L 3 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へのフォーカシングの際の第 3 レンズ群 L 3 の移動方向を示している。L 2 a は第 2 レンズ群 L 2 の一部の第 1 部分レンズ群であり、像ぶれ補正に際して移動する。L 2 b は第 2 レンズ群 L 2 の一部の第 2 部分レンズ群である。

【 0 0 2 4 】

図 1 の実施例 1、図 3 の実施例 2、図 5 の実施例 3、図 9 の実施例 4、図 1 1 の実施例 5、図 1 3 の実施例 6、図 1 5 の実施例 7 のズームレンズ O L は物体側から像側へ順に、次のとおりである。負の屈折力の第 1 レンズ群 L 1、正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2、負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3、負の屈折力の第 4 レンズ群 L 4、後群 L r より構成されている。

40

【 0 0 2 5 】

実施例 1、2、4、7 は広角端から望遠端へのズームングに際し、第 1 レンズ群 L 1 は像側に凸状の軌跡で移動し、第 2 レンズ群 L 2、第 3 レンズ群 L 3、第 4 レンズ群 L 4 は物体側へ互いに異なった軌跡で移動する。第 5 レンズ群 L 5 は不動である。第 3 レンズ群 L 3 は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って像側へ移動するフォー

50

カスレンズ群である。

【0026】

実施例3は広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡で移動し、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4は物体側へ互いに異なった軌跡で移動する。第5レンズ群L5は物体側へ凸状の軌跡で移動する。第3レンズ群L3は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って像側へ移動するフォーカスレンズ群である。

【0027】

実施例5、6は広角端から望遠端へのズーミングに際し、第1レンズ群L1は像側に凸状の軌跡で移動し、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4は物体側へ互いに異なった軌跡で移動する。第5レンズ群L5は像側に凸状の軌跡で移動する。第3レンズ群L3は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って像側へ移動するフォーカスレンズ群である。

10

【0028】

図7の参考例1のズームレンズOLは物体側から像側へ順に、次のとおりである。負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、負の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、後群Lrより構成されている。

【0029】

後群Lrは正の屈折力の第5レンズ群L5と、正の屈折力の第6レンズ群L6より構成されている。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は像側へ凸状の軌跡で移動し、第2レンズ群L2乃至第4レンズ群L4は互いに異なった軌跡で物体側へ移動する。第5レンズ群L5は物体側へ凸状の軌跡で移動する。第6レンズ群L6は不動である。第3レンズ群L3は無限遠から近距離へのフォーカシングに際して光軸に沿って像側へ移動するフォーカスレンズ群である。

20

【0030】

各実施例において開口絞りSPはズーミングに際して第2レンズ群L2と一体的に移動する。収差図のうち、球面収差図においてdはd線、gはg線である。S・Cは正弦条件である。非点収差図においてMはd線でのメリディオナル像面、Sはd線でのサジタル像面である。また、歪曲を示す図はd線における歪曲を示している。倍率色収差はg線について示している。FnoはFナンバー、 θ は半画角である。尚、以下の各実施例と参考例1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。

30

【0031】

次に、本発明の各実施例のズームレンズの特徴について説明する。負の屈折力のレンズ群が最も物体側に配置されたズームレンズにおいて、フォーカスレンズ群の小型化を図るためには、フォーカスレンズ群としてレンズ径が大きい複数のレンズで構成される第1レンズ群を用いるのは良くない。フォーカスレンズ群としては、レンズ径の比較的小さい第1レンズ群よりも像側の小型軽量のレンズ群を選ぶのが良い。

【0032】

また、フォーカスレンズ群の軽量化を図るためには、フォーカスレンズ群を、1つのレンズ要素で構成することが望ましい。ここで、レンズ要素とは、単レンズ、複数のレンズが接合された接合レンズ、球面レンズの表面に樹脂層を積層して形成されるレプリカ非球面レンズなど、一体的に形成されたレンズをいう。フォーカスレンズ群を少ないレンズ枚数で構成した場合、フォーカシングに伴う収差変動を抑制するためには、フォーカスレンズ群の屈折力(焦点距離の逆数)を小さくする必要がある。

40

【0033】

しかしながら、フォーカスレンズ群の屈折力を小さくすると、無限遠物点から至近物点へのフォーカシングに際して、フォーカスレンズ群の移動量が増大し、レンズ全系が大型化してくる。フォーカスレンズ群の小型軽量化と、レンズ全系の小型化を図りつつ高い光学性能を得るためには、フォーカシングに伴う収差変動が比較的小さくなるようにレンズ

50

系を構成するのが重要となる。特に、フォーカスレンズ群の屈折力やレンズ構成を適切に設定することが重要となる。

【0034】

各実施例のズームレンズでは、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、負の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、1以上のレンズ群を有する後群Lrより構成している。そして、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。第3レンズ群L3は1つのレンズ要素からなり、フォーカシングに際して第3レンズ群L3が光軸方向に移動する。

【0035】

また、広角端におけるレンズ全長（第1レンズ面から像面までの距離）の短縮化のためには像側に負の屈折力を有するレンズ群を配置すればよい。各実施例では、その屈折力を第3レンズ群L3と第4レンズ群L4で適切に分担することでレンズ全長を短縮化しつつフォーカシングに際しての収差変動を軽減している。

【0036】

本発明のズームレンズにおいて、広角端における全系の焦点距離を f_w 、第3レンズ群L3の焦点距離を f_3 とする。広角端から望遠端までのズーミングに際しての第3レンズ群L3の移動量を m_3 とする。このとき、

$$0.85 < |f_3 / f_w| < 3.15 \quad \dots (1)$$

$$-1.60 < m_3 / f_w < -1.00 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足する。

【0037】

ここで広角端から望遠端へのズーミングにおけるレンズ群の移動距離とは広角端におけるレンズ群の光軸上の位置と望遠端におけるレンズ群の光軸上の位置との差をいう。移動距離の符号はレンズ群が広角端に比べて望遠端において像側に位置するときを正とし、物体側に位置するときを負とする。

【0038】

この他本発明のズームレンズは、第4レンズ群L4の焦点距離を f_4 、広角端から望遠端までのズーミングに際しての第4レンズ群L4の移動量を m_4 とする。このとき、

$$1.20 < f_4 / f_3 < 11.50 \quad \dots (3)$$

$$-1.80 < m_4 / f_w < -1.25 \quad \dots (4)$$

なる条件式を満足する。

【0039】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(1)、(2)は、第3レンズ群L3の負の屈折力とズーミングに際しての移動量（移動距離）を適切に設定することで高い光学性能を得つつ、全系の小型化を図るためのものである。

【0040】

条件式(1)の下限値を超えると、第3レンズ群L3の負の屈折力が強くなりすぎて（負の屈折力の絶対値が大きくなりすぎて）、フォーカシングに際して光学性能の変動が増大してくる。条件式(1)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の負の屈折力が弱くなりすぎて（負の屈折力の絶対値が小さくなりすぎて）、無限遠物点から至近物点へのフォーカシングにおける第3レンズ群L3の繰込量が大きくなる。この結果、フォーカス速度が遅くなり、更にレンズ全系が大型化してくる。

【0041】

条件式(2)の下限値を超えると、ズーミングに際して第3レンズ群L3の移動量が大きくなりすぎて、レンズ全系が大型化する。条件式(2)の上限値を超えると、望遠端において第2レンズ群L2と一体的に移動する開口絞りSPと第3レンズ群L3の光軸上の距離が大きくなりすぎて、第3レンズ群L3の有効径が大型化し、第3レンズ群L3の軽量化が困難となる。また、更に好ましくは、条件式(1)、(2)の数値範囲を以下のように設定するのがよい。

【0042】

10

20

30

40

50

$$1.10 < |f_3 / f_w| < 2.45 \quad \dots (1a)$$

$$-1.55 < m_3 / f_w < -1.10 \quad \dots (2a)$$

条件式(3)は、第3レンズ群L3の負の屈折力と第4レンズ群L4の負の屈折力の配分を適切に設定することで高い光学性能を得つつ、全系の小型化を図るためのものである。

【0043】

条件式(3)の下限值を超えると、第4レンズ群L4への負の屈折力の配分が大きくなりすぎて、第3レンズ群L3の無限遠物点から至近物点へのフォーカシングにおける移動量が大きくなり、フォーカス速度が遅くなるので良くない。更に、レンズ全系が大型化するので良くない。条件式(3)の上限值を超えると、第3レンズ群L3の負の屈折力の配分が大きくなりすぎて、フォーカシングに際して光学性能の変動が増大し、これを抑制することが困難となる。

10

【0044】

条件式(4)は、第4レンズ群L4のズーミングに際しての移動量を適切に設定することで高い光学性能を得つつ、全系の小型化を図るためのものである。条件式(4)の下限值を超えると、ズーミングに際して第4レンズ群L4の移動量が大きくなりすぎて、第3レンズ群L3でフォーカシングを行うための繰込量を確保することが困難となる。また、レンズ全系が大型化するので良くない。条件式(4)の上限值を超えると、ズーミングに際して像面湾曲などの軸外収差の変動が増大し、軸外収差の補正が困難となる。

【0045】

また、更に好ましくは、条件式(3)、(4)の数値範囲を以下のように設定するのがよい。

20

$$1.30 < f_4 / f_3 < 8.00 \quad \dots (3a)$$

$$-1.65 < m_4 / f_w < -1.35 \quad \dots (4a)$$

【0046】

本発明のズームレンズにおいて、更なる全系の小型化、及び全ズーム範囲で高い光学性能を得るためには次の条件のうち少なくとも1つを満足することが望ましい。第2レンズ群L2中にズーミングに際して第2レンズ群L2と一体的に移動する開口絞りSPを有し、無限遠物体にフォーカスしているときの広角端における開口絞りSPから第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離を d_{p3} とする。第1レンズ群L1の焦点距離 f_1 とする。第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 とする。第3レンズ群L3の光軸上の厚み(最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの長さ)を TD_3 とする。

30

【0047】

第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面と第3レンズ群L3の最も像側のレンズ面の曲率半径をそれぞれ R_{3o} 、 R_{3i} 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。

【0048】

$$0.07 < d_{p3} / f_w < 0.45 \quad \dots (5)$$

$$0.03 < TD_3 / f_w < 0.14 \quad \dots (6)$$

$$-0.80 < (R_{3i} - R_{3o}) / (R_{3i} + R_{3o}) < -0.30 \quad \dots (7)$$

$$1.30 < |f_1 / f_w| < 1.83 \quad \dots (8)$$

$$0.70 < f_2 / f_w < 1.28 \quad \dots (9)$$

40

【0049】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(5)は開口絞りSPから第3レンズ群L3の最も物体側のレンズ面までの光軸上の距離に関する。条件式(5)の下限值を超えると、開口絞りSPと第3レンズ群L3が近づきすぎて、フォーカシング用の駆動機構などの配置が困難となる。条件式(5)の上限值を超えると、開口絞りSPと第3レンズ群L3の光軸上の距離が長くなりすぎて、第3レンズ群L3の有効径が大型化し軽量化が困難となる。

【0050】

50

条件式(6)は、第3レンズ群L3の光軸上の厚み(レンズ群厚)に関する。条件式(6)の下限値を超えると、第3レンズ群L3の厚みが小さくなりすぎて、レンズの加工が困難となる。条件式(6)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の厚みが大きくなりすぎて、軽量化が困難となる。

【0051】

条件式(7)は第3レンズ群L3の物体側のレンズ面と像側のレンズ面の形状に関する。条件式(7)の下限値または上限値を超えると、フォーカシングに伴う諸収差の変動が大きくなり、このときの諸収差の変動を抑制することが困難となる。

【0052】

条件式(8)は、第1レンズ群L1の負の屈折力に関し、全系の小型化を図りつつ、高い光学性能を得るためのものである。条件式(8)の下限値を超えると、第1レンズ群L1の負の屈折力が強くなりすぎて、諸収差、特に軸外収差を良好に補正することが困難となる。条件式(8)の上限値を超えると、第1レンズ群L1の負の屈折力が弱くなりすぎて、レンズ全系が大型化する。

10

【0053】

条件式(9)は、第2レンズ群L2の正の屈折力に関し、全系の小型化を図りつつ高い光学性能を得るためのものである。条件式(9)の下限値を超えると、第2レンズ群L2の正の屈折力が強くなりすぎて、諸収差、特に軸上収差を良好に補正することが困難となる。条件式(9)の上限値を超えると、第2レンズ群L2の正の屈折力が弱くなりすぎて、変倍のために第2レンズ群L2の移動量が増大し、レンズ全系が大型化する。更に好ましくは条件式(5)乃至(9)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

20

【0054】

$$0.075 < dp3 / fw < 0.410 \quad \dots (5a)$$

$$0.035 < TD3 / fw < 0.130 \quad \dots (6a)$$

$$-0.68 < (R3i - R3o) / (R3i + R3o) < -0.31 \quad \dots (7a)$$

$$1.40 < |f1 / fw| < 1.75 \quad \dots (8a)$$

$$0.85 < f2 / fw < 1.10 \quad \dots (9a)$$

【0055】

各実施例において第2レンズ群L2は正の屈折力の第1部分レンズ群と正の屈折力の第2部分レンズ群からなり、像ぶれ補正に際して、第1部分レンズ群は光軸に対して垂直方向の成分を持つように移動するのが良い。また第1部分レンズ群は1つのレンズ要素からなるのが良い。これによれば像ぶれ補正を迅速に、しかも像ぶれ補正後の光学性能を良好に維持するのが容易になる。第4レンズ群L4は少なくとも1つの非球面を有するのが良い。これによれば、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るのが容易となる。

30

【0056】

各実施例のズームレンズは、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が像側に凸状の軌跡で移動している。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を像側へ凸の軌跡で移動させることによって、レンズ全長の小型化を容易にしている。

【0057】

各実施例のズームレンズは、第3レンズ群L3が1つのレンズ要素からなっている。これにより、フォーカスレンズ群である第3レンズ群L3の軽量化を容易にしている。各実施例のズームレンズは、第4レンズ群L4が1つのレンズ要素からなっている。これにより、レンズ全系の小型化を容易にしている。また、第4レンズ群L4が少なくとも1つの非球面を有するようにしている。比較的、開口絞りSPに近く、広角端と望遠端での軸外光線が分離しやすい第4レンズ群L4に非球面を配置することで、比較的小径なレンズに非球面を効果的に用いて諸収差を良好に補正している。

40

【0058】

各実施例のズームレンズは、後群Lrが正の屈折力の第5レンズ群L5を有し、第5レンズ群L5が1つのレンズ要素から構成している。これにより、レンズ全系を大型化する

50

ことなく、フィールドレンズ効果で軸外光線の像面への入射角度を小さくして良好な光学性能を得ている。この他、参考例 1では後群 L r は正の屈折力の第 5 レンズ群と正の屈折力の第 6 レンズ群よりなり、これにより、レンズ全系を大型化することなく、フィールドレンズ効果で軸外光線の像面への入射角度を小さくして良好な光学性能を得ている。

【0059】

次に各実施例に示したズームレンズを撮像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 17 を用いて説明する。

【0060】

図 17 において 20 はカメラ本体、21 は実施例 1 乃至 7、参考例 1 で説明したいずれかのズームレンズによって形成された撮像光学系である。22 はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系 21 によって形成された被写体像を受光する CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）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。

【0061】

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持った撮像装置を実現できる。各実施例のズームレンズはクイックリターンミラーのある一眼レフカメラやクイックリターンミラーのないミラーレスの一眼レフカメラにも同様に適用できる。

【0062】

以下に実施例 1 乃至 3、参考例 1、実施例 4 乃至 7 に対応する数値実施例 1 乃至 8 を示す。各数値実施例において i は物体側からの面の順番を示す。数値実施例において 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_{di} 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。BF はバックフォーカスである。非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直な方向に H 軸、光の進行方向を正とし R を近軸曲率半径、K、A2、A4、A6、A8、A10、A12 を各々非球面係数とするとき、

【0063】

【数 1】

$$X = \frac{(1/R)}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + A2 \cdot H^2 + A4 \cdot H^4 + A6 \cdot H^6 + A8 \cdot H^8 + A10 \cdot H^{10} + A12 \cdot H^{12}$$

【0064】

で与えるものとする。各非球面係数において「e-x」は「 10^{-x} 」を意味する。また、焦点距離、F ナンバー等のスペックに加え、全系の半画角、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。バックフォーカス BF は最終レンズ面から像面までの長さを示している。また、各レンズ群データは、各レンズ群と第 1 部分レンズ群を 2 a、第 2 部分レンズ群を 2 b とし、それらの焦点距離を示している。

【0065】

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実施例 1 乃至 8 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。

【0066】

[数値実施例 1]

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径	
1	74.240	1.10	1.77250	49.6	28.00	
2	13.575	5.43			22.11	
3*	90.868	2.11	1.52996	55.8	22.09	
4*	28.303	0.20			21.76	
5	25.310	3.76	1.84666	23.9	21.69	
6	56.582	(可変)			20.66	
7	806.621	1.76	1.48749	70.2	10.17	10
8	-29.802	0.80			10.31	
9	10.514	3.32	1.60311	60.6	10.30	
10	-147.363	0.50	1.90366	31.3	9.53	
11	23.292	2.69			9.18	
12(絞り)		2.02			8.73	
13*	14.472	1.88	1.58313	59.4	8.33	
14	354.388	(可変)			7.95	
15	41.527	0.62	1.70000	48.1	7.79	
16	8.797	1.29	1.53775	74.7	7.96	
17	13.459	(可変)			8.20	20
18*	-11.998	1.86	1.52996	55.8	11.48	
19*	-16.160	(可変)			13.52	
20	-58.903	3.84	1.58913	61.1	23.74	
21	-22.779	11.05			24.57	

像面

【 0 0 6 7 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.78582e-005 A 6= 5.37905e-007 A 8=-5.04609e-009 A10=
2.55009e-011 A12=-5.86232e-014 30

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.09920e-005 A 6= 4.97325e-007 A 8=-6.17039e-009 A10=
3.51824e-011 A12=-1.05215e-013

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.05211e-004 A 6=-7.51239e-007 A 8=-1.59107e-008

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.49801e-004 A 6= 9.96347e-006 A 8=-3.67378e-007 A10=
4.59367e-009 A12= 3.77288e-011 40

第19面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.25814e-004 A 6= 5.01006e-006 A 8=-9.37488e-008 A10=
1.00770e-009 A12= 4.04325e-012

各種データ

ズーム比	2.83			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	15.45	27.69	43.66	
Fナンバー	3.55	4.74	6.44	50

半画角 (度)	41.48	26.26	17.37
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	78.11	70.79	76.44
BF	11.05	11.05	11.05

d 6	24.71	8.18	1.12
d14	1.00	2.45	3.36
d17	6.45	4.99	4.09
d19	1.73	10.94	23.65

10

入射瞳位置	16.53	13.55	11.61
射出瞳位置	-23.09	-44.69	-104.52
前側主点位置	24.99	27.49	38.78
後側主点位置	-4.40	-16.64	-32.61

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-25.29	12.61	0.59	-8.85
2a	7	59.00	1.76	1.14	-0.04
2b	9	19.40	10.41	3.74	-5.81
3	15	-24.25	1.90	1.33	0.12
4	18	-104.00	1.86	-4.14	-5.58
5	20	60.66	3.84	3.79	1.46

20

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-21.68
2	3	-78.49
3	5	51.26
4	7	59.00
5	9	16.40
6	10	-22.23
7	13	25.82
8	15	-16.07
9	16	43.06
10	18	-104.00
11	20	60.66

30

【 0 0 6 8 】

[数値実施例 2]

40

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	44.088	1.50	1.80400	46.6	26.82
2	12.024	7.25			20.50
3*	305.869	2.16	1.52996	55.8	20.34
4*	60.539	0.20			20.44
5	44.129	1.95	1.92286	20.9	20.08
6	124.704	(可変)			19.65

50

7	177.683	1.41	1.48749	70.2	10.32
8	-58.229	1.00			10.50
9	13.551	3.21	1.77250	49.6	10.86
10	-58.777	0.93	1.85478	24.8	10.32
11	42.811	1.00			9.93
12(絞リ)		2.40			9.71
13*	-42.450	1.59	1.58313	59.4	9.07
14*	-16.814	(可変)			8.95
15	40.260	0.70	2.00100	29.1	7.70
16	17.774	(可変)			7.79
17*	-21.539	1.30	1.58313	59.4	11.87
18*	-46.946	(可変)			13.02
19	-86.066	4.00	1.62041	60.3	24.68
20	-26.339	0.20			25.50
21	(FS絞リ)	11.36			26.09

像面

【 0 0 6 9 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.97429e-005 A 6=-3.81377e-007 A 8= 8.19005e-009 A10=-4.63624e-011 A12=-2.32074e-014

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-6.53077e-005 A 6=-4.60881e-007 A 8= 1.00770e-008 A10=-8.77115e-011 A12= 1.58853e-013

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.59675e-004 A 6= 1.60226e-006 A 8= 1.00496e-007 A10=-6.92626e-010

第14面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.74475e-005 A 6= 2.77834e-006 A 8= 3.74502e-008 A10= 4.48867e-010

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.23554e-004 A 6= 2.71515e-006 A 8=-5.02802e-007 A10= 1.32229e-008 A12=-1.31432e-010

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.58547e-004 A 6= 1.02352e-006 A 8=-2.88766e-007 A10= 6.60305e-009 A12=-5.33924e-011

各種データ

ズーム比	2.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	15.45	30.00	44.45
Fナンバー	3.60	5.00	6.44
半画角(度)	41.48	24.48	17.08
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	79.00	73.73	80.31

10

20

30

40

50

BF	11.36	11.36	11.36
d 6	24.69	6.95	1.00
d14	1.50	2.88	3.64
d16	6.83	5.45	4.70
d18	3.81	16.28	28.81
入射瞳位置	15.95	12.50	10.72
射出瞳位置	-25.32	-60.92	-149.14
前側主点位置	24.90	30.05	42.86
後側主点位置	-4.09	-18.64	-33.09

10

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-25.82	13.06	-0.07	-11.21
2a	7	90.14	1.41	0.72	-0.23
2b	9	18.91	9.13	2.15	-5.49
3	15	-32.29	0.70	0.64	0.28
4	17	-69.56	1.30	-0.71	-1.55
5	19	59.64	4.00	3.47	1.06

20

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-21.00
2	3	-142.86
3	5	73.16
4	7	90.14
5	9	14.54
6	10	-28.86
7	13	46.68
8	15	-32.29
9	17	-69.56
10	19	59.64

30

【 0 0 7 0 】

[数值実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	40.660	1.50	1.83481	42.7	26.72
2	12.020	7.25			20.50
3*	356.245	2.24	1.52996	55.8	20.34
4*	62.303	0.20			20.44
5	39.436	1.96	1.92286	18.9	20.05
6	92.760	(可変)			19.60
7	239.354	1.45	1.48749	70.2	10.32
8	-46.805	1.00			10.50
9	12.924	3.21	1.80400	46.6	10.84
10	-74.515	0.93	1.85478	24.8	10.24

40

50

11	25.021	1.13			9.74
12(絞リ)		2.27			9.58
13*	69.188	1.73	1.58313	59.4	8.98
14*	-27.187	(可変)			8.71
15	80.475	0.70	1.90043	37.4	7.87
16	16.603	(可変)			8.03
17*	-41.245	1.30	1.58313	59.4	12.23
18*	-79.989	(可変)			13.16
19	-154.971	4.58	1.49700	81.5	24.72
20	-25.142	(可変)			25.50
21	(FS絞リ)	10.91			26.15

像面

【 0 0 7 1 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.18360e-005 A 6=-3.67913e-007 A 8= 6.03358e-009 A10=-2.42983e-011 A12=-9.24215e-014

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.40024e-005 A 6=-5.34986e-007 A 8= 9.19977e-009 A10=-7.43160e-011 A12= 1.14230e-013

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.03297e-004 A 6= 2.10649e-006 A 8= 6.16689e-008 A10= 6.80570e-010

第14面

K = 0.00000e+000 A 4= 4.90187e-005 A 6= 4.36912e-006 A 8=-1.96236e-008 A10= 2.49630e-009

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.70959e-004 A 6= 6.83812e-006 A 8=-5.07245e-007 A10= 1.27632e-008 A12=-1.25120e-010

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.09858e-004 A 6= 5.03379e-006 A 8=-3.35040e-007 A10= 7.23831e-009 A12=-6.01713e-011

各種データ

ズーム比

2.88

広角	中間	望遠
----	----	----

焦点距離	15.45	30.00	44.45
------	-------	-------	-------

Fナンバー	3.61	4.94	6.44
-------	------	------	------

半画角(度)	41.48	24.48	17.08
--------	-------	-------	-------

像高	13.66	13.66	13.66
----	-------	-------	-------

レンズ全長	79.00	72.45	80.02
-------	-------	-------	-------

BF	11.49	11.76	11.29
----	-------	-------	-------

d 6	24.71	6.35	1.00
-----	-------	------	------

10

20

30

40

50

d14	2.17	3.59	4.02
d16	5.77	4.35	3.92
d18	3.42	14.96	28.35
d20	0.58	0.85	0.38

入射瞳位置	16.01	12.44	10.85
射出瞳位置	-25.56	-56.38	-143.27
前側主点位置	24.91	29.07	42.48
後側主点位置	-4.54	-19.09	-33.54

10

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-25.67	13.14	0.02	-11.11
2a	7	80.44	1.45	0.82	-0.16
2b	9	18.61	9.27	2.29	-5.46
3	15	-23.35	0.70	0.47	0.10
4	17	-147.86	1.30	-0.89	-1.72
5	19	59.69	4.58	3.61	0.59

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-20.94
2	3	-142.86
3	5	73.05
4	7	80.44
5	9	13.93
6	10	-21.82
7	13	33.69
8	15	-23.35
9	17	-147.86
10	19	59.69

20

30

【 0 0 7 2 】

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	43.664	1.50	1.83481	42.7	28.00
2	12.627	7.62			21.53
3*	-365.132	2.20	1.52996	55.8	21.40
4*	95.712	0.20			21.52
5	34.383	2.29	1.92286	18.9	21.05
6	66.275	(可変)			20.44
7	218.891	1.45	1.48749	70.2	10.32
8	-47.062	1.00			10.50
9	12.284	3.21	1.80400	46.6	10.83
10	-178.970	0.93	1.85478	24.8	10.15
11	20.858	1.75			9.61
12(絞リ)		1.65			9.33

40

50

13*	50.981	1.75	1.58313	59.4	8.89
14*	-28.637	(可変)			8.63
15	57.145	0.70	1.90043	37.4	7.39
16	15.534	(可変)			7.55
17*	-319.094	1.30	1.58313	59.4	11.82
18*	77.888	(可変)			12.76
19	-162.091	4.34	1.49700	81.5	24.69
20	-26.874	(可変)			25.48
21	-80.347	1.75	1.48749	70.2	26.01
22	-52.933	0.20			26.30
23	(FS絞り)	10.50			26.56

10

像面

【 0 0 7 3 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4= 8.55238e-006 A 6=-3.21502e-007 A 8= 2.74404e-009 A10=
-1.64579e-013 A12=-1.00602e-013

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.69147e-005 A 6=-5.06238e-007 A 8= 5.40121e-009 A10=
-3.32736e-011 A12= 1.48612e-014

20

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.66973e-004 A 6= 1.77165e-006 A 8= 2.62850e-008 A10=
1.82226e-009

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.11256e-005 A 6= 4.34942e-006 A 8=-6.18787e-008 A10=
3.78756e-009

30

第17面

K = 0.00000e+000 A 4= 9.64771e-005 A 6= 3.03837e-006 A 8=-4.78864e-007 A10=
1.66718e-008 A12=-2.01125e-010

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.45183e-004 A 6= 1.26567e-006 A 8=-2.77900e-007 A10=
8.50856e-009 A12=-8.78053e-011

各種データ

40

ズーム比	2.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	15.45	30.00	44.45
Fナンバー	3.60	4.96	6.44
半画角(度)	41.48	24.48	17.08
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	80.77	74.05	81.38
BF	10.70	10.70	10.70
d 6	25.44	6.72	1.06

50

d14	1.91	3.26	3.73
d16	5.48	4.13	3.66
d18	3.39	15.23	28.39
d20	0.20	0.36	0.20

入射瞳位置	16.70	13.19	11.57
射出瞳位置	-25.34	-61.14	-182.39
前側主点位置	25.49	30.63	45.78
後側主点位置	-4.95	-19.50	-33.95

10

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-26.53	13.80	0.04	-11.55
2a	7	79.60	1.45	0.81	-0.17
2b	9	18.79	9.29	2.25	-5.55
3	15	-23.88	0.70	0.51	0.14
4	17	-107.23	1.30	0.66	-0.16
5	19	64.14	4.34	3.44	0.57
6	21	311.71	1.95	3.38	2.03

20

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-21.76
2	3	-142.86
3	5	74.85
4	7	79.60
5	9	14.41
6	10	-21.81
7	13	31.70
8	15	-23.88
9	17	-107.23
10	19	64.14
11	21	311.71

30

【 0 0 7 4 】

[数值実施例 5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	32.694	1.50	1.80400	46.6	27.79
2	11.521	8.41			20.80
3*	202.243	2.00	1.52996	55.8	20.68
4*	54.898	0.21			20.78
5	71.414	1.82	1.92286	18.9	20.41
6	515.120	(可変)			20.04
7	269.410	1.41	1.48749	70.2	10.32
8	-52.547	1.00			10.50
9	11.681	3.21	1.73400	51.5	10.88
10	-357.954	0.93	1.85478	24.8	10.23

40

50

11	27.781	1.17			9.77
12(絞リ)		2.23			9.55
13*	-303.652	1.57	1.58313	59.4	8.89
14*	-25.134	(可変)			8.62
15	31.792	0.70	2.00100	29.1	7.96
16	16.314	(可変)			7.91
17*	-25.252	1.30	1.58313	59.4	12.17
18*	-56.591	(可変)			13.40
19	-81.816	3.80	1.62041	60.3	24.76
20	-27.464	0.20			25.50
21	(FS絞リ)	10.50			25.90

像面

【 0 0 7 5 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.18235e-005 A 6= 2.59824e-007 A 8=-5.12267e-009 A10=
7.28702e-011 A12=-3.53815e-013

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-9.18491e-005 A 6= 1.75955e-007 A 8=-5.05559e-009 A10=
6.52891e-011 A12=-3.68547e-013

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-8.22096e-005 A 6= 8.55696e-007 A 8= 3.39182e-007 A10=
-4.95845e-009

第14面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.08887e-004 A 6= 2.76023e-006 A 8= 2.93647e-007 A10=
-3.39920e-009

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.32376e-005 A 6= 1.18760e-005 A 8=-8.09522e-007 A10=
2.07725e-008 A12=-1.96508e-010

第18面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.41849e-005 A 6= 7.53887e-006 A 8=-4.46254e-007 A10=
9.60426e-009 A12=-7.42587e-011

各種データ

ズーム比	2.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	15.35	30.00	44.16
Fナンバー	3.58	5.01	6.44
半画角(度)	41.66	24.48	17.19
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	79.00	73.45	79.76
BF	10.70	10.70	10.70

d 6 24.82 6.86 1.00

10

20

30

40

50

d14	1.50	2.69	3.28
d16	6.86	5.68	5.08
d18	3.86	16.28	28.45

入射瞳位置	16.74	13.28	11.57
射出瞳位置	-24.41	-56.20	-121.39
前側主点位置	25.34	29.79	40.95
後側主点位置	-4.85	-19.50	-33.66

レンズ群データ

10

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-26.25	13.94	0.40	-11.68
2a	7	90.33	1.41	0.80	-0.16
2b	9	19.60	9.11	1.56	-5.99
3	15	-34.25	0.70	0.74	0.38
4	17	-79.41	1.30	-0.67	-1.51
5	19	64.90	3.80	3.44	1.15

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-22.85
2	3	-142.86
3	5	89.66
4	7	90.33
5	9	15.47
6	10	-30.13
7	13	46.90
8	15	-34.25
9	17	-79.41
10	19	64.90

20

30

【 0 0 7 6 】

[数値実施例 6]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	54.115	1.50	1.77250	49.6	28.42
2	13.201	6.73			22.12
3*	65.311	2.50	1.52996	55.8	22.03
4*	34.598	0.20			21.87
5	35.722	1.99	1.92286	18.9	21.62
6	64.948	(可変)			21.13
7	131.825	1.52	1.48749	70.2	11.90
8	-66.902	1.00			12.10
9	11.766	3.45	1.67003	47.2	12.67
10	74.733	0.80	1.95906	17.5	11.95
11	25.860	3.64			11.52
12(絞り)		0.30			10.74
13*	86.226	2.25	1.58313	59.4	10.68

40

50

14*	-28.734	(可変)			10.50
15	29.420	0.70	1.67003	47.2	7.67
16	13.766	(可変)			7.32
17*	-23.538	1.30	1.85400	40.4	13.85
18*	-48.892	(可変)			15.28
19	-1304.728	4.37	1.62041	60.3	24.81
20	-30.992	(可変)			25.50
21	(FS絞り)	10.50			26.13
像面					

10

【 0 0 7 7 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.45035e-005 A 6= 3.99849e-007 A 8=-1.60313e-009 A10=-1.84583e-012

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.50257e-005 A 6= 3.32130e-007 A 8=-2.19530e-009 A10=-2.12171e-012

20

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.83156e-004 A 6=-8.22285e-008 A 8=-3.27053e-008 A10=1.77230e-009

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.51104e-004 A 6= 9.59524e-007 A 8=-3.11141e-008 A10=1.75320e-009

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.21760e-004 A 6= 4.94912e-006 A 8=-7.52554e-008 A10=7.85091e-010

30

第18面 K = 0.00000e+000 A 4=-2.47106e-004 A 6= 4.09341e-006 A 8=-4.61045e-008 A10= 3.40494e-010

各種データ

ズーム比	2.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	16.51	21.00	47.49
Fナンバー	3.49	3.77	5.80
半画角(度)	39.61	33.04	16.05
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	82.00	77.35	84.14
BF	10.70	10.70	13.31
d 6	25.60	17.58	1.73
d14	1.50	2.53	5.54
d16	10.88	9.85	6.84
d18	1.06	4.43	24.46
d20	0.20	0.20	2.81

40

50

入射瞳位置	17.60	16.44	13.05
射出瞳位置	-23.53	-31.11	-163.85
前側主点位置	26.10	26.85	47.60
後側主点位置	-6.01	-10.50	-36.99

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-26.16	12.93	0.81	-9.56
2a	7	91.27	1.52	0.68	-0.35
2b	9	20.95	10.44	2.70	-6.33
3	15	-39.32	0.70	0.80	0.38
4	17	-54.43	1.30	-0.67	-1.38
5	19	51.10	4.37	2.76	0.07

10

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-22.97
2	3	-142.85
3	5	83.29
4	7	91.27
5	9	20.39
6	10	-41.56
7	13	37.23
8	15	-39.32
9	17	-54.43
10	19	51.10

20

【 0 0 7 8 】

[数値実施例 7]

30

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	108.067	0.80	1.81600	46.6	24.51
2	13.740	4.01			20.46
3*	25.767	2.50	1.52996	55.8	20.47
4*	18.578	0.46			20.70
5	39.925	2.30	1.85478	24.8	20.69
6	355.429	(可変)			20.41
7	132.954	1.43	1.48749	70.2	12.48
8	-73.984	2.00			12.68
9*	10.751	3.64	1.85400	40.4	13.69
10*	117.358	0.51			12.81
11	39.099	0.80	2.00100	29.1	12.16
12	8.711	0.73			10.82
13	11.584	4.29	1.49700	81.5	10.88
14	-22.597	0.20			10.53
15(絞り)		(可変)			10.13
16	55.694	0.80	1.72916	54.7	7.18
17	12.387	(可変)			6.75

40

50

18*	-92.050	1.20	1.85400	40.4	14.15
19*	-432.428	(可変)			14.79
20	-306.289	4.01	1.74100	52.6	26.47
21	-31.259	(可変)			26.97
22	(FS絞り)	13.80			27.04

像面

【 0 0 7 9 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.65767e-004 A 6= 4.89815e-007 A 8= 3.78710e-010 A10=-5.33269e-012 A12=-6.49289e-014

10

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.28363e-004 A 6= 7.31642e-007 A 8=-1.35248e-009 A10=-1.49118e-011 A12= 1.04398e-014

第9面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.06339e-005 A 6=-2.08809e-007 A 8= 1.49869e-009 A10= 1.13919e-011

20

第10面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.40426e-005 A 6=-5.24509e-007 A 8= 8.33767e-009 A10=-4.77832e-011

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.69265e-005 A 6= 4.13028e-006 A 8=-1.08753e-007 A10= 1.62089e-009 A12=-8.34383e-012

第19面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.79677e-005 A 6= 2.59056e-006 A 8=-5.81221e-008 A10= 7.66071e-010 A12=-3.22649e-012

30

各種データ

ズーム比	2.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	18.19	22.74	52.33
Fナンバー	3.65	3.91	5.80
半画角(度)	36.91	31.00	14.63
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	80.00	76.74	82.46
BF	15.25	14.00	14.00
d 6	23.84	17.11	1.00
d15	1.50	2.43	5.99
d17	9.20	8.27	4.71
d19	0.53	5.26	27.09
d21	1.45	0.20	0.20
入射瞳位置	16.53	15.62	12.49

40

50

射出瞳位置	-21.03	-30.56	-249.11
前側主点位置	25.22	26.71	54.41
後側主点位置	-4.39	-8.94	-38.53

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-26.09	10.07	-0.43	-8.35
2a	7	97.73	1.43	0.62	-0.34
2b	9	18.95	10.16	0.70	-6.73
3	16	-22.02	0.80	0.60	0.13
4	18	-137.16	1.20	-0.18	-0.82
5	20	46.69	4.01	2.55	0.26

10

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-19.37
2	3	-142.86
3	5	52.44
4	7	97.73
5	9	13.64
6	11	-11.35
7	13	16.08
8	16	-22.02
9	18	-137.16
10	20	46.69

20

【 0 0 8 0 】

[数値実施例 8]

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d	有効径
1	44.569	1.50	1.80400	46.6	27.50
2	12.353	7.28			21.06
3*	153.534	2.00	1.52996	55.8	20.89
4*	50.477	0.20			20.90
5	38.046	1.92	1.92286	18.9	20.50
6	75.889	(可変)			20.02
7	421.120	1.48	1.48749	70.2	10.31
8	-40.209	1.00			10.50
9	12.112	3.25	1.69350	53.2	10.85
10	-204.584	0.93	1.84666	23.9	10.24
11	34.799	1.85			9.85
12(絞り)		1.75			9.40
13*	106.057	1.67	1.58313	59.4	8.88
14*	-27.812	(可変)			8.67
15	49.041	0.70	1.90366	31.3	7.10
16	15.648	(可変)			7.25
17*	-16.765	1.30	1.52996	55.8	11.03
18*	-25.988	(可変)			12.42

40

50

19	-77.439	3.99	1.61405	55.0	24.66
20	-25.775	0.20			25.50
21	(FS絞り)	10.60			26.13

像面

【 0 0 8 1 】

非球面データ

第3面

K = 0.00000e+000 A 4=-5.68175e-005 A 6= 5.45347e-007 A 8=-6.57928e-009 A10=
5.78459e-011 A12=-2.54252e-013

10

第4面

K = 0.00000e+000 A 4=-8.63252e-005 A 6= 4.59440e-007 A 8=-6.01240e-009 A10=
4.24996e-011 A12=-2.01423e-013

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.34601e-004 A 6=-4.86415e-006 A 8= 4.06780e-007 A10=
-8.54092e-009

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.06387e-004 A 6=-3.29772e-006 A 8= 4.04274e-007 A10=
-9.45901e-009

20

第17面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.34140e-004 A 6= 1.26198e-005 A 8=-9.96591e-007 A10=
3.44462e-008 A12=-4.36551e-010

第18面

K = 0.00000e+000 A 4=-9.12180e-005 A 6= 7.47765e-006 A 8=-4.31892e-007 A10=
1.19972e-008 A12=-1.18378e-010

30

各種データ

ズーム比	2.88		
	広角	中間	望遠
焦点距離	15.45	30.00	44.45
Fナンバー	3.58	4.96	6.44
半画角(度)	41.48	24.48	17.08
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	77.88	72.60	80.05
BF	10.80	10.80	10.80
d 6	24.49	7.10	1.66
d14	1.50	2.65	3.04
d16	6.22	5.07	4.68
d18	4.05	16.16	29.05
入射瞳位置	16.37	13.16	11.65
射出瞳位置	-24.67	-57.43	-140.03
前側主点位置	25.06	29.93	42.99
後側主点位置	-4.85	-19.40	-33.84

40

50

レンズ群データ

群	始面	焦点距離	レンズ構成長	前側主点位置	後側主点位置
1	1	-25.34	12.90	0.43	-10.34
2a	7	75.37	1.48	0.91	-0.09
2b	9	18.46	9.44	2.35	-5.69
3	15	-25.69	0.70	0.55	0.17
4	17	-93.70	1.30	-1.62	-2.52
5	19	61.12	3.99	3.60	1.20

10

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-21.71
2	3	-142.86
3	5	80.71
4	7	75.37
5	9	16.59
6	10	-35.06
7	13	37.96
8	15	-25.69
9	17	-93.70
10	19	61.12

20

【 0 0 8 2 】

【表 1】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	参考例1	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
(1)	1.57	2.09	1.51	1.55	2.23	2.38	1.21	1.66
(2)	-1.27	-1.48	-1.48	-1.50	-1.49	-1.33	-1.14	-1.52
(3)	4.29	2.15	6.33	4.49	2.32	1.38	6.23	3.65
(4)	-1.42	-1.62	-1.60	-1.62	-1.60	-1.58	-1.39	-1.62
(5)	0.32	0.36	0.40	0.34	0.35	0.34	0.08	0.32
(6)	0.12	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
(7)	-0.51	-0.39	-0.66	-0.57	-0.32	-0.36	-0.64	-0.52
(8)	1.64	1.67	1.66	1.72	1.71	1.59	1.43	1.64
(9)	1.00	1.04	1.01	1.02	1.08	1.07	0.90	1.00

30

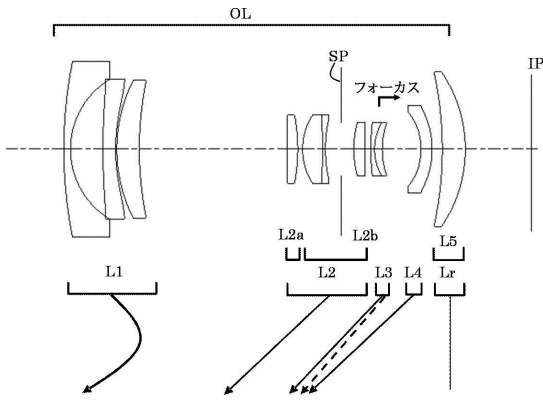
40

【符号の説明】

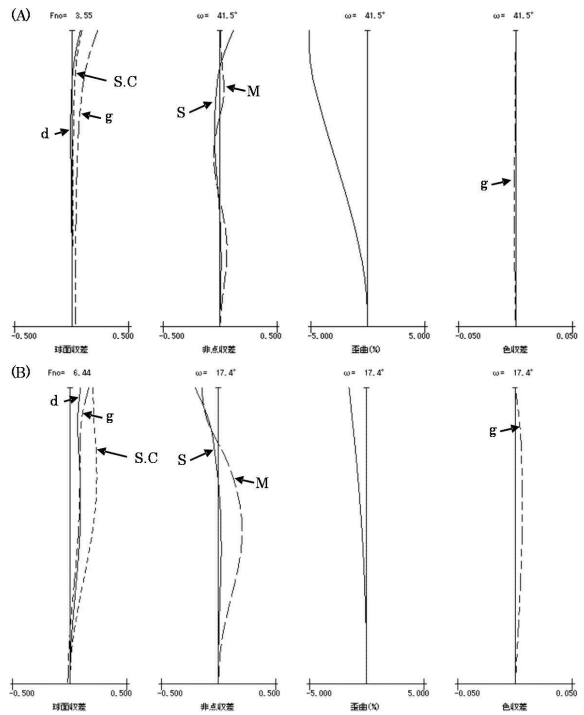
【 0 0 8 3 】

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

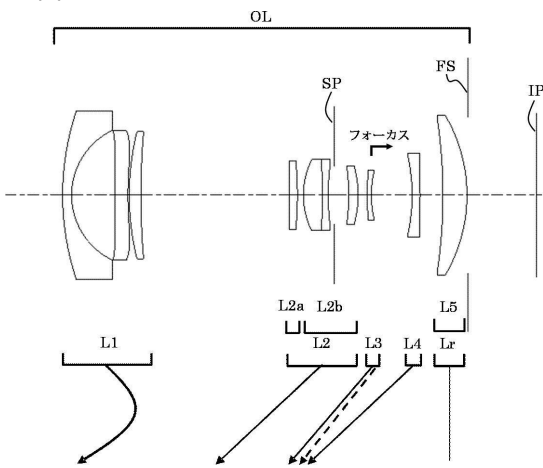
【図1】



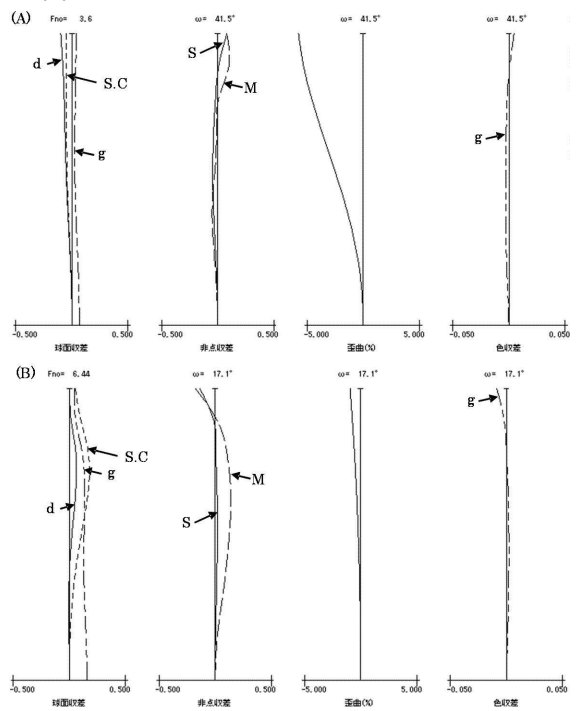
【図2】



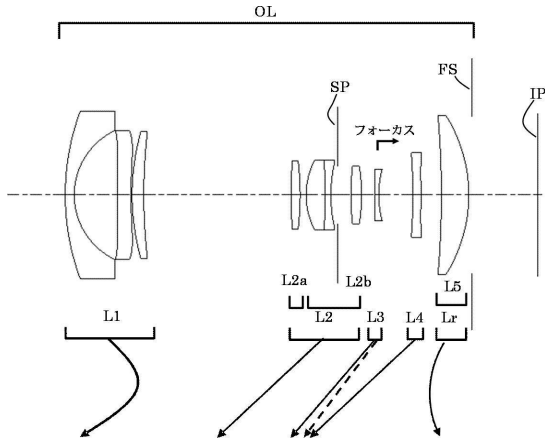
【図3】



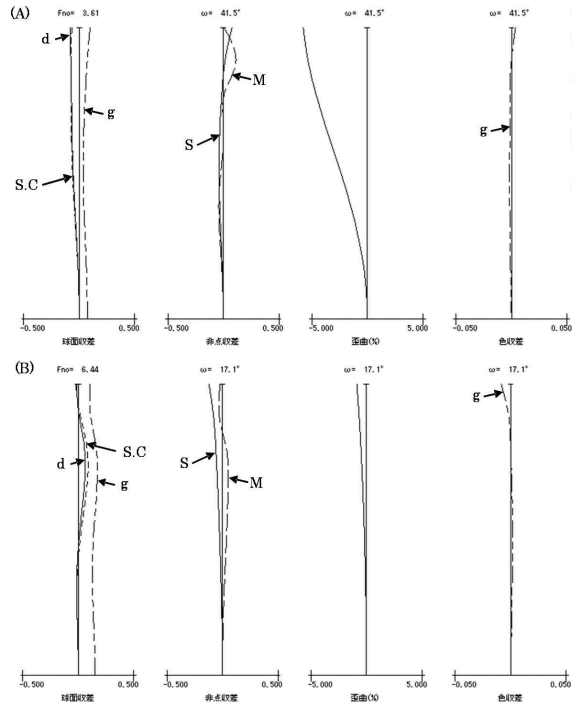
【図4】



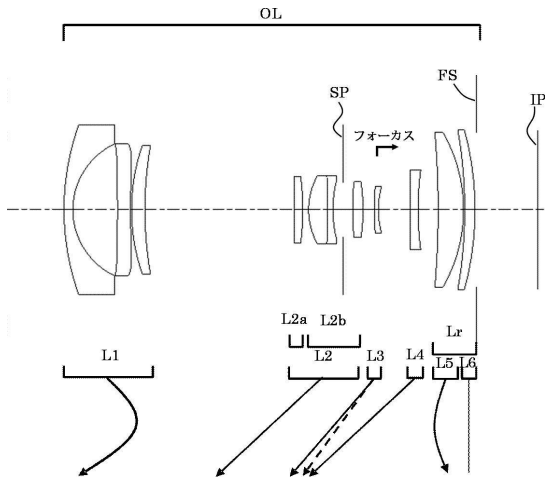
【図5】



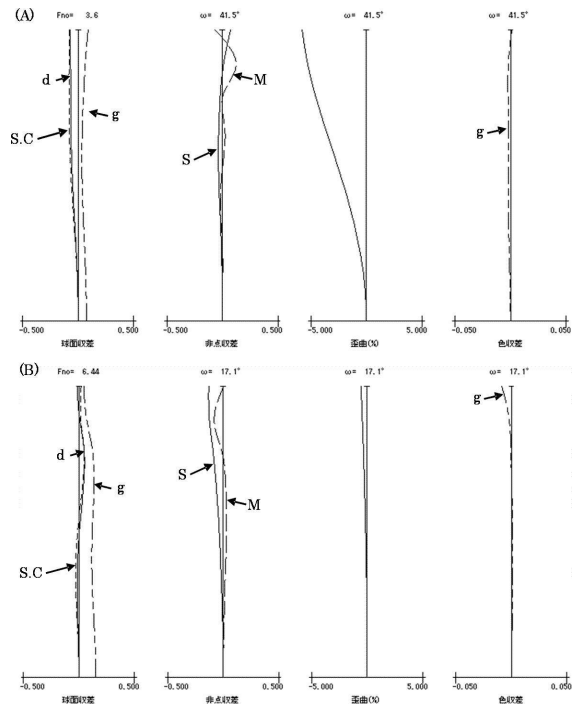
【図6】



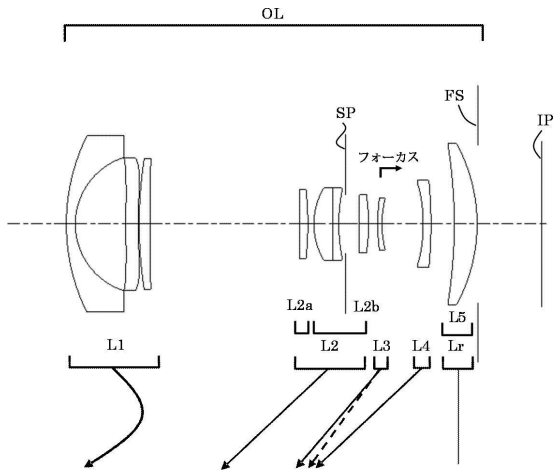
【図7】



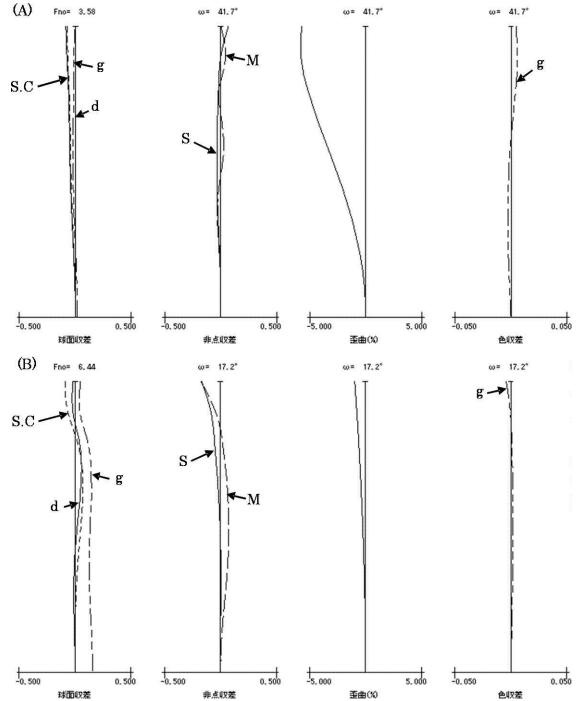
【図8】



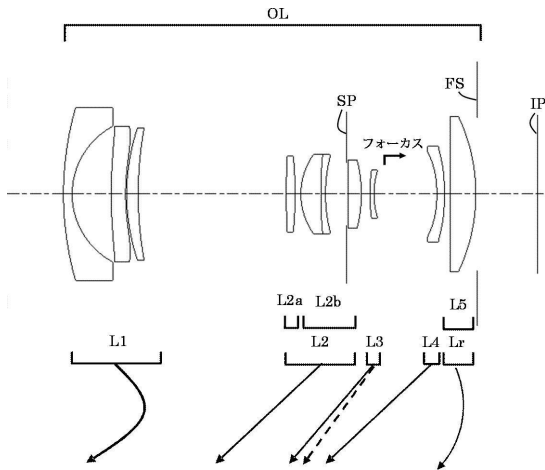
【図9】



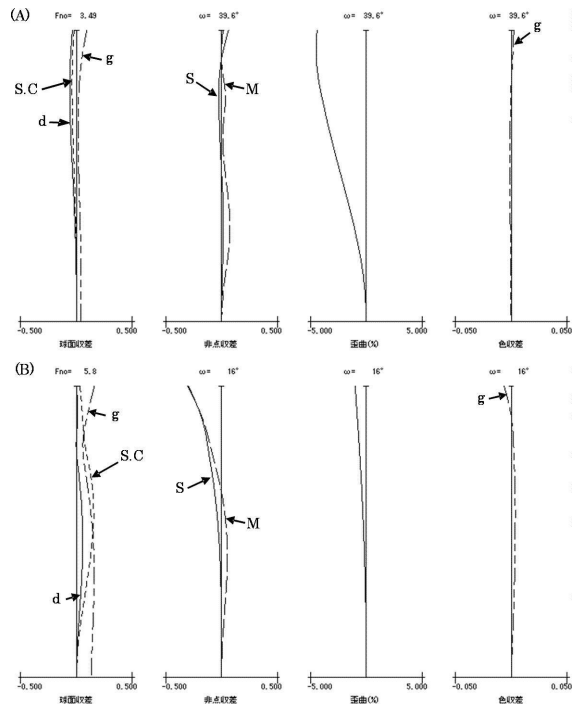
【図10】



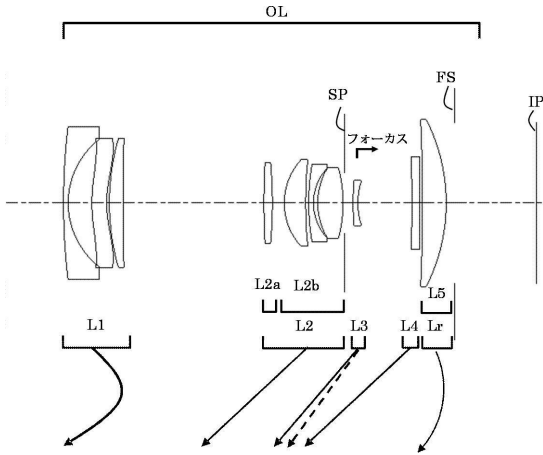
【図11】



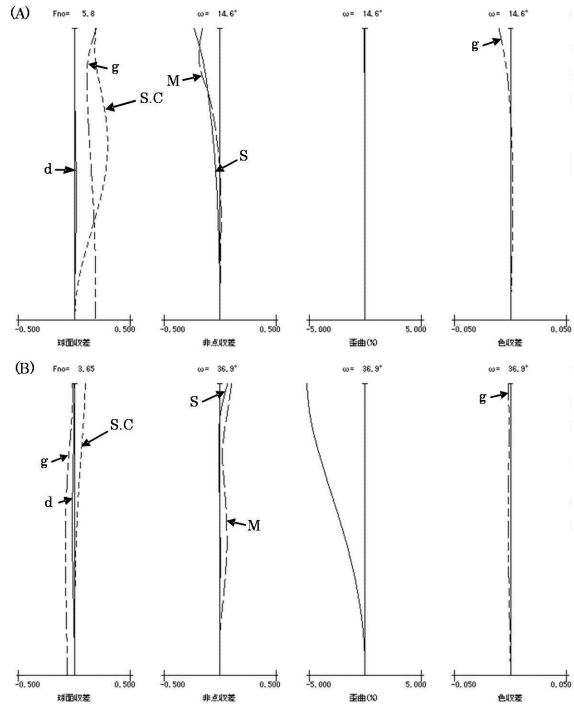
【図12】



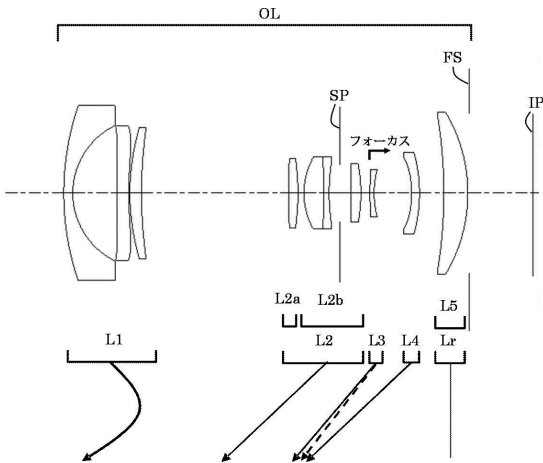
【図13】



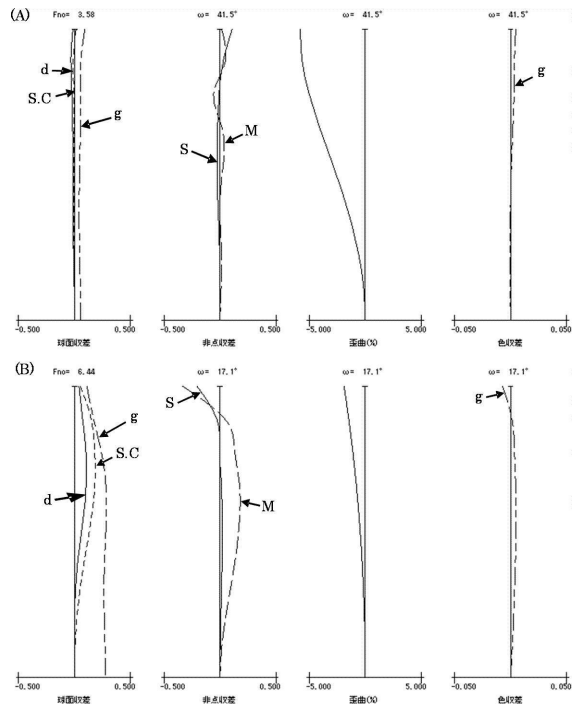
【図14】



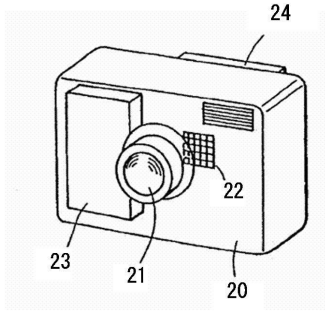
【図15】



【図16】



【 図 17 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-114625(JP,A)
特開2016-105128(JP,A)
特開平05-019169(JP,A)
特開平11-231220(JP,A)
特開2004-117519(JP,A)
米国特許出願公開第2016/0154224(US,A1)
米国特許第05416639(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/00 - 15/28