

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7046535号
(P7046535)

(45)発行日 令和4年4月4日(2022.4.4)

(24)登録日 令和4年3月25日(2022.3.25)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	15/20 (2006.01)	F I	G 0 2 B	15/20
G 0 2 B	13/18 (2006.01)		G 0 2 B	13/18

請求項の数 17 (全27頁)

(21)出願番号	特願2017-173820(P2017-173820)
(22)出願日	平成29年9月11日(2017.9.11)
(65)公開番号	特開2019-49645(P2019-49645A)
(43)公開日	平成31年3月28日(2019.3.28)
審査請求日	令和2年7月17日(2020.7.17)

(73)特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74)代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(74)代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(72)発明者	木村 公平 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	岡田 弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ及びそれを有する撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、一つ以上のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、
広角端に比べて望遠端において、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が増大し、
フォーカシングに際して前記第3レンズ群が移動し、
前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを $s_k w$ 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を m_1 とし、該移動量の符号を、前記第1レンズ群が広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときに負、像側に位置するときに正とするとき、

$$\begin{aligned} -7.0 &< f_3 / f_w < -1.8 \\ 0.36 &< s_k w / f_w < 0.70 \\ 1.2 &< f_3 / f_2 < 5.0 \\ -6.0 &< m_1 / f_w < -1.0 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

$$-5.0 < f_2 / f_w < -1.1$$

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。

【請求項 3】

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$2.0 < f_1 / f_w < 7.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

広角端における前記後群の合成焦点距離を f_{rw} とするとき、

$$1.1 < f_{rw} / f_w < 4.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 5】

望遠端における前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の光軸上での間隔を L_{23t} 、広角端における前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の光軸上での群間隔を L_{23w} とするとき、

$$1.05 < L_{23t} / L_{23w} < 5.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

広角端における前記第3レンズ群の横倍率を $3w$ とするとき、

$$0.2 < 3w < 0.8$$

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。

20

【請求項 7】

望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を $3t$ 、望遠端における前記後群の合成横倍率を r_t とするとき、

$$2.0 < (1 - 3t^2) r_t^2 < 5.0$$

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】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、一つ以上のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、

30

広角端に比べて望遠端において、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が増大し、フォーカシングに際して前記第3レンズ群が移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを s_{kw} 、望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を $3t$ 、望遠端における前記後群の合成横倍率を r_t とするとき、

$$-7.0 < f_3 / f_w < -1.8$$

$$0.36 < s_{kw} / f_w < 0.70$$

$$1.2 < f_3 / f_2 < 5.0$$

$$2.0 < (1 - 3t^2) r_t^2 < 5.0$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

40

【請求項 9】

広角端における像面から射出瞳までの光軸上での距離を P_{ow} とするとき、

$$-3.0 < P_{ow} / f_w < -1.2$$

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の何れか一項に記載のズームレンズ。

【請求項 10】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、一つ以上のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミング

50

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、
 広角端に比べて望遠端において、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が増大し、
 フォーカシングに際して前記第3レンズ群が移動し、
 前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを s_{kw} 、広角端における像面から射出瞳までの光軸上の距離を P_{ow} とするとき、

$$\begin{aligned} -7.0 &< f_3 / f_w < -1.8 \\ 0.36 &< s_{kw} / f_w < 0.70 \\ 1.2 &< f_3 / f_2 < 5.0 \\ -3.0 &< P_{ow} / f_w < -1.2 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項11】

前記第3レンズ群は2枚以下のレンズより構成され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】

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14】

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レンズ群より構成され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15】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群、負の屈折力の第5レンズ群、正の屈折力の第6レンズ群、負の屈折力の第7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、

広角端に比べて望遠端において、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が増大し、
 フォーカシングに際して前記第3レンズ群が移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを s_{kw} とするとき、

$$\begin{aligned} -7.0 &< f_3 / f_w < -1.8 \\ 0.36 &< s_{kw} / f_w < 1.0 \\ 1.2 &< f_3 / f_2 < 5.0 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項16】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、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、

広角端に比べて望遠端において、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が増大し、
 フォーカシングに際して前記第3レンズ群が移動し、

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを s_{kw} とするとき、

$$\begin{aligned} -7.0 &< f_3 / f_w < -1.8 \\ 0.36 &< s_{kw} / f_w < 1.0 \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

1 . 2 < f 3 / f 2 < 5 . 0

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項 17】

請求項 1 乃至 1_6 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備え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に関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ、放送用カメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系として好適なものである。

10

【背景技術】

【0002】

近年、撮像素子を用いた撮像装置は高機能化され、かつ装置全体が小型化されている。これらの撮像装置に用いられる撮像光学系には、明るいFナンバーを有し、レンズ全長が短く、かつレンズ鏡筒径が小さく、ズーム全域で高解像力を有するズームレンズであることが望まれている。更に近年では、フォーカシング速度が速いことや、フォーカシングに際して光学性能の変動が少なく、かつ像倍率の変化が少ないと求められている。

15

【0003】

近年、レンズ全長の短縮化と鏡筒径を小型化するために、バックフォーカスを短く設定し、レンズ最終面から像面までの間にメカニカルな部材を除いた、所謂ミラーレスタイルの撮像光学系が提案されている。レンズ全長が短く、且つ、大口径化が容易な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（特許文献 1）。

20

【0004】

特許文献 1 では、物体側より像側へ順に、正、負、正、負、正、負の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 6 レンズ群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化し、フォーカシングに際して、第 4 レンズ群が移動するズームレンズを開示している。ポジティブリード型のズームレンズにおいて、フォーカシングを開口絞りより物体側の負の屈折力のレンズ群で行う所謂インナーフォーカス型のズームレンズが知られている（特許文献 2）。

25

【0005】

特許文献 2 では物体側より像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力の第 1 レンズ群乃至第 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し、フォーカシングに際して第 3 レンズ群が移動するズームレンズを開示している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開 2016 - 197257 号公報

特開 2012 - 194288 号公報

35

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

撮像装置に用いるズームレンズには、所定のズーム比を有し、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に際して収差変動が少ないと等が強く要望されている。

40

【0008】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、レンズ全長の短縮化とレンズ鏡筒径を小型化し、高いフォーカス性能を得るために各レンズ群の屈折力を高め、フォーカスレンズ群を適切に設定する必要がある。特に、フォーカスレンズ群はメカ構造含めると鏡筒径に大きく影響する。このためフォーカスレンズ群のレンズ径やフォーカシングによるレン

45

ズ群の移動量を小さくすることが重要となる。

【0009】

とりわけ、大口径比のズームレンズではフォーカスレンズ群の光軸方向の配置設定は外径や質量を決める重要な要素となる。更に、近年の動画撮影に対するニーズの高まりに伴い、フォーカシングによる撮像画界の変動、所謂像倍率の変動が少なくするようなフォーカスレンズ群の設定が重要となっている。フォーカスレンズ群の選定が不適切であると、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。

【0010】

所定のズーム比を有し、フォーカシングに際しての収差変動が少なく、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有する小型の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等を適切に設定することが重要になってくる。

10

【0011】

本発明は、レンズ全長が短くレンズ有効径が小さく、全ズーム範囲及び物体距離全般にわたり高い光学性能が容易に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、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、一つ以上のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズであって、広角端に比べて望遠端において、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の間隔が増大し、フォーカシングに際して前記第3レンズ群が移動し、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端におけるバックフォーカスを s_kw 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の移動量を m_1 とし、該移動量の符号を、前記第1レンズ群が広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときに負、像側に位置するときに正とするとき、

$$\begin{aligned} -7.0 &< f_3 / f_w < -1.8 \\ 0.36 &< s_kw / f_w < 0.70 \\ 1.2 &< f_3 / f_2 < 5.0 \\ -6.0 &< m_1 / f_w < -1.0 \end{aligned}$$

20

なる条件式を満足することを特徴としている。

30

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、レンズ全長が短くレンズ有効径が小さく、全ズーム範囲及び物体距離全般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】

【0014】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図2】(A)、(B)、(C) 実施例1の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

40

【図3】実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図4】(A)、(B)、(C) 実施例2の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図5】実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図6】(A)、(B)、(C) 実施例3の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

【図7】実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図8】(A)、(B)、(C) 実施例4の広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図

50

【図 9】実施例 5 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図 10】(A)、(B)、(C) 実施例 5 の広角端、中間ズーム位置、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】

【0015】

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、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、負の屈折力の第3レンズ群、1つ以上のレンズ群を含む後群より構成され、ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

10

【0016】

図1は本発明の実施例1のズームレンズの広角端(短焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例1の無限遠に合焦(フォーカス)した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。実施例1はズーム比2.75、Fナンバー2.88のズームレンズである。

【0017】

図3は本発明の実施例2のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例2の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比2.75、Fナンバー2.91のズームレンズである。

20

【0018】

図5は本発明の実施例3のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例3の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比2.75、Fナンバー2.88のズームレンズである。

【0019】

図7は本発明の実施例4のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図8(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例4の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例4はズーム比2.75、Fナンバー2.88のズームレンズである。

30

【0020】

図9は本発明の実施例5のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図である。図10(A)、(B)、(C)は、それぞれ、実施例5の無限遠に合焦した状態での、広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例5はズーム比3.04、Fナンバー2.00～2.88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。

【0021】

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、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。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、L0はズームレンズである。iを物体側からのレンズ群の順番とすると、Liは第iレンズ群を示す。

40

【0022】

LRは1つ以上のレンズ群を含む後群である。SPは開放Fナンバー(Fno)の光束を決定(制限)する開口絞りである。FCはフレアカッターであり、不要な中間像高の光線をカットすることで光学性能の向上に寄与している。ISは防振群である。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。矢印は広角端から望遠端へのフォーカシングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示す。

【0023】

50

フォーカス (FOCUS) に関する矢印は無限遠から近距離へのフォーカシングに際してのレンズ群の移動方向を示している。

【0024】

収差図において F_{no} は F ナンバー、 α は半画角 (度) であり、光線追跡値による画角である。球面収差図において、実線の d は d 線 (波長 587, 56 nm)、二点鎖線の g は g 線 (波長 435, 835 nm) である。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、破線の 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二点鎖線の g は g 線、一点鎖線の C は C 線、破線の F は F 線である。

【0025】

各実施例のズームレンズは、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群 L_1 、負の屈折力の第2レンズ群 L_2 、負の屈折力の第3レンズ群 L_3 、1つ以上のレンズ群からなる後群 L_R より構成されている。後群 L_R は開口絞り SP を有する正の屈折力の第4レンズ群 L_4 を有している。

10

【0026】

各実施例のズームレンズは、第1レンズ群 L_1 、第2レンズ群 L_2 、第3レンズ群 L_3 、第4レンズ群 L_4 の移動により主に変倍を行っている。第1レンズ群 L_1 はズーミングに際し、物体側へ移動して広角端における前玉有効径を小型化しつつ、高ズーム比化を図っている。また、広角端から望遠端へのズーミングに際して第4レンズ群 L_4 以降のレンズ群を物体側へ移動させることで、高い変倍効果を得ている。全ズーム領域において、無限遠から近距離へフォーカスはフォーカス (FOCUS) の矢印に示す如く、第3レンズ群 L_3 を物体側へ繰り出すことで行っている。

20

【0027】

各実施例のズームレンズ L_0 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 、負の屈折力の第2レンズ群 L_2 、負の屈折力の第3レンズ群 L_3 、及び1つ以上のレンズ群を含む後群 L_R からなる。フォーカシングに際して第3レンズ群 L_3 が移動する。また、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 の間隔が広がる。

【0028】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、バックフォーカスを有効に使い、レンズ全長を短くするには、開口絞り SP より物体側の負の屈折力のレンズ群の負の屈折力をある程度弱くするのが良い。更に開口絞り SP より像側の正の屈折力のレンズ群の正の屈折力を強くすることが良い。

30

【0029】

これによれば、更にズーム全域で良好な光学性能を容易に確保することができる。また開口比が $F_{no} 2.8$ を超えるような大口径比のズームレンズにおいて、フォーカシングに際して像倍率の変動を抑制し至近での光学性能を良好に確保しつつ全系の小型化を図るためにには開口絞り SP 付近のレンズ群でフォーカシングを行うことが有効である。

【0030】

また、主変倍レンズ群である第2レンズ群 L_2 の負の屈折力を比較的弱めに設定すると、その後続に設置するフォーカス用の第3レンズ群 L_3 との屈折力配分を高い光学性能を維持しつつ行える。そのため、フォーカシングに際して光学性能を良好に維持することができる。

40

【0031】

また、第3レンズ群 L_3 は第2レンズ群 L_2 に対し広角端から望遠端へのズーミングにかけて、レンズ群間隔が増大するように移動している。これにより、広角端では負の屈折力をより物体側に寄せる所謂レトロフォーカス構成、望遠端では負の屈折力をより像側に寄せるテレフォト構成とし、効果的にレンズ全長の小型化を図っている。

【0032】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。実施例1は物体側から像側へ順に、正の屈

50

折力の第 1 レンズ群 L 1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 、負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 、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 からなる 5 群ズームレンズである。後群 L R は正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 と正の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 より構成されている。

【 0 0 3 3 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 1 レンズ群が物体側に直線移動、第 2 レンズ群が像側に凸の軌跡で移動する。第 3 レンズ群は合焦時に物体側へ移動するフォーカス群であり、ズーミングに際し、第 2 レンズ群に対して間隔が広がる軌跡で移動する。第 4 レンズ群は群内に開口絞りを有し、ズーミングに際し、物体側へ移動する。第 5 レンズ群はズーミングに際し第 4 レンズ群との間隔が狭まるように物体側へ移動する。また第 4 レンズ群の像側の負レンズと正レンズの 2 つのレンズは、レンズを光軸の垂直方向に移動することで、像ぶれ(手振れ)を補償する所謂防振群である。

10

【 0 0 3 4 】

実施例 2 はレンズ群の数、ズーミングに際しての各レンズ群の移動条件等のズームタイプは実施例 1 と同じである。フォーカシングに際して移動するレンズ群及び移動方向等のフォーカス方式は実施例 1 と同じである。第 5 レンズ群 L 5 内の物体側から数えて 5 番目乃至 7 番目の 3 つのレンズは、防振群である。

【 0 0 3 5 】

実施例 3 は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 、負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 、正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 、正の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 、負の屈折力の第 7 レンズ群 L 7 からなる 7 群ズームレンズである。後群 L R は正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 、負の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 、正の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 、負の屈折力の第 7 レンズ群 L 7 より構成されている。

20

【 0 0 3 6 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 1 レンズ群が物体側に直線的に移動、第 2 レンズ群 L 2 が像側に凸軌跡で移動する。第 3 レンズ群 L 3 は無限遠から近距離への合焦時に物体側へ移動するフォーカスレンズ群である。第 3 レンズ群 L 3 は広角端から望遠端へのズーミングに際し、第 2 レンズ群 L 2 に対して間隔が広がる軌跡で移動する。第 4 レンズ群 L 4 はレンズ群内に開口絞り S P を有し、広角端から望遠端へのズーミングに際し、物体側へ移動する。

30

【 0 0 3 7 】

第 5 レンズ群 L 5 は広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側へ移動する。第 5 レンズ群 L 5 は防振群である。広角端から望遠端へのズーミングに際して第 6 レンズ群 L 6 と第 7 レンズ群 L 7 は物体側へ移動する。また、広角端から望遠端へのズーミングに際し、第 4 レンズ群 L 4 と第 5 レンズ群 L 5 の間隔は広がり、第 5 レンズ群 L 5 と第 6 レンズ群 L 6 の間隔は狭まるように移動する。

【 0 0 3 8 】

実施例 4 は物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群 L 1 、負の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 、負の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 、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 、負の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 からなる 6 群ズームレンズである。後群 L R は正の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 、正の屈折力の第 5 レンズ群 L 5 、負の屈折力の第 6 レンズ群 L 6 より構成されている。

40

【 0 0 3 9 】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L 1 が物体側に直線的に移動、第 2 レンズ群 L 2 が像側に凸軌跡で移動する。第 3 レンズ群 L 3 は無限遠から近距離への合焦時に物体側へ移動するフォーカスレンズ群である。第 3 レンズ群 L 3 は広角端から望遠端へのズーミングに際し、第 2 レンズ群 L 2 に対して間隔が広がる軌跡で移動する。

【 0 0 4 0 】

第 4 レンズ群 L 4 はレンズ群内に開口絞り S P を有し、広角端から望遠端へのズーミング

50

に際し、物体側へ移動する。第5レンズ群L5は広角端から望遠端へのズーミングに際し第4レンズ群L4との間隔が狭まるように物体側へ移動する。第6レンズ群L6は広角端から望遠端へのズーミングに際し物体側へ移動する。また第4レンズ群L4の像側の負レンズと正レンズの2つのレンズは、防振群である。

【0041】

実施例5はズームタイプ及びフォーカス方式は実施例1と同じである。また第5レンズ群L5の物体側から数えて5番目の正レンズと6番目の負レンズの2つのレンズは、防振群である。

【0042】

本発明のズームレンズは、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の間隔が増大し、フォーカシングに際して第3レンズ群L3が移動し、第2レンズ群L2の焦点距離をf2、第3レンズ群L3の焦点距離をf3とする。広角端における全系の焦点距離をfw、広角端におけるバックフォーカスをskwとする。このとき、

$$-7.0 < f3 / fw < -1.8 \quad \dots \quad (1)$$

$$0.36 < skw / fw < 1.0 \quad \dots \quad (2)$$

$$1.2 < f3 / f2 < 5.0 \quad \dots \quad (3)$$

なる条件式を満足する。

【0043】

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)はレンズ全長の短縮化とフォーカス用の第3レンズ群L3の軽量化を図るために、第3レンズ群L3の焦点距離f3を設定したものである。

【0044】

条件式(1)の上限を上回って、負の焦点距離f3が短くなると(負の焦点距離の絶対値が小さくなると)、第3レンズ群L3の負の屈折力が強くなり(負の屈折力の絶対値が大きくなり)すぎる。この結果、無限遠から至近へのフォーカシングに際して像面湾曲の変動が増加してくる。

【0045】

また第3レンズ群L3の負の屈折力が強まりすぎると、後群LRでの光速幅が大きくなるため、とりわけ大口径比のズームレンズにおいては望遠端での高次の球面収差の補正が困難となってくる。或いは、広角端における全系の焦点距離が長くなり、広角端での所望の画界を得ることが困難となる。

【0046】

条件式(1)の下限を下回って負の焦点距離f3が長くなると(負の焦点距離の絶対値が大きくなると)、第3レンズ群L3の負の屈折力が弱くなり(負の屈折力の絶対値が小さくなり)すぎる。この結果、フォーカシングに際しての第3レンズ群L3の移動量を大きくしなければならず、全系の小型化が困難になる。

【0047】

条件式(2)はレンズ全長の短縮化を図るために広角端におけるバックフォーカスを規定したものである。ここで、バックフォーカスは最終レンズから像面までを空気換算した光路長(in air)として定義する。条件式(2)の上限を超えて、バックフォーカスskwが長くなると、レンズ全長が長くなり、全系の小型化が困難になる。或いは、広角端における全系の焦点距離fwが短くなると、広画角化のための開口絞りより物体側の負の屈折力のレンズ群の屈折力が強まり、所望の光学性能を得るのが困難となり、また前玉有効径が大型化してくる。

【0048】

条件式(2)の下限を超えて、バックフォーカスskwが短くなりすぎると、レンズ交換式の撮像装置においては、レンズマウント取り付け部のクリアランスが小さくなり、メカレイアウトが困難となる。また、撮像面近傍にレンズを配置すると、撮像面と撮像面付近のレンズに起因するゴーストが発生しやすくなり、好ましくない。

【0049】

10

20

30

40

50

更に、像面への光線の入射角度を抑えるために、最終レンズ群の正の屈折力を高める必要があり、そうすると光学性能が低下してくる。また、撮像素子の保護ガラスや各種フィルターを挿入する空間が狭くなるので、好ましくない。

【0050】

条件式(3)はフォーカス用の第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 と第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 を適切に設定したものである。条件式(3)はフォーカシングに際しての光学性能を良好に維持しつつ、広角端におけるレンズ全長を短縮化するためのものである。

【0051】

条件式(3)の上限を上回って、負の焦点距離 f_3 が長くなると、第3レンズ群L3の負の屈折力が弱くなりすぎ、フォーカシングのための移動量が増加して全系の小型化が困難になる。或いは、負の焦点距離 f_2 が短くなりすぎ、望遠端において第3レンズ群L3に入射する光線幅が大きくなりすぎ、第3レンズ群L3の有効径が増大してくるので好ましくない。

10

【0052】

条件式(3)の下限を下回って、負の焦点距離 f_3 が短くなると、フォーカシングに際して第3レンズ群L3の移動量は減るが、無限遠から至近へのフォーカシングに際しての像面湾曲の変動が増大してくるので好ましくない。また第3レンズ群L3の負の屈折力が強まりすぎると、後群LRでの光束幅が大きくなるため、とりわけ大口径比のズームレンズにおいては望遠端において高次の球面収差の補正が困難となってくるため好ましくない。

20

【0053】

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。第1レンズ群L1の焦点距離を f_1 とする。広角端における後群LRの合成焦点距離を f_{rw} とする。望遠端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3のレンズ群間隔を L_{23t} 、広角端における第2レンズ群L2と第3レンズ群L3のレンズ群間隔を L_{23w} とする。広角端における第3レンズ群L3の横倍率を $3w$ とする。

【0054】

望遠端における第3レンズ群L3の横倍率を $3t$ 、望遠端における後群LRの合成横倍率を rt とする。広角端における、像面から射出瞳までの距離を POw とする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群L1の移動量を m_1 とする。

30

【0055】

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。

$$-5.0 < f_2 / fw < -1.1 \quad \dots (4)$$

$$2.0 < f_1 / fw < 7.0 \quad \dots (5)$$

$$1.1 < f_{rw} / fw < 4.0 \quad \dots (6)$$

$$1.05 < L_{23t} / L_{23w} < 5.00 \quad \dots (7)$$

$$0.2 < 3w < 0.8 \quad \dots (8)$$

$$2.0 < (1 - 3t^2) / rt^2 < 5.0 \quad \dots (9)$$

$$-3.0 < POw / fw < -1.2 \quad \dots (10)$$

$$-6.0 < m_1 / fw < -1.0 \quad \dots (11)$$

【0056】

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。条件式(4)は主たる変倍レンズ群である負の屈折力の第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 を適切に設定し、レンズ全長の短縮化を図りつつ、高い光学性能を得るためのものである。

40

【0057】

条件式(4)の下限を上回って、負の焦点距離 f_2 が長くなりすぎると、バックフォーカスは短くなるが、所望のズーム比を得るために、第2レンズ群L2の移動量が増加し、レンズ全長が増大してくる。また全系の負の屈折力も弱まるため、ペツツバール和が正の方向に強くなる傾向にあり、非点収差や像面湾曲が増加してくる。或いは、広角端における全系の焦点距離 fw が短くなると、広画角化のための開口絞りSPより物体側の負の屈折力の屈折力が強まり、光学性能が低下し、更に前玉有効径が増加してくる。

50

【0058】

条件式(4)の上限を上回って、負の焦点距離 f_2 が短くなりすぎると、第2レンズ群 L_2 の負の屈折力が強くなりすぎ、後続するフォーカス用の第3レンズ群 L_3 の外径が大きくなり、全系の小型化が困難になる。また、第2レンズ群 L_2 の負の焦点距離が短くなると、広角端におけるレンズ全長を小型化するために、第3レンズ群 L_3 以降の正の屈折力を必要以上に強くする必要があり、この結果、球面収差等の軸上の収差が増大し、この収差を補正することが難しくなる。或いは広角端における全系の焦点距離 f_w が長くなり、広角端における全系の焦点距離を短くするのが困難になる。

【0059】

条件式(5)は必要なズーム比を得るために、広角端における全系の焦点距離 f_w と第1レンズ群 L_1 の焦点距離 f_1 を規定している。条件式(5)の上限を超えて、第1レンズ群 L_1 の正の焦点距離が長くなると、広角端において倍率色収差の補正、望遠端において軸上色収差の補正は容易となる。しかしながらズーミングに際して第1レンズ群 L_1 の移動量が大きくなり、レンズ全長が増大してくるため好ましくない。

10

【0060】

条件式(5)の下限値を超えて、第1レンズ群 L_1 の正の焦点距離が短くなると、全系の小型化は容易となるが、少ないレンズ枚数で球面収差やコマ収差等を良好に補正することが困難となる。更に、広角端における全系の焦点距離が長くなってくると、所望のズーム比を確保することが困難となる。

【0061】

条件式(6)はレンズ全長の短縮化のために、広角端における後群 L_R の合成焦点距離 f_{rw} を規定している。条件式(6)の上限を上回って合成焦点距離 f_{rw} が長くなると、開口絞り S_P より像側のレンズ群の正の屈折力が弱まり、広角端におけるレンズ全長を短くすることが困難となる。或いは、広角端における全系の焦点距離 f_w が短くなると、広画角化のための開口絞り S_P より物体側の負の屈折力のレンズ群の屈折力が強まり、所望の光学性能を得るのが困難となり、更に前玉有効径が増大してくる。

20

【0062】

条件式(7)は広角端及び望遠端において、レンズ全長を短縮化するために、第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 のレンズ群間隔を規定している。

【0063】

条件式(7)の上限を上回ってレンズ群間隔 L_{23t} が大きくなると、望遠端においてテレフォト配置が強まり、変倍は容易となるが、第3レンズ群 L_3 への軸上光束の入射光束幅が大きくなり、第3レンズ群 L_3 の有効径が増大してくる。また、第3レンズ群 L_3 と後群 L_R との間隔が縮まりすぎると、無限時におけるレンズ間隔の余裕量が小さくなりすぎ、製造誤差が少なくなるため好ましくない。或いは、レンズ群間隔 L_{23w} が小さくなると。広角端における至近撮像時の余裕量が減り、製造誤差が少なくなるため好ましくない。

30

【0064】

条件式(7)の下限を下回って、レンズ群間隔 L_{23t} が小さくなると、望遠端におけるテレフォト配置による効果が薄まり、第2レンズ群 L_2 と第3レンズ群 L_3 のレンズ群間隔の変化による変倍作用が小さくなるため、レンズ全長の短縮化が困難になる。或いはレンズ群間隔 L_{23w} が大きくなると、広角端におけるレンズ全体のレトロフォーカス効果が減少する屈折力配置になるため、広角端におけるレンズ全長の短縮化が困難になる。

40

【0065】

条件式(8)は第3レンズ群 L_3 によるフォーカス時の光学性能を良好に維持しつつレンズ全長の短縮化を図るために第3レンズ群 L_3 の広角端における横倍率 β_{3w} を定めたものである。条件式(8)の上限を超えると、第3レンズ群 L_3 のフォーカス敏感度が高くなりすぎ、フォーカスに際するメカニカルな高度の駆動制御が難しくなる。条件式(8)の下限を超えると第3レンズ群 L_3 のフォーカス敏感度が低くなり、至近距離の光学性能が低下するとともに、第3レンズ群 L_3 の光軸方向の長さが増加してくるので好ましくない。

50

い。

【 0 0 6 6 】

条件式(9)は望遠端における高いフォーカス性能を実現するために、望遠端における第3レンズ群の横倍率 $f_3 / f_w < -1.9$ 、望遠端における第3レンズより像側に配置される後群の合成横倍率 $f_r / f_w < 3.0$ を規定した条件式である。条件式(9)は望遠端におけるフォーカス敏感度の式そのものである。

【 0 0 6 7 】

条件式(9)の上限を超えて、フォーカス敏感度が高くなると、フォーカスレンズ群をメカニカルに制御することが困難となり、好ましくない。また、フォーカスレンズ群の屈折力が高まる傾向にあり、近距離撮影時の十分な光学性能を確保することが困難となり、好ましくない。条件式(9)の下限を超えて、フォーカス敏感度が小さくなると、フォーカシングにおける移動量が増え、メカニカルなレイアウトが大きくなる傾向にあり、小型化の観点から好ましくない。

10

【 0 0 6 8 】

条件式(10)は高いテレセントリック性を確保するために、広角端における射出瞳位置 $P_O w$ と広角端における全系の焦点距離 f_w の関係を規定したものである。ここで射出瞳位置 $P_O w$ は、像面より物体側にある場合を負と定義する。条件式(10)の上限を超えて射出瞳位置 $P_O w$ が大きくなると、最終のレンズ群の屈折力が強まる傾向にあり、像面湾曲を十分に抑制することが難しくなる。

20

【 0 0 6 9 】

条件式(10)の下限を超えて、射出瞳位置 $P_O w$ が小さくなると、周辺像高の光線の像面への入射角度が大きくなりすぎ、所謂シェーディングが増加するので好ましくない。あるいは、広角端における全系の焦点距離 f_w が長くなり、所望のズーム倍率を得るのが困難となる。

【 0 0 7 0 】

条件式(11)は広角端における全系の焦点距離とズーミングに際しての第1レンズ群 L_1 の移動量を規定するためのものである。ここで第1レンズ群 L_1 の移動量は広角端における光軸上の位置と望遠端における光軸上の位置の差で定義されるものである。広角端に比べて望遠端において物体側に位置するようにレンズ群が移動するときは符号が負となり、広角端に比べて望遠端において像側に位置するようにレンズ群が移動するときは符号が正となる。

30

【 0 0 7 1 】

条件式(11)の上限を超えて、広角端における全系の焦点距離が長くなると、高いズーム比を得ることが困難となる。あるいは、第1レンズ群 L_1 の移動量が短くなり、第1レンズ群 L_1 の正の屈折力が強くなりすぎ、球面収差やコマ収差が増大するため好ましくない。

【 0 0 7 2 】

条件式(11)の下限を超えて、広角端における全系の焦点距離が短くなると、第1レンズ群 L_1 のレンズ有効径が大きくなり、全系が大型化するため好ましくない。あるいは、第1レンズ群 L_1 のズーミングにおける移動量が大きくなると、望遠端におけるレンズ全長が長くなり、全系が大型化を招くため好ましくない。

40

【 0 0 7 3 】

なお、各実施例において、好ましくは、条件式(1)乃至条件式(11)の数値範囲を次の如く設定すると良い。

$$-5.0 < f_3 / f_w < -1.9 \quad \dots (1a)$$

$$0.38 < s_k w / f_w < 0.90 \quad \dots (2a)$$

$$1.3 < f_3 / f_2 < 4.0 \quad \dots (3a)$$

$$-3.0 < f_2 / f_w < -1.2 \quad \dots (4a)$$

$$2.5 < f_1 / f_w < 6.0 \quad \dots (5a)$$

$$1.1 < f_r w / f_w < 3.0 \quad \dots (6a)$$

50

1 . 0 5 < L 2 3 t / L 2 3 w < 3 . 0 0 . . . (7 a)
 0 . 2 5 < 3 w < 0 . 7 0 . . . (8 a)
 2 . 0 1 < (1 - 3 t 2) r t 2 < 4 . 5 . . . (9 a)
 - 2 . 8 < P O w / f w < - 1 . 3 . . . (1 0 a)
 - 4 . 0 < m 1 / f w < - 1 . 1 . . . (1 1 a)

【 0 0 7 4 】

また、更に好ましくは、各実施例において、条件式(1a)乃至条件式(11a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

- 4 . 5 0 < f 3 / f w < - 1 . 9 5 . . . (1 b)
 0 . 3 9 < s k w / f w < 0 . 7 0 . . . (2 b)
 1 . 3 5 < f 3 / f 2 < 3 . 5 0 . . . (3 b)
 - 2 . 0 < f 2 / f w < - 1 . 2 . . . (4 b)
 3 . 0 < f 1 / f w < 5 . 5 . . . (5 b)
 1 . 2 < f r w / f w < 2 . 0 . . . (6 b)
 1 . 1 < L 2 3 t / L 2 3 w < 2 . 0 . . . (7 b)
 0 . 3 < 3 w < 0 . 6 . . . (8 b)
 2 . 0 2 < (1 - 3 t 2) r t 2 < 4 . 0 . . . (9 b)
 - 2 . 5 < P O w / f w < - 1 . 5 . . . (1 0 b)
 - 2 . 0 < m 1 / f w < - 1 . 2 . . . (1 1 b)

【 0 0 7 5 】

各実施例において、フォーカスレンズ群である第3レンズ群はフォーカシングスピードを速くするためできるだけ軽量であることが良い。そのため、第3レンズ群L3は2枚以下のレンズよりなる接合レンズ、または1枚のレンズで構成することが良い。また、第3レンズ群L3には少なくとも1つのレンズ面を非球面形状とすることが好ましい。

【 0 0 7 6 】

また、全系を小型化しつつ広画角で高いズーム比を得るには、第1レンズ群L1のレンズ枚数が少ないほど良い。これによれば第1レンズ群L1を通る軸外光束の入射高さが低くなり、第1レンズ群L1の有効径を小さくすることができる。そのため、第1レンズ群L1のレンズ枚数は3枚以下の構成とするのが良い。また、第2レンズ群L2は広画角化を図るために、物体側より像側へ順に2枚の負レンズと、1枚の正レンズを有することが好ましい。第2レンズ群L2を負の屈折力とし、広画角化を容易にしている。

【 0 0 7 7 】

また、本発明によれば、後群LRの屈折力を適切に設定することによって軸外諸収差、特に非点収差・歪曲収差を良好に補正している。更に広画角化及び高ズーム比化を図った際の球面収差、コマ収差の補正を効果的に行っている。

【 0 0 7 8 】

各実施例では以上の様に各要素を構成することで、レンズ全長が短くレンズ有効径を小型にしつつ、高いフォーカス性能を有するズームレンズを得ている。

【 0 0 7 9 】

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スチルカメラ(撮像装置)の実施例に関して図11を用いて説明する。

【 0 0 8 0 】

図11において、10はカメラ本体、11は本発明のズームレンズによって構成された撮像光学系である。12はカメラ本体に内蔵され、撮像光学系11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。

【 0 0 8 1 】

以下に実施例1乃至5に対応する数値データ1乃至5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。BFはバッ

10

20

30

40

50

クフォーカスである。非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に H 軸、光の進行方向を正とし、R を近軸曲率半径、K、A 2、A 4、A 6、A 8、A 10、A 12 を各々非球面係数とするとき、

【 0 0 8 2 】

【 数 1 】

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

10

で与えるものとする。

【 0 0 8 3 】

各非球面係数において「e - x」は「1 0 - 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 B F 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それらの焦点距離を示している。

【 0 0 8 4 】

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。

20

【 0 0 8 5 】

【 数値データ 1 】

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	432.460	2.00	1.80810	22.8
2	125.092	5.52	1.72916	54.7
3	1309.759	0.15		
4	66.447	6.26	1.72916	54.7
5	205.666	(可変)		
6*	154.358	1.70	1.85400	40.4
7	20.373	9.42		
8	-54.414	1.35	1.53775	74.7
9	25.491	7.76	1.76182	26.5
10	-145.189	(可変)		
11*	-44.365	1.40	1.77250	49.6
12*	-296.834	(可変)		
13	130.090	2.77	1.72916	54.7
14	-129.419	2.50		
15(絞り)		0.30		
16	47.327	4.92	1.59522	67.7
17	-122.438	0.15		
18	46.629	6.45	1.49700	81.5
19	-39.419	1.30	1.95375	32.3
20	-217.709	1.56		
21*	-173.136	1.50	1.76802	49.2
22	51.643	0.15		
23	36.796	1.73	1.76081	35.4
24	46.562	(可変)		

30

40

50

25	25.855	6.93	1.49700	81.5
26	-185.611	0.15		
27	32.445	5.57	1.49700	81.5
28	-113.829	0.15		
29	152.509	4.82	1.49700	81.5
30	-32.532	1.15	1.85400	40.4
31*	41.061	6.53		
32	-27.368	3.27	1.59270	35.3
33	-23.864	2.82		
34	-16.427	1.50	1.48749	70.2
35	-49.060	0.15		
36	174.742	3.32	2.00069	25.5
37	-127.437	(可変)		

像面

【0086】

非球面データ

第6面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 3.63436e-006$ $A_6 = -2.68714e-009$ $A_8 = 2.41369e-012$ $A_{10} = -3.81151e-015$ $A_{12} = 5.12532e-018$

第11面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -5.56516e-005$ $A_6 = 3.53050e-007$ $A_8 = -1.51960e-009$ $A_{10} = 3.30013e-012$ $A_{12} = -1.78434e-015$

第12面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -5.15168e-005$ $A_6 = 3.60413e-007$ $A_8 = -1.67851e-009$ $A_{10} = 4.45364e-012$ $A_{12} = -4.83534e-015$

第21面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 1.31489e-006$ $A_6 = -1.95561e-010$ $A_8 = 1.77865e-011$ $A_{10} = -1.00521e-013$ $A_{12} = 1.36914e-016$

第31面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 2.23797e-005$ $A_6 = 7.61797e-009$ $A_8 = 3.21907e-010$ $A_{10} = -1.64419e-012$ $A_{12} = 7.03286e-015$

各種データ

ズーム比 2.75

広角 中間 望遠

焦点距離	24.71	45.00	67.90
Fナンバー	2.88	2.88	2.88
半画角(度)	41.21	25.68	17.67
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	143.89	161.78	179.68
BF	13.42	27.34	38.58
d5	0.90	18.97	30.85
d10	6.41	7.78	8.83
d12	16.50	6.08	1.10
d24	11.42	6.37	5.08
d37	13.42	27.34	38.58

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	121.70
2	6	-34.30
3	11	-67.69

4 13 44.18

5 25 50.71

【 0 0 8 7 】

[数値データ2]

単位 mm

面データ

面番号 r d nd d

1 266.943 2.00 1.80810 22.8

2 107.248 5.20 1.72916 54.7

3 582.229 0.15

10

4 70.988 5.77 1.72916 54.7

5 235.023 (可変)

6* 83.175 1.70 1.85400 40.4

7 19.439 9.80

8 -64.009 1.35 1.59522 67.7

9 25.043 0.00

10 25.043 7.00 1.80810 22.8

11 571.374 2.10

12 -43.459 2.24 1.64769 33.8

13 -40.066 (可変)

20

14* -42.596 1.40 1.77250 49.6

15* -283.991 (可変)

16 72.447 4.13 1.72916 54.7

17 -113.883 2.50

18(絞り) 0.30

19 40.067 6.13 1.69680 55.5

20 -144.330 2.09

21 -46.413 1.35 2.00100 29.1

22 274.541 (可変)

23 -0.35

30

24 55.123 7.28 1.59522 67.7

25 -60.553 0.15

26 24.634 8.33 1.49700 81.5

27 -112.588 0.15

28* 47.182 1.30 1.85400 40.4

29 15.100 3.96 1.49700 81.5

30 26.904 2.61

31 49.476 1.55 1.95906 17.5

32 93.452 0.90 1.95375 32.3

33 32.229 3.30

40

34 -62.042 1.10 2.00100 29.1

35 -100.985 2.93

36 207.275 3.89 1.48749 70.2

37 -55.930 2.61

38 -26.377 1.73 1.58313 59.4

39* -63.015 0.15

40 -822.230 3.48 2.00069 25.5

41 -67.577 (可変)

像面

【 0 0 8 8 】

50

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 1.74742e-006 A 6=-1.55928e-009 A 8= 2.03209e-012 A10=-4.46823e-015 A12= 4.09239e-018

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.00221e-005 A 6= 2.69271e-007 A 8=-1.39051e-009 A10= 3.86824e-012 A12=-3.07238e-015

第15面

K = 0.00000e+000 A 4=-3.72813e-005 A 6= 2.66837e-007 A 8=-1.41507e-009 A10= 4.29655e-012 A12=-5.02900e-015

10

第28面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.95490e-005 A 6=-1.97181e-008 A 8=-5.56893e-011 A10= 5.63810e-013 A12=-1.30707e-015

第39面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.60311e-006 A 6=-8.06725e-009 A 8=-1.36554e-011 A10= 4.84124e-014 A12=-2.11891e-016

各種データ

ズーム比 2.75

広角 中間 望遠

焦点距離	24.70	44.35	67.90
Fナンバー	2.91	2.91	2.91
半画角(度)	41.21	26.00	17.67
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	143.90	163.71	183.52
BF	16.31	31.98	46.03
d 5	0.90	16.97	28.31
d13	4.32	5.96	6.21
d15	14.26	5.39	1.17
d22	7.84	3.15	1.54
d41	16.31	31.98	46.03

20

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	121.00
2	6	-30.49
3	14	-65.04
4	16	55.88
5	23	41.27

30

【0089】

[数値データ3]

単位 mm

40

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	323.533	2.00	1.80810	22.8
2	126.881	4.42	1.72916	54.7
3	440.043	0.15		
4	68.302	6.12	1.72916	54.7
5	259.069	(可変)		
6*	147.607	1.70	1.85400	40.4
7	21.628	10.52		
8	-64.369	1.35	1.53775	74.7

50

9	26.713	8.75	1.76182	26.5
10	-220.427	(可変)		
11*	-42.546	1.40	1.77250	49.6
12*	-236.572	(可変)		
13	72.386	3.40	1.72916	54.7
14	-248.059	2.50		
15(絞り)		0.30		
16	48.518	3.99	1.59522	67.7
17	-474.461	0.15		
18	60.328	6.49	1.49700	81.5
19	-42.118	1.30	1.95375	32.3
20	1267.152	(可変)		
21*	418.278	1.50	1.76802	49.2
22	77.355	0.15		
23	67.064	1.64	1.84612	24.3
24	98.731	(可変)		
25	24.220	8.08	1.49700	81.5
26	-192.788	0.15		
27	39.644	4.32	1.49700	81.5
28	-193.391	0.15		
29	124.399	4.01	1.49700	81.5
30	-38.984	1.15	1.85400	40.4
31*	48.202	(可変)		
32	-35.749	2.85	1.59270	35.3
33	-37.810	9.89		
34	-17.549	1.50	1.48749	70.2
35	-84.358	0.15		
36	-1803.462	3.97	2.00069	25.5
37	-60.328	(可変)		

像面

30

【0 0 9 0】

非球面データ

第6面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 2.63525e-006$ $A_6 = -1.70776e-009$ $A_8 = 1.98740e-012$ $A_{10} = -3.30313e-015$ $A_{12} = 2.66826e-018$

第11面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -3.79555e-005$ $A_6 = 2.25195e-007$ $A_8 = -8.96513e-010$ $A_{10} = 1.73006e-012$ $A_{12} = -7.30641e-016$

第12面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -3.51124e-005$ $A_6 = 2.28717e-007$ $A_8 = -9.86686e-010$ $A_{10} = 2.34438e-012$ $A_{12} = -2.20571e-015$

第21面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 1.39889e-007$ $A_6 = 7.56506e-010$ $A_8 = 6.64308e-012$ $A_{10} = -3.73630e-014$ $A_{12} = 4.24931e-017$

第31面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 2.10166e-005$ $A_6 = 1.59242e-008$ $A_8 = 2.44359e-010$ $A_{10} = -1.11611e-012$ $A_{12} = 5.10611e-015$

各種データ

ズーム比 2.75

広角 中間 望遠

10

20

30

40

50

焦点距離 24.70 46.26 67.90
 Fナンバー 2.88 2.88 2.88
 半画角(度) 41.21 25.06 17.67
 像高 21.64 21.64 21.64
 レンズ全長 146.51 163.48 180.45
 BF 9.99 24.27 37.01
 d5 0.90 18.62 28.05
 d10 8.20 9.02 10.00
 d12 16.82 5.79 1.15
 d20 0.80 2.10 5.00
 d24 11.42 4.95 1.44
 d31 4.33 4.68 3.75
 d37 9.99 24.27 37.01

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 122.82
 2 6 -36.03
 3 11 -67.36
 4 13 41.06
 5 21 -250.18
 6 25 47.13
 7 32 -194.67

【0091】

[数値データ4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	197.899	2.00	1.80810	22.8
2	92.762	5.33	1.72916	54.7
3	313.793	0.15		
4	69.740	5.42	1.72916	54.7
5	219.234	(可変)		
6*	235.791	1.70	1.85400	40.4
7	21.745	10.74		
8	-60.427	1.35	1.53775	74.7
9	27.198	7.27	1.76182	26.5
10	-210.994	(可変)		
11*	-59.728	1.40	1.77250	49.6
12*	-266.134	(可変)		
13	71.347	2.80	1.72916	54.7
14	-6357.657	2.50		
15(絞り)		0.30		
16	43.682	4.07	1.59522	67.7
17	-2798.862	0.15		
18	53.063	6.08	1.49700	81.5
19	-45.898	1.30	1.95375	32.3
20	-933.074	1.56		
21*	-2944.296	1.50	1.76802	49.2
22	56.115	0.15		
23	38.398	1.71	1.75718	32.2

10

20

30

40

50

24 48.151 (可変)
 25 24.340 7.51 1.49700 81.5
 26 -352.182 0.15
 27 32.883 5.05 1.49700 81.5
 28 -157.269 0.15
 29 118.126 3.54 1.49700 81.5
 30 -43.812 1.15 1.85400 40.4
 31* 36.954 (可変)
 32 -34.893 1.46 1.59270 35.3
 33 -28.968 3.20
 34 -16.261 1.50 1.48749 70.2
 35 -44.021 0.15
 36 295.540 2.50 2.00069 25.5
 37 -114.318 (可変)

像面

【0092】

非球面データ

第6面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 3.42888e-006$ $A_6 = -2.61873e-009$ $A_8 = 2.19904e-012$ $A_{10} = -2.71059e-015$ $A_{12} = 2.07774e-018$

20

第11面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -4.43596e-005$ $A_6 = 2.05657e-007$ $A_8 = -6.24320e-010$ $A_{10} = 8.57765e-013$ $A_{12} = 1.76408e-016$

第12面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = -4.14002e-005$ $A_6 = 2.12242e-007$ $A_8 = -7.24059e-010$ $A_{10} = 1.38587e-012$ $A_{12} = -9.17591e-016$

第21面

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 4.62094e-007$ $A_6 = -1.62996e-009$ $A_8 = 3.09696e-011$ $A_{10} = -1.40164e-013$ $A_{12} = 1.89613e-016$

第31面

30

$K = 0.00000e+000$ $A_4 = 2.27896e-005$ $A_6 = 1.47481e-008$ $A_8 = 4.11513e-010$ $A_{10} = -2.32352e-012$ $A_{12} = 1.12313e-014$

各種データ

ズーム比 2.75

広角 中間 望遠

焦点距離 24.71 45.70 67.90
 Fナンバー 2.88 2.88 2.88
 半画角(度) 41.20 25.33 17.67
 像高 21.64 21.64 21.64
 レンズ全長 148.61 164.05 179.49
 BF 17.00 30.55 41.54
 d5 0.90 18.75 29.58
 d10 9.58 10.65 11.64
 d12 20.03 7.08 1.08
 d24 9.47 5.28 4.03
 d31 7.78 7.90 7.79
 d37 17.00 30.55 41.54

40

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1 1 123.63

50

2 6 -32.87
 3 11 -99.99
 4 13 53.58
 5 25 49.12
 6 32 -448.46

【 0 0 9 3 】

[数値データ5]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	193.245	2.00	1.84666	23.8
2	81.173	7.64	1.72916	54.7
3	496.078	0.15		
4	63.271	6.75	1.77250	49.6
5	214.252	(可変)		
6*	388.501	1.60	1.85400	40.4
7*	21.848	9.00		
8	-53.092	0.90	1.90043	37.4
9	27.505	5.52	1.85478	24.8
10	117.377	0.15		
11	68.760	5.33	1.85478	24.8
12	-51.433	(可変)		
13*	-31.762	1.00	1.76802	49.2
14*	-128.610	(可変)		
15(絞り)		0.70		
16	54.994	1.20	1.85478	24.8
17	30.381	8.90	1.90043	37.4
18	-122.606	2.01		
19	-51.172	1.20	1.85478	24.8
20	-92.077	(可変)		
21	35.131	2.77	1.59522	67.7
22	41.293	0.15		
23	24.760	10.52	1.59522	67.7
24	-315.353	0.15		
25*	44.974	1.40	1.88202	37.2
26	15.251	7.77	1.49700	81.5
27	44.641	2.65		
28	158.589	2.13	1.80809	22.8
29	-156.512	1.20	1.88202	37.2
30*	53.516	1.45		
31	35.402	6.26	1.49700	81.5
32	-70.082	0.15		
33	72.246	1.00	1.91082	35.3
34	23.971	9.73	1.48749	70.2
35	-257.433	4.17		
36	-26.443	1.00	1.49700	81.5
37	71.744	0.15		
38	62.503	5.34	2.00069	25.5
39	-278.940	(可変)		

像面

10

20

30

40

50

【 0 0 9 4 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 6.38437e-006 A 6=-6.54767e-009 A 8= 5.03273e-012 A 10= 4.72601e-015 A 12=-1.28436e-017

第7面

K = 0.00000e+000 A 4= 3.33989e-006 A 6= 1.62249e-008 A 8=-5.46944e-011 A 10= 3.67869e-013

第13面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.74432e-007 A 6= 1.28336e-008 A 8= 1.01212e-010 A 10=-1.86389e-013

第14面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.33263e-006 A 6= 1.40722e-008 A 8= 2.39598e-011 A 10=-6.79015e-014

第25面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.46298e-005 A 6=-1.42940e-008 A 8= 1.91882e-012 A 10= 1.64438e-013 A 12=-3.10187e-016

第30面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.85063e-007 A 6=-1.64474e-008 A 8= 1.06266e-010 A 10=-2.99925e-013

10

20

各種データ

ズーム比 3.04

広角 中間 望遠

焦点距離	28.00	53.77	85.00
Fナンバー	2.00	2.60	2.88
半画角(度)	37.69	21.92	14.28
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	158.50	176.83	195.16
BF	16.00	28.52	41.05
d 5	1.21	19.87	29.83
d 12	8.23	7.03	9.25
d 14	15.10	7.21	2.01
d 20	5.93	2.16	1.00
d 39	16.00	28.52	41.05

30

レンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	98.71
2	6	-39.68
3	13	-55.17
4	15	57.94
5	21	54.77

40

【 0 0 9 5 】

50

【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
条件式(1)	$-7.0 < f3/fw < -1.8$	-2.74	-2.63	-2.73	-4.05	-1.97
条件式(2)	$0.36 < skw/fw < 1.00$	0.54	0.66	0.40	0.69	0.57
条件式(3)	$1.2 < f3/f2 < 5.0$	1.97	2.13	1.87	3.04	1.39
条件式(4)	$-5.0 < f2/fw < -1.1$	-1.39	-1.23	-1.46	-1.33	-1.42
条件式(5)	$2.0 < f1/fw < 7.0$	4.93	4.90	4.97	5.00	3.53
条件式(6)	$1.1 < frw/fw < 4.0$	1.23	1.26	1.21	1.29	1.96
条件式(7)	$1.05 < L23t/L23w < 5.00$	1.38	1.44	1.22	1.21	1.12
条件式(8)	$0.2 < \beta_3 w < 0.8$	0.48	0.50	0.46	0.58	0.35
条件式(9)	$2.0 < (1 - \beta_3 t^2) \beta_{rt} t^2 < 5.0$	2.91	3.72	3.08	2.03	3.98
条件式(10)	$-3.0 < P0w/fw < -1.2$	-2.07	-2.33	-2.05	-1.75	-1.72
条件式(11)	$-6.0 < m1/fw < -1.0$	-1.45	-1.60	-1.37	-1.25	-1.31

10

【符号の説明】

20

【0096】

L 1 ズームレンズ	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	L R 後群

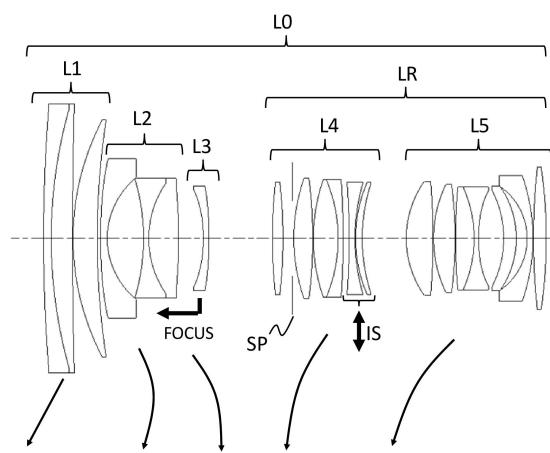
30

40

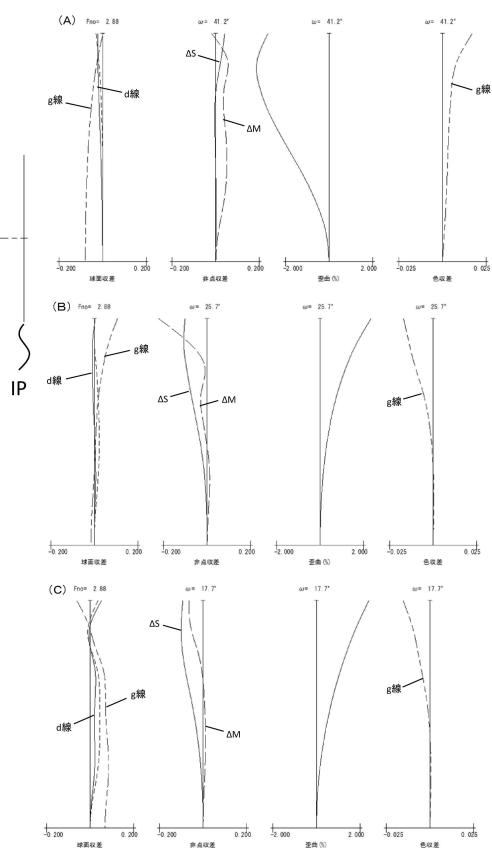
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

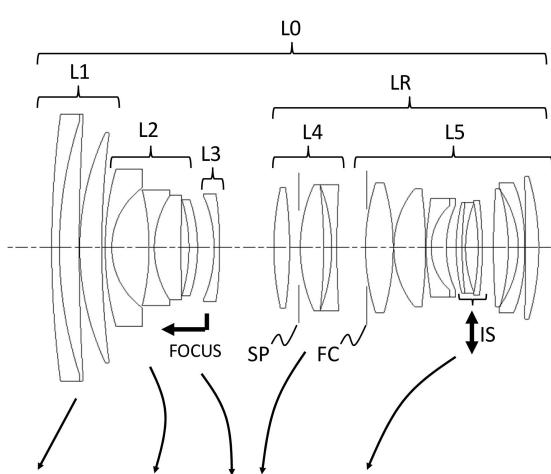
20

30

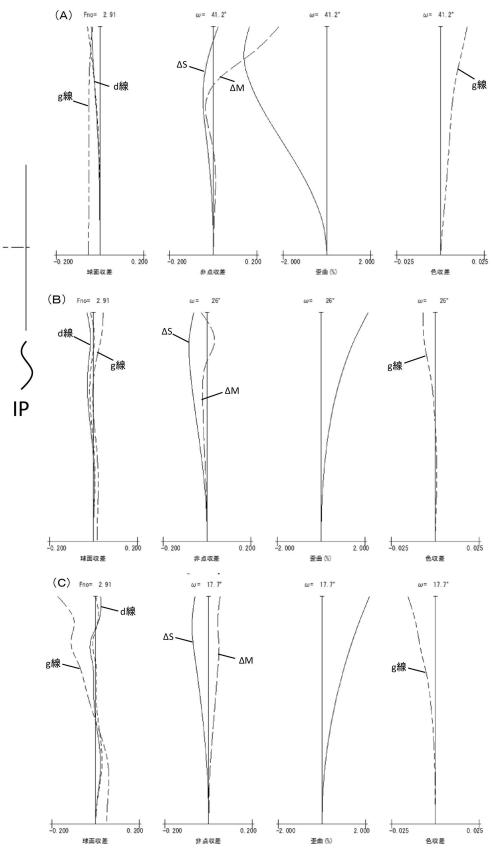
40

50

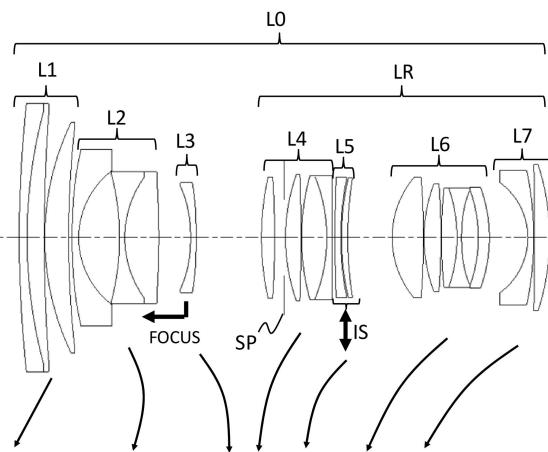
【図 3】



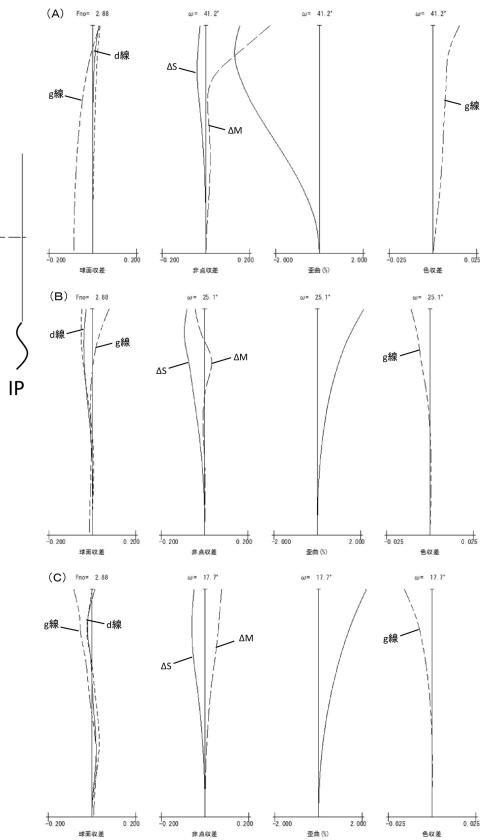
【図 4】



【図 5】



【図 6】



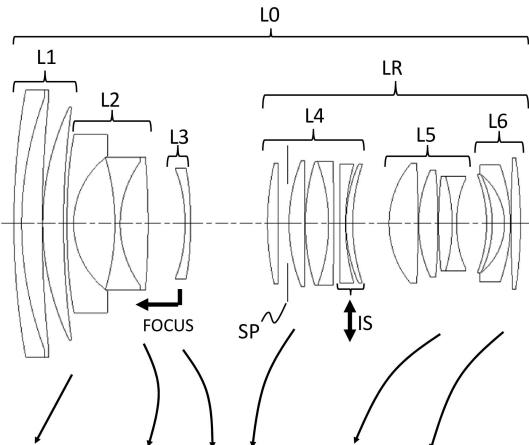
10

20

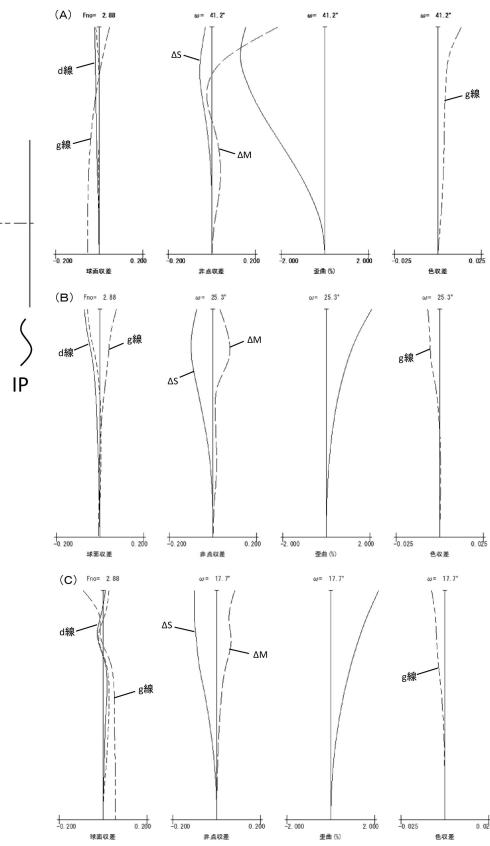
30

40

【図 7】

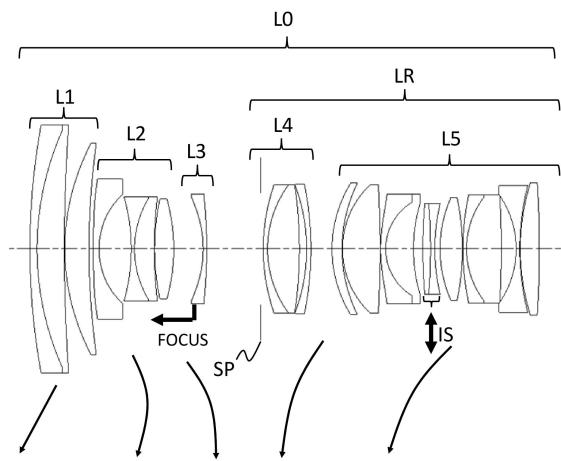


【図 8】

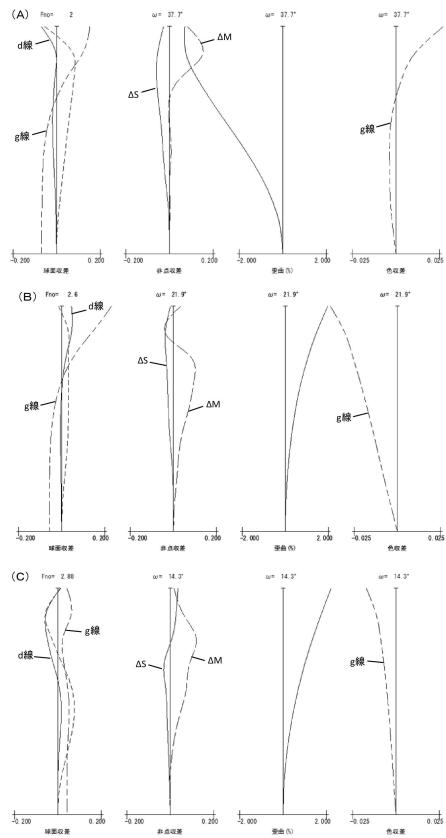


50

【図 9】



【図 10】

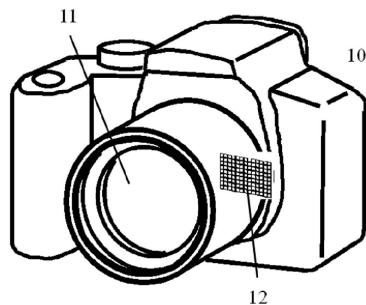


10

20

30

【図 11】



40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03-293613 (JP, A)
 特開2015-191055 (JP, A)
 特開2015-191062 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 G02B 9/00 - 17/08
 G02B 21/02 - 21/04
 G02B 25/00 - 25/04