

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028110号
(P5028110)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2007-49012 (P2007-49012)
 (22) 出願日 平成19年2月28日 (2007.2.28)
 (65) 公開番号 特開2008-209866 (P2008-209866A)
 (43) 公開日 平成20年9月11日 (2008.9.11)
 審査請求日 平成22年2月18日 (2010.2.18)

(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 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 浜野 博之
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内
 (72) 発明者 大部 健司
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ャノン株式会社内

審査官 菊岡 智代

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】

最も物体側に配置された正の屈折力の第1レンズ群と、該第1レンズ群よりも像側に配置された開口絞りと、該開口絞りの像側に配置された1以上のレンズ群を含む後側レンズ群を有し、該第1レンズ群と該後側レンズ群を構成する少なくとも1つのレンズ群がズーミングに際して移動するズームレンズであって、該第1レンズ群は少なくとも1つの正のパワーを有する第1の回折光学部を有し、該後側レンズ群は少なくとも1つの正のパワーを有する第2の回折光学部を有し、該第1の回折光学部の焦点距離を $f_d 1$ 、該第2の回折光学部の焦点距離を $f_d 2$ 、望遠端における該第1の回折光学部と該開口絞りとの距離を $L 1$ 、広角端における該第2の回折光学部と開口絞りの距離を $L 2$ 、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t とするとき、

$$4.0 < f_d 1 / f_d 2 < 15.0$$

$$0.3 < L 1 / f_t < 0.9$$

$$1.5 < L 2 / f_w < 7.0$$

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 2】

前記ズームレンズは、

$$50.0 < f_d 1 / f_t < 500.0$$

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】

10

20

前記ズームレンズは、

$$80.0 < f_d 2 / f_w < 500.0$$

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】

該第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$0.3 < f_1 / f_t < 1.5$$

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】

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、開口絞り、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各レンズ群が移動するズームレンズであって、該第 1 レンズ群は少なくとも 1 つの正のパワーを有する第 1 の回折光学部を有し、該第 4 レンズ群は少なくとも 1 つの正のパワーを有する第 2 の回折光学部を有し、該第 1 の回折光学部の焦点距離を $f_d 1$ 、該第 2 の回折光学部の焦点距離を $f_d 2$ 、望遠端における該第 1 の回折光学部と該開口絞りの距離を L_1 、広角端における該第 2 の回折光学部と開口絞りの距離を L_2 、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t とするとき、

$$4.0 < f_d 1 / f_d 2 < 15.0$$

$$0.3 < L_1 / f_t < 0.9$$

$$1.5 < L_2 / f_w < 7.0$$

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 6】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$50.0 < f_d 1 / f_t < 500.0$$

$$80.0 < f_d 2 / f_w < 500.0$$

$$0.3 < f_1 / f_t < 1.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 5 に記載のズームレンズ。

【請求項 7】

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、開口絞り、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であって、該第 1 レンズ群は少なくとも 1 つの正のパワーを有する第 1 の回折光学部を有し、該第 5 レンズ群は少なくとも 1 つの正のパワーを有する第 2 の回折光学部を有し、該第 1 の回折光学部の焦点距離を $f_d 1$ 、該第 2 の回折光学部の焦点距離を $f_d 2$ 、望遠端における該第 1 の回折光学部と該開口絞りの距離を L_1 、広角端における該第 2 の回折光学部と開口絞りの距離を L_2 、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t とするとき、

$$4.0 < f_d 1 / f_d 2 < 15.0$$

$$0.3 < L_1 / f_t < 0.9$$

$$1.5 < L_2 / f_w < 7.0$$

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 8】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とするとき、

$$50.0 < f_d 1 / f_t < 500.0$$

$$80.0 < f_d 2 / f_w < 500.0$$

$$0.3 < f_1 / f_t < 1.5$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 7 に記載のズームレンズ。

【請求項 9】

請求項 1 から 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固体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】

10

20

30

40

50

【技術分野】**【0001】**

本発明はズームレンズ及びそれを有する撮像装置に関し、例えばデジタルカメラ、ビデオカメラ、銀塩写真用カメラ等に好適なものである。

【背景技術】**【0002】**

近年、デジタルカメラ等の撮像装置に用いられている撮像素子は、高画素化が進んでいる。それに対応して高画素の撮像素子を備える撮像装置で用いる撮影レンズ（撮像光学系）には、高解像力であることが求められている。高解像力の撮影レンズであるためには、まず球面収差やコマ収差等の単色（単波長）での像性能に関わる諸収差が良く補正されていることが必要である。10

【0003】

そしてそれに加え、白色光の照明光を用いたときに得られる像に色にじみがないように、色収差が十分良く補正されていることが必要である。

【0004】

一方、撮影領域の拡大のため、撮影レンズが高ズーム比のズームレンズであることが要望されている。一般に高ズーム比にするために、望遠端のズーム位置での焦点距離をより長くすると、望遠側のズーム位置では倍率色収差及び軸上色収差が多く発生してくる。

【0005】

そのため色収差の補正として、一次スペクトルのみならず、二次スペクトルでの補正を良好に行なうことが高画質な像性能を得るために重要になっている。20

【0006】

従来、望遠端において色収差の二次スペクトルを補正するためにズームレンズを構成する各レンズ群のうち物体側のレンズ群に異常部分分散性のガラスより成るレンズを配置することが知られている。

【0007】

これに対して、異常部分分散材料を用いず、回折光学部（回折光学面）を用いて色収差の補正を行なったズームレンズが知られている。

【0008】

このうち、光学系中の絞りの前後に回折光学部を複数配置したズームレンズが知られている（例えば特許文献1～3）。30

【0009】

一方、物体側より像側に順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成り、各レンズ群を移動させてズーミングを行なった高ズーム比の4群構成のズームレンズが知られている（特許文献4）。

【0010】

又、物体側から像側へ順に、正、負、正、負、正の屈折力のレンズ群より成り、各レンズ群を移動させてズーミングを行なった高ズーム比の5群構成のズームレンズが知られている（特許文献5、6）。

【特許文献1】特開2004-117826号公報

40

【特許文献2】特開2004-117827号公報**【特許文献3】特開平11-295598号公報****【特許文献4】特開2006-106191号公報****【特許文献5】特開2002-107625号公報****【特許文献6】特開2005-107262号公報****【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0011】**

一般にズームレンズにおいてズーム比を大きくすると、ズーミングによる色収差の変動及び色収差の発生が大きくなる。特に望遠側において軸上色収差と倍率色収差の2次スペ50

クトルが多く発生し、これを良好に補正するのが困難になる。

【0012】

これに対して物体側のレンズ群に回折光学部を設けると、その異常分散効果により望遠側において色収差の発生を少なくすることができる。

【0013】

しかし、物体側のレンズ群に回折光学部を設けて望遠側における色収差を補正した場合、この回折光学部は、広角端における色収差の補正効果が少ない。逆に回折光学部の屈折力を大きくして望遠側における色収差を大幅に改善しようとすると、広角端における倍率色収差が増加してくる。

【0014】

これに対して光学系中に複数の回折光学部を設けると、広角端と望遠端において色収差を補正するのが容易となる。

【0015】

しかしながらズームレンズに複数の回折光学部を設けるときには、その屈折力と光学系中の位置を適切に設定しないと、色収差を大幅に改善することが難しくなる。

【0016】

特許文献1～3では回折光学部を複数設けているが、回折光学部のパワーが必ずしも望遠端と広角端において色収差を補正するのに最適な関係となっていない。また回折光学部の光学系中の位置も望遠端と広角端において色収差の補正を優先したものとはいえない。

【0017】

ズーム比を大きくしつつ、全ズーム範囲にわたり色収差を良好に補正し、高い光学性能を得るには光学系中の回折光学部を設ける位置やそのパワー等を適切に設定することが重要になってくる。

【0018】

本発明は、色収差を全ズーム域にわたって良好に補正することができ、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の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明のズームレンズは、最も物体側に配置された正の屈折力の第1レンズ群と、該第1レンズ群よりも像側に配置された開口絞りと、該開口絞りの像側に配置された1以上のレンズ群を含む後側レンズ群を有し、該第1レンズ群と該後側レンズ群を構成する少なくとも1つのレンズ群がズーミングに際して移動するズームレンズであって、該第1レンズ群は少なくとも1つの正のパワーを有する第1の回折光学部を有し、該後側レンズ群は少なくとも1つの正のパワーを有する第2の回折光学部を有し、該第1の回折光学部の焦点距離を $f_d 1$ 、該第2の回折光学部の焦点距離を $f_d 2$ 、望遠端における該第1の回折光学部と該開口絞りとの距離を $L 1$ 、広角端における該第2の回折光学部と開口絞りの距離を $L 2$ 、広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t とするとき、

$$4.0 < f_d 1 / f_d 2 < 15.0$$

$$0.3 < L 1 / f_t < 0.9$$

$$1.5 < L 2 / f_w < 7.0$$

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】

【0020】

本発明によれば、色収差を始めとする諸収差を良好に補正することができる簡単なズームレンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

【実施例1】

【0022】

以下、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。

10

20

30

40

50

【0023】

本発明のズームレンズは、最も物体側に正の屈折力の第1レンズ群、第1レンズ群よりも像側に開口絞り、開口絞りの像側に1以上のレンズ群を含む後側レンズ群を有している。そしてズーミングに際して第1レンズ群と後側レンズ群中の少なくとも1つのレンズ群が移動する。

【0024】

そして第1レンズ群は少なくとも1つの正のパワーを有する第1の回折光学部を有している。又後側レンズ群は少なくとも1つの正のパワーを有する第2の回折光学部を有している。

【0025】

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、図3、図4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。

【0026】

図5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6、図7、図8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。

【0027】

図9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10、図11、図12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。

【0028】

図13～図17は、各々本発明に係る回折光学素子の説明図である。

【0029】

図18は本発明のズームレンズを備えるデジタルカメラ(撮像装置)の要部概略図である。

【0030】

図19は本発明のズームレンズを備えるビデオカメラの要部概略図である。

【0031】

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。

【0032】

尚、各実施例のズームレンズをプロジェクター等の投射レンズとして用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。

【0033】

レンズ断面図において、 L_i は物体側から数えた第*i*番目の第*i*レンズ群である。 L_1 は最も物体側に配置された第1レンズ群である。 S_P は第1レンズ群 L_1 よりも像側に位置する開口絞りである。

【0034】

L_r は開口絞り S_P の像側に配置された1以上のレンズ群を含む後側レンズ群である。 F_P はフレアカット絞りである。

【0035】

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。

【0036】

I_P は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサーやCMOSセンサー等の固体撮像素子(光電変換素子)の撮像面、銀塩フィルム用カメラの際にはフィルム面等の感光面に相当する。

【0037】

実線及び点線の矢印は広角端から望遠端へのズーミングにおける各レンズ群の移動軌跡

10

20

30

40

50

を示している。

【0038】

収差図において、d, gは各々d線及びg線、M, Sはメリディオナル像面、サジタル像面、倍率色収差はg線によって表している。

【0039】

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。

【0040】

各実施例において、第1レンズ群L1は少なくとも1つの正のパワーを有する第1の回折光学部を有している。又、後側レンズ群Lrは少なくとも1つの正のパワーを有する第2の回折光学部を有している。 10

【0041】

第1の回折光学部の焦点距離をfd1、第2の回折光学部の焦点距離をfd2とする。

【0042】

望遠端において第1の回折光学部と開口絞りSPとの距離をL1、広角端において第2の回折光学部と開口絞りSPとの距離をL2とする。

【0043】

広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々fw, ftとする。このとき、

$$4.0 < f_{d1} / f_{d2} < 15.0 \quad (1)$$

$$0.3 < L1 / f_t < 0.9 \quad (2)$$

$$1.5 < L2 / f_w < 7.0 \quad (3)$$

なる条件式を満足している。

【0044】

回折光学部は、レンズ面上に形成した紫外線硬化型の樹脂より成る回折格子より成っている。

【0045】

回折光学素子は、レンズや平板等の光学部材とその面上に形成した回折光学部より成っている。

【0046】

ここで回折光学部(回折光学面)の屈折力Dは次の如く求められる。 30

【0047】

回折光学部の回折格子の形状を、基準波長(d線)をd、光軸からの距離をh、位相を(h)とする。

【0048】

そして、位相(h)を、

$$(h) = (2 / d) \cdot (C_2 \times h^2 + C_4 \times h^4 + C_2 \times i \cdot h^{2i})$$

なる式で表わす。このとき、2次項の係数C2より、屈折力Dは、

$$D = -2 \cdot C_2$$

となる。

【0049】

従って回折光学部の焦点距離fdは 40

【0050】

【数1】

$$f_d = \frac{1}{\phi D} = -\frac{1}{2 \cdot C_2}$$

【0051】

となる。 50

【0052】

次に条件式(1)～(3)の技術的意味について説明する。

【0053】

条件式(1)の下限を超えて第2の回折光学部のパワーが弱くなり過ぎると、広角端において倍率色収差が補正不足になるので良くない。逆に上限を超えて第1の回折光学部のパワーが弱くなると望遠端において軸上色収差や倍率色収差が補正不足になってしまう。

【0054】

条件式(2)の下限を超えた位置に第1の回折光学部を設けてしまうと回折光学部を通る軸外光線の高さが低すぎて望遠端において倍率色収差の補正が不十分になってくる。逆に上限を超えると、レンズ全長が長くなってくる。

10

【0055】

条件式(3)の下限を超えた位置に第2の回折光学部を設けてしまうと回折光学部を通る軸外光線の高さが低すぎて広角端において倍率色収差の補正が不十分になってくる。逆に上限を超えると、レンズ全長が長くなってくる。

【0056】

各実施例では単に回折光学面を複数設けるだけでなく条件式(1)から(3)を満足するように第1の回折光学部と第2の回折光学部のパワー関係を最適範囲に設定し、更にその位置を規定している。これによって、望遠端と広角端において色収差の補正を良好に行っている。

20

【0057】

尚、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良い。但し以下の条件式は更に好ましい条件である。即ちズームレンズに要求される様々な技術課題を解決する上で、本実施例にとってより好ましい付加的な要件である。

【0058】

第1レンズ群L1の焦点距離をf1とする。このとき

$$50.0 < f_{d1} / f_t < 500.0 \quad (4)$$

$$80.0 < f_{d2} / f_w < 500.0 \quad (5)$$

$$0.3 < f_1 / f_t < 1.5 \quad (6)$$

なる条件式を満足することである。

30

【0059】

次に前述の各条件式(4)～(6)の技術的意味について説明する。

【0060】

条件式(4)は、望遠端における色収差を更に良好に補正するためのものである。

【0061】

条件式(4)の下限を超えて第1レンズ群L1の第1の回折光学部のパワーが強くなり過ぎると異常分散効果が大きくなり過ぎて望遠端において軸上色収差が補正過剰になる。

【0062】

逆に上限を超えると望遠端において軸上色収差が補正不足になる。

【0063】

条件式(5)は広角端において倍率色収差を更に良好に補正するためのものである。

40

【0064】

条件式(5)の下限を超えて第2の回折光学部のパワーが強くなり過ぎると望遠端において倍率色収差の2次スペクトル成分の補正が困難になる。

【0065】

逆に上限を超えてパワーが弱くなると広角端において倍率色収差の補正が不十分になつてくる。

【0066】

条件式(6)はズーム領域全域に渡って球面収差やコマ収差等の諸収差を補正しつつ光学系の小型化を達成するために更に好ましい条件式である。

【0067】

50

条件式(6)の下限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が短くなりすぎると望遠端において球面収差やコマ収差の補正が困難になる。

【0068】

逆に上限を超えて第1レンズ群L1の焦点距離が長くなりすぎると光学系全体が大型化してしまう。

【0069】

尚、各実施例において更に好ましくは、条件式(1)~(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0070】

6.0 < f d 1 / f d 2 < 10.0	(1a)	10
0.4 < L1 / f t < 0.75	(2a)	
1.9 < L2 / f w < 5.0	(3a)	
70.0 < f d 1 / f t < 400.0	(4a)	
120.0 < f d 2 / f w < 300.0	(5a)	
0.4 < f 1 / f t < 1.2	(6a)	

尚、これらの条件式(1a)~(6a)の上限値を条件式(1)~(6)の上限値としても良い。又条件式(1a)~(6a)の下限値を条件式(1)~(6)の下限値としても良い。

【0071】

以上のように各実施例では、ズーム全域にわたって色収差が良好に補正された高い光学性能を有するズームレンズを達成している。

【0072】

次に各実施例のズームレンズの構成について説明する。

【0073】

図1の実施例1のズームレンズにおいて、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は正の屈折力の第4レンズ群である。

【0074】

SPは開口絞りであり、第3レンズ群L3の前方に位置しており、ズーミングに際して光軸上を移動する。L4は正の屈折力の第4レンズ群である。ズーミングに際して各レンズ群が移動している。

【0075】

本実施例では第4レンズ群L4を光軸上移動させてフォーカシングを行うリヤーフォーカス式を採用している。

【0076】

同図に示す第4レンズ群L4に関する実線の曲線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へ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を示している。

【0077】

本実施例では第4レンズ群L4を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うとともに、第4レンズ群L4を移動させてフォーカスを行うようにしている。

【0078】

特に、同図の曲線4a、4bに示すように、広角端から望遠端へのズーミングに際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これによれば第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との空間の有効利用を図りレンズ全長の短縮化を効果的に達成することができる。

【0079】

また比較的有効径が小さい第4レンズ群でフォーカスを行うことでアクチュエーターの負荷を低減することが出来、フォーカスを高速に行うことができる。

【0080】

尚、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（物体側）に繰り出すことで行っている。

【0081】

広角端から望遠端へのズーミングに際しては、第1レンズ群L1は望遠端で広角端よりも物体側に位置するように移動する。第2レンズ群L2は望遠端で広角端よりも像面側に位置するように移動する。第3レンズ群L3は望遠端で広角端よりも物体側に位置するように移動する。

【0082】

本実施例では第3レンズ群L3は物体側に凸状の軌跡を有するように移動している。これによればズーム中間において、画面周辺光線を十分確保するために前玉径が増大しないようにして、前玉径を小型にすることが容易になる。

【0083】

実施例1において、第1レンズ群L1は、以下のレンズ構成より成っている。最も物体側には物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負（負の屈折力の）レンズG1と正（正の屈折力の）レンズG2からなる貼合せレンズが設けられている。

【0084】

更にその像側には、屈折力の絶対値が像側に比べ物体側に強く、物体側が凸面のメニスカス形状の正レンズG3、屈折力の絶対値が像側に比べ物体側に強く物体側が凸面のメニスカス形状の正レンズG4を配置している。

【0085】

そしてレンズG1とレンズG2の貼合せ面に、光軸に対して回転対称で正のパワーを有する回折格子で構成される第1の回折光学部（第1の回折光学部）を設け、貼合せレンズとともに回折光学素子を構成している。

【0086】

この回折光学部を設けた貼合せ面の曲率を適切に設定することで、各画角に基づく光線の回折光学部（回折光学面）への入射光線の角度が適切な範囲内となるようにしている。

【0087】

これよりズーム全域及び全画角に渡り高い回折効率を維持している。

【0088】

尚、各実施例において回折光学部（回折光学面）とは、基板（平板又はレンズ）上に設けた1以上の回折格子をいう。又、回折光学素子とは1以上の回折格子より成る回折光学部を基板（平板又はレンズ）上に設けた素子をいう。

【0089】

第2レンズ群L2は物体側から像側へ順に、像側が凹面でメニスカス形状の負レンズ、両凹形状の負レンズ、正レンズより成っている。

【0090】

これによってズーミングに伴う収差変動を良好に補正している。

【0091】

第3レンズ群L3は物体側が凸面の正レンズ、物体側が凸面でメニスカス形状の負レンズ、物体側が凸面の正レンズより成っている。

【0092】

物体側の正レンズの物体側の面は非球面形状である。この非球面を用いると広角端における軸上の球面収差を更に良好に補正することができる。又このときの非球面形状はレンズ中心からレンズの周辺にいくに従って正の屈折力が弱くなる形状とするのが収差補正に好ましい。

【0093】

第4レンズ群L4は両凸形状の正レンズと負レンズの貼合せレンズにより成っている。そして貼合せ面に光軸に対し、回転対称の正のパワーを有する回折格子で構成される第2の回折光学部を設けている。

10

20

30

40

50

【0094】

これにより第4レンズ群L4でフォーカスするときの色収差の変動を少なくしている。

【0095】

又、高ズーム比（ズーム比10以上）になると、第1レンズ群L1に設けた回折光学部で大きな異常分散性を発生させて望遠端の色収差を補正しようとすると、広角端において倍率色収差が多く発生てくる。

【0096】

そこで本実施例では像面付近に配置された第4レンズ群L4に正のパワーを有する第2の回折光学部を設けることで、広角端における倍率色収差の2次スペクトルを良好に補正している。

10

【0097】

次に図5の実施例2のズームレンズについて説明する。

【0098】

実施例2のズームレンズは、図1の実施例1のズームレンズと同じズームタイプである。又、第1レンズ群L1中の回折光学部を設ける位置も実施例1と同じである。

【0099】

実施例2は実施例1に比べて第1レンズ群L1を構成するレンズ枚数が異なっているだけであり、第2、第3、第4レンズ群のレンズ構成は同じである。

【0100】

実施例2において、第1レンズ群L1は物体側が凸面でメニスカス形状の負レンズG1と正レンズG2との接合レンズ、物体側が凸面でメニスカス形状の正レンズG3より成っている。

20

【0101】

そして負レンズG1と正レンズG2との接合面に正のパワーの回折光学部を設けている。

【0102】

本実施例では回折光学部の色収差の補正効果によって第1レンズ群L1で発生する色収差を低減し、収差補正と全系の小型化を容易にしている。

【0103】

従来、硝材だけで全系の小型化を図ろうとすると、第1レンズ群L1内の正レンズに異常分散性が大きい硝材を使うことになり、正レンズの材料の屈折率が低くなってくる。その結果、第1レンズ群L1を負レンズ1枚、正レンズ2枚のレンズで構成しようとすると球面収差やコマ収差の補正が困難になる。

30

【0104】

本実施例では第1レンズ群L1に回折光学部を設けて異常分散効果を持たせることで正レンズの自由度を増やし、色収差の補正効果とレンズ枚数の削減を容易にしている。

【0105】

次に図9の実施例3のズームレンズについて説明する。

【0106】

図9の実施例3のズームレンズにおいて、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。ズーミングに際して各レンズ群が移動する。

40

【0107】

SPは開口絞りであり、第3レンズ群L3の前方に位置しており、ズーミングに際して光軸上を移動する。開口絞りSPはズーミングに際して独立に移動しても良いし、第3レンズ群L3と一緒に移動しても良い。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、第3レンズ群L3、第4レンズ群L4、第5レンズ群L5は物体側に、第2レンズ群L2は非線形に移動している。各移動レンズ群の移動軌跡や屈折力を適切に設定することで、レンズ系全体の小型化を容易にしている。フォーカスは第2レンズ群L2を

50

光軸上に移動させる事で行っている。

【0108】

第2レンズ群L2に関する実線の曲線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へ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。

【0109】

本実施例において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へのフォーカスは、同図の直線2cに示すように第2レンズ群L2を前方へ繰り出すことによって行っている。

【0110】

実施例3において第1レンズ群L1は以下のレンズ構成より成っている。

10

【0111】

物体側から像側へ順に、負レンズG1、正レンズG2、正レンズG3で構成している。

【0112】

そして負レンズG1と正レンズG2の接合面に正のパワーの第1の回折光学部を設けている。この回折光学部を用いれば望遠端における軸上及び倍率色収差の補正を良好に行うことが容易になる。

【0113】

第2レンズ群L2は、屈折力の絶対値が物体側の面に比べ像側の面が大きい負レンズ、両凹形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、両凹形状の負レンズより構成している。

20

【0114】

第3レンズ群L3は負レンズと正レンズとの貼合わせレンズ、正レンズと負レンズの貼合わせレンズより構成している。

【0115】

第4レンズ群L4は正レンズと負レンズとの貼合わせレンズ、物体側の面が凹形状の負レンズより構成している。

【0116】

第5レンズ群L5は両凸形状の正レンズ、像側に凸面を向けた正レンズ、像側が凸面でメニスカス形状の負レンズより構成している。

【0117】

30

そして物体側から2番目の正レンズの像側の面に光軸に対し、回転対称で正の屈折力の第2の回折光学部を設けている。

【0118】

第5レンズ群L5に正のパワーを有する第2の回折光学部を設けて広角端における倍率色収差を効果的に補正している。

【0119】

又本実施例では、広角端から望遠端におけるズーミングに際し、第1の回折光学部を有する第1レンズ群L1を物体側に大きく移動させることで、軸外光線の高さを広角端においては小さく、望遠端では大きくしている。

【0120】

40

これによれば望遠端において倍率色収差を効果的に補正しながら、広角端における収差の影響を小さくすることができる。

【0121】

又第2の回折光学部を有する第5レンズ群L5の軸外光線を広角端では高く、望遠端では低くなるように第5レンズ群L5を移動させている。これによれば第2の回折光学部による色収差への影響を広角端では大きく、望遠端では小さくすることができる。

【0122】

第5レンズ群L5はズーミング時における非点収差の変動を抑制するためには、少なくとも2枚の正レンズと1枚の負レンズを有する構成にするのがより好ましい。

【0123】

50

尚、以上の各実施例において、第1レンズ群L1の物体側や第4レンズ群L4又は第5レンズ群L5の像側に屈折力の小さなレンズ群を付加しても良い。

【0124】

又、テレコンバーターレンズやワイドコンバーターレンズ等を物体側や像側に配置しても良い。

【0125】

以上のように各実施例では2つの回折光学部を使って広角端から望遠端までの全ズーム領域にわたって良好に色収差を補正したズームレンズを得ている。

【0126】

ここで、各実施例1のズームレンズで用いた回折光学素子の構成について説明する。図13は回折光学素子1の回折光学部の一部拡大断面図であり、レンズを構成する基板(透明基板)2上に1つの層よりなる回折格子3を設けている。

【0127】

図14は、この回折光学素子1の回折効率の特性を示す図である。図14において横軸は波長を表し、縦軸は回折効率を表している。

【0128】

なお、回折効率は全透過光束に対する回折光の光量の割合であり、格子境界面での反射光などは説明が複雑になるのでここでは考慮していない。

【0129】

回折格子3の光学材料は、紫外線硬化樹脂(屈折率 $n_d = 1.513$ 、アッベ数 $d = 51.0$)を用い、格子厚 d_1 を $1.03\mu m$ と設定し、波長 $530 nm$ 、+1次の回折光の回折効率が最も高くなるようにしている。すなわち設計次数が+1次で、設計波長が波長 $530 nm$ である。図14中において+1次の回折光の回折効率は実線で示している。

【0130】

さらに、図14では設計次数近傍の回折次数(+1次±1次である0次と+2次)の回折効率も併記している。図から分かるように、設計次数での回折効率は設計波長近傍で最も高くなり、それ以外の波長では徐々に低くなる。

【0131】

この設計次数での回折効率の低下分が他の次数の回折光となり、フレアの要因となる。また、回折光学素子を光学系中の複数箇所に使用した場合には、設計波長以外の波長での回折効率の低下は透過率の低下にもつながることになる。

【0132】

次に、異なる材料よりなる複数の回折格子を積層した積層型の回折光学素子について説明する。図15は積層型の回折光学素子の一部拡大断面図であり、図16は図15に示す回折光学素子の+1次の回折光の回折効率の波長依存性を表す図である。

【0133】

図15の回折光学素子では、基板102上に紫外線硬化樹脂(屈折率 $n_d = 1.499$ 、アッベ数 $d = 54$)からなる第1の回折格子104を形成している。

【0134】

更にその上に第2の回折格子105(屈折率 $n_d = 1.598$ 、アッベ数 $d = 28$)を形成している。この材料の組み合わせにおいて、第1の回折格子104の格子厚 d_1 は $d_1 = 13.8\mu m$ 、第2の回折格子105の格子厚 d_2 は $d_2 = 10.5\mu m$ としている。

【0135】

図16からも分かるように、積層構造の回折格子を備えた回折光学素子にすることで、設計次数の回折光において使用波長全域(ここでは可視域)で95%以上という高い回折効率を得ている。

【0136】

なお、前述の積層構造の回折光学素子としては、回折格子を構成する材料を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材等も使用できるし、基材によっては第

10

20

30

40

50

1の層を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては2つの層104と105の格子厚を図17のように等しくしても良い。この場合は表面に格子形状が形成されないことになるので、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。更には2つの回折格子104と105を必ずしも密着させる必要はなく、空気層を隔てて2つの回折格子の層を配置しても良い。

【0137】

回折光学素子は大きな異常分散性を有することから、このように第1レンズ群L1に回折光学面を設けることで、望遠側における軸上色収差、倍率色収差の補正を効果的に行うことが出来る。

【0138】

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カメラ（撮像装置）の実施例を図18を用いて説明する。

【0139】

図18において、20はデジタルカメラ本体である。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は撮影光学系21によって被写体像を受光するCCD等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23は撮像素子22が受光した被写体像に対応する情報を記録するメモリである。24は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察する為のファインダーである。

【0140】

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子22上に形成された被写体像が表示される。

【0141】

このように本発明のズームレンズをデジタ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。

【0142】

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラ（撮像装置）の実施例を図19を用いて説明する。

【0143】

図19において、10はビデオカメラ本体である。11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。12は撮影光学系11によって被写体像を受光するCCD等の固体撮像素子である。13は撮像素子12が受光した被写体像に対応する情報を記録するメモリである。14は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察する為のファインダーである。

【0144】

上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。

【0145】

このように本発明のズームレンズをビデオ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。

【0146】

本発明は、一眼レフカメラにも同様に適用することができる。

【0147】

次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例において i は物体側からの面の順序を示す。 R_i は物体側より順に第 i 番目（第 i 面）の曲率半径、 D_i は第 i 面と第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 N_i と i は各々 d 線を基準としたときの材料の屈折率とアッベ数である。又前述の各条件式と数値実施例の関係を表-1に示す。

【0148】

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 、 B 、 C 、 D 、 E を各々非球面係数としたとき

【0149】

10

20

30

40

50

【数2】

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K) (H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

【0150】

なる式で表している。

また本発明における回折光学面は以下の式で表されるものである。

位相を (h) として

$$(h) = 2 / (C2 \cdot h2)$$

但し : 基準波長 (d線)

h : 光軸からの距離

10

【0151】

数値実施例 1

$$f = 6.10 \sim 104.00 \quad Fno = 2.85 \sim 3.99 \quad 2 = 60.6^\circ \sim 3.9^\circ$$

$$R1 = 81.394 \quad D1 = 1.60 \quad N1 = 1.806100 \quad 1 = 33.3$$

$$R2 = 38.009 \text{ (回折面)} \quad D2 = 4.50 \quad N2 = 1.487490 \quad 2 = 70.2$$

$$R3 = -1023.597 \quad D3 = 0.20$$

$$R4 = 35.708 \quad D4 = 3.90$$

$$N3 = 1.487490$$

$$3 = 70.2$$

$$R5 = 418.621 \quad D5 = 0.20$$

$$R6 = 36.184 \quad D6 = 2.00$$

$$N4 = 1.487490$$

$$4 = 70.2$$

$$R7 = 56.284 \quad D7 = \text{可変}$$

$$R8 = 62.609 \quad D8 = 0.90$$

$$N5 = 1.882997$$

$$5 = 40.8$$

$$R9 = 8.417 \quad D9 = 4.52$$

$$R10 = -20.991 \quad D10 = 0.75$$

$$N6 = 1.603112$$

$$6 = 60.6$$

$$R11 = 35.844 \quad D11 = 0.20$$

$$R12 = 18.033 \quad D12 = 1.90$$

$$N7 = 1.922860$$

$$7 = 18.9$$

30

$$R13 = 71.769 \quad D13 = \text{可変}$$

$$R14 = \text{絞り} \quad D14 = 8.76$$

$$R15 = 8.958 \quad D15 = 2.50$$

$$N8 = 1.772499$$

$$8 = 49.6$$

$$R16 = 63.956 \quad D16 = 1.85$$

$$R17 = 15.673 \quad D17 = 0.70$$

$$N9 = 1.846660$$

$$9 = 23.9$$

$$R18 = 6.792 \quad D18 = 0.98$$

$$R19 = 23.154 \quad D19 = 1.40$$

$$N10 = 1.487490$$

$$10 = 70.2$$

$$R20 = 180.990 \quad D20 = 1.20$$

$$R21 = \text{フレアカット絞り} \quad D21 = \text{可変}$$

$$R22 = 15.975 \quad D22 = 2.50$$

$$N11 = 1.518229$$

$$11 = 58.9$$

40

$$R23 = -12.118 \text{ (回折面)} \quad D23 = 0.60$$

$$N12 = 1.772499$$

$$12 = 49.6$$

$$R24 = -29.625 \quad D24 = \text{可変}$$

$$R25 = \quad D25 = 0.80$$

$$N13 = 1.516330$$

$$13 = 64.1$$

$$R26 = \quad \text{\backslash 焦点距離} \quad 6.10 \quad 39.30 \quad 104.00$$

可変間隔 \

$$D7 \quad 0.80 \quad 25.01 \quad 33.59$$

$$D13 \quad 29.45 \quad 8.14 \quad 2.13$$

$$D21 \quad 5.00 \quad 3.38 \quad 15.55$$

$$D24 \quad 7.00 \quad 14.38 \quad 1.40$$

50

非球面係数

R15 k =-2.94241 B =4.29441e-4 C =-4.84425e-6 D =1.25873e-7 E =-1.96953e-9

R22 k =-7.76517 B =2.55931e-4 C =-1.12751e-6

位相係数

2面 C2=-9.2117e-5

2 3 面 C2=-6.33713e-4

【 0 1 5 2 】

数値実施例 2

10

f = 6.10 ~ 97.80 F n o = 2.85 ~ 3.95 2 = 60.6° ~ 4.2°

R 1 = 75.174 D 1 = 1.40 N 1 = 1.806100 1 = 33.3

R 2 = 35.060(回折面) D 2 = 5.20 N 2 = 1.487490 2 = 70.2

R 3 = -215.348 D 3 = 0.20

R 4 = 31.682 D 4 = 4.10 N 3 = 1.603112 3 = 60.6

R 5 = 123.855 D 5 = 可変

R 6 = 49.655 D 6 = 0.90 N 4 = 1.882997 4 = 40.8

R 7 = 8.681 D 7 = 4.79

20

R 8 = -23.532 D 8 = 0.75 N 5 = 1.603112 5 = 60.6

R 9 = 38.960 D 9 = 0.20

R10 = 18.157 D10 = 1.90 N 6 = 1.922860 6 = 18.9

R11 = 58.411 D11 = 可変

R12 = 絞り D12 = 8.76

R13 = 9.450 D13 = 2.50 N 7 = 1.772499 7 = 49.6

R14 = 84.703 D14 = 1.85

R15 = 16.697 D15 = 0.70 N 8 = 1.846660 8 = 23.9

R16 = 7.239 D16 = 0.98

R17 = 26.238 D17 = 1.40 N 9 = 1.487490 9 = 70.2

30

R18 = -367.715 D18 = 0.50

R19 = フレアカット絞り D19 = 可変

R20 = 17.564 D20 = 2.50 N10 = 1.516330 10 = 64.1

R21 = -41.074(回折面) D21 = 0.60 N11 = 1.772499 11 = 49.6

R22 = -78.230 D22 = 可変

R23 = D23 = 0.80 N12 = 1.498310 12 = 65.1

R24 =

\ 焦点距離 6.10 38.32 97.80

40

可変間隔 \

D 5 0.80 26.86 35.96

D11 31.94 8.78 2.24

D19 6.00 4.91 16.24

D22 6.00 12.85 0.72

非球面係数

R13 k =-4.21927 B =5.40575e-4 C =-7.88847e-6 D =1.45357e-7 E =-1.65364e-9

R20 k =-6.81291 B =1.57658e-4 C =-4.99286e-7

位相係数

50

2 面 C2=-1.0277e-4

2 1 面 C2=-6.944d-4

【 0 1 5 3 】

数值実施例 3

f = 34.60 ~ 155.00 F n o = 4.12 ~ 5.77 2 = 64.0° ~ 15.9°

R 1 = 200.758	D 1 = 4.00	N 1 = 1.846660	1 = 23.9	
R 2 = 97.459(回折面)	D 2 = 8.50	N 2 = 1.638539	2 = 55.4	10
R 3 = 2953.469	D 3 = 0.20			
R 4 = 77.444	D 4 = 6.50	N 3 = 1.712995	3 = 53.9	
R 5 = 168.405	D 5 = 可変			
R 6 = 137.914	D 6 = 2.30	N 4 = 1.772499	4 = 49.6	
R 7 = 21.134	D 7 = 9.36			
R 8 = -263.959	D 8 = 2.50	N 5 = 1.882997	5 = 40.8	
R 9 = 57.025	D 9 = 0.20			
R10 = 33.116	D10 = 6.70	N 6 = 1.805181	6 = 25.4	
R11 = -151.512	D11 = 0.60			
R12 = -87.303	D12 = 1.70	N 7 = 1.670029	7 = 47.2	20
R13 = 86.486	D13 = 可変			
R14 = 絞り	D14 = 6.59			
R15 = 137.778	D15 = 1.50	N 8 = 1.712995	8 = 53.9	
R16 = 28.866	D16 = 5.50	N 9 = 1.487490	9 = 70.2	
R17 = -86.148	D17 = 0.25			
R18 = 40.249	D18 = 7.00	N10 = 1.487490	10 = 70.2	
R19 = -24.238	D19 = 1.38	N11 = 1.698947	11 = 30.1	
R20 = -39.354	D20 = 可変			
R21 = -100.568	D21 = 4.10	N12 = 1.805181	12 = 25.4	
R22 = -29.570	D22 = 1.50	N13 = 1.743997	13 = 44.8	
R23 = 120.580	D23 = 9.60			30
R24 = -36.779	D24 = 2.38	N14 = 1.603112	14 = 60.6	
R25 = -56.686	D25 = 可変			
R26 = 161.283	D26 = 9.00	N15 = 1.570989	15 = 50.8	
R27 = -37.521	D27 = 0.30			
R28 = -120.394	D28 = 6.00	N16 = 1.639300	16 = 44.9	
R29 = -46.399(回折面)	D29 = 1.80			
R30 = -33.596	D30 = 2.20	N17 = 1.846660	17 = 23.9	
R31 = -74.424	D31 = 可変			
40				
\\ 焦点距離	34.60	111.66	155.00	
可変間隔 \\				
D 5	3.75	48.49	61.60	
D13	39.99	10.31	1.45	
D20	2.61	12.68	13.91	
D25	18.38	4.90	2.70	

非球面係数

R27 k = 4.92522e-1 B = 2.13209e-6 C = -6.68465e-11 D = 3.42029e-12

50

E = -4.67615e-15

位相係数

2面 C2=-1.6956e-4
 29面 C2=-1.5e-4

【0 1 5 4】

【表1】

表-1

10

	条件式1	条件式2	条件式3	条件式4	条件式5	条件式6
	fd1/fd2	L1/fT	L2/fW	fd1/fT	fd2/fW	f1/ft
実施例1	6.879	0.527	4.080	88.823	220.124	0.494
実施例2	6.757	0.575	4.129	84.663	200.884	0.557
実施例3	8.847	0.656	2.199	323.775	163.956	0.926

【図面の簡単な説明】

【0 1 5 5】

【図1】数値実施例1のレンズ断面図

20

【図2】数値実施例1の広角端における収差図

【図3】数値実施例1の中間のズーム位置における収差図

【図4】数値実施例1の望遠端における収差図

【図5】数値実施例2のレンズ断面図

【図6】数値実施例2の広角端における収差図

【図7】数値実施例2の中間のズーム位置における収差図

【図8】数値実施例2の望遠端における収差図

【図9】数値実施例3のレンズ断面図

【図10】数値実施例3の広角端における収差図

【図11】数値実施例3の中間のズーム位置における収差図

30

【図12】数値実施例3の望遠端における収差図

【図13】単層構造の回折光学素子の断面図

【図14】単層構造の回折光学素子の回折効率の説明図

【図15】積層構造の回折光学素子の断面図

【図16】積層構造の回折光学素子の回折効率の説明図

【図17】積層構造の回折光学素子の断面図

【図18】本発明の撮像装置の要部概略図

【図19】本発明の撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

【0 1 5 6】

40

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

S P 紋り

I P 像面

d d線

g g線

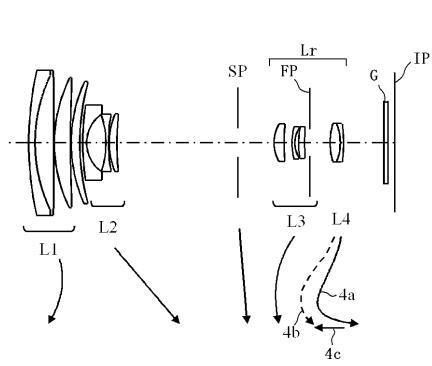
M メリディオナル像面

S サジタル像面

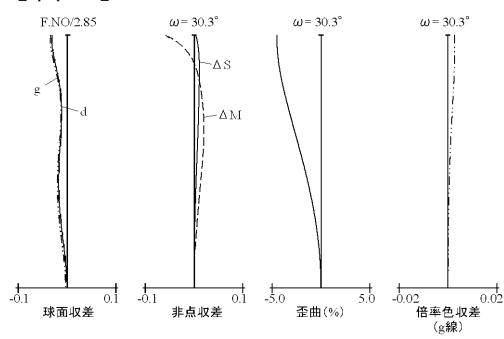
50

G ガラスブロック
 L r 後側レンズ群
 F P フレアカット絞り

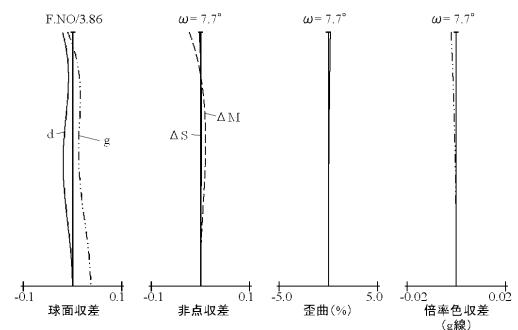
【図1】



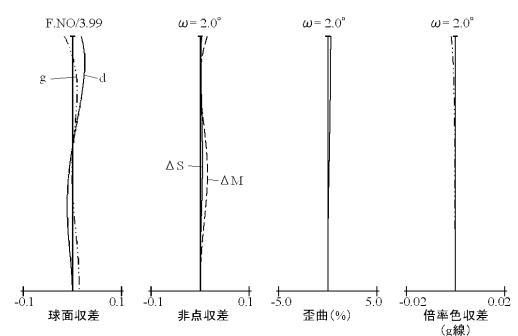
【図2】



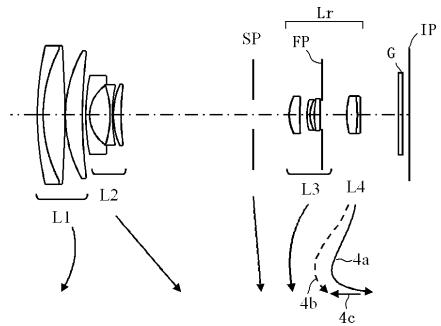
【図3】



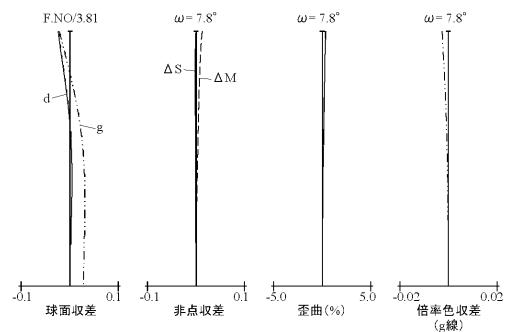
【図4】



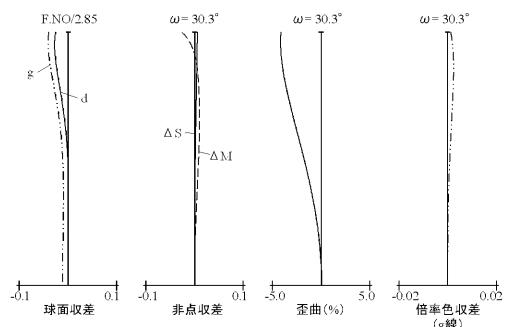
【図5】



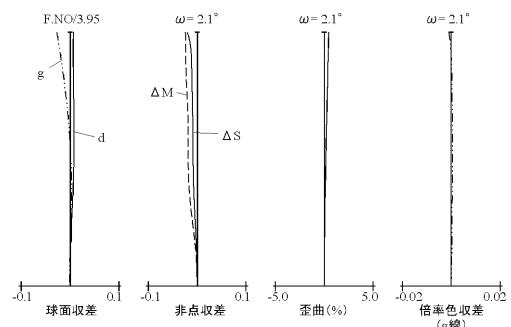
【図7】



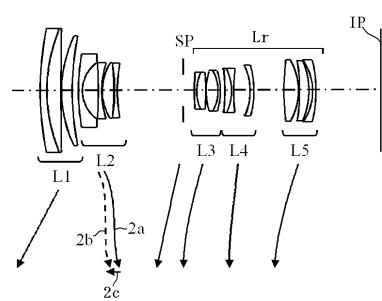
【図6】



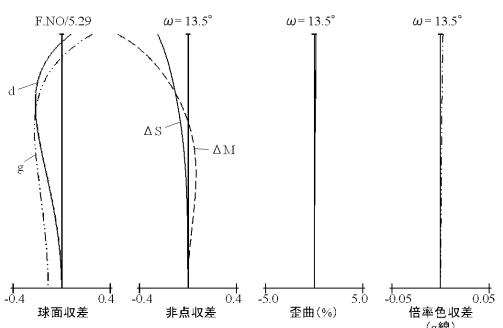
【図8】



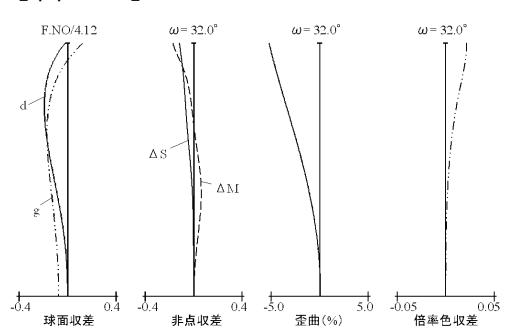
【図9】



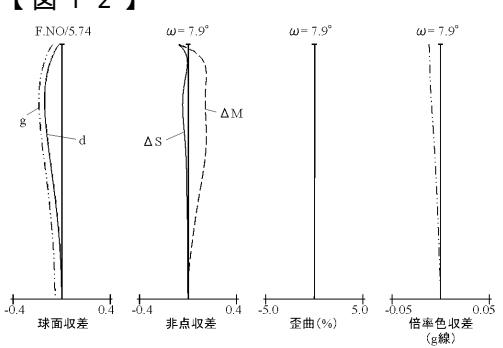
【図11】



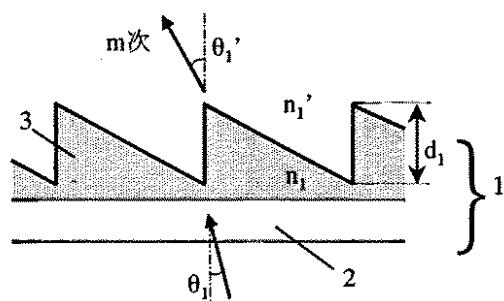
【図10】



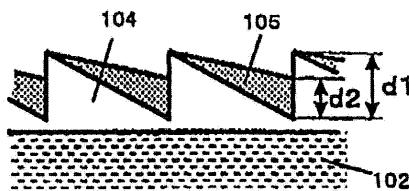
【図12】



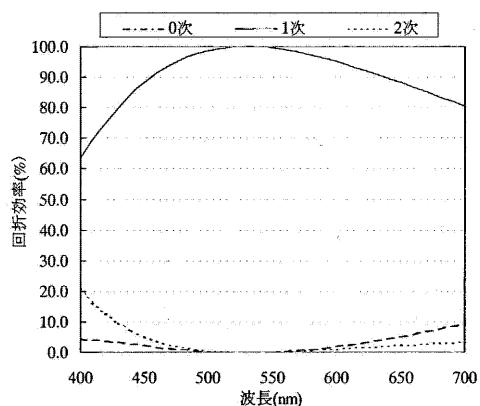
【図13】



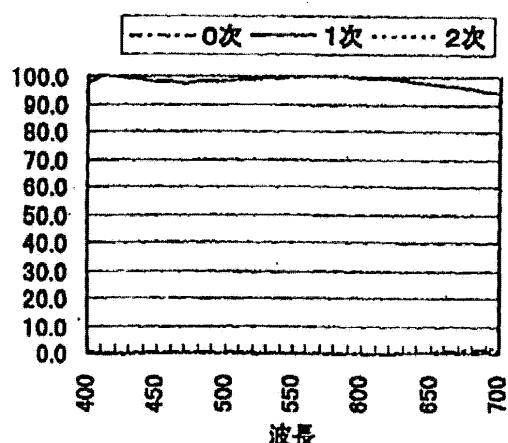
【図15】



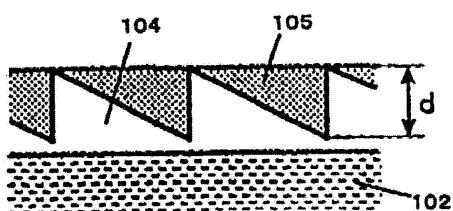
【図14】



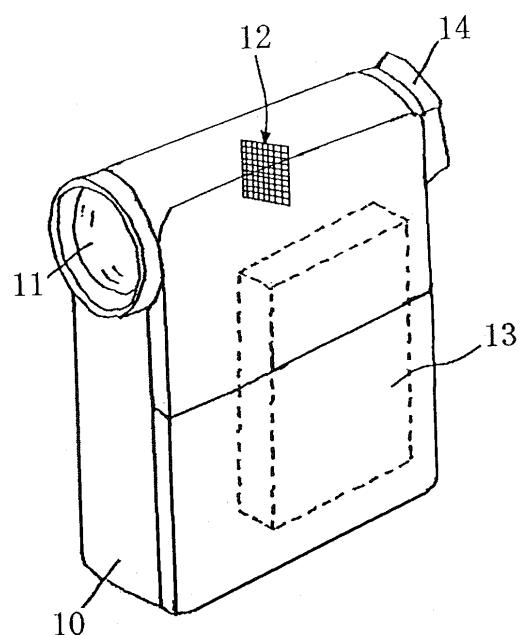
【図16】



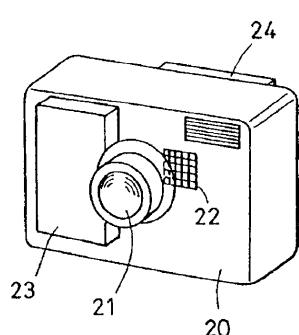
【図17】



【図19】



【図18】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-142505(JP,A)
特開2005-316047(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 15/16 - 15/20
G 02 B 13/18