

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6436626号
(P6436626)

(45) 発行日 平成30年12月12日(2018.12.12)

(24) 登録日 平成30年11月22日(2018.11.22)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 15/20 (2006.01)
G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18

請求項の数 12 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-259763 (P2013-259763)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年12月17日(2013.12.17)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-118141 (P2015-118141A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成27年6月25日(2015.6.25)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成28年12月7日(2016.12.7)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	齋藤 慎一郎
			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	小倉 宏之

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、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群、正の屈折力の第7レンズ群から構成され、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ズームレンズにおいて、

フォーカシングに際して前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化し、

前記第3レンズ群に含まれる正レンズの中で最も像側に配置された正レンズの材料のアップ数を $d3p$ 、前記第2レンズ群の焦点距離を $f2$ 、前記第3レンズ群の焦点距離を $f3$ 、前記第4レンズ群の焦点距離を $f4$ 、広角端から望遠端へのズームングにおける前記第1レンズ群の移動量を $m1$ とするとき、

$$50 < d3p < 100$$

$$1.0 < |f4 / f3| < 1.65$$

$$0.10 < |f2| / m1 < 0.35$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記第1レンズ群の焦点距離を $f5$ 、望遠端における全系の焦点距離を ft とするとき、

$$0.05 < f5 / ft < 0.45$$

なる条件式を満たす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 、広角端における全系の焦点距離を f_w とするとき

$$2.0 < f_1 / f_w < 9.0$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】

$$0.4 < |f_3 \times f_4|^{1/2} / f_5 < 3.4$$

なる条件式を満たす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。

【請求項 5】

前記第 4 レンズ群は負レンズ G_{4n} を含む 1 つのレンズ成分から構成され、前記負レンズ G_{4n} の材料の屈折率を n_{d4n} 、前記負レンズ G_{4n} の材料のアッベ数を d_{4n} とするとき、

$$1.52 < n_{d4n} < 2.10$$

$$25 < d_{4n} < 70$$

なる条件式を満たす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】

フォーカシングに際して前記第 4 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

フォーカシングに際して前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 6 レンズ群の焦点距離を f_6 とするとき、

$$1.0 < |f_6| / f_w < 14.0$$

なる条件式を満たす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】

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、正の屈折力の第 3 レンズ群、負の屈折力の第 4 レンズ群、正の屈折力の第 5 レンズ群、負の屈折力の第 6 レンズ群、正の屈折力の第 7 レンズ群から構成され、ズームリングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するズームレンズにおいて、

フォーカシングに際して前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群の間隔が変化し、前記第 3 レンズ群に含まれる正レンズの中で最も像側に配置された正レンズの材料のアッベ数を d_{3p} とするとき、

$$50 < d_{3p} < 100$$

なる条件式を満たすことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 10】

フォーカシングに際して前記第 4 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 11】

フォーカシングに際して前記第 3 レンズ群と前記第 4 レンズ群が移動することを特徴とする請求項 9 に記載のズームレンズ。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 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撮像素子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】

10

20

30

40

50

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、特にスチルカメラ、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、TVカメラ、そして監視用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撮像装置は高機能化され、また、装置全体が小型化されている。そしてそれに用いる撮影レンズ（撮影光学系）としては、レンズ全長が短く、全系が小型でしかも広範囲の焦点距離域を含む高ズーム比のズームレンズであることが要求されている。更に無限遠物体から近距離物体に至る全物体距離にわたり高い光学性能を有すること等が要求されている。

10

【0003】

高ズーム比化が容易なズームレンズとして最も物体側のレンズ群が正の屈折力のレンズ群より成るポジティブリードタイプのズームレンズが知られている。また光学系全体の小型化が容易なズームレンズとして、物体側から数えて第2レンズ群以降のレンズ群を光軸方向に移動させてフォーカシングする所謂インナーフォーカス方式又はリアフォーカス方式を用いたズームレンズが知られている。

【0004】

従来、ポジティブリードタイプでリアフォーカス方式を用い、全系が小型で高ズーム比のズームレンズが知られている（特許文献1乃至3）。特許文献1は物体側より像側へ順に、正、負、正、負、正、正の屈折力の第1レンズ群乃至第6レンズ群よりなり、各レン

20

【0005】

特許文献2は、物体側より像側へ順に正、負、正、負、正、負の屈折力の第1～第6レンズ群より成り、各レンズ群を移動させてズーミングを行い、第6レンズ群を移動させてフォーカシングを行ったズームレンズを開示している。特許文献3は物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正、負、正の屈折力のレンズ群より成り、隣り合うレンズ群の間隔を変えてズーミングを行い、第6レンズ群を移動させて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】

30

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2013-80153号公報

【特許文献2】特開平04-186212号公報

【特許文献3】特開2004-317867号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

近年、撮像装置に用いるズームレンズには、広画角、高ズーム比で、かつレンズ系全体が小型で、色収差等の諸収差を良好に補正した高い光学性能を有するズームレンズが強く

40

【0008】

一般にズームレンズにおいて、所定のズーム比を確保しつつ、全系の小型化を図るためには、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、このように構成したズームレンズは、各レンズ面の屈折力の増加に伴いレンズ肉厚が増してしまい、全系の短縮効果が不十分になると同時に諸収差の発生が多くなってくる。

【0009】

ポジティブリード型のズームレンズにおいて、全系の小型化と、高ズーム比を確保しつつ高い光学性能を得るには、ズームレンズを構成する各要素を適切に設定することが重要

50

となってくる。例えばズームタイプ（レンズ群の数や各レンズ群の屈折力）、各レンズ群のズームに伴う移動軌跡、そして各レンズ群の変倍負担や屈折力分担等の構成を適切に設定することが重要である。

【0010】

また、近年、フォーカシングに際しては、動画撮影に適したフォーカシング方式が要望されている。例えばフォーカシングが高速で、しかもフォーカシングに際して収差変動が少なく、物体距離全般にわたり高い光学性能を有するフォーカシング方式が要求されている。

【0011】

一般に、フォーカシングに伴う収差変動を少なくし、物体距離全般にわたり高い光学性能を得るには、フォーカシング用のレンズ群（フォーカスレンズ群）の選定及びフォーカスレンズ群のレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成が適切でないと、高ズーム比化を図る際に全系が大型化し、又、ズーム及びフォーカシングに伴う諸収差の変動が増大し、全ズーム範囲、及び物体距離全般にわたり高い光学性能を得るのが大変難しくなってくる。

【0012】

本発明は、光学系全体が小型で、広画角かつ高ズーム比で、しかも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】

【0013】

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、正の屈折力の第3レンズ群、負の屈折力の第4レンズ群、正の屈折力の第5レンズ群、負の屈折力の第6レンズ群、正の屈折力の第7レンズ群から構成され、ズーム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において、

フォーカシングに際して前記第3レンズ群と前記第4レンズ群の間隔が変化し、

前記第3レンズ群に含まれる正レンズの中で最も像側に配置された正レンズの材料の阿ッペ数を $d3p$ 、前記第2レンズ群の焦点距離を $f2$ 、前記第3レンズ群の焦点距離を $f3$ 、前記第4レンズ群の焦点距離を $f4$ 、広角端から望遠端へのズームにおける前記第1レンズ群の移動量を $m1$ とするとき、

$$50 < d3p < 100$$

$$1.0 < |f4 / f3| < 1.65$$

$$0.10 < |f2| / m1 < 0.35$$

なる条件式を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、光学系全体が小型で、広画角かつ高ズーム比で、しかも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】

【0015】

【図1】(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

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

10

20

30

40

50

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】(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

【図 9】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】

【0016】

10

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、物体側から像側へ順に、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、1 以上のレンズ群を有する後群から構成される。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。フォーカシングに際して第 3 レンズ群と第 4 レンズ群の間隔が変化する。

【0017】

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) はそれぞれ実施例 1 のズームレンズの広角端、中間ズーム位置、望遠端における収差図である。実施例 1 はズーム比 4.12、開口比 3.60 ~ 5.83、半画角 41.2° ~ 12.0° 程度のズームレンズである。

20

【0018】

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) はそれぞれ実施例 2 のズームレンズの広角端，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 6.81、開口比 2.88 ~ 5.60、半画角 37.0° ~ 2.65° 程度のズームレンズである。

【0019】

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) はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの広角端，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 7.22、開口比 3.48 ~ 5.60、半画角 37.0° ~ 2.65° 程度のズームレンズである。

30

【0020】

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) はそれぞれ実施例 3 のズームレンズの広角端，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 16.28、開口比 3.39 ~ 5.80、半画角 37.0° ~ 2.65° 程度のズームレンズである。図 9 は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

40

【0021】

各実施例のズームレンズはビデオカメラやデジタルスチルカメラ、銀塩フィルムカメラ、TVカメラなどの撮像装置に用いられる撮影レンズ系である。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、 i を物体側からのレンズ群の順番とすると、 L_i は第 i レンズ群を示す。 L_R は 1 以上のレンズ群を有する後群である。

【0022】

図 1，図 3，図 5 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

50

離の逆数)の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群である。後群LRは負の屈折力の第6レンズ群L6、正の屈折力の第7レンズ群L7より構成されている。

【0023】

図7のレンズ断面図において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群である。後群LRは負の屈折力の第6レンズ群L6より構成されている。

【0024】

レンズ断面図において、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。IPは像面である。像面IPは、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ズームレンズを使用する際には、CCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面に相当する。銀塩フィルムカメラの撮影光学系としてズームレンズを使用する際には、フィルム面に相当する。矢印は広角端から望遠端へのズーミング(変倍)に際して、各レンズ群の移動軌跡及び無限遠から近距離へのフォーカシングに際しての移動方向を示している。

【0025】

収差図においてFnoはFナンバー、 θ は半画角(度)であり、光線追跡値による半画角である。球面収差図において、実線のdはd線(波長587.56nm)、2点鎖線のgはg線(波長435.8nm)である。

【0026】

非点収差図で実線のSはd線におけるサジタル像面、点線のMはd線におけるメリディオナル像面である。歪曲収差はd線について示している。倍率色収差図において2点鎖線はg線である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用のレンズ群が機構上、光軸上を移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。

【0027】

本発明のズームレンズでは、高ズーム比を確保しつつ、ズーム全域で諸収差を良好に補正するために次の如く構成している。

【0028】

物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3、負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5、1つ以上のレンズ群を有する後群より構成している。そして、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は物体側へ移動し、第2レンズ群L2は物体側へ移動してズーミングを行っている。

【0029】

ズーミングに際して、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が増大することで変倍を行い、第2レンズ群L2以降のレンズ群も移動させることで、望遠端における入射瞳を任意の位置に移動させて、全系の小型化を図っている。また、第3レンズ群L3を移動させることで、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の変倍作用を分担するようにして、ズーミングに際して第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の移動量を軽減して、望遠端におけるレンズ全長を短縮している。

【0030】

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L3と第4レンズ群L4の間隔を増大することで変倍を行い、広角端において前玉有効径の増大を軽減しつつ、高ズーム比に伴うレンズ全長の増大を軽減している。また、フォーカシングに際しては、第2レンズ群L2、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4の少なくとも1つのレンズ群が移動するようにしている。

【0031】

第3レンズ群L3の像側をアフォーカル又は略アフォーカルとすることで、フォーカシ

10

20

30

40

50

ングに際しての軸上光線の入射高さ h の変化を小さくしている。これにより、フォーカシングによる球面収差や軸上色収差の変動を軽減している。また、第3レンズ群 L_3 の像側をアフォーカルとしているため、第4レンズ群 L_4 からの出射光束は発散光束となり、それを収束させるために、像側の後群 L_R の正の屈折力を強くしている。これにより、レトロフォーカスのパワー配置が形成しやすくなり、広画角化と全系の小型化を容易にしている。

【0032】

また近距離物体へのフォーカシングに際しての収差変動、特に球面収差の変動および像面湾曲の変動を軽減している。第3レンズ群 L_3 に含まれる正レンズの中で最も像側に配置された正レンズ G_{3R} の材料のアッペ数を d_{3p} とする。このとき、

$$50 < d_{3p} < 100 \quad \cdots (1)$$

なる条件式を満たす。

【0033】

第3レンズ群 L_3 が1つの正レンズより構成されるときは、この1つの正レンズが正レンズ G_{3R} である。材料のアッペ数 d はフラウンホーファ線の d 線、 F 線、 C 線における屈折率をそれぞれ N_d 、 N_F 、 N_C とすると、

$$d = (N_d - 1) / (N_F - N_C)$$

で定義される。

【0034】

条件式(1)は、第3レンズ群 L_3 の正レンズ G_{3R} の材料のアッペ数を規定し、主にフォーカシングに際しての軸上色収差を小さく抑えるための条件を規定している。条件式(1)の下限を超えると、フォーカシングに際して軸上色収差の変動が大きくなり、特に望遠側において軸上色収差の変動が大きくなり、好ましくない。各実施例において更に好ましくは条件式(1)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0035】

$$55 < d_{3p} < 90 \quad \cdots (1a)$$

光学材料はアッペ数が大きい領域では、屈折率が小さい値をとる傾向が大きいため、アッペ数の大きい低分散材料を採用した場合、所望の屈折力を持たせるためには、レンズ面の曲率を大きくする必要がある。

【0036】

条件式(1a)を満たすと、高ズーム比化によるズーミングに際しての像面湾曲の変動を抑制しつつ、高い光学性能を確保しやすくなる。更に好ましくは条件式(1a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0037】

$$60 < d_{3p} < 83 \quad \cdots (1b)$$

以上のようにレンズ群構成を適切にし、条件式(1)を満たすことにより、ズーム全域で高い光学性能を達成した高ズーム比で全系が小型なズームレンズを得ている。

【0038】

各実施例において、更に好ましくは次の条件式のうち1以上を満足するのがよい。第1レンズ群 L_1 の焦点距離を f_1 、第2レンズ群 L_2 の焦点距離を f_2 、第3レンズ群 L_3 の焦点距離を f_3 、第4レンズ群 L_4 の焦点距離を f_4 、第5レンズ群 L_5 の焦点距離を f_5 、第6レンズ群 L_6 の焦点距離を f_6 とする。広角端および望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t とする。また、広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群の移動量を m_1 とする。

【0039】

ただし、レンズ群の移動量は、広角端と望遠端におけるレンズ群の光軸上の位置の差であり、広角端に比べて望遠端においてレンズ群が物体側に位置している場合を正とする。

【0040】

第4レンズ群 L_4 は負レンズ G_{4n} を含む1つのレンズ成分から構成され、負レンズ G_{4n} の材料の屈折率と、アッペ数を各々 n_{d4n} 、 d_{4n} とする。ここでレンズ成分と

10

20

30

40

50

は単一レンズ又は複数のレンズを接合した接合レンズをいう。このとき次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0041】

$$\begin{aligned} 1.0 < |f_4 / f_3| < \frac{1.65}{} & \dots (2) \\ 0.10 < |f_2| / m_1 < \frac{0.35}{} & \dots (3) \\ 0.05 < f_5 / f_t < 0.45 & \dots (4) \\ 2.0 < f_1 / f_w < 9.0 & \dots (5) \\ 0.4 < |f_3 \times f_4|^{1/2} / f_5 < 3.4 & \dots (6) \\ 1.52 < n_{d4} < 2.10 & \dots (7) \\ 2.5 < d_{4n} < 7.0 & \dots (8) \\ 1.0 < |f_6| / f_w < 14.0 & \dots (9) \end{aligned}$$

次に前述の各条件式の技術的意味について説明する。

【0042】

条件式(2)は、第4レンズ群L4の焦点距離を第3レンズ群L3の焦点距離で規定したものである。条件式(2)の上限を超えて、第4レンズ群L4の屈折力が弱くなりすぎると、フォーカシングを行う際、所望の空間を確保する必要があり、レンズ全長が増大してくる。条件式(2)の下限を超えて、第3レンズ群L3の屈折力が弱くなると、第3レンズ群L3から出射する光束の収斂が弱くなり、フォーカシングによる球面収差や軸上色収差の変動が大きくなるので、好ましくない。

【0043】

条件式(3)は、第2レンズ群L2の焦点距離 f_2 を広角端から望遠端へのズーミングにおける第1レンズ群の移動量 m_1 で規定したものである。条件式(2)の上限を超えて、第2レンズ群L2の屈折力が小さくなる、または第1レンズ群の移動量が小さくなると高ズーム比化を図る際、像面湾曲の補正には有利だが、小型化との両立が難しく好ましくない。条件式(3)の下限を超えて、第2レンズ群L2の屈折力が大きくなると、広角端における像面湾曲が増大してくるので好ましくない。

【0044】

条件式(4)は、第5レンズ群の屈折力を規定した式であり、主に球面収差やコマ収差を良好に補正しつつ、高ズーム比化を図るためのものである。条件式(4)の上限を超えて、第5レンズ群L5の屈折力が弱くなると、レンズ全長を短縮することが困難となり、好ましくない。また、高ズーム比化を達成することが難しくなる。条件式(4)の下限を超えて、第5レンズ群L5の屈折力が強くなると、全系の小型化を図るのが容易となるが、球面収差やコマ収差が増大し、これらの収差の補正が難しく、好ましくない。

【0045】

条件式(5)は、第1レンズ群L1の屈折力を規定した式であり、主に望遠側において球面収差やコマ収差を良好に抑えつつ、かつ望遠端におけるレンズ全長を短縮するためのものである。条件式(5)の上限を超えて、第1レンズ群L1の屈折力が小さくなると、望遠端においてレンズ全長を短縮することが困難となり、好ましくない。また、高ズーム比化を達成することが難しくなる。条件式(5)の下限を超えて、第1レンズ群L1の屈折力が大きくなると、望遠側において球面収差やコマ収差が多く発生し、これらの収差の補正が難しくなり、好ましくない。

【0046】

条件式(6)は、第3レンズ群L3の焦点距離 f_3 と第4レンズ群L4の焦点距離 f_4 の相乗平均の絶対値を第5レンズ群L5の焦点距離で規定した式である。条件式(6)の下限を超えて第5レンズ群L5の屈折力が小さくなると、第5レンズ群L5に続く後続のレンズ群の径方向が増大し、と高ズーム比化を図った際、望遠側におけるレンズ全長が長くなり、好ましくない。条件式(6)の上限を超えて第5レンズ群L5の屈折力が大きくなると、高ズーム比化およびレンズ全長の短縮化が容易になるが、第5レンズ群L5より球面収差やコマ収差が大きくなり発生してくる。

【0047】

10

20

30

40

50

これらの収差を第5レンズ群L5に続く後続のレンズ群で補正しようとするするとレンズ枚数が増加してくるので好ましくない。

【0048】

条件式(7)、(8)は、高ズーム比化とレンズ全長の短縮化を図りつつ、フォーカシングに際して像面湾曲と球面収差、そして色収差の変動を軽減するためのものである。条件式(7)の上限を超えると、第4レンズ群L4の屈折力を所定量確保するとき、球面収差と像面湾曲が増大し、これらの収差を補正することが難しく、好ましくない。条件式(7)の下限を超えると、第4レンズ群L4の屈折力を所定量確保するとき、第4レンズ群L4の負レンズG4nのレンズ面の曲率が強くなり、望遠端において低次の収差係数が増大し、特にコマ収差が大きくなり好ましくない。

10

【0049】

条件式(8)は、第4レンズ群L4の負レンズG4nの材料のアップ数を規定したもので、主にフォーカシングに際して軸上色収差の発生を軽減するためのものである。条件式(8)を外れると、フォーカシングに際して軸上色収差が増大してくるので良くない。

【0050】

条件式(9)は、第6レンズ群L6の焦点距離を広角端における全系の焦点距離で規定したものである。広画角化を図った際、前玉(第1レンズ群L1)の径方向が増大する傾向となるが、条件式(9)を満たすことにより、前玉有効径の小型化を図りつつ、広画角化を容易にしている。

【0051】

20

条件式(9)の下限を超えて第6レンズ群L6の負の屈折力が大きくなると(負の屈折力の絶対値が大きくなると)、高ズーム比化を図った際、ズームングに際して歪曲収差の変動が大きくなり、好ましくない。条件式(9)の上限を超えて第6レンズ群L6の負の屈折力が小さくなると(負の屈折力の絶対値が小さくなると)、レンズ全系の小型化は容易になるが、像面湾曲、非点収差、そして球面収差の補正が難しくなり、好ましくない。更に好ましくは条件式(2)乃至(9)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0052】

$$\begin{aligned} 1.0 < |f_4 / f_3| < \frac{1.65}{\dots} & \dots (2a) \\ 0.12 < |f_2| / m_1 < \frac{0.35}{\dots} & \dots (3a) \\ 0.10 < f_5 / f_t < 0.35 & \dots (4a) \\ 3.0 < f_1 / f_w < 8.0 & \dots (5a) \\ 0.6 < |f_3 \times f_4|^{1/2} / f_5 < 3.0 & \dots (6a) \\ 1.56 < n_{d4n} < 2.00 & \dots (7a) \\ 30 < d_{4n} < 60 & \dots (8a) \\ 1.1 < |f_6| / f_w < 13.0 & \dots (9a) \end{aligned}$$

30

【0053】

条件式(2a)を満たすことにより、第4レンズ群L4と第3レンズ群L3の屈折力分担がより適正となり、高ズーム比化とフォーカシングによる球面収差の変動を軽減することができ、好ましい。

【0054】

40

条件式(3a)を満たすことにより、第2レンズ群L2の屈折力分担がより適正となり、広角端におけるレンズ全長の短縮化および前玉有効径の小型化が容易になる。条件式(4a)を満たすことにより、望遠端の長焦点化を図りつつ、ズームングに際しての像面湾曲の変動を軽減するのが容易になる。条件式(5a)を満たすことにより、望遠端におけるレンズ全長の短縮化と球面収差の補正が容易になる。条件式(6a)を満たすことにより、ズーム全域に渡って球面収差を良好に補正するのが容易になる。

【0055】

条件式(7a)を満たすことにより、フォーカシングに際して像面湾曲の変動を軽減しつつ高ズーム比化が容易になる。条件式(8a)を満たすことにより、第6レンズ群L6の偏芯コマ収差を軽減することが容易になる。条件式(9a)を満たすことにより、広角

50

端において歪曲収差を軽減しつつ、レンズ全長の短縮化が容易になる。さらに、好ましくは条件式(2a)乃至(9a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0056】

$$\begin{aligned} 1.05 < |f_4 / f_3| < 1.65 & \dots (2b) \\ 0.15 < |f_2| / m_1 < 0.35 & \dots (3b) \\ 0.15 < f_5 / f_t < 0.25 & \dots (4b) \\ 4.0 < f_1 / f_w < 7.5 & \dots (5b) \\ 0.8 < \frac{|f_3 \times f_4|}{f_5} < 2.6 & \dots (6b) \\ 1.60 < n_{d4} < 1.95 & \dots (7b) \\ 3.5 < d_{4n} < 5.5 & \dots (8b) \\ 1.3 < |f_6| / f_w < 12.0 & \dots (9b) \end{aligned}$$

10

【0057】

各実施例において第1レンズ群L1の最も物体側に負レンズを配置するのが良く、これによれば広画角化に伴う倍率色収差を軽減するのが容易になる。各実施例において、第4レンズ群L4は負の屈折力の接合レンズまたは単レンズで構成するのが、高ズーム比化とレンズ全長の短縮化を図るのに好ましい。

【0058】

以上のように各実施例によれば、広画角で高ズーム比、かつレンズ系全体が小型で、迅速なフォーカシングが容易で、球面収差、コマ収差、像面湾曲などの諸収差を良好に補正した高い光学性能のズームレンズが容易に得られる。

20

【0059】

次に各実施例のレンズ構成について説明する。図1、図3、図5の実施例1、2、3において、L1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、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群である。L5は正の屈折力の第5レンズ群、L6は負の屈折力の第6レンズ群、L7は正の屈折力の第7レンズ群である。後群LRは第6レンズ群L6と第7レンズ群L7より構成されている。ズーミングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するように矢印の如く各レンズ群が移動する。

【0060】

実施例1、2、3は7群ズームレンズである。図1、図3、図5の実施例1、2、3のズームレンズにおいて、広角端に比べ望遠端における各レンズ群の間隔変化は次のとおりである。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔は広い。第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔は狭い。第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔は広い。第4レンズ群L4と第5レンズ群L5の間隔は狭い。第5レンズ群L5と第6レンズ群L6との間隔は広い。第6レンズ群L6と第7レンズ群L7の間隔は狭い。

30

【0061】

図1、図5の実施例1、3では、第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行っている。第4レンズ群L4の実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。また望遠端のズーム位置において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、矢印4cに示すように第4レンズ群L4を前方へ繰り出すことを行っている。

40

【0062】

図3の実施例2では、第3レンズ群L3および第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行っている。第3レンズ群L3の実線の曲線3aと点線の曲線3bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。また、第3レンズ群L3と同様に第4レンズ群L4の実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。

50

【0063】

望遠端のズーム位置において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、矢印3c、4cに示すように第3レンズ群を後方へ繰り込み、矢印4cで示すように第4レンズ群L4を前方へ繰り出すことを行っている。図7の実施例4において、L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正屈折力の第3レンズ群、L4は負の屈折力の第4レンズ群、L5は正の屈折力の第5レンズ群、L6は負の屈折力の第6レンズ群である。後群LRは第6レンズ群L6より構成されている。

【0064】

ズームングに際して隣り合うレンズ群の間隔が変化するように、矢印の如く各レンズ群が移動する。

10

【0065】

実施例4は6群ズームレンズである。図7の実施例4のズームレンズにおいて、広角端に比べ望遠端における各レンズ群の間隔変化は次のとおりである。第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広い。第2レンズ群L2と第3レンズ群L3の間隔が狭い。第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間隔が広い。第4レンズ群L4と第5レンズ群L5の間隔が狭い。第5レンズ群L5と第6レンズ群L6との間隔が広い。

【0066】

図7の実施例4では、第2レンズ群L2および第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行っている。第2レンズ群L2の実線の曲線2aと点線の曲線2bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端のズーム位置へのズームングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。また、第2レンズ群L2と同時に第4レンズ群L4の実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端のズーム位置へのズームングの際の像面変動を補正するための移動軌跡である。

20

【0067】

望遠端のズーム位置において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合には、矢印2c、4cに示すように第2レンズ群L2を前方へ繰り出し、矢印4cに示すように第4レンズ群L4を後方へ繰り込むことを行っている。

【0068】

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ムングに際して、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に各レンズ群が移動している。このように広角端よりも望遠端で第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の間隔が広がることで変倍作用を得ている。

30

【0069】

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。

【0070】

実施例1乃至4では、第2レンズ群L2に非球面レンズを採用し、広角端において像面湾曲および歪曲収差を良好に補正している。また、実施例2、3では、第7レンズ群L7に非球面レンズを採用し、像面湾曲を良好に補正している。

40

【0071】

次に本発明の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例を図9を用いて説明する。図9において、10はカメラ本体、11は実施例1乃至4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。12はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系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。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。

【0072】

以下、実施例1乃至4に対応する数値実施例1乃至4の具体的な数値データを示す。各数値実施例においてiは物体側から数えた順序を示し、riは第i番目の光学面（第i面

50

の曲率半径である。d_iは第i面と第(i+1)面との間の軸上間隔である。n_{d i}, d_iはそれぞれd線に対する第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッペ数である。また非球面係数はXを光軸方向の面頂点からの変移量、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、rを近軸曲率半径、kを円錐定数、A₄, A₆, A₈, A₁₀, A₁₂・・・を各次数の非球面係数とすると、

【0073】

【数1】

$$X = \frac{(1/r)h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(h/r)^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10} + A_{12}h^{12}$$

【0074】

10

で表す。なお、各非球面係数における「e ± X X」は「× 1 0 ± X X」を意味している。また前記条件式と各数値実施例との関係を表1に示す。

【0075】

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	161.255	1.80	1.84666	23.8
2	60.694	7.61	1.63854	55.4
3	465.001	0.15		
4	57.365	5.44	1.80400	46.6
5	177.584	(可変)		
6	77.712	1.30	1.83481	42.7
7	14.008	8.61		
8*	-55.042	1.20	1.85135	40.1
9*	35.356	0.15		
10	34.002	6.46	1.85478	24.8
11	-28.709	0.21		
12	-26.718	1.00	1.77250	49.6
13	-202.259	(可変)		
14	51.200	2.40	1.59522	67.7
15	-91.988	(可変)		
16	-44.756	0.80	1.91082	35.3
17	-222.920	(可変)		
18(絞り)		0.70		
19	20.057	1.05	1.84666	23.8
20	15.441	7.28	1.49700	81.5
21	-60.793	0.20		
22*	47.809	2.95	1.58313	59.4
23	-83.627	(可変)		
24	-56.404	3.28	1.84666	23.8
25	-15.362	0.80	1.76200	40.1
26	37.316	(可変)		
27	-1372.861	2.59	1.60311	60.6
28	-44.084	0.15		
29	92.250	8.14	1.48749	70.2
30	-16.466	1.30	1.80610	33.3
31	-76.131	(可変)		

像面

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

非球面データ

第8面

K = 9.41904e+000 A 4= 1.09115e-005 A 6=-4.26769e-008
A 8= 1.19874e-011

第9面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.00957e-006 A 6=-6.42162e-008

10

第22面

K = 7.47953e+000 A 4=-2.62547e-005 A 6=-2.56167e-008
A 8=-6.54406e-010 A10= 5.64855e-012 A12=-2.15921e-014

【 0 0 7 7 】

各種データ

ズーム比 4.12

	広角	中間	望遠
焦点距離	24.75	52.09	101.92
Fナンバー	3.60	4.81	5.83
半画角(度)	41.16	22.56	11.98
像高	21.64	21.64	21.64
レンズ全長	146.25	166.83	195.25
BF	38.99	58.34	73.70

20

d 5	1.00	15.68	34.52
d13	19.99	6.53	0.75
d15	3.65	5.50	7.50
d17	6.06	4.21	2.21
d23	3.38	5.55	7.17
d26	7.64	5.46	3.84
d31	38.99	58.34	73.70

30

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	99.63
2	6	-16.61
3	14	55.61
4	16	-61.61
5	18	22.97
6	24	-32.89
7	27	93.82

40

【 0 0 7 8 】

[数値実施例 2]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	125.294	2.40	1.85478	24.8

50

2	70.402	7.57	1.43875	94.9	
3	4327.432	0.15			
4	65.577	5.59	1.77250	49.6	
5	204.816	(可変)			
6*	59.060	1.20	1.85135	40.1	
7	12.781	7.87			
8	-43.049	1.00	1.83481	42.7	
9	29.771	0.15			
10	24.714	6.04	1.84666	23.8	
11	-29.976	0.17			10
12	-27.155	1.00	1.77250	49.6	
13	75.849	(可変)			
14	44.670	3.27	1.49700	81.5	
15	-35.005	(可変)			
16	-30.876	0.80	1.88300	40.8	
17	-114.729	(可変)			
18(絞リ)		1.70			
19	21.199	1.00	2.00100	29.1	
20	16.804	6.32	1.43875	94.9	
21	-62.227	0.20			20
22*	42.403	3.04	1.55332	71.7	
23	-79.400	(可変)			
24	-59.654	2.57	1.87399	23.1	
25	-20.600	0.90	1.81600	46.6	
26	46.994	(可変)			
27*	54.468	5.41	1.55332	71.7	
28	-29.468	0.20			
29	64.796	6.37	1.49700	81.5	
30	-23.624	1.10	1.80610	33.3	
31	-9190.640	(可変)			30
像面					

【 0 0 7 9 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.61452e-006 A 6=-1.29841e-008
A 8=-6.85079e-011 A10= 4.04256e-013 A12=-7.04534e-016

第22面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.25608e-005 A 6=-1.49455e-008
A 8= 1.73420e-012

第27面

K = 0.00000e+000 A 4=-7.25485e-006 A 6= 9.46293e-009
A 8=-2.26345e-011

【 0 0 8 0 】

各種データ

ズーム比

6.81

広角

中間

望遠

焦点距離	15.40	22.95	104.92
Fナンバー	2.88	3.39	5.60
半画角（度）	41.57	30.76	7.42
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	149.46	154.42	222.88
BF	38.13	46.49	77.97

d 5	1.00	6.65	53.43
d13	19.81	10.76	0.96
d15	5.86	4.80	5.72
d17	1.84	2.89	1.98
d23	2.18	6.32	14.76
d26	14.63	10.49	2.05
d31	38.13	46.49	77.97

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	112.24
2	6	-11.48
3	14	40.03
4	16	-48.06
5	18	25.83
6	24	-33.79
7	27	39.79

20

【 0 0 8 1 】

[数値実施例 3]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	151.813	2.00	1.85478	24.8
2	68.860	8.31	1.53775	74.7
3	-1866.761	0.15		
4	60.879	5.76	1.81600	46.6
5	165.878	(可変)		
6*	67.767	1.20	1.85135	40.1
7	13.042	7.90		
8	-35.637	1.20	1.83481	42.7
9	32.988	0.15		
10	26.721	6.16	1.84666	23.8
11	-25.697	0.00		
12	-24.016	1.00	1.77250	49.6
13	118.845	(可変)		
14	95.484	1.20	1.48749	70.2
15	1742.962	0.20		
16	60.798	2.30	1.59522	67.7
17	-45.290	(可変)		
18	-33.935	0.70	1.88300	40.8
19	-1255.247	(可変)		

30

40

50

20(絞り)		1.50		
21	22.168	1.20	2.00069	25.5
22	17.862	5.60	1.43875	94.9
23	-47.621	0.20		
24*	50.090	2.43	1.55332	71.7
25	-94.457	(可変)		
26	-73.417	3.18	1.85026	32.3
27	-15.566	0.60	1.80400	46.6
28	64.378	(可変)		
29*	52.300	4.48	1.55332	71.7
30	-30.737	0.20		
31	605.260	4.98	1.51742	52.4
32	-20.182	1.00	1.80610	33.3
33	-193.514	(可変)		

像面

【 0 0 8 2 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 7.13225e-006 A 6=-7.99190e-009
A 8=-1.03269e-010 A10= 4.84921e-013 A12=-6.76467e-016

第24面

K = 0.00000e+000 A 4=-1.34147e-005 A 6=-1.93181e-008
A 8=-3.06029e-011

第29面

K = 0.00000e+000 A 4=-8.55841e-006 A 6= 9.30698e-009
A 8=-1.79882e-011

【 0 0 8 3 】

各種データ

ズーム比 7.22

	広角	中間	望遠
焦点距離	15.34	23.89	110.72
Fナンバー	3.48	3.88	5.60
半画角(度)	41.68	29.76	7.03
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	148.04	152.24	212.88
BF	35.67	45.27	72.93

d 5	1.00	6.28	49.87
d13	22.19	11.51	0.89
d17	4.81	4.43	5.64
d19	2.60	2.97	1.77
d25	1.98	7.17	16.34
d28	16.20	11.02	1.84
d33	35.67	45.27	72.93

ズームレンズ群データ

10

20

30

40

50

群	始面	焦点距離
1	1	100.51
2	6	-11.72
3	14	36.54
4	18	-39.51
5	20	26.26
6	26	-46.90
7	29	49.99

【 0 0 8 4 】

10

[数値実施例 4]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	97.071	2.20	1.91082	35.3
2	55.614	8.21	1.49700	81.5
3	354.557	0.10		
4	67.196	6.05	1.59522	67.7
5	1287.679	(可変)		
6*	91.247	1.20	1.85135	40.1
7	16.669	8.29		
8	-36.402	1.00	1.80400	46.6
9	122.794	0.15		
10	39.761	6.15	1.78472	25.7
11	-36.281	0.80		
12	-25.710	1.00	1.80400	46.6
13	143.363	1.59	1.80809	22.8
14	-204.317	(可変)		
15(絞リ)		1.00		
16*	89.295	4.03	1.55332	71.7
17	-79.794	0.10		
18	83.754	4.86	1.48749	70.2
19	-45.199	0.10		
20	133.362	5.27	1.48749	70.2
21	-31.690	1.00	1.80518	25.4
22	-119.331	(可変)		
23*	-45.333	0.90	1.69350	53.2
24	32.811	2.41	1.72151	29.2
25	210.200	(可変)		
26*	245.449	4.15	1.58313	59.4
27	-32.783	0.10		
28	61.230	5.07	1.48749	70.2
29	-36.664	1.45		
30	-31.390	1.00	1.88300	40.8
31	52.249	5.43	1.51742	52.4
32	-47.350	(可変)		
33	-109.969	1.20	1.48749	70.2
34	862.824	(可変)		

20

30

40

50

像面

【 0 0 8 5 】

非球面データ

第6面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.28560e-006 A 6= 1.94249e-008
A 8=-1.04660e-010 A10= 1.79714e-013

第16面

K = 0.00000e+000 A 4=-2.30164e-006 A 6=-8.47712e-010
A 8= 1.41417e-011 A10=-3.21933e-014

10

第23面

K = 0.00000e+000 A 4= 2.66189e-006 A 6=-2.86074e-010
A 8=-4.88264e-011

第26面

K = 0.00000e+000 A 4=-4.47379e-006 A 6= 3.90667e-009
A 8= 3.12498e-011 A10=-2.21000e-013

20

【 0 0 8 6 】

各種データ

ズーム比	16.28		
	広角	中間	望遠
焦点距離	18.11	127.86	294.93
Fナンバー	3.39	4.45	5.80
半画角(度)	37.03	6.10	2.65
像高	13.66	13.66	13.66
レンズ全長	195.39	232.88	243.69
BF	36.07	54.33	50.66
d 5	2.16	55.27	71.46
d14	50.02	12.34	0.97
d22	3.48	27.55	29.00
d25	27.85	3.78	2.33
d32	1.00	4.80	14.45
d34	36.07	54.33	50.66

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	112.62
2	6	-16.26
3	15	34.12
4	23	-55.66
5	26	52.28
6	33	-200.00

40

【 0 0 8 7 】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
f w	24.751	15.402	15.424	18.111
f t	101.922	104.930	109.898	294.931
f 1	99.627	112.239	100.505	112.624
f 2	-16.609	-11.478	-11.717	-16.264
f 3	55.609	40.034	36.540	34.122
f 4	-61.614	-48.057	-39.510	-55.657
f 5	22.973	25.827	26.257	52.276
f 6	-32.890	-33.791	-46.898	-200.000
f 7	93.816	39.793	49.986	
m 1	49.000	73.413	64.834	48.303
f t / f w	4.118	6.813	7.125	16.285
条件式 (1) $\nu d 3 p$	67.74	81.54	67.74	70.23
条件式 (2) $ f 4 / f 3 $	1.108	1.200	1.081	1.631
条件式 (3) $ f 2 / m 1 $	0.339	0.156	0.181	0.337
条件式 (4) $f 5 / f t$	0.225	0.246	0.239	0.177
条件式 (5) $f 1 / f w$	4.025	7.287	6.516	6.219
条件式 (6) $ f 3 \times f 4 ^{1/2} / f 5$	2.548	1.698	1.447	0.834
条件式 (7) $n d 4 n$	1.9108	1.883	1.883	1.694
条件式 (8) $\nu d 4 n$	35.25	40.76	40.76	53.20
条件式 (9) $ f 6 / f w $	1.329	2.194	3.041	11.043

10

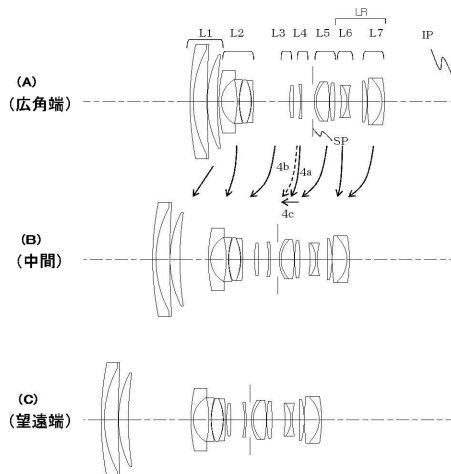
【符号の説明】

【 0 0 8 8 】

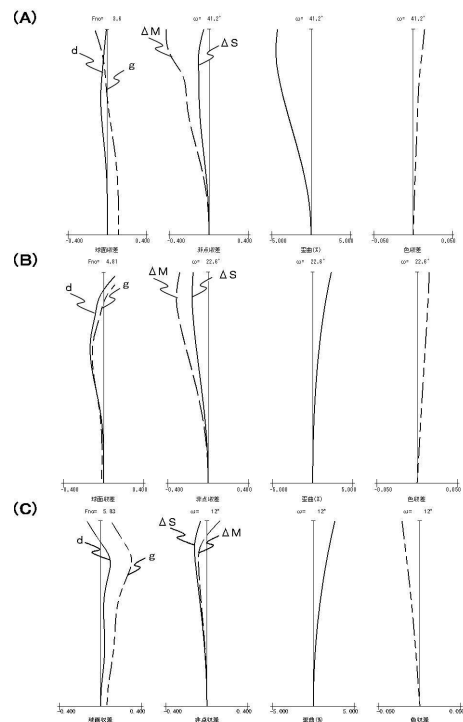
L 1 ... 第 1 レンズ群 L 2 ... 第 2 レンズ群 L 3 ... 第 3 レンズ群
 L 4 ... 第 4 レンズ群 L 5 ... 第 5 レンズ群 L 6 ... 第 6 レンズ群
 L 7 ... 第 7 レンズ群 d ... d 線 g ... g 線
 M ... メリディオナル像面 S ... サジタル像面
 S P ... 絞り I P ... 結像面

20

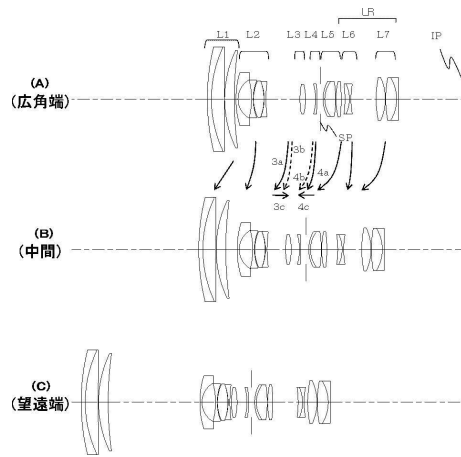
【図 1】



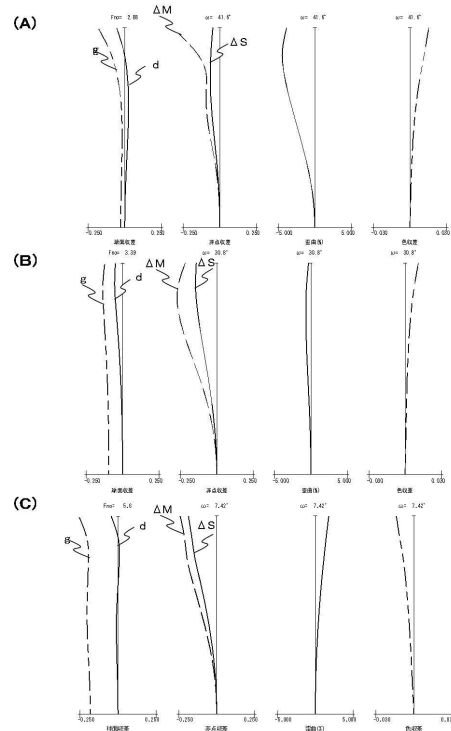
【図 2】



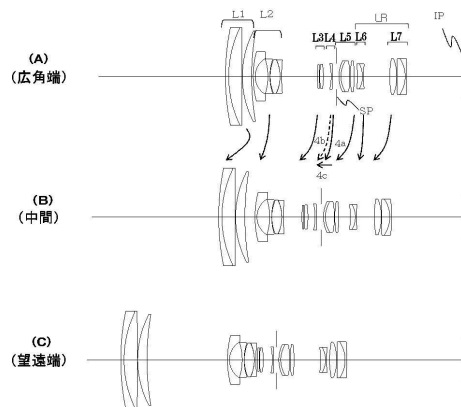
【図 3】



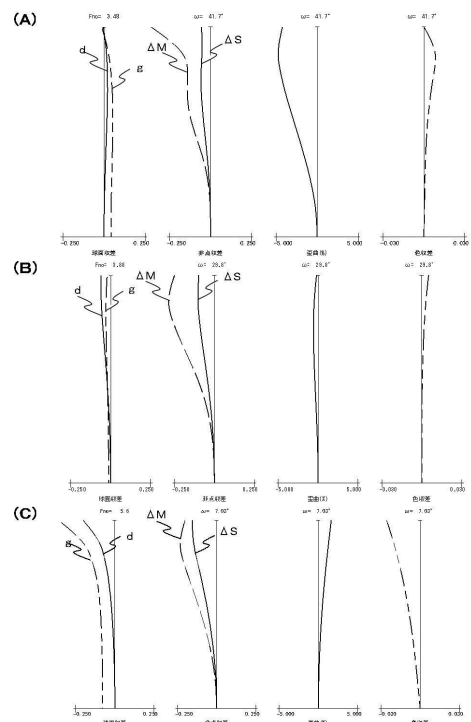
【図 4】



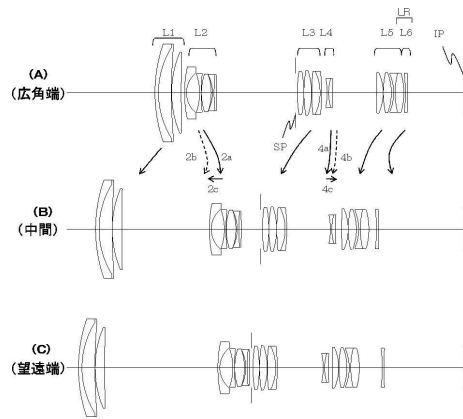
【図 5】



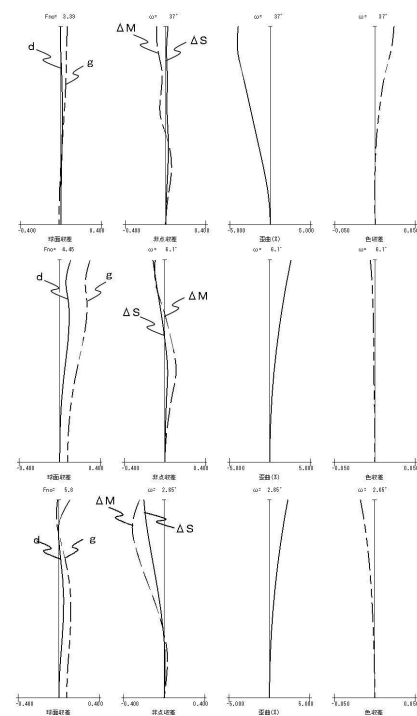
【図 6】



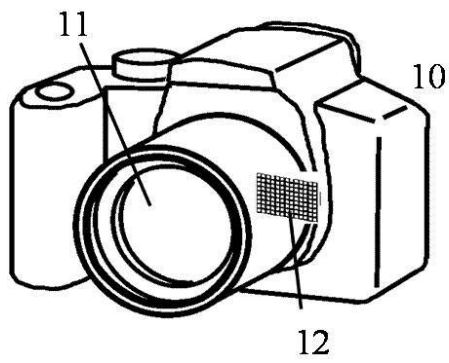
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-093975(JP,A)
特開2011-081113(JP,A)
特開2009-180844(JP,A)
特開2006-251462(JP,A)
特開平11-174324(JP,A)
特開平10-133109(JP,A)
国際公開第2013/114515(WO,A1)
特開2001-350093(JP,A)
特開平11-316342(JP,A)
特開平10-133108(JP,A)
特開2009-265653(JP,A)
特開2013-178298(JP,A)
特開2014-145807(JP,A)
国際公開第2014/006653(WO,A1)
特開2004-198529(JP,A)
特開2013-257507(JP,A)
特開2013-105053(JP,A)
特開2011-215218(JP,A)
特開2005-352057(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/20

G02B 13/18