

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6143501号
(P6143501)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月19日(2017.5.19)

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

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-50184 (P2013-50184)	(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25年3月13日(2013.3.13)	(74) 代理人	100086818 弁理士 高梨 幸雄
(65) 公開番号	特開2014-174524 (P2014-174524A)	(72) 発明者	篠原 健志 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26年9月22日(2014.9.22)	審査官	堀井 康司
審査請求日	平成28年3月3日(2016.3.3)		

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、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、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、

ズームングに際して、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動することにより、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、

広角端から望遠端へのズームングにおける前記第2レンズ群の移動量を $M2$ 、前記第2レンズ群の焦点距離を $f2$ 、広角端と望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、

$$4.91 \frac{M2}{|f2|} < 7.5$$

$$0.4 < 3t / 3w < 4.5$$

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、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、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、

ズームングに際して、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動することにより、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、

広角端から望遠端へのズームングにおける前記第2レンズ群の移動量を $M2$ 、前記第2レンズ群の焦点距離を $f2$ 、広角端と望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を各々 $2w$ 、 $2t$ 、広角端と望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$

とするとき、

$$4.6 < M2 / |f2| < 7.5$$

$$0.4 < 3t / 3w < 4.5$$

$$2.5 < 2t / 2w < 8.0$$

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3】

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 とするとき

$$6.8 < f_3 / f_w < 11.0$$

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。

10

【請求項4】

前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$-9.5 < f_1 / f_2 < -6.5$$

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。

【請求項5】

前記第2レンズ群を構成する各レンズの材料の屈折率の平均値を N_2nd とするとき、

$$N_2nd > 1.85$$

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。

20

【請求項6】

像ぶれ補正に際して、前記第3レンズ群の全体あるいは一部が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。

【請求項7】

ズームングに際して、前記第1レンズ群が移動することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のズームレンズ。

【請求項8】

広角端における有効像円径が望遠端における有効像円径よりも小さい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。

30

【請求項9】

請求項1乃至8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】

本発明はズームレンズに関し、特にビデオカメラ、監視カメラ、デジタルスチルカメラ、放送用カメラ、銀塩写真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。

【背景技術】

40

【0002】

固体撮像素子を用いたビデオカメラ、監視用カメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置に用いる撮像光学系には、全系が小型で広画角、高ズーム比のズームレンズであることが求められている。さらに、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有するズームレンズであることが要望されている。これらの要求を満足するズームレンズとして、物体側より像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1乃至第4レンズ群を有する4群ズームレンズが知られている。

【0003】

このうち、第2レンズ群と第3レンズ群を移動させて変倍を行い、第4レンズ群を移動させて変倍に伴う像面変動を補正すると共にフォーカシングを行う、所謂リアフォーカス

50

タイプの4群ズームレンズが知られている(特許文献1、2)。特許文献1、2では、高ズーム比で全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有する4群ズームレンズを開示している。また前述した4群ズームレンズにおいてズーミングに際して4つのレンズ群全てを移動させ、第4レンズ群でフォーカシングを行った4群ズームレンズが知られている(特許文献3)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平8-82743号公報

【特許文献2】特開2011-145565号公報

【特許文献3】特開2008-76493号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前述した構成のポジティブリード型の4群ズームレンズは全系の小型化及び高ズーム比を得るのが比較的容易である。しかしながら、広画角化及び高ズーム比化を図りつつ、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を得るには、ズームタイプ、各レンズ群の屈折力そして各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。例えば前述したズームタイプのリヤフォーカス式の4群ズームレンズでは、変倍用の第2レンズ群の屈折力やズーミングに伴う移動距離(移動量)や広角端と望遠端における結像倍率等を適切に設定することが重要になってくる。

【0006】

更に第3レンズ群の屈折力や広角端と望遠端における結像倍率等を適切に設定することが重要になってくる。これらの構成を適切に設定しないと、全系の小型化を図りつつ、広画角化及び高ズーム比化を図り、全変倍範囲にわたり高い光学性能を得るのが困難になってくる。

【0007】

本発明は全系が小型で広画角かつ高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有するズームレンズ及びそれを有する撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

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、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、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、

ズーミングに際して、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動することにより、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、

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を M_2 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端と望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を各々 $3w$ 、 $3t$ とするとき、

$$4.91 \frac{M_2}{|f_2|} < 7.5$$

$$0.4 < 3t / 3w < 4.5$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

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、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、正の屈折力の第4レンズ群より構成され、

ズーミングに際して、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群が移動することにより、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、

広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群の移動量を M_2 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、広角端と望遠端における前記第2レンズ群の横倍率を各々

$$2w、2t、広角端と望遠端における前記第3レンズ群の横倍率を各々3w、3t$$

10

20

30

40

50

とするとき、

$$4.6 < M^2 / |f^2| < 7.5$$

$$0.4 < 3t / 3w < 4.5$$

$$25 < 2t / 2w < 80$$

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】

【0009】

本発明によれば、全系が小型で広画角かつ高ズーム比で、全ズーム範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズが得られる。

【図面の簡単な説明】

10

【0010】

【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のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図3】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のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図5】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のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

20

【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のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図9】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のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図11】実施例6のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

【図12】(A)、(B)、(C) 実施例6のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図13】実施例7のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図

30

【図14】(A)、(B)、(C) 実施例7のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図15】本発明のズームレンズを搭載するビデオカメラ(撮像装置)の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を用いて本発明のズームレンズ及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群、負の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群、正の屈折力の第4レンズ群より構成されている。そしてズーミングに際して、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群が移動することにより、隣り合うレンズ群の間隔が変化する。

40

【0012】

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、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、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)における収差図である。図3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、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、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【0013】

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、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、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。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

50

断面図、図 8 (A)、(B)、(C) はそれぞれ実施例 4 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【 0 0 1 4 】

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、図 1 0 (A)、(B)、(C) はそれぞれ実施例 5 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図 1 1 は本発明の実施例 6 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図 1 2 (A)、(B)、(C) はそれぞれ実施例 6 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。

【 0 0 1 5 】

図 1 3 は本発明の実施例 7 のズームレンズの広角端におけるレンズ断面図、図 1 4 (A)、(B)、(C) はそれぞれ実施例 7 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。図 1 5 は本発明のズームレンズを搭載するビデオカメラ (撮像装置) の要部概略図である。

【 0 0 1 6 】

各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影光学系であり、レンズ断面図において、左方が被写体側 (物体側) で、右方が像側である。レンズ断面図において、L 1 は正の屈折力の第 1 レンズ群、L 2 は負の屈折力の第 2 レンズ群、L 3 は正の屈折力の第 3 レンズ群、L 4 は正の屈折力の第 4 レンズ群である。S P は開口絞りであり、第 3 レンズ群 L 3 の物体側に位置している。矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての移動軌跡を示している。

【 0 0 1 7 】

各実施例のズームレンズは、ズーミングに際して開口絞り S P を移動又は不動としている。G B は光学フィルター、フェースプレート等に相当する光学ブロックである。I P は像面であり、デジタルスチルカメラやビデオカメラの撮影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の撮像面が、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。

【 0 0 1 8 】

収差図において、球面収差は d 線及び g 線について示している。非点収差図において M , S は各々メリジオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差は g 線によって表している。また、F n o は F ナンバーである。は半画角 (度) 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レンズ群が機構上光軸方向において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。

【 0 0 1 9 】

各実施例では、広角端から望遠端へのズーミングに際して矢印のように、第 2 レンズ群 L 2 が像側に単調移動している。また第 3 レンズ群 L 3 は物体側に単調移動あるいは物体側に凸状の軌跡で移動している。そして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して変倍を行っている。

【 0 0 2 0 】

各実施例のズームレンズは、第 4 レンズ群 L 4 を物体側に凸状の軌跡で移動させることで変倍に伴う像面変動を補正している。また、各実施例では、第 4 レンズ群 L 4 を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤフォーカス式を採用している。第 4 レンズ群 L 4 に関する実線の曲線 4 a と点線の曲線 4 b は、各々無限遠と近距離にフォーカスしているときのズーミングに伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。各実施例のズームレンズについては、第 4 レンズ群 L 4 を物体側へ凸状の軌跡とすることで第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 間の空間の有効利用を図り、レンズ全長の短縮化を図っている。

【 0 0 2 1 】

又、各実施例では望遠端において無限遠から近距離へフォーカスを行う場合には、矢印 4 c に示すように第 4 レンズ群 L 4 を前方に繰り出すことで行っている。尚、第 1 レンズ群 L 1 はフォーカスの為には光軸方向に不動であるが、収差補正上必要に応じて移動させてもよい。又、撮影時には、第 3 レンズ群 L 3 の全体または一部を光軸に対して垂直方向

10

20

30

40

50

の成分を持つ方向に移動させる事によって撮影画像を光軸に対して垂直方向に変移させてズームレンズが振動したときに生ずる撮影画像のブレを補正している。即ち像ぶれ補正を行っている。

【0022】

本発明のズームレンズは、広画角、高ズーム比でありながら全系が小型であることを特徴としている。広画角化を達成するのに容易なズームタイプとしては最も物体側に負の屈折力のレンズ群を配置したネガティブリードタイプが有利である。しかしながら、多くのネガティブリードタイプのズームレンズではズーム比を上げるとFナンバーが大きくなる。即ち、Fナンバーの落ちが大きくなり、特に望遠端においてFナンバーが大きくなり、レンズ系が暗くなってしまう。その影響で、高いズーム比を達成することが困難となる傾向がある。

10

【0023】

一方、最も物体側に正の屈折力のレンズ群が位置するポジティブリードタイプはズームングに際してのFナンバーの落ちは少ない。その為、本発明のズームレンズはポジティブリードタイプを採用している。具体的には物体側から像側へ順に、正、負、正、正の屈折力の第1乃至第4レンズ群よりなる4群ズームレンズを採用している。高ズーム比を図るには、変倍用のレンズ群の移動量(ストローク)とズームングに際しての収差変動を抑えつつ全系を小型化する事が重要となる。

【0024】

前述した4群ズームレンズにおいて、ズームングに際して第3レンズ群を不動とすると、第3レンズ群の変倍分担が小さくなる。このため、高ズーム比化を図るには第2、第4レンズ群の変倍分担を大きくする必要がある。そうすると、第2、第4レンズ群のズームングに際しての移動量が大きくなり、全系が大型化してくる。

20

【0025】

そこで本発明では広角端から望遠端へのズームングに際して第3レンズ群を物体側へ繰り出すことによって、第3レンズ群L3の変倍分担を大きくしている。そしてズームングに際しての第2、第4レンズ群の移動量を少なくし、全系の小型化を図りつつズームングに際しての収差変動を軽減している。

【0026】

一方、広画角化を図るとレンズ前玉(第1レンズ群)に入射してくる光線の入射角度が大きくなるため、入射瞳位置が全系の小型化を図る際に重要となる。特に前述したリアフォーカスタイプの4群ズームレンズは広角端から少し望遠端寄りのズーム位置で前玉有効径が決まる事が多い。この為、前記ズーム位置において入射瞳位置を第1レンズ群に近づけることが前玉有効径の小型化には必要となる。

30

【0027】

本発明では、広角端から望遠端へのズームングに際して第3レンズ群を物体側に繰り出す事で変倍効果をもたせて、第3レンズ群L3が不動の場合に比べて中間のズーム位置での焦点距離を長くしている。また第2レンズ群の変倍分担を減らすことで第2レンズ群のズームングに際しての移動量を抑制している。これにより同じ焦点距離において入射瞳位置を第1レンズ群に近づけることにより、広画角化を図りつつ前玉有効径の小型化を図っている。

40

【0028】

上述の様に、本発明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3レンズ群L3を物体側に移動させる事で変倍分担を大きくし、広画角化及び高ズーム比化そして全系の小型化を容易にしている。後述する各実施例では撮影画角が70°以上の広画角で、ズーム比40以上の高ズーム比で全系がコンパクトなズームレンズを達成している。

【0029】

各実施例において広角端から望遠端へのズームングにおける第2レンズ群L2の移動量をM2、第2レンズ群L2の焦点距離をf2とする。広角端と望遠端における第3レンズ

50

群 L 3 の横倍率を各々 $3 w$ 、 $3 t$ とする。このとき、

$$4.6 < M 2 / | f 2 | < 7.5 \quad \dots (1)$$

$$0.4 < 3 t / 3 w < 4.5 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足している。ここで第 2 レンズ群 L 2 の移動量 M 2 の符号は、広角端に比べて望遠端において物体側に位置するときを負、像側に位置するときを正としている。

【 0 0 3 0 】

条件式 (1) は、第 2 レンズ群 L 2 の屈折力 (パワー) に関する。条件式 (1) の下限値を下回ると、ズームングに際しての第 2 レンズ群 L 2 の移動量 (ストローク) が短くなるため前玉有効径の小型化に対して有利となる。しかしながら第 3 レンズ群 L 3 に変倍分担を持たせる必要があり、第 3 レンズ群 L 3 のストロークが伸びレンズ全長が大型化してくる。一方、条件式 (1) の上限値を上回ると、ズームングに際しての第 2 レンズ群 L 2 のストロークが伸びるため、レンズ全長及び前玉有効径の小型化が困難になる。

10

【 0 0 3 1 】

条件式 (2) は、第 3 レンズ群 L 3 の変倍分担に関する。条件式 (2) の下限値を下回ると、第 3 レンズ群 L 3 の変倍分担が小さくなるために第 2 レンズ群 L 2 での変倍分担を増やす必要がある。そうすると、第 2 レンズ群 L 2 のズームングに際してのストロークを伸ばす必要があり、前玉有効径が増大してくる。一方、条件式 (2) の上限値を上回ると、第 3 レンズ群 L 3 の変倍分担が大きくなるために前玉有効径は小型化されるが、第 3 レンズ群 L 3 のズームングに際してのストロークが伸び、レンズ全長が大型化してくる。

20

【 0 0 3 2 】

全系を小型化しつつ、広画角化、高ズーム比化を達成するために、主変倍レンズ群である第 2 レンズ群 L 2 の屈折力を強める必要がある。その際、広角側において像面湾曲や中間像高のコマ収差が増大し、またズームングに際して倍率色収差の変動が大きくなる。そこで、各実施例では広角端から望遠端へのズームングに際して第 3 レンズ群 L 3 を物体側へ繰り出し、変倍効果を分担する事で第 2 レンズ群 L 2 の屈折力を強めている。これにより像面湾曲やコマ収差等の諸収差の発生を抑制し良好なる光学性能を維持しつつ全系の小型化を図っている。

【 0 0 3 3 】

各実施例において、更に好ましくは次の諸条件のうち 1 以上を満足するのが良い。広角端と望遠端における第 2 レンズ群 L 2 の横倍率を各々 $2 w$ 、 $2 t$ とする。第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離を $f 3$ 、広角端における全系の焦点距離を $f w$ 、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を $f 1$ とする。第 2 レンズ群 L 2 を構成する各レンズの材料の屈折率の平均値を $N 2 n d$ とする。このとき次の条件式のうち 1 以上を満足するのが良い。

30

【 0 0 3 4 】

$$2.5 < 2 t / 2 w < 8.0 \quad \dots (3)$$

$$6.8 < f 3 / f w < 11.0 \quad \dots (4)$$

$$-9.5 < f 1 / f 2 < -6.5 \quad \dots (5)$$

$$N 2 n d > 1.85 \quad \dots (6)$$

【 0 0 3 5 】

条件式 (3) は、第 2 レンズ群 L 2 の変倍分担に関し、主に全系の小型化を図りつつ、像面湾曲、倍率色収差等を良好に補正するためのものである。条件式 (3) の上限値を上回ると、第 2 レンズ群 L 2 の変倍分担が増えるため、ズームングに際しての第 2 レンズ群 L 2 の移動量が増大し、前玉有効径が大型化してくる。また、第 2 レンズ群 L 2 の屈折力が強まるためにズームングに伴う像面湾曲や倍率色収差の変動も大きくなりこれらの収差補正が困難になる。

40

【 0 0 3 6 】

一方、条件式 (3) の下限値を下回ると、第 2 レンズ群 L 2 の変倍分担が減る。このため、広角側において像面湾曲、倍率色収差の補正が容易になるが、所定の変倍比を得るために第 3 レンズ群 L 3 の変倍分担が増える。このためズームングに際して第 3 レンズ群 L 3 の移動量が増大し過ぎ、レンズ全長が大型化してくるため好ましくない。

50

【 0 0 3 7 】

条件式(4)は、第3レンズ群L3の屈折力配分(パワー配分)に関する。条件式(4)は主に軸上色収差や球面収差を良好に補正するための条件式である。条件式(4)の下限値を下回ると、第3レンズ群L3の屈折力が強まり、広角側において球面収差の補正が困難となる。また、十分な長さのバックフォーカスを確保することが困難となる。一方、条件式(4)の上限値を上回ると、第3レンズ群L3の屈折力が弱まり、軸上色収差の補正が困難となる。また、ズーミングに際して第3レンズ群L3の移動量が増え、レンズ全長が大型化するため好ましくない。

【 0 0 3 8 】

条件式(5)は、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の屈折力に関する。条件式(5)は主に、望遠端における光学性能を良好にするための条件式である。条件式(5)の下限値を下回ると、第2レンズ群L2の屈折力が強まり、ズーミングに際してのストロークが短くなるため全系の小型化は容易になるが、ズーミングに際して像面湾曲の変動が増大してくる。一方、条件式(5)の上限値を上回ると、第1レンズ群L1の屈折力が強まるため、望遠端において球面収差及び軸上色収差の補正が困難となる。

【 0 0 3 9 】

条件式(6)は、第2レンズ群L2を構成する各レンズの材料に関する。条件式(6)は主に像面湾曲を良好に補正するための条件式である。条件式(6)の下限値を下回ると、ベッツパール和がマイナス方向に大きくなり、ズーミングに際して像面湾曲の変動が増大してくる。尚、各実施例において、収差補正上更に好ましくは、条件式(1)乃至(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 4 0 】

$$\begin{aligned} 4.7 < M2 / |f2| < 7.3 & \dots (1a) \\ 0.42 < 3t / 3w < 4.30 & \dots (2a) \\ 26 < 2t / 2w < 78 & \dots (3a) \\ 7.0 < f3 / fw < 10.8 & \dots (4a) \\ -9.3 < f1 / f2 < -6.6 & \dots (5a) \\ 2.4 > N2nd > 1.85 & \dots (6a) \end{aligned}$$

より更に好ましくは、条件式(1a)乃至(6a)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 4 1 】

$$\begin{aligned} 4.8 < M2 / |f2| < 7.0 & \dots (1b) \\ 0.44 < 3t / 3w < 4.00 & \dots (2b) \\ 28 < 2t / 2w < 75 & \dots (3b) \\ 7.3 < f3 / fw < 10.5 & \dots (4b) \\ -9.1 < f1 / f2 < -6.7 & \dots (5b) \\ 2.4 > N2nd > 1.88 & \dots (6b) \end{aligned}$$

また条件式(1)の数値範囲は後述する実施例5の数値を用いて

$$4.91 < M2 / |f2| < 7.5 \dots (1X)$$

とするのが良い。

【 0 0 4 2 】

各実施例では以上のように各レンズ群を構成することによって、撮影画角が70°以上の広画角であり、また、ズーム比も40以上の高ズーム比に対応し、全系がコンパクトなズームレンズを得ている。

【 0 0 4 3 】

次に各レンズ群のレンズ構成について説明する。第1レンズ群L1は物体側から像側へ順に、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズ、1以上の物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズで構成している。各実施例のズームレンズでは全系を小型とするために第1レンズ群L1の屈折力を適切な範囲で強めている。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

第1レンズ群L1の屈折力を強めると、第1レンズ群L1内で発生する諸収差、特に望遠側において球面収差が多く発生してくる。そこで第1レンズ群L1の正の屈折力を接合レンズと1枚あるいは2枚の正レンズで分担しこれらの諸収差の発生を低減している。第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、屈折力の絶対値が物体側に比べて像側に強く、像側のレンズ面が凹形状の負レンズ、両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとを接合した接合レンズの4枚のレンズで構成している。

【0045】

各実施例のズームレンズでは広角端において広い画角を得ながら第1レンズ群L1の有効径を小型にするために第2レンズ群L2の屈折力を適切な範囲で強めている。第2レンズ群L2の屈折力を強めた際、第2レンズ群L2で発生する諸収差、特に広角側において像面湾曲、倍率色収差が多く発生してくる。各実施例では第2レンズ群L2の負の屈折力を2枚の負レンズで分担し、像面湾曲の発生を低減している。また、接合レンズにて倍率色収差の発生を低減している。このようなレンズ構成により広画角化を図りながら前玉有効径の小型化を図りつつ高い光学性能を得ている。

10

【0046】

なお、第2レンズ群L2を構成する正レンズの材料にアッペ数が20より小さい高分散材料を用いることで、色消しのために必要なレンズの屈折力をなるべく小さくなるようにしている。これにより像面湾曲や倍率色収差等の発生を抑えつつ全系の小型化を図っている。第3レンズ群L3は物体側から像側へ順に、物体側のレンズ面が凸形状の正レンズ、像側のレンズ面が凹形状の負レンズ、物体側のレンズ面が凸形状の正レンズより構成して

20

【0047】

各実施例のズームレンズでは広角端においてレンズ全長を短縮しつつ、ズームングに際しての移動量を短くするために第3レンズ群L3の屈折力を適切な範囲で強めている。屈折力を強めた際、第3レンズ群L3より諸収差、特に軸上色収差やコマ収差が多く発生してくる。そこで第3レンズ群L3を2つの正レンズと1つの負レンズで屈折力を分担し、色消し及びコマ収差の低減を図っている。

【0048】

なお、第3レンズ群L3を構成する負レンズの材料に屈折率が1.95より高い高屈折率材料を用いることでレンズ面の曲率を緩くし、コマ収差や像面湾曲等の発生を低減している。第4レンズ群L4は正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより構成している。各実施例では第4レンズ群L4を接合レンズで構成することで、ズームングに際しての倍率色収差や像面湾曲等の変動を低減している。

30

【0049】

実施例1, 2, 4, 5のズームレンズは、ズームングに際して開口絞りSPは不動である。開口絞りSPを不動とすることで撮像装置の簡素化を容易にしている。一方、実施例3, 6, 7のズームレンズにおいて、開口絞りSPは広角端から中間のズーム位置まで物体側に移動し、中間のズーム位置から望遠端までは像面側に移動している。この様に開口絞りSPが移動することで第2レンズ群L2と第3レンズ群L3間の空間を有効利用し、レンズ全長の短縮と前玉有効径の小型化を図っている。

40

【0050】

各実施例では、広角端から望遠端へのズームングに際して矢印のように、第2レンズ群L2は像側に移動し、第3レンズ群L3は物体側に移動する。また、第4レンズ群L4は物体側に凸状の軌跡で移動することで変倍に伴う像面変動を補正している。尚、実施例1, 2, 4乃至7のズームレンズではズームングに際して第1レンズ群L1は不動であり、実施例3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は物体側に移動する。

【0051】

a1, b1を第1レンズ群L1の1次, 2次の移動係数(移動パラメータ)とする。a3, b3, c3, d3, e3, f3, g3, h3を第3レンズ群L3の1次, 2次, 3次

50

、4次、5次、6次、7次、8次の移動係数とする。このとき、ズームに伴う第1レンズ群L1の移動量M1と第3レンズ群L3の移動量M3は以下の式で表わされる。

【0052】

$$M1 = a1x + b1x^2$$

$$M3 = a3x + b3x^2 + c3x^3 + d3x^4 + e3x^5 + f3x^6 + g3x^7 + h3x^8$$

ただし、M1、M3の符号は各々物体側への移動を負、像側への移動を正としている。ここで、xは移動パラメータで広角端をx=0、望遠端をx=1としている。

【0053】

各実施例では以上のように各レンズ群を構成することによって広画角であり、また高ズーム比に対応した、全系が小型なズームレンズを得ている。尚、各実施例のズームレンズを撮像装置に用いたときは、歪曲収差を画像処理によって補正することができる。このとき、広角側における有効像円径を望遠端における有効像円径よりも小さくすることにより、前玉有効径を小型化することができる。

10

【0054】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いた撮像装置（ビデオカメラ）の実施例を図15を用いて説明する。図15において、10はビデオカメラ本体、11は実施例1乃至7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である。13は固体撮像素子12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。14は撮影した12によって光電変換された被写体像を観察するための電子ビューファインダーである。

20

【0055】

以下に、実施例1~7に各々対応する数値実施例1~7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し、riは第i番目（第i面）の曲率半径、diは第i+1面との間の間隔、ndi、diはそれぞれd線を基準とした第i番目の光学部材の材料の屈折率、アッベ数を示す。また第1、第3レンズ群の移動に関する移動係数（移動パラメータ）についても示す。また、数値実施例1~7では最も像側の2つの面は光学ブロックに相当する平面である。BFはバックフォーカスであり最終レンズ面から像面までの空気換算したときの距離である。

30

【0056】

非球面形状は光軸からの高さHの位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にしてXとする。光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、kを円錐定数、A4、A6、A8を各々非球面係数とする。このとき、

【0057】

【数1】

$$X = \frac{H^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(H/R)^2}} + A4H^4 + A6H^6 + A8H^8$$

【0058】

なる式で表している。*は非球面形状を有する面を意味している。「e-x」は10^{-x}を意味している。前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表1に示す。

40

【0059】

[数値実施例1]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	94.524	1.50	1.84666	23.9
2	48.908	4.39	1.49700	81.5
3	-357.106	0.15		
4	41.215	3.54	1.49700	81.5
5	257.187	0.15		

50

6	28.002	2.90	1.59522	67.7	
7	57.135	(可変)			
8	79.932	0.60	2.00100	29.1	
9	6.394	3.54			
10	-16.816	0.50	1.83481	42.7	
11	47.565	0.10			
12	14.678	2.85	1.95906	17.5	
13	-14.973	0.50	2.00100	29.1	
14	47.008	(可変)			
15(絞リ)		(可変)			10
16*	13.493	3.05	1.58313	59.4	
17*	-69.098	6.00			
18	76.136	0.60	2.00100	29.1	
19	12.453	0.30			
20	17.421	2.48	1.59522	67.7	
21	-40.852	(可変)			
22*	17.199	3.10	1.59201	67.0	
23	-16.587	0.50	1.92286	18.9	
24	-22.296	(可変)			
25		1.85	1.51633	64.1	20
26		3.91			

像面

【 0 0 6 0 】

非球面データ

第16面

K = 1.35188e+000 A 4=-5.15017e-005 A 6=-1.73679e-006
A 8= 3.45999e-008

第17面

K = 6.71594e+001 A 4= 1.17238e-004 A 6=-1.34987e-006
A 8= 6.01414e-008

第22面

K =-4.85795e+000 A 4= 8.64064e-005 A 6=-5.69670e-007

各種データ

ズーム比 59.29

	広角	中間	望遠
焦点距離	3.04	44.63	180.50
Fナンバー	1.85	5.50	6.00
半画角(度)	36.4	2.89	0.74
レンズ全長	100.37	100.37	100.37
BF	9.68	19.79	6.37

d 7	0.75	26.15	29.61
d14	30.12	4.72	1.26
d15	12.00	1.72	1.50
d21	11.07	11.24	24.88
d24	4.55	14.66	1.24

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	41.30
2	8	-5.38
3	16	25.42
4	22	18.43

移動パラメータ

a3=-49.40525 b3=115.46284 c3=-138.42544 d3=72.72449 e3=-8.85927
 f3=-0.66625 g3=-0.66625 h3=-0.66625

10

【 0 0 6 1 】

[数値実施例 2]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	85.255	1.50	2.00069	25.5
2	45.274	4.72	1.49700	81.5
3	-211.332	0.15		
4	40.707	2.82	1.49700	81.5
5	199.920	0.15		
6	25.419	2.89	1.59522	67.7
7	59.842	(可変)		
8	60.407	0.60	1.91082	35.3
9	5.254	3.05		
10	-21.068	0.50	1.91082	35.3
11	20.670	0.10		
12	11.126	1.65	1.95906	17.5
13	-65.729	0.50	1.88300	40.8
14	37.254	(可変)		
15(絞り)		(可変)		
16*	9.954	4.63	1.69350	53.2
17*	-49.599	0.15		
18	17.538	0.60	2.00069	25.5
19	9.021	(可変)		
20*	14.395	3.39	1.59201	67.0
21	-14.564	0.50	1.95906	17.5
22	-21.653	(可変)		
23		1.85	1.51633	64.1
24		3.91		

20

30

像面

40

【 0 0 6 2 】

非球面データ

第16面

K =-6.79225e-001 A 4=-7.55038e-008 A 6= 2.57124e-007
 A 8= 3.13755e-009

第17面

K =-1.91606e+001 A 4= 8.21049e-005

第20面

50

K = 2.51180e-002 A 4=-5.07213e-005 A 6=-5.77834e-007

各種データ

ズーム比	44.64			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.04	41.82	135.60	
Fナンバー	1.44	4.57	5.00	
半画角(度)	36.5	3.10	1.00	
レンズ全長	82.67	82.67	82.67	
BF	10.52	16.55	6.15	10
d 7	0.62	24.37	27.61	
d14	28.24	4.50	1.26	
d15	5.32	4.75	1.50	
d19	10.07	4.61	18.26	
d22	5.39	11.42	1.02	

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離	
1	1	38.08	20
2	8	-5.17	
3	16	23.67	
4	20	17.14	

移動パラメータ

a3= -16.16197 b3= 5.44101 c3= 22.58835 d3= 14.58061 e3= -10.90692
 f3= -18.76465 g3= -0.29823 h3= -0.29823

【 0 0 6 3 】

[数値実施例 3]

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	98.884	1.50	1.84666	23.9	
2	47.617	5.23	1.49700	81.5	
3	1093.952	0.15			
4	47.934	4.17	1.49700	81.5	
5	430.541	0.15			
6	42.351	2.31	1.83481	42.7	
7	79.392	(可変)			
8	72.341	0.60	2.00100	29.1	40
9	7.229	3.91			
10	-21.513	0.50	1.88300	40.8	
11	31.807	0.34			
12	17.136	2.00	2.10205	16.8	
13	-48.770	0.50	2.00100	29.1	
14	58.817	(可変)			
15(絞り)		(可変)			
16*	12.491	2.91	1.58313	59.4	
17*	4585.482	5.47			
18	39.759	0.60	2.00100	29.1	50

19	12.083	0.35		
20	17.757	2.70	1.59522	67.7
21	-61.519	(可変)		
22*	16.120	3.12	1.59201	67.0
23	-19.039	0.50	1.92286	18.9
24	-28.276	(可変)		
25		1.85	1.51633	64.1
26		3.91		

像面

【 0 0 6 4 】

10

非球面データ

第16面

K =-6.99625e-001 A 4= 3.89767e-006 A 6= 3.50418e-007
A 8=-9.73835e-009

第17面

K =-7.45750e+006 A 4= 2.74544e-005 A 6= 3.27957e-009
A 8=-7.76768e-009

第22面

20

K =-8.54658e-001 A 4=-2.48572e-006 A 6= 6.34107e-008

各種データ

ズーム比	49.80		
	広角	中間	望遠
焦点距離	2.57	45.55	128.00
Fナンバー	1.85	4.62	5.00
半画角(度)	38.2	2.83	1.02
レンズ全長	106.53	107.02	107.15
BF	10.21	19.45	11.65

30

d 7	0.60	34.56	39.25
d14	38.40	2.53	1.26
d15	14.63	5.28	1.50
d21	5.66	8.18	16.46
d24	5.09	14.32	6.52

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	52.25
2	8	-6.66
3	16	26.95
4	22	19.72

40

移動パラメータ

a1= -0.13158 b1= -0.48147
a3=-46.40507 b3=86.55814 c3=-60.84279 d3=-122.15130
e3=239.95710
f3=-94.54944 g3= -12.88179 h3= -1.91488

50

【 0 0 6 5 】

[数値実施例 4]

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1	94.821	1.50	1.84666	23.9	
2	49.889	4.75	1.49700	81.5	
3	-368.278	0.15			
4	42.147	3.92	1.49700	81.5	
5	298.499	0.15			
6	27.321	3.24	1.59282	68.6	10
7	52.988	(可変)			
8	75.612	0.60	2.00100	29.1	
9	6.608	3.18			
10	-17.640	0.50	1.90826	38.7	
11	77.849	0.10			
12	14.745	3.89	1.95906	17.5	
13	-8.334	0.50	2.01819	25.0	
14	32.494	(可変)			
15(絞リ)		(可変)			
16*	13.428	3.61	1.58313	59.4	20
17*	-44.842	5.90			
18	284.356	0.60	2.00100	29.1	
19	10.068	0.02			
20	10.228	2.83	1.48067	43.9	
21	-49.252	(可変)			
22*	18.591	3.16	1.59201	67.0	
23	-14.943	0.50	1.84666	23.9	
24	-20.669	(可変)			
25		1.85	1.51633	64.1	
26		3.90			30

像面

【 0 0 6 6 】

非球面データ

第16面

K = -3.69536e-002 A 4= -2.65283e-005 A 6= -4.94023e-008
A 8= 4.71186e-009

第17面

K = 2.25732e+001 A 4= 7.04630e-005 A 6= 1.64565e-007
A 8= 7.84111e-009

第22面

K = 6.29556e-002 A 4= -4.38688e-005 A 6= -1.13944e-007

各種データ

ズーム比	98.52			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.07	53.41	302.40	
Fナンバー	1.85	8.14	9.00	
半画角(度)	36.2	2.40	0.50	50

レンズ全長	110.05	110.05	110.05
BF	12.67	27.40	5.19
d 7	0.69	26.22	29.71
d14	30.27	4.74	1.26
d15	15.80	1.73	1.49
d21	11.50	10.85	33.29
d24	7.55	22.27	0.07

ズームレンズ群データ

10

群 始面 焦点距離

1	1	41.57
2	8	-5.01
3	16	30.47
4	22	18.49

移動パラメータ

a3=-54.92810 b3=115.77754 c3=-132.55364 d3=73.04905

e3= -15.03488

a3=-8.56323 g3= 3.78741 h3= 4.15824

20

【 0 0 6 7 】

[数値実施例 5]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	58.468	1.20	1.90366	31.3
2	30.466	5.61	1.49700	81.6
3	-116.688	0.18		
4	25.809	3.16	1.60311	60.6
5	86.046	(可変)		
6	294.306	0.60	2.00100	29.1
7	7.111	2.97		
8	-16.769	0.50	1.80400	46.6
9	50.788	0.20		
10	16.345	2.09	1.95906	17.5
11	-30.678	0.50	1.91082	35.3
12	84.161	(可変)		
13(絞リ)		(可変)		
14*	11.176	3.29	1.59201	67.0
15*	-74.189	5.08		
16	84.456	0.60	2.00100	29.1
17	11.772	0.83		
18	34.923	1.91	1.56384	60.7
19	-24.522	(可変)		
20*	14.233	3.00	1.59201	67.0
21	-20.763	0.50	1.84666	23.9
22	-36.873	(可変)		
23		1.85	1.51633	64.1
24		3.91		

30

40

像面

50

【 0 0 6 8 】

非球面データ

第14面

K =-6.95166e-001 A 4= 2.06563e-005 A 6=-8.34262e-007
A 8= 1.48032e-008

第15面

K =-2.66721e+002 A 4=-1.59735e-005 A 6= 3.40464e-008
A 8= 7.65555e-009

10

第20面

K =-3.55331e+000 A 4= 1.40433e-004 A 6=-6.21548e-007

各種データ

ズーム比	49.60		
	広角	中間	望遠
焦点距離	3.04	51.30	150.80
Fナンバー	1.85	5.50	6.00
半画角(度)	36.5	2.50	0.90
レンズ全長	94.27	94.27	94.27
BF	9.93	19.60	6.56
d 5	0.74	28.63	32.44
d12	32.96	5.06	1.26
d13	12.75	1.50	1.50
d19	5.68	7.25	20.28
d22	4.80	14.47	1.43

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	43.73
2	6	-6.45
3	14	25.20
4	20	19.51

30

移動パラメータ

a3=-48.47560 b3=104.71731 c3=-138.06876 d3=77.73838
e3= 6.28302
f3= -6.21165 g3= -0.84651 h3= -6.38279

40

【 0 0 6 9 】

[数値実施例 6]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	75.648	1.50	1.84666	23.9
2	47.788	5.05	1.49700	81.5
3	381.334	0.15		
4	54.854	3.75	1.49700	81.5
5	346.470	0.15		
6	37.264	3.10	1.59522	67.7

50

7	78.936	(可変)			
8	48.965	0.60	2.00100	29.1	
9	6.866	4.18			
10	-17.927	0.50	1.85560	42.8	
11	41.143	0.28			
12	17.198	2.10	2.10205	16.8	
13	-37.337	0.50	2.00100	29.1	
14	40.238	(可変)			
15(絞リ)		(可変)			
16*	12.940	2.97	1.58313	59.4	10
17*	-508.515	5.08			
18	37.614	0.60	2.00100	29.1	
19	12.225	0.41			
20	20.097	2.38	1.59522	67.7	
21	-38.044	(可変)			
22*	17.155	2.79	1.59201	67.0	
23	-17.047	0.50	1.92286	18.9	
24	-25.255	(可変)			
25		1.85	1.51633	64.1	
26		3.91			20

像面

【 0 0 7 0 】

非球面データ

第16面

K = 3.30618e-001 A 4=-3.67355e-005 A 6=-4.67114e-007
A 8=-1.38530e-009

第17面

K =-3.38528e+003 A 4= 4.24040e-005 A 6=-5.15400e-007
A 8= 3.27807e-009

第22面

K = 1.61917e+000 A 4=-5.38223e-005 A 6=-3.66735e-007

各種データ

ズーム比 49.42

	広角	中間	望遠	
焦点距離	2.63	44.43	130.00	
Fナンバー	1.85	4.62	5.00	
半画角(度)	40.5	2.90	1.00	40
レンズ全長	108.14	108.14	108.14	
BF	9.16	19.62	12.62	
d 7	0.55	35.20	39.93	
d14	38.24	2.77	1.26	
d15	13.12	4.81	1.50	
d21	10.46	9.15	16.24	
d24	4.03	14.49	7.49	

ズームレンズ群データ

50

群	始面	焦点距離
1	1	54.01
2	8	-6.08
3	16	25.56
4	22	19.82

移動パラメータ

$a_3 = -44.82932$ $b_3 = 105.13897$ $c_3 = -126.96392$ $d_3 = 64.35475$
 $e_3 = -1.97798$
 $f_3 = -2.86549$ $g_3 = -1.26339$ $h_3 = -0.82994$

10

【 0 0 7 1 】

[数値実施例 7]

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	105.193	1.50	1.84666	23.9
2	47.145	5.01	1.49700	81.5
3	466.519	0.15		
4	55.476	3.76	1.49700	81.5
5	459.470	0.15		
6	41.653	3.07	1.83481	42.7
7	96.217	(可変)		
8	84.395	0.60	2.00100	29.1
9	7.023	4.45		
10	-21.404	0.50	1.88300	40.8
11	33.648	0.10		
12	15.831	2.20	2.10205	16.8
13	-37.876	0.50	2.00100	29.1
14	35.177	(可変)		
15(絞り)		(可変)		
16*	11.403	3.27	1.58313	59.4
17*	-226.293	3.74		
18	36.772	0.60	2.00100	29.1
19	10.850	0.31		
20	14.438	2.60	1.51823	58.9
21	-53.321	(可変)		
22*	16.791	2.69	1.59201	67.0
23	-18.601	0.50	1.92286	18.9
24	-28.368	(可変)		
25		1.85	1.51633	64.1
26		3.91		

20

30

40

像面

【 0 0 7 2 】

非球面データ

第16面

$K = -2.42653e-001$ $A_4 = 6.79112e-006$ $A_6 = -7.29594e-007$
 $A_8 = 4.29583e-008$

第17面

$K = 1.25526e+003$ $A_4 = 8.88002e-005$ $A_6 = -8.15432e-007$

50

A 8= 6.31836e-008

第22面

K = 1.87751e+000 A 4=-7.18742e-005 A 6=-4.58043e-007

各種データ

ズーム比	55.76		
	広角	中間	望遠
焦点距離	2.39	46.91	133.15
Fナンバー	1.85	4.62	5.00
半画角(度)	43.3	2.74	0.98
レンズ全長	108.96	108.96	108.96
BF	9.02	21.36	13.85
d 7	0.65	35.77	40.55
d14	39.13	5.00	1.26
d15	15.00	2.70	1.50
d21	9.45	8.44	16.09
d24	3.89	16.23	8.72

10

20

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	53.03
2	8	-5.89
3	16	24.84
4	22	20.42

移動パラメータ

a3=-48.65443 b3=90.29858 c3=-54.31032 d3=-130.69916
e3=236.91640
f3= -92.96865 g3= -11.38933 h3= -0.66399

30

【 0 0 7 3 】

【 表 1 】

表1

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7
(1) $M2/ f2 $	5.36	5.21	5.71	5.79	4.91	6.47	6.77
(2) $\beta 3t/\beta 3w$	0.99	0.45	2.09	0.54	1.01	2.71	3.81
(3) $\beta 2t/\beta 2w$	41.43	53.45	29.05	69.26	34.44	28.84	28.10
(4) $f3/fw$	8.35	7.79	10.48	9.93	8.29	9.72	10.40
(5) $f1/f2$	-7.67	-7.36	-7.85	-8.30	-6.78	-8.88	-9.00
(6) N2nd	1.95	1.90	1.96	1.98	1.91	1.95	1.96

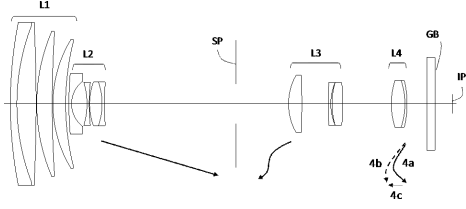
40

【 符号の説明 】

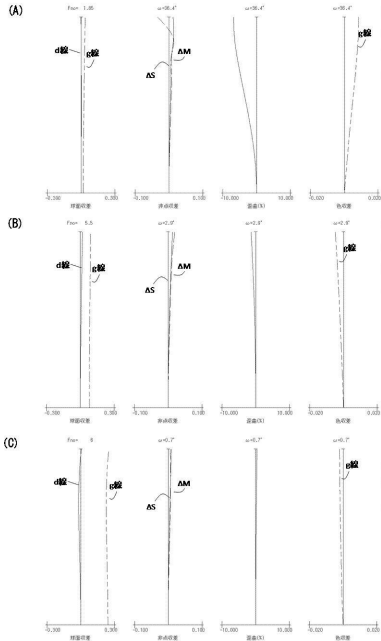
【 0 0 7 4 】

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

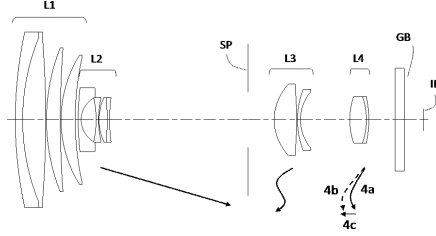
【 図 1 】



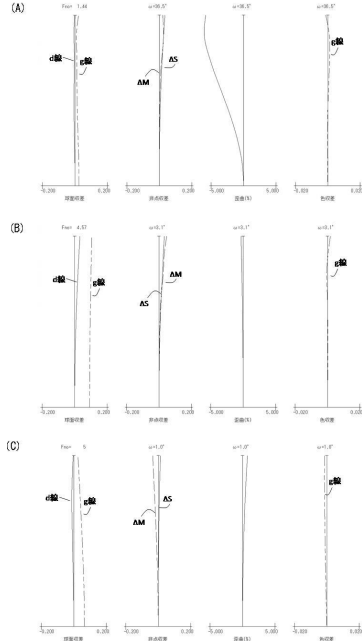
【 図 2 】



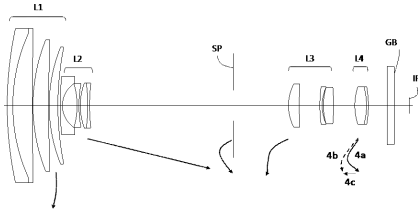
【 図 3 】



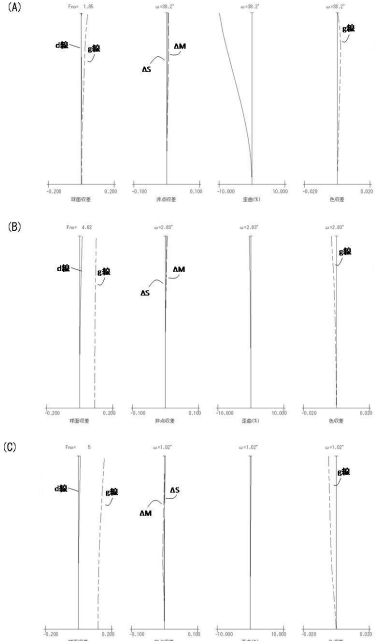
【 図 4 】



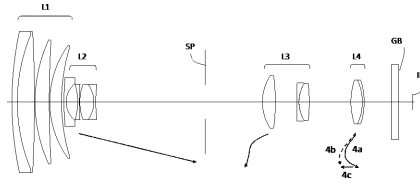
【 図 5 】



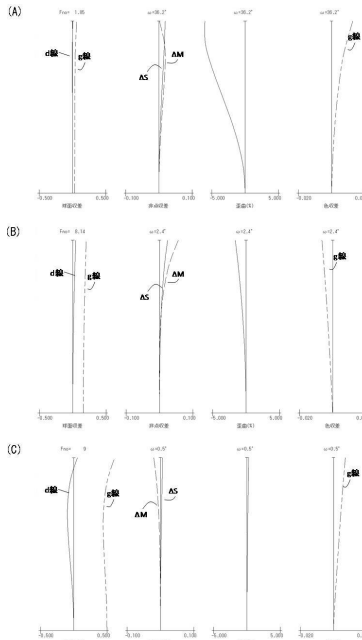
【 図 6 】



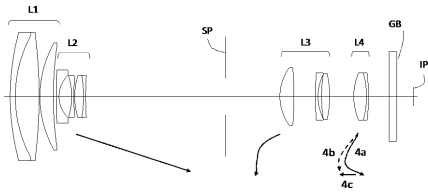
【 図 7 】



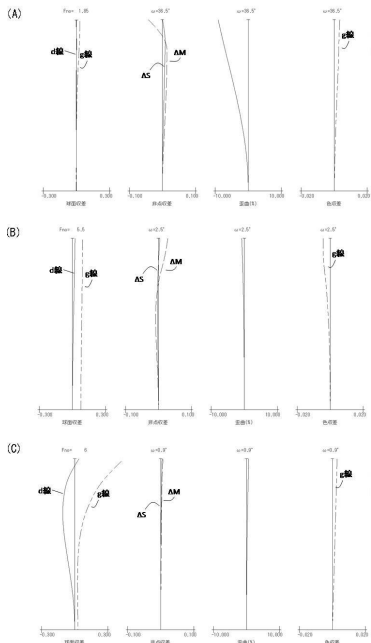
【 図 8 】



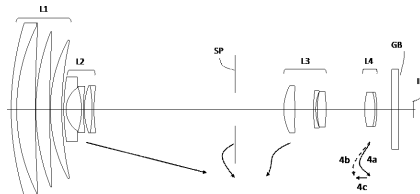
【 9 】



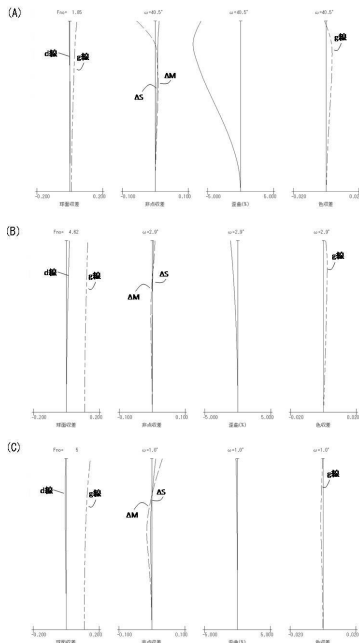
【 10 】



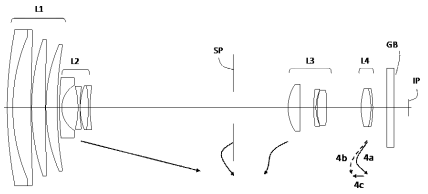
【 11 】



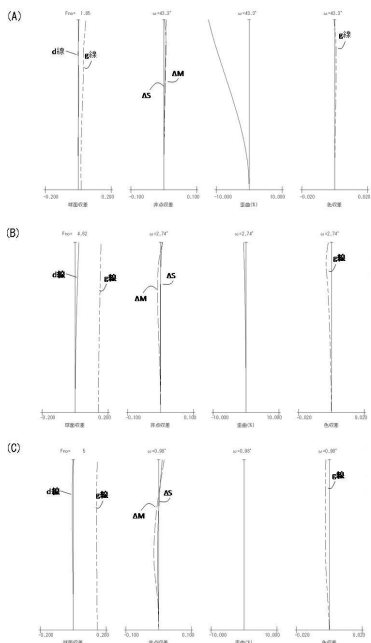
【 12 】



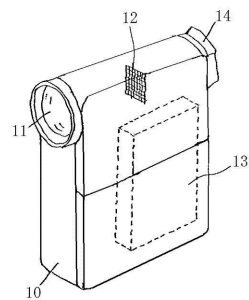
【 13 】



【 14 】



【 15 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-219782(JP,A)
特開2014-010324(JP,A)
特開2012-088602(JP,A)
特開2011-033867(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