

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5465018号
(P5465018)

(45) 発行日 平成26年4月9日(2014.4.9)

(24) 登録日 平成26年1月31日(2014.1.31)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/20 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

GO 2 B 15/20

GO 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2010-7579 (P2010-7579)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成22年1月16日 (2010.1.16)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2011-145566 (P2011-145566A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成23年7月28日 (2011.7.28)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成25年1月9日 (2013.1.9)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	岩間 玲
			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	堀井 康司
		(56) 参考文献	特開2005-037576 (JP, A
)
			特開2008-185836 (JP, A
)
			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光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

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、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、ズーミングに際して各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は2枚のレンズより構成され、前記第2レンズ群は物体側から像側へ順に、正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズより構成され、前記第3レンズ群は1枚のレンズより構成され、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第2レンズ群の中で最も像側に配置された正レンズの焦点距離を f_{G24} 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第2レンズ群と前記第3レンズ群の光軸方向の移動量を各々 m_2 、 m_3 （移動量の符号は像側へ移動するときを正）、前記第2レンズ群の中で最も物体側に配置された正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を $G21Ra$ 、像側のレンズ面の曲率半径を $G21Rb$ とするとき、

$$\begin{aligned} &1.3 < |f_1 / f_w| < 2.3 \\ &1.0 < f_{G24} / f_2 < 1.6 \\ &-0.10 < m_3 / m_2 < -0.01 \\ &-1.5 < (G21Ra + G21Rb) / (G21Ra - G21Rb) < -1.0 \end{aligned}$$

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】

前記第3レンズ群の広角端における横倍率を β_w とするとき、

$$0.35 < (1 - 3w^2) < 0.50$$

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】

$$0.8 < |f_2 / f_1| < 1.3$$

なる条件式を満足する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】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 とするとき、

$$3.5 < f_3 / f_w < 6.0$$

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 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

10

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群の中で最も像側に配置された正レンズの材料の屈折率を Ng_{24} とするとき、

$$Ng_{24} > 1.75$$

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】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動し、前記第 2 レンズ群は単調に物体側に移動し、前記第 3 レンズ群は像側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。

20

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、物体側と像側のレンズ面が非球面形状の負レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して、物体側に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】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載のズームレンズを有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

30

【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、TVカメラ、監視用カメラ等の光学機器に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の光学機器（撮像装置）（カメラ）は、高機能化されている。そして光学機器の高機能化にともない、それに用いる光学系には広い画角（撮影画角）を包含した大口径比で高い光学性能を有した小型のズームレンズであることが求められている。この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、ローパスフィルターや色補正フィルターなどの各種の光学部材が配置される。この為、それに用いるズームレンズには、比較的バックフォーカスの長いことが要求される。さらに、カラー画像用の撮像素子を用いたカラーカメラの場合には、色シェーディングを避けるため、像側のテレセントリック特性の良いことが望まれている。

40

【0003】

全系が小型でバックフォーカスが長く、しかも像側のテレセントリック特性の良いズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）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として、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、および正の屈折力の第 3 レンズ群より成り、像側のテレセントリック性の良い 3 群ズームレンズが

50

知られている（特許文献１）。又、このズームタイプの３群ズームレンズで像側のテレセントリック性が良く大口径化が図られたズームレンズが知られている（特許文献２）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００２－１９６２４０号公報

【特許文献２】特開２００７－３２７９９１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

10

ネガティブリード型の３群またはそれ以上のレンズ群を有するズームレンズにおいて全系がコンパクトで広画角化及び高ズーム比化を図るためには、各レンズ群の屈折力を強めることが有効である。しかしながら、広画角化及び高ズーム比化を図るため、各レンズ群の屈折力を単に強めると、ズーミングに伴う収差変動が増大し、全ズーム範囲において高い光学性能を得るのが困難になる。また、同時に広角端において大口径化を達成しようとすると、主に球面収差やコマ収差などの諸収差の補正が困難となる。このためには、構成レンズ枚数を増やす必要がある。しかしながら構成レンズ枚数を増やすとレンズ全長が増大し、全系の小型化を図るのが困難になる。

【０００６】

ネガティブリード型の３群ズームレンズまたはそれ以上のレンズ群よりなるズームレンズにおいて、全系の小型化を図りつつ、広画角化かつ高ズーム比化および大口径化を達成するためには、例えば次の条件のうち少なくとも１つを満たすことが重要になってくる。

20

【０００７】

１つめの条件は、全系に対する第１レンズ群の屈折力を適切に設定することである。これを行わないと、前玉有効径が大型化し全系の小型化が困難になる。

【０００８】

２つめの条件は、開口絞り近傍のレンズ群のレンズ群内における各レンズの屈折力分担を適切に設定することである。これを行わないと、広角端において球面収差およびコマ収差を良好に補正するのが困難になる。

【０００９】

30

３つめの条件はズーミングの際の第２、第３レンズ群の移動条件を適切に設定することである。これを行わないと、広角端において球面収差およびコマ収差を良好に補正するのが困難になる。

【００１０】

本発明は、レンズ系全体がコンパクトで、広画角、高ズーム比かつ大口径化を達成し、全ズーム範囲において高い光学性能が得られるズームレンズ及びそれを有する光学機器の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

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、正の屈折力の第３レンズ群より構成され、ズーミングに際して各レンズ群が移動するズームレンズにおいて、前記第１レンズ群は２枚のレンズより構成され、前記第２レンズ群は物体側から像側へ順に、正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズより構成され、前記第３レンズ群は１枚のレンズより構成され、広角端における全系の焦点距離を f_w 、前記第１レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第２レンズ群の焦点距離を f_2 、前記第２レンズ群の中で最も像側に配置された正レンズの焦点距離を f_{G24} 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の光軸方向の移動量を各々 m_2 、 m_3 （移動量の符号は像側へ移動するときを正）、前記第２レンズ群の中で最も物体側に配置された正レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を $G21Ra$ 、像側のレンズ面の曲率半径を $G21Rb$ とするとき、

40

50

$$\begin{aligned}
 &1.3 < |f_1 / f_w| < 2.3 \\
 &1.0 < f_{G24} / f_2 < 1.6 \\
 &-0.10 < m_3 / m_2 < -0.01 \\
 &-1.5 < (G_{21Ra} + G_{21Rb}) / (G_{21Ra} - G_{21Rb}) - 1.0
 \end{aligned}$$

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】

【0012】

本発明によれば、レンズ系全体がコンパクトで、広画角、高ズーム比かつ大口径化でありながら全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】(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】(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

20

【図5】(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

【図7】本発明の光学機器の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0014】

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、正の屈折力の第3レンズ群を有している。ズーミングに際して各レンズ群が移動する。本発明のズームレンズでは、第1レンズ群の物体側又は第3レンズ群の像側に屈折力のあるレンズ群が配置されていても良い。

30

【0015】

図1(A)、(B)、(C)は本発明の実施例1の広角端(短焦点距離端)、中間のズーム位置、望遠端(長焦点距離端)におけるレンズ断面図である。図2(A)、(B)、(C)は本発明の実施例1の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例1はズーム比3.64、開口比(Fナンバー)2.08~5.52程度のズームレンズである。図3(A)、(B)、(C)は本発明の実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図4(A)、(B)、(C)は本発明の実施例2の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例2はズーム比3.51、開口比2.06~5.08程度のズームレンズである。図5(A)、(B)、(C)は本発明の実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図6(A)、(B)、(C)は本発明の実施例3の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例3はズーム比3.63、開口比1.90~4.88程度のズームレンズである。

40

【0016】

図7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。各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影レンズ系であり、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等の光学機器に用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投影画像となる。

50

【0017】

レンズ断面図において、L1は負の屈折力（光学的パワー＝焦点距離の逆数）の第1レンズ群、L2は正の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群である。SP1は開放Fナンバー（Fno）光束を決定（制限）する開口絞りの作用をするFナンバー決定部材（以下「開口絞り」ともいう。）である。SP2はフレアカット絞りである。Gは光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。IPは像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。

【0018】

10

収差図のうち、球面収差図・軸上色収差図においては、d線及びg線を示している。FnoはFナンバーである。非点収差図において、M、Sはメリディオナル像面、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。は半画角である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群（第2レンズ群L2）が機構上、光軸上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。

【0019】

レンズ断面図において矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡と無限遠物体から近距離物体へのフォーカスの際の移動方向を示している。

【0020】

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1レンズ群L1が像側に凸状の軌跡の一部を描いて略往復移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。第2レンズ群L2が物体側に単調に移動して主たる変倍を行っている。第3レンズ群L3は像側に移動している。このとき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と第2レンズ群L2との間隔が小さく、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が大きくなるように各レンズ群が移動している。第3レンズ群L3を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。Fナンバー決定部材（開口絞り）SP1は第2レンズ群L2の物体側に位置している。又は第2レンズ群L2の最も物体側のレンズG21の物体側頂点とレンズG21の物体側のレンズ面と外周部（コバ部）の交点との間に位置している。フレアカット絞りSP2は、第2レンズ群L2の像側に位置している。開口絞りSP1とフレアカット絞りSP2はとも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。

20

30

【0021】

次に各実施例のズームレンズのレンズ構成の特徴について説明する。

【0022】

一般に全系が小型で広画角のズームレンズを構成する場合、負の屈折力のレンズ群が先行するネガティブリード型を選択すると、後側主点位置を像側へ位置させることができ長いバックフォーカスが容易に得られる。そして、像側のテレセントリック特性が良いズームレンズを実現するためには、撮像素子（像面）に最も近いレンズ群を正の屈折力のレンズ群とし、フィールドレンズの役割を持たせるのが良い。

【0023】

40

各実施例のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、正の屈折力の第3レンズ群L3の3つのレンズ群より構成されている。第1レンズ群L1の物体側又は第3レンズ群L3の像側の少なくとも一方にレンズ群が配置されていても良い。そしてズーミングに際しては各レンズ群が移動するようにしている。そして、広画角で全系が小型で高ズーム比を確保しつつ、全ズーム範囲において良好な光学性能を実現するために、各実施例では次に示す3つの構成を考慮している。

【0024】

3群構成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fw、第1レンズ群L1の焦点距離をf1、広角端における第2レンズ群L2、第3レンズ群L3の撮影倍率

50

を各々 $2w$ 、 $3w$ とする。

【0025】

このとき広角端における全系の焦点距離 f_w は、

$$f_w = \frac{f_1}{2} \times \frac{2w}{3} \times \frac{3w}{2}$$

で求められる。

【0026】

この式より、広角端の焦点距離 f_w を短くし、全系の広画角化を図るためには、第1レンズ群 L_1 の焦点距離 f_1 を適切に設定することが、広画角化を図る上で重要であることがわかる。

【0027】

また、一般に、ズームレンズの撮影画角を広画角化すると、前玉有効径が大型化してくる。前玉有効径は第1レンズ群 L_1 を通過する軸外光線の高さで決まるため、第1レンズ群 L_1 の屈折力を適切に設定すれば、軸外光線を十分屈折させることで広角化を図りつつ、小型にすることができる。

【0028】

そこで、本実施例では3つの構成としての1つ目の構成条件として、第1レンズ群 L_1 の屈折力を適正に設定している。

【0029】

これによれば軸外光線を十分屈折させることで広画角化を図りつつ、全系の小型化を図るのが容易となる。

【0030】

次に、ズームレンズの口径比を大口径化しようとする、一般に瞳径が大きくなるため、主に球面収差およびコマ収差が多く発生し、これらの補正が困難となる。そこで、各実施例では、2つめの構成条件として、絞り近傍のレンズ群である第2レンズ群 L_2 における最終レンズ G_{24} の屈折力を適正に設定している。これによれば球面収差とコマ収差の補正を良好に行うのが容易になる。

【0031】

また、ズームレンズの口径比を大口径化しようとする、諸収差が多く発生してくるので構成レンズ枚数を増やし各レンズ群で発生する球面収差、コマ収差等の諸収差を補正することが考えられる。しかしながらレンズ枚数を増加するとレンズ全長（第1レンズ面から像面までの距離）が増大し、全系の小型化が困難になる。

【0032】

そこで、各実施例では、3つ目の構成条件として、広角端において正の屈折力の第3レンズ群 L_3 の光軸上の位置を適切に設定している。これによれば構成レンズ枚数を増やさずに諸収差の補正を良好に行うことができる。

具体的には、本発明のように第3レンズ群がフォーカス群である場合、レンズの曲率や肉厚などの製造誤差によって生じるピントずれを補正するため、フォーカス群は設計位置に対し、物体側および像側に可動範囲を設けなければならない。

この結果、本発明のようにコンパクトなズームレンズを実現する場合、望遠端における第3レンズ群の位置は、設計値に対し前記ピントずれ分だけ物体側に可動スペースを確保した位置に従属的に決定される。

【0033】

つまり、ズームングの際の第3レンズ群 L_3 の移動量を規定することは、広角端において第3レンズ群 L_3 の光軸上の配置を規定することと同義である。

【0034】

各実施例では、広角端において第3レンズ群 L_3 の光軸上の位置を適切に設定することで、構成レンズ枚数を増やさずに諸収差の補正を良好に行っている。

【0035】

各実施例では以上の3つの構成条件を同時に満たすことで、各実施例では全系が小型で広画角、高ズーム比で大口径なズームレンズを実現している。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

具体的には各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は 2 枚のレンズより構成されている。また第 2 レンズ群 L 2 は物体側から像側へ順に、正レンズ、正レンズ、負レンズ、正レンズより構成されている。第 3 レンズ群 L 3 は 1 枚のレンズより構成されている。そして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 、第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を f_2 、第 2 レンズ群 L 2 の最も像側の正レンズの焦点距離を f_{G24} とする。広角端から望遠端へのズーミングにおける第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 の光軸方向の移動量を各々 m_2 、 m_3 （移動量の符号は像側へ移動するときを正）とする。このとき、

$$1.3 < |f_1 / f_w| < 2.3 \quad (1)$$

$$1.0 < f_{G24} / f_2 < 1.6 \quad (2)$$

$$-0.10 < m_3 / m_2 < -0.01 \quad (3)$$

なる条件式を満足している。

【 0 0 3 7 】

条件式 (1) は第 1 レンズ群 L 1 と広角端における全系の屈折力（焦点距離）の比を規定した式である。条件式 (1) の上限値を越えると、第 1 レンズ群 L 1 の負の焦点距離が長くなり、すなわち、第 1 レンズ群 L 1 の屈折力が弱すぎるため、前玉有効径の小型化が困難になる。また条件式 (1) の下限値を越えると、第 1 レンズ群 L 1 の負の焦点距離が小さくなり、すなわち、第 1 レンズ群 L 1 の屈折力が強すぎるため、ペッツバル和がマイナス側に増大し、広角端において像面湾曲が増大するので良くない。

【 0 0 3 8 】

条件式 (2) は第 2 レンズ群における最も像側のレンズ G 2 4 の屈折力を規定した式である。条件式 (2) の上限値を超えると、レンズ G 2 4 の焦点距離が過度に長くなり、すなわち屈折力が過度に弱くなり、レンズ G 2 4 で球面収差およびコマ収差を補正するときの分担が弱まってくる。この結果、所望の光学性能を達成することが困難となる。条件式 (2) の下限値を超えると、レンズ G 2 4 の焦点距離が過度に短くなり、すなわち屈折力が過度に強くなる。この結果、ズーム領域全般にわたり良好な光学性能を得るためには構成レンズ枚数を増やし屈折力を分散させなければならなくレンズ全長が増大してくるので良くない。

【 0 0 3 9 】

条件式 (3) は第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 のズーミングに伴う移動量の比を規定する式である。

【 0 0 4 0 】

条件式 (3) の上限値を超えると、ズーミングに際して第 3 レンズ群 L 3 の移動量 m_3 が過度に短くなる。そうすると、第 3 レンズ群 L 3 を広角端において開口絞り S P 1 近傍に配置するのが難しくなり、この結果、所望の光学性能を得るために、構成レンズ枚数を増大しなければならなくなる。

【 0 0 4 1 】

条件式 (3) の下限値を超えると、ズーミングに際して第 3 レンズ群 L 3 の移動量が過度に長くなる。そうすると広角端において第 3 レンズ群 L 3 と第 2 レンズ群 L 2 の間隔が過小となる。この結果、第 3 レンズ群 L 3 でフォーカスするときのフォーカス繰出量が過小となり、撮影可能な物体距離を短くするのが困難になる。

【 0 0 4 2 】

さらに望ましくは、条件式 (1)、(2) の数値範囲を次の如く設定するのがよい。

【 0 0 4 3 】

$$1.8 < |f_1 / f_w| < 2.3 \quad (1a)$$

$$1.2 < f_{G24} / f_2 < 1.6 \quad (2a)$$

以上のように各実施例では、第 1 レンズ群 L 1 の屈折力配置、第 2 レンズ群 L 2 のレンズ G 2 4 の屈折力の配分、そして第 2 レンズ群 L 2 と第 3 レンズ群 L 3 のズーミングの際の移動量等を最適化している。これにより、広画角化、高ズーム化および大口径化を図りつ

10

20

30

40

50

つ全系が小型で良好な光学性能を有したズームレンズを達成している。

【0044】

各実施例によれば、更に好ましくは次の諸条件のうちの1以上を満足するのが良い。第2レンズ群L2の最も物体側のレンズG21の物体側のレンズ面の曲率半径をG21Ra、像側のレンズ面の曲率半径をG21Rbとする。第3レンズ群L3の広角端における横倍率を3wとする。第3レンズ群L3の焦点距離をf3とする。第2レンズ群L2の最も像側の正レンズG24の材料の屈折率をNG24とする。このとき、次の諸条件のうちの1以上を満足するのが良い。

【0045】

$$-1.5 < (G21Ra + G21Rb) / (G21Ra - G21Rb) < -1.0 \quad (4) \quad 10$$

$$0.35 < (1 - 3w^2) < 0.50 \quad (5)$$

$$0.8 < |f2 / f1| < 1.3 \quad (6)$$

$$3.5 < f3 / fw < 6.0 \quad (7)$$

$$NG24 > 1.75 \quad (8)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。

【0046】

条件式(4)は第2レンズ群L2の最も物体側のレンズG21のレンズ形状を規定する式である。条件式(4)の値が-1.0となると、レンズ形状は物体側に凸面を向けた凸平形状となる。条件式(4)が上限値を超えて、例えば-0.3となると、レンズ形状は両凸形状となる。この場合、コバ厚みの不足を避けるため、軸上レンズの厚みが増大する。この結果、第2レンズ群L2全体の軸上の総厚が増え、レンズ全長が増大してくる。また条件式(4)の下限値を超えて、例えば-2.0となると、レンズ形状は物体側の面が凸で像側に比べ物体側に強い曲率を持ったメニスカス形状となる。この場合、像側のレンズ面での発散作用が強まり、球面収差が補正不足となるので良くない。

【0047】

条件式(5)は、広角端における第3レンズ群L3の位置敏感度を規定した式である。一般に、レンズ群Aの位置敏感度ESはレンズ群Aの横倍率aとレンズ群Aの像側に配置されたレンズ群B群の横倍率bとしたとき、

$$ES = (1 - a^2) / b^2 \quad 30$$

で表される。

【0048】

各実施例の数値実施例のように、第3レンズ群L3以降にレンズ群がないときは、横倍率bが1となる。この場合、広角端の第3レンズ群L3の位置敏感度ES3は

$$ES3 = 1 - 3w^2$$

となる。

【0049】

条件式(5)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の位置敏感度が過度に高くなり、第3レンズ群L3がわずかに移動しただけでも像面が多く動く。このため、フォーカスの際の第3レンズ群の停止を高精度に行わなければならないので良くない。

【0050】

条件式(5)の下限値を超えると、第3レンズ群L3の位置敏感度が過度に小さくなり、所望の近距離物体を撮影する際のフォーカス移動量が過大となる。この結果、フォーカス時に第2レンズ群L2と第3レンズ群L3が構造的に干渉しないよう、予め十分な間隔で離さなければならない、レンズ全長が増大するので良くない。

【0051】

条件式(6)は、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2の焦点距離f1、f2の比、即ち双方の屈折力の比を規定する式である。

【0052】

条件式(6)の上限値を超えると、第2レンズ群L2の焦点距離が長くなり、すなわち

、第2レンズ群L2の屈折力が小さくなり、所望の高ズーム比を得るためには、第2レンズ群L2のズームングの際の移動量を増大させなければならない。この結果、望遠端においてレンズ全長（第1レンズ面から像面までの長さ）が長くなるので良くない。

【0053】

条件式(6)の下限値を超えると、第2レンズ群L2の焦点距離が短くなり、すなわち、第2レンズ群L2の屈折力が大きくなり、ズーム全域において球面収差とコマ収差の補正が困難になる。

【0054】

条件式(7)は、第3レンズ群L3の屈折力（焦点距離 f_3 の逆数）を規定する式である。条件式(7)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の屈折力が小さすぎるため、テレセントリック特性が悪くなるので良くない。条件式(7)の下限値を超えると、第3レンズ群L3の屈折力が強すぎて、フォーカスの際の像面変動が大きくなりすぎるので良くない。

【0055】

条件式(8)は、第2レンズ群L2の最も像側に配置されたレンズG24の材料の屈折率を規定した式である。条件式(8)の下限値を超えると、レンズG24の材料の屈折率が低いため、所望の屈折力を得るためにはレンズ面の曲率半径をきつめなければならない。その結果、ペッツバル和がプラス側に過剰となり、像面湾曲が増大するので良くない。

【0056】

さらに、望ましくは条件式(4)～(8)の数値範囲を次の如く設定するのがよい。

【0057】

$$-1.2 < (G21Ra + G21Rb) / (G21Ra - G21Rb) - 1.0 \quad (4a)$$

$$0.38 < (1 - 3w^2) < 0.45 \quad (5a)$$

$$0.9 < |f2 / f1| < 1.2 \quad (6a)$$

$$4.0 < f3 / fw < 5.5 \quad (7a)$$

$$NG24 > 1.8 \quad (8a)$$

次に各実施例の各レンズ群のレンズ構成について、説明する。

【0058】

各実施例においては、負の屈折力の第1レンズ群L1を物体側から像側へ順に、像側が凹形状の負レンズG11と、物体側が凸でメニスカス形状の正レンズG12の2枚のレンズで構成している。

【0059】

第1レンズ群L1は、広角端における軸外光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、特に非点収差と歪曲収差が多く発生し易い。

【0060】

そこで各実施例では、負レンズG11と正レンズG12より構成して最も物体側の負レンズG11の有効径の増大を抑えている。第1レンズ群L1は2枚のレンズで構成し、どちらも高屈折率の硝材を用いることで、各レンズ面の曲率を小さくし、像面湾曲を抑制している。

【0061】

そして、負レンズG11の材料に低分散硝材を使用し、正レンズG12の材料に高分散硝材を使用することで、望遠端において軸上色収差、広角端において倍率色収差を良好に補正している。

【0062】

また、像側が凹形状の負レンズG11は物体側と像側のレンズ面をともにレンズ中心からレンズ周辺に向かって負の屈折力が弱まる非球面形状としている。これにより、非点収差と歪曲収差をバランス良く補正すると共に、2枚という少ないレンズ枚数で第1レンズ群L1を構成し、全体のコンパクト化を図っている。

【 0 0 6 3 】

正の屈折力の第 2 レンズ群 L 2 を物体側から像側へ順に、正、正、負、正レンズより構成している。具体的には物体側が凸形状の正レンズ G 2 1、物体側が凸形状の正レンズ G 2 2 と像側が凹形状の負レンズ G 2 3 とを接合した接合レンズ、そして、物体側が凸形状の正レンズ G 2 4 の 4 枚のレンズで構成している。

【 0 0 6 4 】

最も物体側に配置された正レンズ G 2 1 は、最も軸上光線の通る高さが高いレンズであり、主に球面収差とコマ収差の発生に強く関与する。

【 0 0 6 5 】

そこで各実施例においては、正レンズ G 2 1 の物体側のレンズ面をレンズ中心からレンズ周辺にかけて正の屈折力が弱くなる非球面形状とすることにより球面収差とコマ収差を良好に補正している。また、第 2 レンズ群 L 2 は全ズーム域において軸上光線が通過するレンズであるため、軸上色収差を補正するため正レンズ G 2 2 と負レンズ G 2 3 を接合した接合レンズを有するようにしている。

【 0 0 6 6 】

接合レンズを物体側から像側へ順に正レンズと負レンズより構成して、第 2 レンズ群 L 2 のレンズ有効径を小さくして、光線の高さがもっとも低くなる位置に負レンズを G 2 3 を配置して収差補正を容易にしている。

【 0 0 6 7 】

また、第 2 レンズ群 L 2 を射出する軸外光線の射出角を緩和するため、第 2 レンズ群 L 2 の最も像側に正レンズ G 2 4 を配置している。正の屈折力の第 3 レンズ群 L 3 は、像側のテレセントリック性を確保するためのフィールドレンズとしての役割を果たしており、軸上レンズ厚の短縮のため、1 枚の正レンズ G 3 1 で構成している。第 3 レンズ群 L 3 はフォーカスレンズ群であり、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行う際に像側から物体側へ移動する。フォーカシングを行う際に、位置敏感度を適切に設定することで、フォーカシングの高速化を容易にしている。

【 0 0 6 8 】

以上の様に、各レンズ群を構成することにより、良好な光学性能を保ちつつ、全系がコンパクトなズームレンズを達成している。

【 0 0 6 9 】

次に、本発明の数値実施例を示す。各数値実施例において、i は物体側からの面の順序を示し、r_i はレンズ面の曲率半径である。d_i は第 i 面と第 i + 1 面との間のレンズ肉厚および空気間隔である。n_{d i}、d_i はそれぞれ d 線に対する屈折率、アッペ数を示す。* は非球面であることを示す。また、最も像側の 2 面はフェースプレート等のガラス材である。また、k、A₄、A₆、A₈、A₁₀ は非球面係数である。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 とするとき

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10}$$

で表される。但し R は近軸曲率半径である。尚、バックフォーカス B F は最も像側のガラス材の面 1 7 からの距離で示している。数値実施例 1、3 において間隔 d₅ の値が負になっているが、これは物体側から像側へ順に、開口絞り S P、第 2 レンズ群 L 2 の最も物体側のレンズ G 2 1 と数えたためである。画角は半画角(度)を表わしている。B F はバックフォーカスであり、最終面(ガラスブロック)から像面までの距離で表している。又、前述の各条件式と各数値実施例との関係を表 1 に示す。

【 0 0 7 0 】

数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号 r d nd d

10

20

30

40

50

1*	10581.732	1.05	1.84954	40.1
2*	5.636	2.44		
3	10.419	1.70	1.92286	18.9
4	21.722	(可変)		
5(絞り)		-0.10		
6*	6.186	1.99	1.69350	53.2
7*	119.843	0.50		
8	8.293	1.74	1.69680	55.5
9	213.475	0.53	1.80518	25.4
10	4.117	1.42		
11	11.000	0.96	1.80610	40.9
12	60.520	0.76		
13		(可変)		
14	22.530	1.75	1.60311	60.6
15	-27.828	(可変)		
16		0.50	1.51633	64.1
17		0.40		

像面

非球面データ

第1面 $K = -7.54512e+008$ $A_4 = -1.38805e-004$ $A_6 = 7.17177e-006$ $A_8 = -1.21730e-007$
 $A_{10} = 6.89682e-010$
 第2面 $K = -1.98273e+000$ $A_4 = 7.51437e-004$ $A_6 = -3.27004e-006$ $A_8 = 3.37011e-007$
 $A_{10} = -7.59294e-009$
 第6面 $K = -1.10011e-001$ $A_4 = -1.84607e-004$ $A_6 = 4.36626e-006$ $A_8 = 1.83467e-007$
 $A_{10} = 6.15066e-008$
 第7面 $K = -3.16200e+003$ $A_4 = 4.01015e-004$ $A_6 = -9.29540e-006$ $A_8 = 2.35305e-006$
 $A_{10} = -1.99365e-009$

各種データ

ズーム比	3.64		
焦点距離	5.00	11.44	18.18
Fナンバー	2.08	4.68	5.52
画角	34.22	18.72	12.03
像高	3.40	3.88	3.88
レンズ全長	37.75	35.65	40.82
BF	0.40	0.40	0.40
d4	15.18	4.95	2.00
d13	3.17	11.65	20.14
d15	3.76	3.40	3.04

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-11.28
2	5	10.85
3	14	20.92

数値実施例2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
-----	---	---	----	---

10

20

30

40

50

1*	-20191.198	1.05	1.84954	40.1
2*	5.574	2.30		
3	9.598	1.70	1.94595	18.0
4	17.098	(可変)		
5(絞り)		0.00		
6*	6.465	1.99	1.69350	53.2
7*	440.238	1.24		
8	9.781	1.30	1.72000	50.2
9	-38.611	0.50	1.80518	25.4
10	4.650	1.88		
11	12.946	1.00	1.88300	40.8
12	-328.929	0.98		
13		(可変)		
14	31.589	1.75	1.60311	60.6
15	-30.816	(可変)		
16		0.50	1.51633	64.1
17		0.40		

像面

10

非球面データ

20

第1面 $K = -7.54512e+008$ $A_4 = -1.39421e-004$ $A_6 = 1.00616e-005$ $A_8 = -2.14939e-007$
 $A_{10} = 1.67641e-009$
 第2面 $K = -1.56434e+000$ $A_4 = 5.45153e-004$ $A_6 = 8.34852e-006$ $A_8 = 5.03540e-008$
 $A_{10} = -3.80863e-009$
 第7面 $K = -6.70203e-001$ $A_4 = 5.89980e-005$ $A_6 = 1.16420e-006$ $A_8 = 1.01607e-006$
 $A_{10} = 2.06367e-008$
 第8面 $K = -1.09940e+003$ $A_4 = 1.45594e-004$ $A_6 = 2.89787e-006$ $A_8 = 1.81915e-006$
 $A_{10} = -1.52041e-008$

各種データ

ズーム比	3.51		
焦点距離	4.97	11.13	17.48
Fナンバー	2.06	4.40	5.08
画角	34.36	19.19	12.50
像高	3.40	3.88	3.88
レンズ全長	37.16	35.64	40.98
BF	0.40	0.40	0.40
d4	13.96	4.26	1.41
d13	1.95	10.44	18.92
d15	4.66	4.36	4.06

30

ズームレンズ群データ

40

群	始面	焦点距離
1	1	-10.53
2	5	10.85
3	14	26.14

数値実施例3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	21479.539	1.05	1.84954	40.1

50

2*	5.646	2.31		
3	10.392	1.70	1.92286	18.9
4	22.062	(可変)		
5(絞り)		-0.49		
6*	6.612	2.38	1.69350	53.2
7*	96.954	0.44		
8	8.208	2.11	1.69680	55.5
9	-67.396	0.51	1.80518	25.4
10	4.258	1.73		
11	11.142	1.00	1.88300	40.8
12	69.540	0.12		
13		(可変)		
14	18.799	1.75	1.60311	60.6
15	-39.663	(可変)		
16		0.50	1.51633	64.1
17		0.40		

像面

非球面データ

第1面 K = -7.54512e+008 A 4 = -1.28466e-004 A 6 = 6.58435e-006 A 8 = -1.06612e-007 A10 = 5.28051e-010 20

第2面 K = -1.87367e+000 A 4 = 6.73617e-004 A 6 = -2.37351e-006 A 8 = 3.30733e-007 A10 = -7.90220e-009

第7面 K = -9.99009e-002 A 4 = -1.70329e-004 A 6 = 4.85020e-006 A 8 = -2.11883e-007 A10 = 3.32651e-008

第8面 K = -2.57961e+003 A 4 = 4.71206e-004 A 6 = -2.02095e-005 A 8 = 2.01371e-006 A10 = -1.99354e-008

各種データ

ズーム比	3.63		
焦点距離	5.00	11.43	18.17
Fナンバー	1.90	3.50	4.88
画角	34.22	18.72	12.04
像高	3.40	3.88	3.88
レンズ全長	37.65	35.54	40.71
BF	0.40	0.40	0.40
d 4	15.17	4.94	1.99
d13	3.16	11.65	20.13
d15	3.80	3.44	3.08

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-11.33
2	5	10.85
3	14	21.39

【 0 0 7 1 】

10

30

40

【表 1】

	数値実施例1	数値実施例2	数値実施例3
条件式(1)	2.26	2.15	2.27
条件式(2)	1.52	1.30	1.37
条件式(3)	-0.04	-0.04	-0.04
条件式(4)	-1.11	-1.03	-1.15
条件式(5)	0.43	0.40	0.43
条件式(6)	0.96	1.03	0.96
条件式(7)	4.18	5.34	4.28
条件式(8)	1.81	1.88	1.88

10

【0072】

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（撮像装置）（光学機器）の実施例を図7を用いて説明する。図7において、20はカメラ本体、21は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系である。22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23は撮像素子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ーである。このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

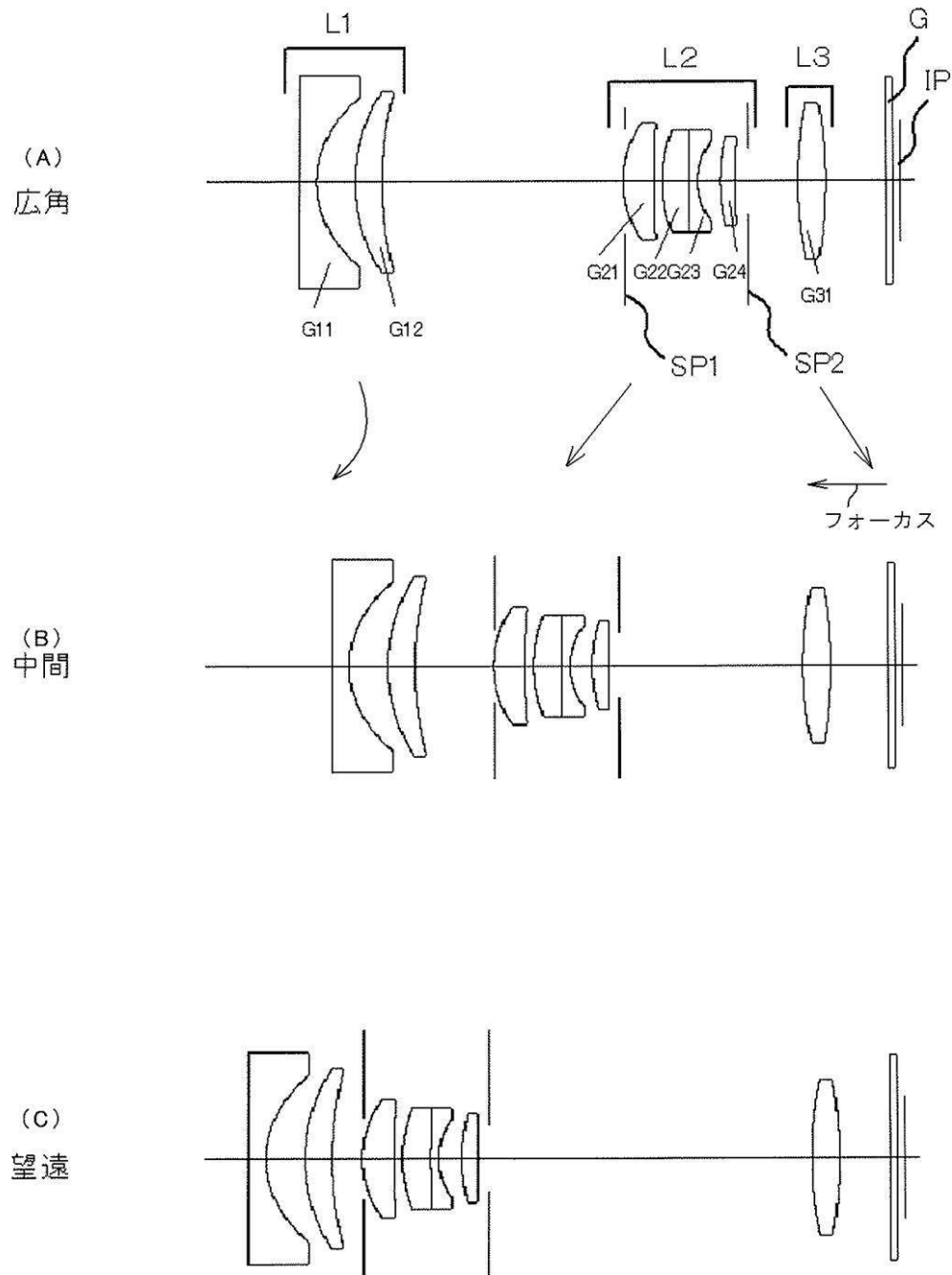
20

【符号の説明】

【0073】

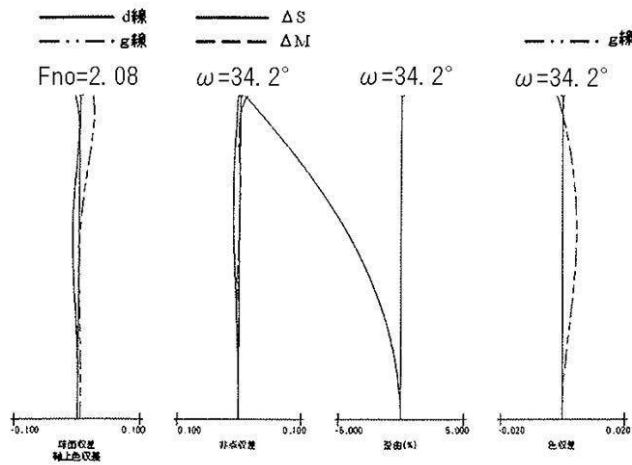
L1は第1レンズ群 L2は第2レンズ群 L3は第3レンズ群 SPはFナンバー決定部材（開口絞り） SP2はフレアカット絞り IPは像面 Gはガラスブロック
dはd線 gはg線 Sはサジタル像面 Mはメリディオナル像面

【図 1】

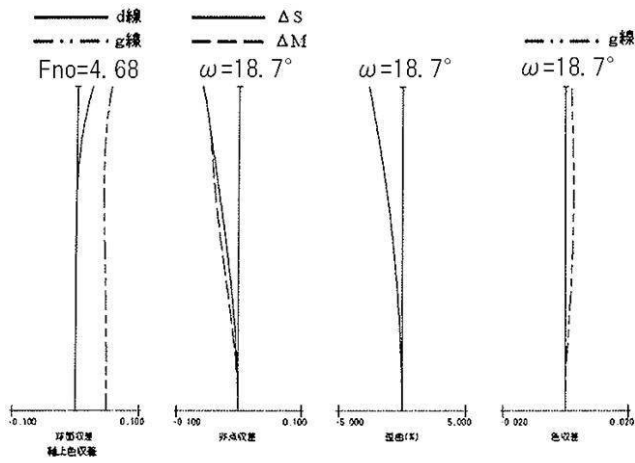


【図 2】

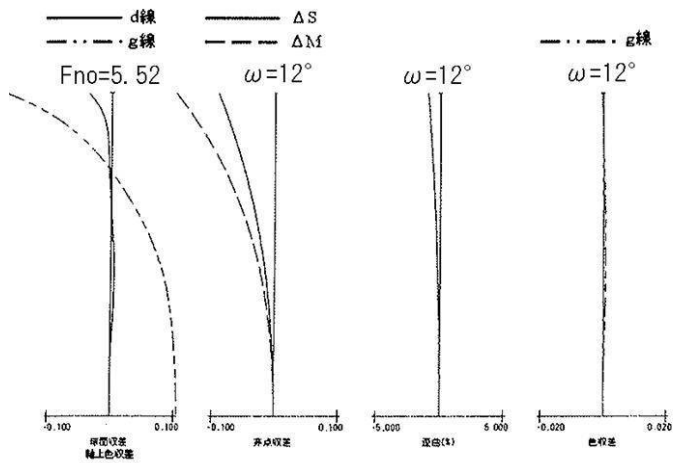
(A) 広角



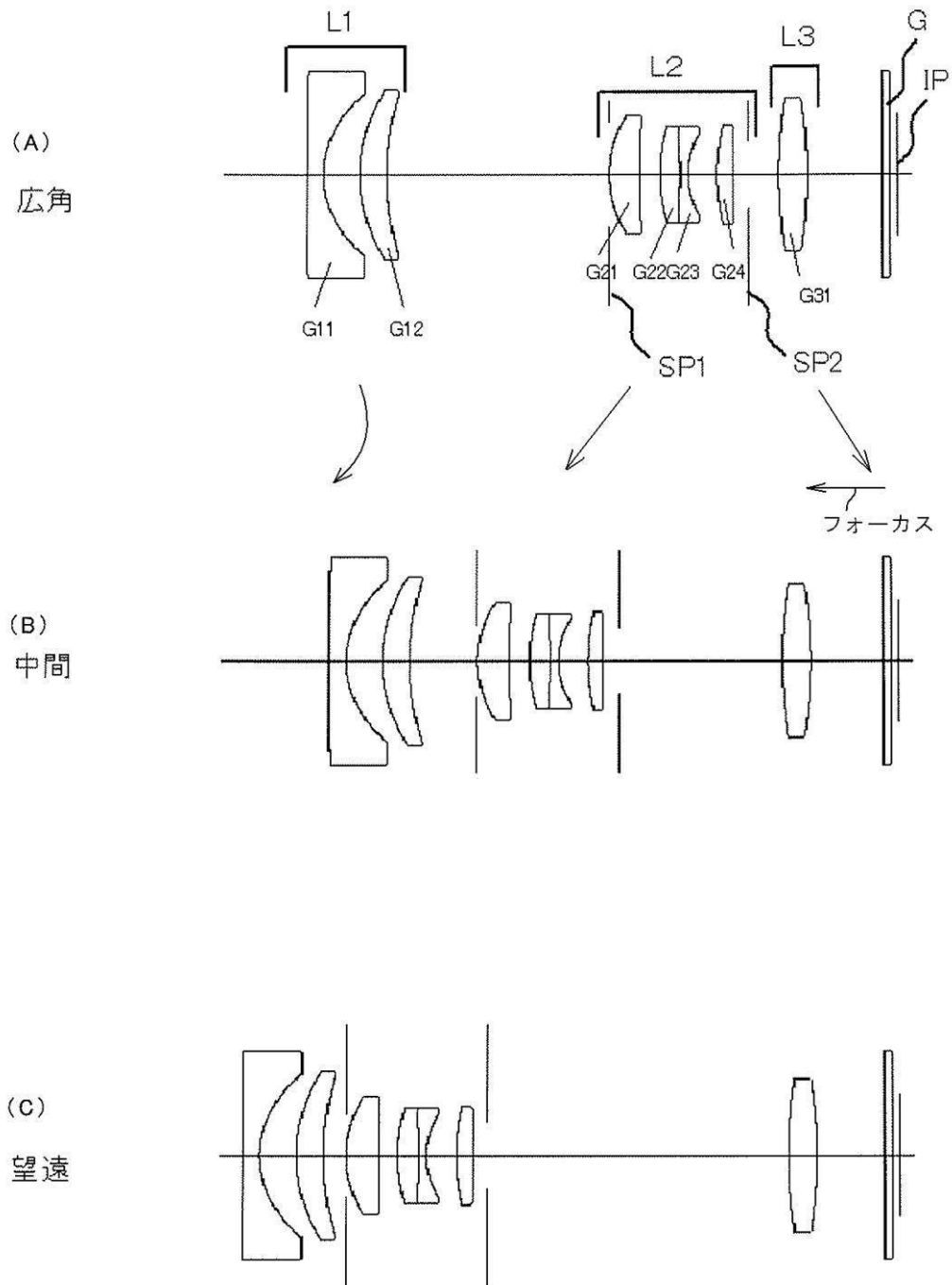
(B) 中間



(C) 望遠

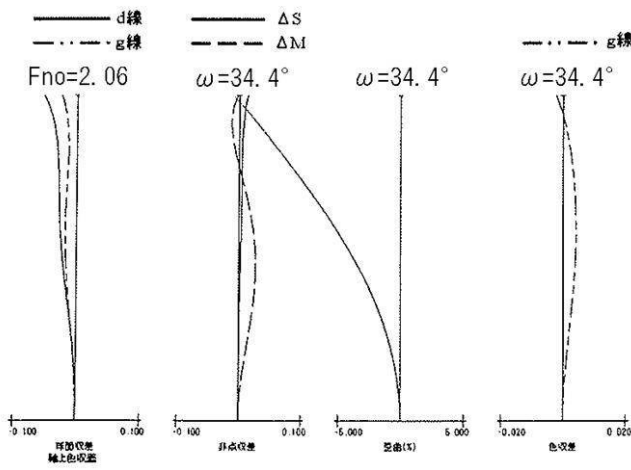


【図 3】

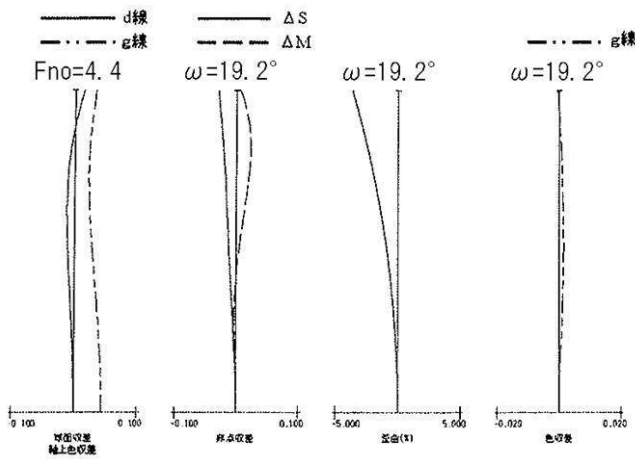


【図4】

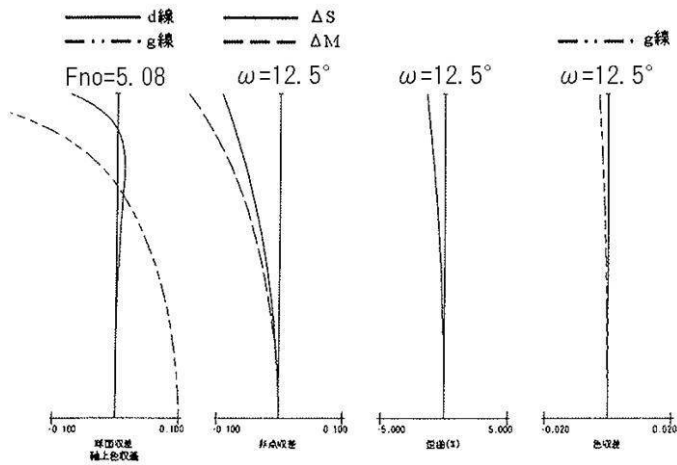
(A) 広角



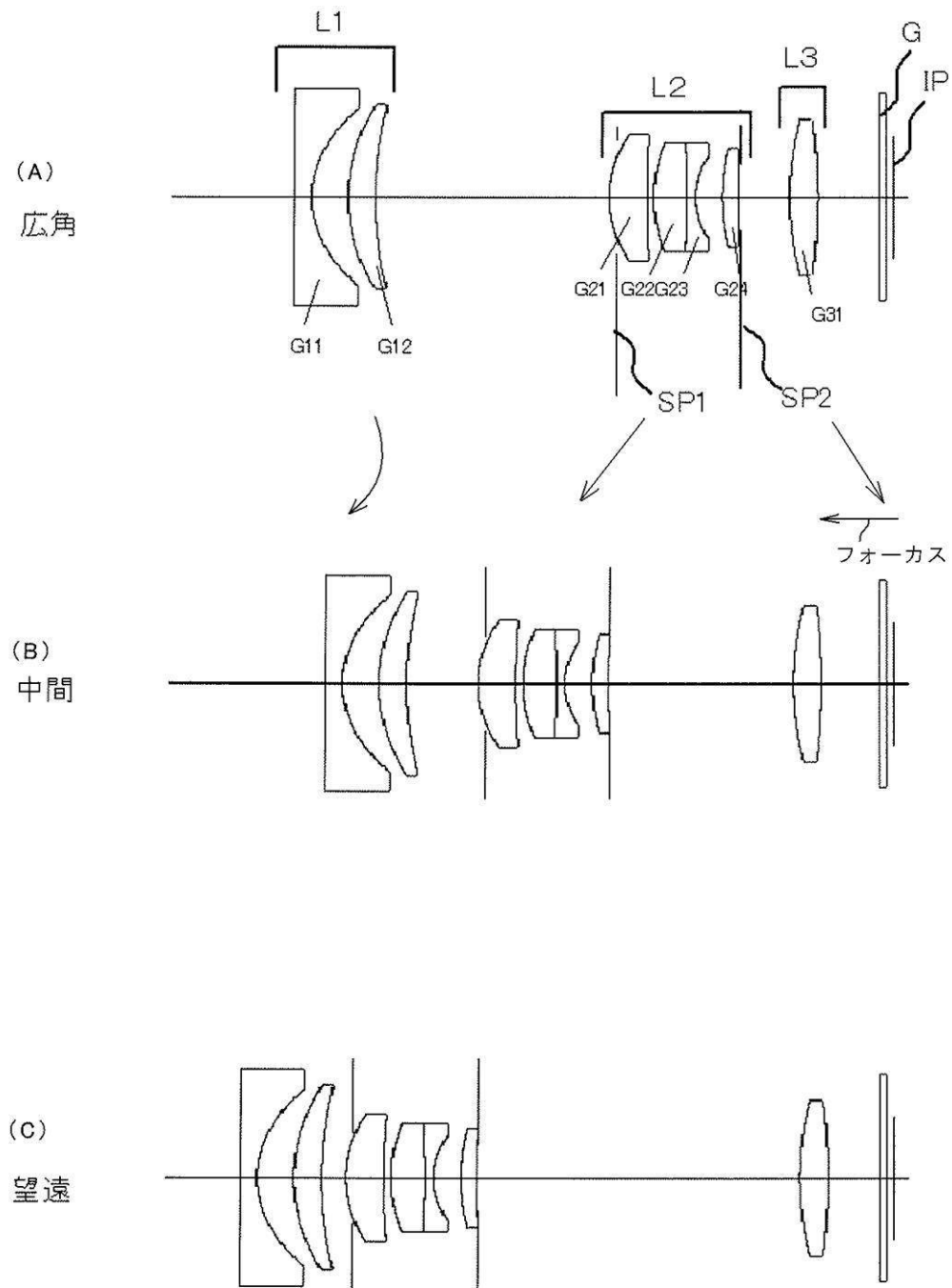
(B) 中間



(C) 望遠

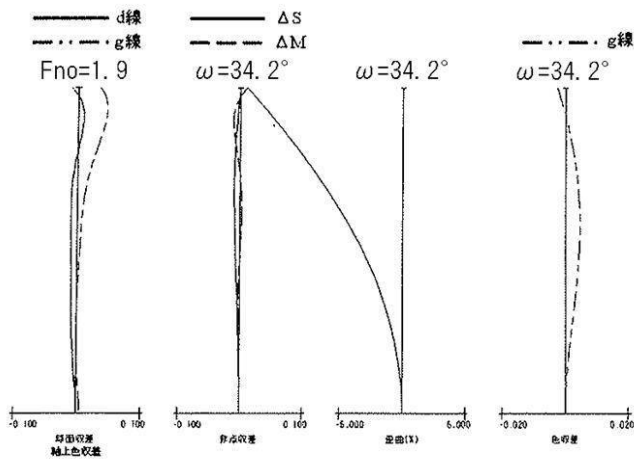


【図 5】

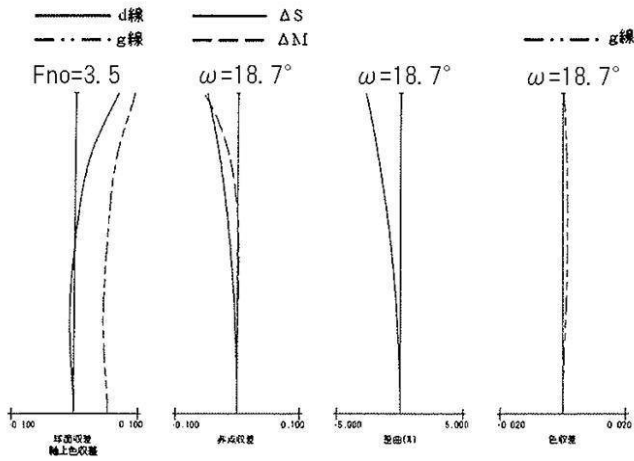


【図6】

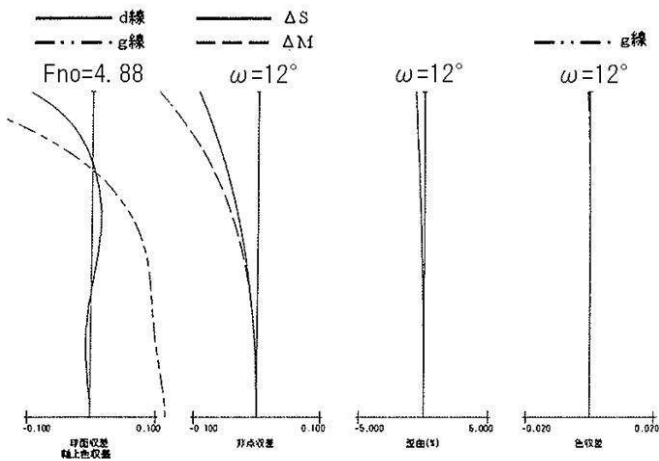
(A) 広角



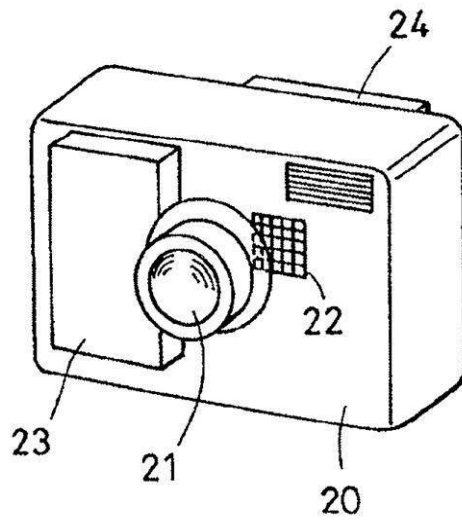
(B) 中間



(C) 望遠



【図7】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 1 5 / 2 0

G 0 2 B 1 3 / 1 8