

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4776936号

(P4776936)

(45) 発行日 平成23年9月21日(2011.9.21)

(24) 登録日 平成23年7月8日(2011.7.8)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 15/16 (2006.01)

G O 2 B 15/16

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2005-27710 (P2005-27710)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成17年2月3日(2005.2.3)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-215257 (P2006-215257A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成18年8月17日(2006.8.17)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成20年2月4日(2008.2.4)		弁理士 高梨 幸雄
		(72) 発明者	猿渡 浩
			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	森内 正明

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、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該第2レンズ群と該第4レンズ群とが移動するズームレンズであって、

該第3レンズ群は、アッベ数と部分分散比を各々 $3pp$, $g_F 3pp$ とするとき、

$$3pp \cdot g_F 3pp > 38$$

なる条件を満足する材料で構成された正レンズと、その物体側に配置された負レンズとを有し、

該第4レンズ群は、アッベ数と部分分散比を各々 $4pp$, $g_F 4pp$ とするとき、

$$4pp \cdot g_F 4pp > 38$$

なる条件を満足する材料で構成された正レンズを有し、

該第3レンズ群と該第3レンズ群中の該正レンズの焦点距離を各々 f_3 , f_{3pp} とするとき、

$$0.5 < f_{3pp} / f_3 < 0.8$$

なる条件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4レンズ群と前記第4レンズ群中の正レンズの焦点距離を各々 f_4 , f_{4pp} とするとき

$$0.9 < f_{4pp} / f_4 < 1.5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第 3 レンズ群は、負レンズとその像側に配置された正レンズとを接合した接合レンズ、又は単一の負レンズより成る負の屈折力のレンズ成分を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 4 レンズ群は、物体側より像側へ順に、正レンズ、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群に含まれる全ての正レンズは、それを構成する材料のアッベ数と部分分散比を各々 $1 < p_p$ 、 $g_F < 1 < p_p$ とするとき

$$1 < p_p \cdot g_F < 1 < p_p < 3.8$$

なる条件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 項のズームレンズ。

【請求項 6】

固体撮像素子に像を形成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】

請求項 1 乃至 6 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】

【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、例えばビデオカメラやデジタルスチルカメラ等の撮像装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

最近、ビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の撮像装置（カメラ）では、画素数の多い（高画素の）固体撮像素子が多く使用され、それに用いる光学系には高性能のズームレンズが求められている。

【0003】

高画素の撮像素子用のズームレンズには諸収差のうち、特に広い波長域での色収差の補正を十分に行うことが要望されている。一般に高ズーム比の望遠端の焦点距離が長いズームレンズでは望遠端において色収差が像性能に与える影響が大きい。

【0004】

この為、望遠端の焦点距離が長いズームレンズには一次の色消しに加え二次スペクトルの低減が強く求められている。

【0005】

従来、望遠端において軸上色収差の二次スペクトルの補正のために異常分散性を有するガラスより成るレンズを用いたズームレンズが数多く知られている。

【0006】

また、高ズーム比化に適したズームレンズのズーム構成としては最も物体側のレンズ群を正の屈折力のレンズ群とした所謂ポジティブリード型のズームレンズが知られている。

【0007】

ポジティブリード型のズームレンズとして、物体側より順に、正、負、正、正の屈折力のレンズ群より成る 4 群構成のズームレンズにおいて異常分散性を有するガラスより成るレンズを用いたズームレンズが知られている（例えば特許文献 1～5）。

【0008】

また物体側より順に、正、負、正、負、正の屈折力のレンズ群より成る 5 群構成のズームレンズにおいて異常分散性を有するガラスより成るレンズを用いたズームレンズが知ら

10

20

30

40

50

れている（例えば特許文献6～9）。

【特許文献1】特許第3097399号

【特許文献2】特開2002-62478号公報

【特許文献3】特開2000-321499号公報

【特許文献4】特開平8-248317号公報

【特許文献5】特開2001-194590号公報

【特許文献6】特開平9-5624号公報

【特許文献7】特開2002-62478号公報

【特許文献8】特開2001-350093号公報

【特許文献9】特開2001-194590号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ポジティブリード型の高変倍比のズームレンズにおいては、望遠側のズーム領域において軸上色収差の二次スペクトルが大きくなりやすい。軸上色収差の二次スペクトルを低減させるためには、低分散かつ異常分散性の材料を用いるのが有効である。

【0010】

前述の4群ズームレンズや5群ズームレンズにおいては、望遠域に於いて、第1レンズ群近傍の入射光線高が大きいため、軸上の色収差は主にここで発生している。そのため、従来異常分散性の材料を導入する際は第1レンズ群に導入し、後続のレンズ群に入射する色収差成分を低減する方法が多く用いられていた。

20

【0011】

特許文献1, 4, 5, 8, 9では正の屈折力の第1レンズ群中の正レンズの材料に、アッペ数が80を越える異常分散性を有するガラスを用いている。

【0012】

一般にアッペ数が80を越える低分散ガラスは異常分散性を有しており、ポジティブリードの第1レンズ群の正レンズに用いると望遠側の二次スペクトルを低減させる効果がある。しかしながら異常分散性材料は一般に加工が難しく特に径の大きい第1レンズ群に用いる場合は製造が難しくなる。

【0013】

30

特許文献1, 2, 6では正の屈折力の第3レンズ群中の正レンズの材料に、アッペ数が80を越える異常分散性を有するガラスを用いて二次スペクトルを低減させている。

【0014】

特許文献3では、第4レンズ群にのみ異常分散硝材より成るレンズを用いたズームレンズを開示しているが、ズーム比は4倍程度であり、より高ズーム化した際の色収差の補正に関しては記載されていない。

【0015】

特許文献7では、第3レンズ群と第5レンズ群に異常分散硝材より成るレンズを用いたズームレンズを開示しているが、倍率色収差の補正に改良の余地がある。

【0016】

40

本発明は、異常分散性の材料より成るレンズを適切に用いることによって広角端から望遠端に至る全ズーム範囲において、色収差、特に2次スペクトルを良好に補正し、高い光学性能が得られるズームレンズの提供を目的とする。

【0017】

尚、ここで異常分散性の材料とは、g線, d線, F線, C線に対する材料の屈折率を各々Ng, Nd, NF, NCとし、

【0018】

【数 1】

$$\nu_d = \frac{Nd - 1}{NF - NC}$$

【0019】

【数 2】

$$\theta_{gF} = \frac{Ng - NF}{NF - NC}$$

10

【0020】

としたとき

$$80 < d$$

$$0.53 < \theta_{gF}$$

を同時に満足する材料をいう。

【課題を解決するための手段】

【0021】

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、ズーミングに際して該第2レンズ群と該第4レンズ群とが移動するズームレンズであって、

20

該第3レンズ群は、アッベ数と部分分散比を各々 $3p_p$, $\theta_{gF} 3p_p$ とするとき、

$$3p_p \cdot \theta_{gF} 3p_p > 38$$

なる条件を満足する材料で構成された正レンズと、その物体側に配置された負レンズとを有し、

該第4レンズ群は、アッベ数と部分分散比を各々 $4p_p$, $\theta_{gF} 4p_p$ とするとき、

$$4p_p \cdot \theta_{gF} 4p_p > 38$$

なる条件を満足する材料で構成された正レンズを有し、

該第3レンズ群と該第3レンズ群中の該正レンズの焦点距離を各々 f_3 , f_{3pp} とするとき、

30

$$0.5 < f_{3pp} / f_3 < 0.8$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0022】

【0023】

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、広いズーム範囲において、色収差を良好に補正し、高い光学性能が得られるズームレンズが実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0025】

【0026】

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。

【0027】

図1は本発明の実施例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) はそれぞれ実施例1のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。

【0028】

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) はそれぞれ実施例2のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。

【0029】

50

図5は本発明の参考例1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)はそれぞれ参考例1のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。

【0030】

図7は本発明の参考例2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)はそれぞれ参考例2のズームレンズの広角端、望遠端における収差図である。

【0031】

図9は本発明のズームレンズを備えるデジタルカメラの要部概略図である。

【0032】

図10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。

【0033】

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、左方が被写体側(前方)で、右方が像側(後方)である。

【0034】

各実施例のズームレンズは、物体側より像側へ順に、正の屈折力の第1レンズ群L1、負の屈折力の第2レンズ群L2、開口絞りSP、正の屈折力の第3レンズ群L3、後群Lrを有し、後群Lrは最も像側に配置されたレンズ群が正の屈折力のレンズ群Lrpを含む1以上のレンズ群で構成されている。そして、ズーミングに際しては、第2レンズ群L2と後群Lr中の少なくとも1つのレンズ群が移動する。

【0035】

図1、図3の実施例1、2では、後群Lrは正の屈折力の第4レンズ群L4より成っている。そしてズーミングに際して、第2レンズ群L2と第4レンズ群L4が移動している。

【0036】

図5、図7の参考例1、2では後群Lrは負の屈折力の第4レンズ群L4、正の屈折力の第5レンズ群L5より成っている。そしてズーミングに際して第2レンズ群L2と第4レンズ群L4が移動している。

【0037】

尚、収差図においてd、gは各々d線、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。

【0038】

各実施例において、第3レンズ群L3は、負レンズと、その負レンズの像側に配置された正レンズG3pを含む2以上のレンズで構成されている。

【0039】

また、後群Lr中の最も像側に配置されたレンズ群Lrpは、正レンズGLrpを含む1以上のレンズで構成されている。

【0040】

そして、第3レンズ群L3と正レンズG3pの焦点距離(正レンズ3pが接合されているときは、分離したときの正レンズ3pのみの焦点距離、以下同様である。)を各々f3、f3p、

正レンズG3pを構成する材料のアッベ数と部分分散比を各々3p、 $g_F 3p$ 、
正レンズGLrpを構成する材料のアッベ数と部分分散比を各々rp、 $g_F rp$ とするとき

$$3p \cdot g_F 3p > 38 \quad (1)$$

$$0.5 < f3p / f3 < 2.5 \quad (2)$$

$$rp \cdot g_F rp > 38 \quad (3)$$

なる条件を満足している。

【0041】

又第1レンズ群L1に含まれる全ての正レンズは、それを構成する材料のアッベ数と部分分散比を各々1pp、 $g_F 1pp$ とするとき

$$1pp \cdot g_F 1pp < 38 \quad (4)$$

10

20

30

40

50

なる条件を満足している。

【0042】

又図1, 図3の実施例1, 2において、第3レンズ群L3は、物体側から像側へ順に、負の屈折力のレンズ成分3Uと正レンズG3ppとで構成されている。また、第4レンズ群L4は、正レンズG4pp、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズで構成されている。

【0043】

そして、第3レンズ群L3と正レンズG3ppの焦点距離を各々 f_3 、 f_{3pp} 、正レンズG3ppを構成する材料のアッペ数と部分分散比を各々 $3pp$ 、 $g_F 3p$ 、

10

第4レンズ群L4中の正レンズG4ppを構成する材料のアッペ数と部分分散比を各々 $4pp$ 、 $g_F 4pp$ 、
とするとき

$$3pp \cdot g_F 3pp > 38 \quad (1a)$$

$$0.5 < f_{3pp} / f_3 < 0.8 \quad (2a)$$

$$4pp \cdot g_F 4pp > 38 \quad (3a)$$

なる条件を満足している。

【0044】

又、第4レンズ群L4と正レンズG4ppの焦点距離を各々 f_4 、 f_{4pp} とするとき
 $0.9 < f_{4pp} / f_4 < 1.5 \quad (5)$

20

なる条件を満足している。

【0045】

又、レンズ成分3Uは、実施例1では負レンズとその像側の正レンズを接合した接合レンズで構成しているが、単一の負レンズより構成しても良い。

【0046】

図3の実施例2ではレンズ成分3Uは1つの負レンズより成っている。

【0047】

図5, 図7の参考例1, 2において、第3レンズ群L3は、物体側から像側へ順に、正レンズG31, 負レンズG32, 正レンズG33で構成されている。また、第5レンズ群L5は、物体側から像側へ順に、正レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズで構成されている。

30

【0048】

そして第3レンズ群L3と正レンズG33の焦点距離を各々 f_3 、 f_{33} 、
正レンズG33を構成する材料のアッペ数と部分分散比を各々 33 、 $g_F 33$ 、
第5レンズ群L5中の正レンズG5ppを構成する材料のアッペ数と部分分散比を各々 $5pp$ 、 $g_F 5pp$ 、
とするとき

$$33 \cdot g_F 33 > 38 \quad (1b)$$

$$1.0 < f_{33} / f_3 < 2.5 \quad (2b)$$

$$5pp \cdot g_F 5pp > 38 \quad (3b)$$

40

なる条件を満足している。

【0049】

又、第5レンズ群L5と正レンズG5ppの焦点距離を各々 f_5 、 f_{5pp} とするとき
 $0.8 < f_{5pp} / f_5 < 1.3 \quad (6)$

なる条件を満足している。

【0050】

各実施例に於いて、第3レンズ群L3中の異常分散硝材を適用した正レンズ(G3p、G3pp、G33)の物体側には負レンズが配置されている。

【0051】

これは、絞りSPを通った光線束が、その負レンズ成分により光束を広げられた後に、

50

異常分散性を持つ正レンズに入射する事が有効であることを示している。収差補正の構造を考察してみると、第3レンズ群L3中の負レンズ成分の像側では、軸上光束のマージナル光線高が高いため、ここに異常分散性を有する正レンズを配置すると、軸上色収差の補正に有利である。

【0052】

一方で、図1、図3の4群ズームレンズの第4レンズ群L4や、図5、図7の5群ズームレンズの第5レンズ群L5は、軸外光束の入射高が高いため、倍率色収差の補正に有利である。

【0053】

このように、絞りSPより像側の複数のレンズ群に異常分散性の材料より成るレンズを用いて色収差(2次スペクトルを含む)を良好に補正することができるようにしている。

10

【0054】

次に前述の各条件式の技術的な意味について説明する。

【0055】

条件式(1)、(1a)、(1b)は第3レンズ群L3中の異常分散性の材料を用いた正レンズG3p(G3pp、G33)のアッベ数 $3p$ ($3pp$ 、 33)と部分分散比 $g_F 3p$ ($g_F 3pp$ 、 $g_F 33$)に関し、条件式3(3a)、(3b)は後群Lr中のレンズ群Lrp(図1、図3の実施例1、2では第4レンズ群L4、図5、図7の参考例1、2では第5レンズ群L5)の異常分散性の材料を用いた正レンズGLrp(G4pp、G5pp)のアッベ数 rp ($4pp$ 、 $5pp$)と部分分散比 $g_F rp$ ($g_F 4pp$ 、 $g_F 5pp$)に関し、主にズーム全域において軸上色収差と倍率色収差を適切に補正する為のものである。

20

【0056】

これらの条件式(1)、(1a)、(1b)や(3)、(3a)、(3b)を外れると高ズーム比化を図ったときの軸上色収差と倍率色収差を良好に補正するのが難しくなってくる。

【0057】

条件式(2)、(2a)、(2b)は第3レンズ群L3中の異常分散性の材料を用いた正レンズG3p(G3pp、G33)の焦点距離 $f3p$ ($f3pp$ 、 $f33$)に対する第3レンズ群L3の焦点距離 $f3$ の比に関する。

30

【0058】

条件式(2)、(2a)、(2b)の下限を超えて正レンズG3p(G3pp、G33)の焦点距離が短くなると、屈折率の低い異常分散硝材を用いた該正レンズ面の曲率が大きくなり、球面収差とコマ収差の補正が難しくなる。

【0059】

一方で上限を超えて正レンズG3p(G3pp、G33)の焦点距離が長くなると、異常分散硝材が屈折力に及ぼす影響が小さくなり、色収差を良好に補正するのが難しくなる。

【0060】

条件式(5)は図1、図3の実施例1、2において、第4レンズ群L4中の異常分散硝材を用いた正レンズG4ppの焦点距離に対する第4レンズ群L4の焦点距離の比に関する。

40

【0061】

条件式(6)は図5、図7の参考例1、2において、第5レンズ群L5中の異常分散硝材を用いた正レンズG5ppの焦点距離に対する第5レンズ群L5の焦点距離の比に関する。

【0062】

条件式(4)、(6)の上限又は下限のいずれも越えると、異常分散硝材の屈折力と密接な関連のある色収差補正の負担が崩れて色収差の良好なる補正が難しくなる。

【0063】

50

条件式(4)は第1レンズ群L1中の正レンズの材料の選択に関するもので、アッベ数 $1p_p$ と部分分散比 $g_F 1p_p$ を適切に設定し、高価で加工難度の高い硝材を、外径の大きいレンズに使用しない為のものである。

【0064】

条件式(1)の上限又は下限を越えると全ズーム領域において色収差を少なくするのが難しくなる。

【0065】

各実施例及び参考例において、更に好ましくは前述の各条件式の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0066】

$$\begin{aligned} 3p \cdot g_F 3p &> 43 & (1) \\ 0.5 < f_{3p} / f_3 < 1.2 & (2) \\ r_p \cdot g_F r_p &> 43 & (3) \\ 3p_p \cdot g_F 3p_p &> 43 & (1a) \\ 0.5 < f_{3pp} / f_3 < 0.8 & (2a) \\ 4p_p \cdot g_F 4p_p &> 50 & (3a) \\ 33 \cdot g_F 33 &> 43 & (1b) \\ 1.1 < f_{33} / f_3 < 2.1 & (2b) \\ 5p_p \cdot g_F 5p_p &> 43 & (3b) \end{aligned}$$

次に図1、図3の実施例1、2のズームレンズの構成について説明する。図1、図3のレンズ断面図において、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、Lrは後群であり、正の屈折力の第4レンズ群L4(Lrp)より成っている。SPは開口絞りであり、第3レンズ群L3の物体側に位置しており、ズームングに際して第3レンズ群L3と共に移動する。

【0067】

G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。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、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。

【0068】

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。

【0069】

実施例1、2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を像側へ移動させて変倍を行うと共に、変倍に伴う像面変動を第4レンズ群L4を物体側に凸状の軌跡を有するよう移動させて補正している。

【0070】

また、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アフォーカス式を採用している。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変倍に伴う像面変動を補正するための移動軌跡である。このように第4レンズ群L4を物体側へ凸状の軌跡とすることで第3レンズ群L3と第4レンズ群L4との間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している。

【0071】

又、望遠端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を前方に繰り出すことで行っている。尚、第1レンズ群L1と第3レンズ群L3は、ズーム及びフォーカスの為には光軸方向に不動であるが、収差補正を良好に行う為、必要に応じて移動させても良い。

【0072】

10

20

30

40

50

次に実施例 1, 2 のレンズ構成を説明する。以下、レンズ構成は特に断りがない限り、物体側から像側へ順に配置されている順に説明する。

【 0 0 7 3 】

実施例 1 は、第 1 レンズ群 L 1 を正レンズと負レンズからなる接合レンズ、正レンズにより構成している。接合レンズを構成する正レンズは、低分散の硝材を用いることにより、色収差の補正を容易にしている。

【 0 0 7 4 】

第 2 レンズ群 L 2 は負レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズからなる接合レンズにより構成している。レンズ群として屈折力の大きい第 2 レンズ群 L 2 において、接合レンズの硝材を適切に選択することにより、ズーム全域での色収差の変動及び他の諸収差を抑制している。

10

【 0 0 7 5 】

第 3 レンズ群 L 3 は、負レンズと正レンズからなる接合レンズ（レンズ成分）、正レンズ（G 3 p, G 3 p p）により構成している。接合レンズの像側に配置された正レンズ G 3 p を構成する材料は異常分散硝材であり、株式会社オプトロン社製の C a F 2（ $n_d = 1.43387$ 、 $d = 95.1$ ）を用いている。

【 0 0 7 6 】

第 4 レンズ群 L 4 は、正レンズ（G L r p, G 4 p p）、負レンズと正レンズの接合レンズにより構成している。実施例 1 の接合レンズの物体側の正レンズ G L r p を構成する材料は異常分散硝材であり、株式会社オハラ社製の商品名 S - F P L 5 3（ $n_d = 1.43875$ 、 $d = 95.0$ ）を用いている。

20

【 0 0 7 7 】

第 3 レンズ群 L 3 及び第 4 レンズ群 L 4 に用いた異常分散硝材より成るレンズは、第 1 レンズ群 L 1 に異常分散硝材を用いた従来のズームレンズと比較して、レンズ外径が小さいため、製造が容易である。実施例 1 では、複数レンズ群のレンズに異常分散硝材を用いることにより、広角端の倍率色収差と望遠端の軸上色収差の補正を分担し、双方を良好に補正している。

【 0 0 7 8 】

実施例 1 では、望遠端において軸上光線高の高い第 3 レンズ群 L 3 に配した異常分散硝材より成るレンズ G 3 p で主として軸上色収差の補正を行い、広角端において軸外光線高の高い第 4 レンズ群に配した異常分散硝材より成るレンズ G L r p で主として倍率色収差の補正を行っている。

30

【 0 0 7 9 】

実施例 2 は、実施例 1 とレンズ構成の各レンズの配置は全く同じである。実施例 2 では、第 3 レンズ群 L 3 中の接合レンズを構成する正レンズ G 3 p の材料に異常分散硝材として株式会社オハラ社製の商品名 S - F P L 5 1（ $n_d = 1.49700$ 、 $d = 81.54$ ）を用い、第 4 レンズ群 L 4 中の接合レンズを構成する正レンズ G L r p に、異常分散硝材として株式会社オハラ社製の商品名 S - F P L 5 3 を用いているところが特徴的である。

【 0 0 8 0 】

40

以上のように実施例 1 及び実施例 2 においては、いずれも第 3 レンズ群 L 3 と第 4 レンズ群 L 4 に異常分散硝材より成るレンズを用いて色収差を良好に補正している。

【 0 0 8 1 】

次に図 5, 図 7 の参考例 1, 2 のズームレンズの構成について説明する。

【 0 0 8 2 】

図 5, 図 7 の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 r は後群であり、負の屈折力の第 4 レンズ群 L 4 と正の屈折力の第 5 レンズ群 L 5（L r p）より成っている。S P は開口絞りであり、第 3 レンズ群 L 3 の前方（物体側）に位置し、ズームングに際して第 3 レンズ群 L 3 とともに移動している。

50

【0083】

G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。IPは像面であり、CCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が位置している。

【0084】

参考例1, 2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L2を像側へ移動させて変倍を行うと共に、変倍に伴う像面変動を第4レンズ群L4を像側に凸状の軌跡を有するよう移動させて補正している。

【0085】

また、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アフォーカス式を採用している。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変倍に伴う像面変動を補正する為の移動軌跡である。

【0086】

又、望遠端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を後方に繰り出すことで行っている。尚、第1レンズ群L1と第3レンズ群L3と第5レンズ群L5はズーム及びフォーカスの為には光軸方向に不動であるが収差補正を良好に行う為、必要に応じて移動させても良い。

【0087】

次に参考例1, 2のレンズ構成について説明する。

【0088】

図5に示す参考例1は、第1レンズ群L1を正レンズと負レンズからなる接合レンズ、正レンズにより構成している。第2レンズ群L2は負レンズ、負レンズ、正レンズと負レンズからなる接合レンズにより構成している。

【0089】

第3レンズ群L3は、正レンズG31と負レンズG32からなる接合レンズ、正レンズG33（G3p）により構成している。像側の正レンズG33の材料は、異常分散硝材であり、株式会社オプトロン社製のCaF2（ $n_d = 1.43387$ 、 $d = 95.1$ ）を用いている。

【0090】

第4レンズ群L4は、正レンズと負レンズの接合レンズにより構成している。第5レンズ群L5は正レンズGLrp（G5pp）、正レンズと負レンズの接合レンズから構成しており、正レンズGLrpの材料は異常分散硝材であり、株式会社オハラ社製の商品名S-FPL51（ $n_d = 1.49670$ 、 $d = 81.5$ ）を用いている。

【0091】

第3レンズ群L3及び第5レンズ群L5に用いた異常分散硝材より成るレンズは、第1レンズ群L1に異常分散硝材を用いた従来のズームレンズと比較して、レンズ外径が小さいため、製造が容易である。

【0092】

参考例1では複数のレンズ群のレンズに異常分散硝材を用いることにより、広角端の倍率色収差と望遠端の軸上色収差の補正を分担し、双方に良好に補正している。実施例3では、望遠端において軸上光線高の高い第3レンズ群L3に配した異常分散硝材より成るレンズG33で主として軸上色収差の補正を行い、広角端において軸外光線高の高い第5レンズ群L5に配した異常分散硝材より成るレンズGLrpで主として倍率色収差の補正を行っている。

【0093】

図7に示す参考例2は、参考例1に比べて第3レンズ群L3を正レンズG31、負レンズG32と正レンズG33の接合レンズにより構成した点が異なっており、その他のレンズ群のレンズ構成の各レンズの配置は同じである。

【0094】

10

20

30

40

50

参考例 2 では、第 3 レンズ群 L 3 中の接合レンズを構成する正レンズ G 3 3 の材料に異常分散硝材として株式会社オハラ社製の商品名 S - F P L 5 1 ($n_d = 1.49700$ 、 $d = 81.54$) を用いている。

【 0 0 9 5 】

又、第 5 レンズ群 L 5 を構成する物体側の正レンズ G L r p の材料に、異常分散硝材として株式会社オハラ社製の商品名 S - F P L 5 1 を用いているところが特徴的である。

【 0 0 9 6 】

以上のように、参考例 1 及び参考例 2 においては、いずれも第 3 レンズ群 L 3 と第 5 レンズ群 L 5 に異常分散硝材より成るレンズを用いて色収差を良好に補正している。

【 0 0 9 7 】

なお、全ての実施例と参考例において、第 1 レンズ群 L 1 に含まれる正レンズは、株式会社オハラ社製の商品名 S - F S L 5 ($n_d = 1.48749$ 、 $d = 70.23$) と S - L A L 1 4 ($n_d = 1.69680$ 、 $d = 55.53$) を用いている。

【 0 0 9 8 】

次に本発明の実施例 1、2 に対応する数値実施例 1、2 と参考例 1、2 に対応する数値実施例 3、4 を示す。各数値実施例において i は物体側からの光学面の順序を示し、 R_i は第 i 番目の光学面 (第 i 面) の曲率半径、 D_i は第 i 面と第 $i + 1$ 面との間の間隔、 N_i と 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、アッベ数を示す。

【 0 0 9 9 】

また k を離心率、 B 、 C 、 D を非球面係数、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、非球面形状は

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(h/R)^2\}^{1/2}] + B h^4 + C h^6 + D h^8$$

で表わされる。

【 0 1 0 0 】

但し R は曲率半径である。また例えば「 $e - Z$ 」の表示は「 10^{-Z} 」を意味する。数値実施例 1 ~ 4 において、最終の 2 つの面はフィルター等のガラスブロックである。 f は焦点距離、 $F n o$ は F ナンバー、 2θ は半画角を示す。また各数値実施例における上述した条件式との対応を表 - 1 に示す。

【 0 1 0 1 】

[数値実施例 1]

$$f = 1 \sim 11.60 \quad F n o = 1.66 \sim 2.45 \quad 2\theta = 59.2^\circ \sim 5.6^\circ$$

R 1 =	11.610	D 1 =	0.30	N 1 =	1.846660	1 =	23.9
R 2 =	6.683	D 2 =	1.07	N 2 =	1.487490	2 =	70.2
R 3 =	-32.117	D 3 =	0.05				
R 4 =	5.649	D 4 =	0.67	N 3 =	1.696797	3 =	55.5
R 5 =	14.259	D 5 =	可変				
R 6 =	8.226	D 6 =	0.16	N 4 =	1.882997	4 =	40.8
R 7 =	1.433	D 7 =	0.66				
R 8 =	-3.978	D 8 =	0.14	N 5 =	1.834000	5 =	37.2
R 9 =	15.371	D 9 =	0.10				
R10 =	3.473	D10 =	0.65	N 6 =	1.846660	6 =	23.9
R11 =	-4.162	D11 =	0.14	N 7 =	1.806098	7 =	40.9
R12 =	20.230	D12 =	可変				
R13 =	絞り	D13 =	0.77				
R14 =	-4.214	D14 =	0.16	N 8 =	1.772499	8 =	49.6
R15 =	7.270	D15 =	0.39	N 9 =	1.698947	9 =	30.1
R16 =	-7.319	D16 =	0.23				

R17 =	5.290	D17 =	0.60	N10 =	1.433870	10 =	95.1
R18 =	-5.509	D18 =	可変				
R19 =	4.572	D19 =	0.67	N11 =	1.438750	11 =	95.0
R20 =	-7.263	D20 =	0.03				
R21 =	11.248	D21 =	0.16	N12 =	1.846660	12 =	23.9
R22 =	3.629	D22 =	0.81	N13 =	1.487490	13 =	70.2
R23 =	-4.824	D23 =	可変				
R24 =		D24 =	3.94	N14 =	1.516800	14 =	64.2
R25 =							

10

\ 焦点距離	1.00	5.21	11.60
可変間隔 \			
D 5	0.19	4.58	5.82
D12	6.05	1.66	0.42
D18	1.72	1.10	1.76
D23	0.70	1.32	0.66

非球面係数

R17 k=6.49499e+00 B=-1.07588e-02 C=-4.02111e-04 D=-4.77371e-04
R19 k=-1.04126e+00 B=-5.96458e-03 C=2.31312e-05 D=6.72165e-05

20

[数値実施例 2]

f = 1 ~ 11.59 F n o = 1.66 ~ 2.45 2 = 59.2° ~ 5.6°

R 1 =	10.437	D 1 =	0.30	N 1 =	1.846660	1 =	23.9
R 2 =	6.190	D 2 =	1.07	N 2 =	1.487490	2 =	70.2
R 3 =	-112.705	D 3 =	0.05				
R 4 =	6.120	D 4 =	0.67	N 3 =	1.696797	3 =	55.5
R 5 =	21.757	D 5 =	可変				
R 6 =	11.781	D 6 =	0.16	N 4 =	1.882997	4 =	40.8
R 7 =	1.488	D 7 =	0.59				
R 8 =	-4.437	D 8 =	0.14	N 5 =	1.834000	5 =	37.2
R 9 =	11.081	D 9 =	0.10				
R10 =	3.425	D10 =	0.65	N 6 =	1.846660	6 =	23.9
R11 =	-3.895	D11 =	0.14	N 7 =	1.806098	7 =	40.9
R12 =	23.748	D12 =	可変				

30

R13 =	絞り	D13 =	0.77				
R14 =	-6.601	D14 =	0.16	N 8 =	1.772499	8 =	49.6
R15 =	4.572	D15 =	0.39	N 9 =	1.496999	9 =	81.5
R16 =	-28.929	D16 =	0.23				
R17 =	5.512	D17 =	0.60	N10 =	1.806100	10 =	40.7
R18 =	-9.768	D18 =	可変				
R19 =	5.992	D19 =	0.67	N11 =	1.583126	11 =	59.4
R20 =	-7.234	D20 =	0.03				
R21 =	15.943	D21 =	0.16	N12 =	1.846660	12 =	23.9
R22 =	3.717	D22 =	0.81	N13 =	1.438750	13 =	95.0
R23 =	-4.198	D23 =	可変				
R24 =		D24 =	3.94	N14 =	1.516800	14 =	64.2

40

50

R25 =

\ 焦点距離	1.00	5.21	11.59
可変間隔 \			
D 5	0.19	4.65	5.91
D12	6.13	1.67	0.41
D18	1.76	1.12	1.76
D23	0.70	1.33	0.69

10

非球面係数

R17 k=5.54993e+00 B=-7.35029e-03 C=-4.48773e-04 D=-1.67901e-04

R19 k=4.82603e-01 B=-6.73050e-03 C=1.08131e-04 D=1.11172e-05

[数值実施例 3]

f = 1 ~ 9.32 F n o = 2.88 ~ 2.91 2 = 61.8° ~ 7.3°

R 1 = 7.610	D 1 = 0.25	N 1 = 1.846660	1 = 23.8	20
R 2 = 4.847	D 2 = 0.98	N 2 = 1.487490	2 = 70.2	
R 3 = 164.991	D 3 = 0.04			
R 4 = 5.191	D 4 = 0.55	N 3 = 1.696797	3 = 55.5	
R 5 = 19.013	D 5 = 可変			
R 6 = 8.512	D 6 = 0.14	N 4 = 1.834807	4 = 42.7	30
R 7 = 1.270	D 7 = 0.70			
R 8 = -3.797	D 8 = 0.12	N 5 = 1.696797	5 = 55.5	
R 9 = 46.880	D 9 = 0.09			
R10 = 2.229	D10 = 0.54	N 6 = 1.846660	6 = 23.8	
R11 = -69.930	D11 = 0.12	N 7 = 1.834000	7 = 37.2	40
R12 = 3.305	D12 = 可変			
R13 = 絞り	D13 = 0.48			
R14 = 3.966	D14 = 0.39	N 8 = 1.583126	8 = 59.4	
R15 = -2.166	D15 = 0.11	N 9 = 1.846660	9 = 23.8	
R16 = -4.047	D16 = 0.11			50
R17 = 6.981	D17 = 0.36	N10 = 1.433870	10 = 95.1	
R18 = -2.990	D18 = 可変			
R19 = -3.054	D19 = 0.34	N11 = 1.805181	11 = 25.4	
R20 = -1.495	D20 = 0.12	N12 = 1.603112	12 = 60.6	
R21 = 2.822	D21 = 可変			60
R22 = 2.625	D22 = 0.52	N13 = 1.496999	13 = 81.5	
R23 = -2.417	D23 = 0.04			
R24 = 278.778	D24 = 0.45	N14 = 1.603112	14 = 60.6	
R25 = -2.030	D25 = 0.11	N15 = 1.846660	15 = 23.8	
R26 = -12.172	D26 = 可変			70
R27 =	D27 = 0.54	N16 = 1.516330	16 = 64.2	
R28 =				

\ 焦点距離	1.00	4.85	9.32
可変間隔 \			
D 5	0.16	3.55	4.50

50

D12	4.64	1.26	0.30
D18	0.37	0.37	0.37
D21	1.07	0.38	0.79
D26	0.54	1.22	0.82

非球面係数

R14 $k = -5.42001e+00$ $B = -6.72331e-03$ $C = -3.95157e-03$

R23 $k = -2.30442e+00$ $B = 6.31418e-03$ $C = -3.85909e-03$ $D = 1.50536e-03$

10

[数值实施例 4]

$f = 1 \sim 9.16$ $F n o = 2.88 \sim 2.93$ $2 = 61.8^\circ \sim 7.5^\circ$

R 1 =	7.985	D 1 =	0.25	N 1 =	1.846660	1 =	23.8
R 2 =	4.983	D 2 =	0.98	N 2 =	1.487490	2 =	70.2
R 3 =	868.493	D 3 =	0.04				
R 4 =	4.882	D 4 =	0.55	N 3 =	1.696797	3 =	55.5
R 5 =	15.338	D 5 =	可変				
R 6 =	6.596	D 6 =	0.14	N 4 =	1.834807	4 =	42.7
R 7 =	1.233	D 7 =	0.70				
R 8 =	-3.546	D 8 =	0.12	N 5 =	1.696797	5 =	55.5
R 9 =	49.900	D 9 =	0.09				
R10 =	2.319	D10 =	0.54	N 6 =	1.846660	6 =	23.8
R11 =	-14.161	D11 =	0.12	N 7 =	1.834000	7 =	37.2
R12 =	3.559	D12 =	可変				
R13 =	絞り	D13 =	0.48				
R14 =	3.266	D14 =	0.36	N 8 =	1.583126	8 =	59.4
R15 =	-7.957	D15 =	0.11				
R16 =	3.823	D16 =	0.11	N 9 =	1.846660	9 =	23.8
R17 =	2.093	D17 =	0.39	N10 =	1.496999	10 =	81.5
R18 =	-3.919	D18 =	可変				
R19 =	-3.027	D19 =	0.34	N11 =	1.805181	11 =	25.4
R20 =	-1.620	D20 =	0.12	N12 =	1.603112	12 =	60.6
R21 =	2.722	D21 =	可変				
R22 =	3.061	D22 =	0.52	N13 =	1.496999	13 =	81.5
R23 =	-3.115	D23 =	0.04				
R24 =	5.942	D24 =	0.45	N14 =	1.583126	14 =	59.4
R25 =	-2.205	D25 =	0.11	N15 =	1.846660	15 =	23.8
R26 =	-10.751	D26 =	可変				
R27 =		D27 =	0.54	N16 =	1.516330	16 =	64.2
R28 =							

20

30

40

\ 焦点距離	1.00	4.83	9.16
可変間隔 \			
D 5	0.16	3.53	4.49
D12	4.63	1.25	0.30
D18	0.37	0.37	0.37
D21	1.08	0.38	0.76
D26	0.54	1.24	0.86

50

非球面係数

R14 $k=-2.86825e+00$ $B=-3.42043e-03$ $C=-1.22523e-03$

R24 $k=-1.17374e+00$ $B=-6.09926e-03$ $C=4.12048e-03$ $D=-3.06857e-03$

【 0 1 0 2 】

【表 1】

表－1

条 件 式		数 値 実 施 例			
		1	2	3	4
(1)	$\nu 3 p \cdot \theta_{g F} 3 p$	51.1	43.9	51.1	43.9
(1 a)	$\nu 3 p p \cdot \theta_{g F} 3 p p$				
(1 b)	$\nu 3 3 \cdot \theta_{g F} 3 3$				
	$\theta_{g F} 3 p$				
	$\theta_{g F} 3 p p$	0.537	0.539	0.537	0.539
	$\theta_{g F} 3 3$				
(2)	$f 3 p / f 3$	0.52	0.73	2.02	1.15
(2 a)	$f 3 p p / f 3$				
(2 b)	$f 3 3 / f 3$				
	$f 3 p$				
	$f 3 p p$	6.31	7.95	4.88	2.81
	$f 3 3$				
(3)	$\nu r p \cdot \theta_{g F} r p$				
(3 a)	$\nu 4 p p \cdot \theta_{g F} 4 p p$	50.8	50.8	43.9	43.9
(3 b)	$\nu 5 p p \cdot \theta_{g F} 5 p p$				
	$\theta_{g F} r p$				
	$\theta_{g F} 4 p p$	0.535	0.535	0.539	0.539
	$\theta_{g F} 5 p p$				
(4)	$\nu 1 p p \cdot \theta_{g F} 1 p p$	37.2	37.2	37.2	37.2
		30.2	30.2	30.2	30.2
(5)	$f 4 p p / f 4$	1.42	0.98	— — — —	— — — —
(6)	$f 5 p p / f 5$	— — — —	— — — —	0.89	1.18

【 0 1 0 3 】

各実施例では、高ズーム比でありながらコンパクトで、かつ軸上色収差の二次スペクトルが良好に補正された高画素のデジタルカメラ、ビデオカメラに対応可能な高性能なズーム

【 0 1 0 4 】

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 9 を用いて説明する。

【 0 1 0 5 】

図 9 において、20 はデジタルカメラ本体、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、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）、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、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。

【 0 1 0 6 】

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 2 2 上に形成された被写体像が表示される。

【 0 1 0 7 】

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。

【 0 1 0 8 】

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）の実施形態を図 1 0 を用いて説明する。

【 0 1 0 9 】

図 1 0 において 1 0 はビデオカメラ本体、1 1 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、1 2 は撮影光学系 1 1 によって被写体像を受光する C C D 等の固体撮像素子、1 3 は撮像素子 1 2 が受光した被写体像に対応する情報を記録するメモリ、1 4 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。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 1 2 上に形成された被写体像が表示される。

10

【 0 1 1 0 】

このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の光学素子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。

【 図面の簡単な説明 】

20

【 0 1 1 1 】

【 図 1 】 数値実施例 1 のレンズ断面図

【 図 2 】 数値実施例 1 の収差図

【 図 3 】 数値実施例 2 のレンズ断面図

【 図 4 】 数値実施例 2 の収差図

【 図 5 】 数値実施例 3 のレンズ断面図

【 図 6 】 数値実施例 3 の収差図

【 図 7 】 数値実施例 4 のレンズ断面図

【 図 8 】 数値実施例 4 の収差図

【 図 9 】 本発明のズームレンズをデジタルカメラに適用したときの概略図

30

【 図 1 0 】 本発明のズームレンズをビデオカメラに適用したときの概略図

【 符号の説明 】

【 0 1 1 2 】

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 r ... 後群

S P ... 絞り

I P ... 像面

d ... d 線

g ... g 線

C ... C 線

F ... F 線

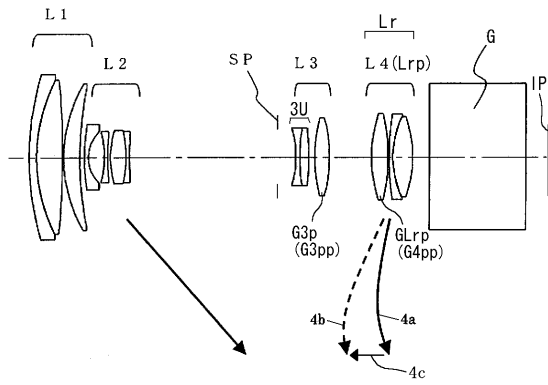
M ... メリディオナル像面

S ... サジタル像面

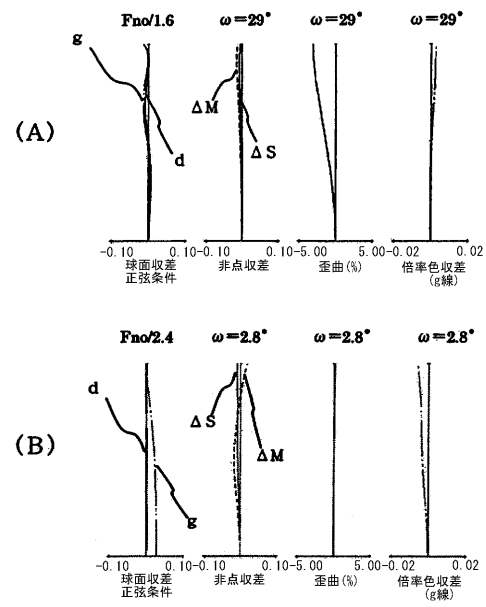
G ... ガラスブロック

40

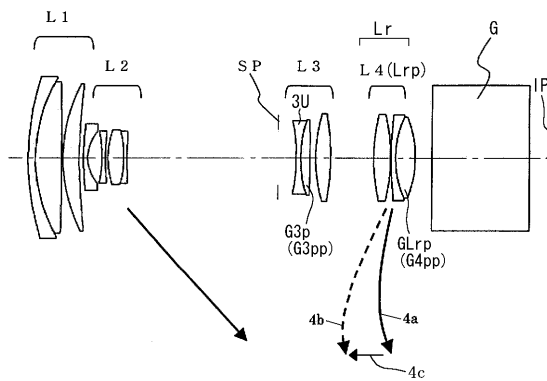
【図 1】



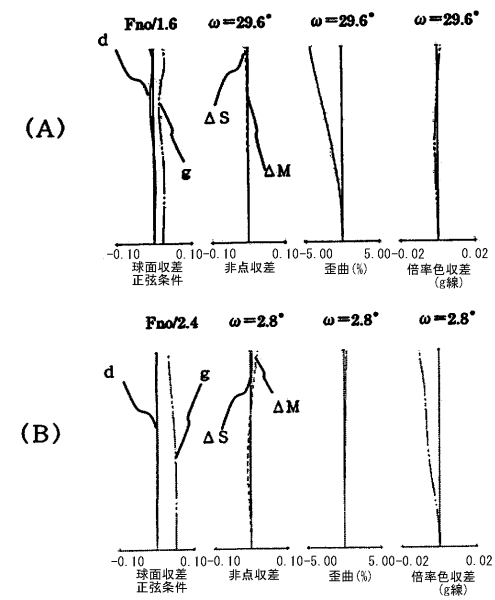
【図 2】



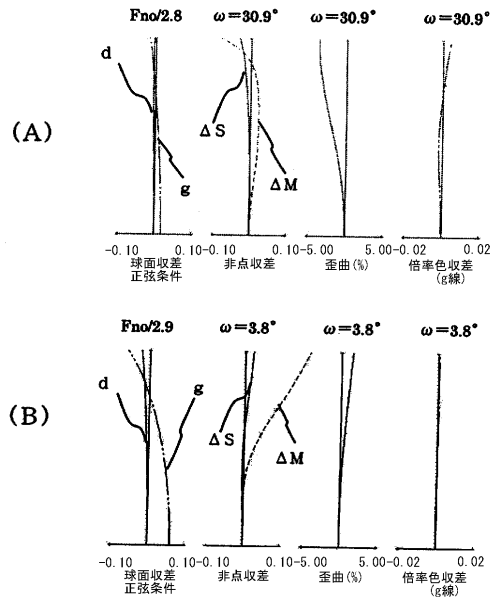
【図 3】



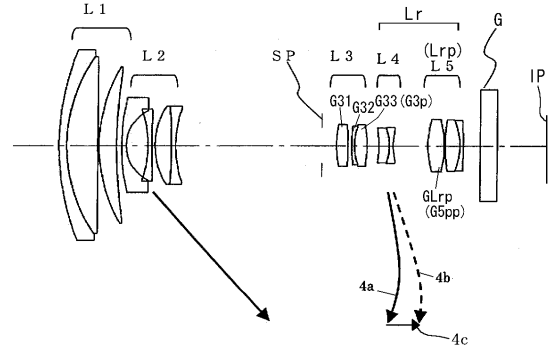
【図 4】



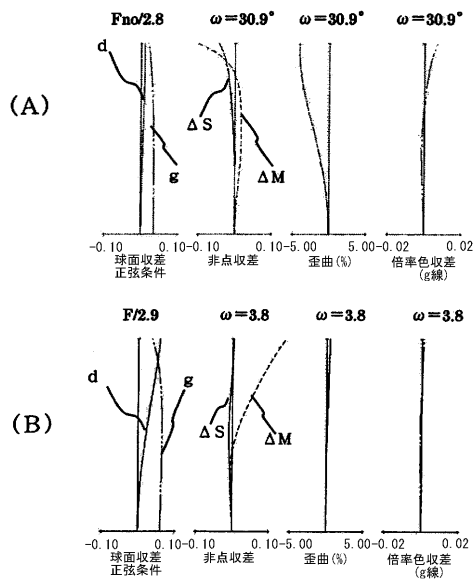
【図 6】



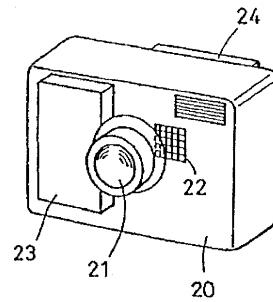
【図 7】



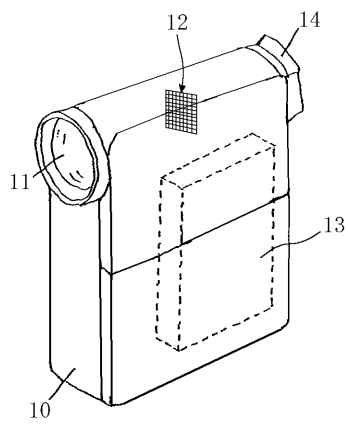
【図 8】



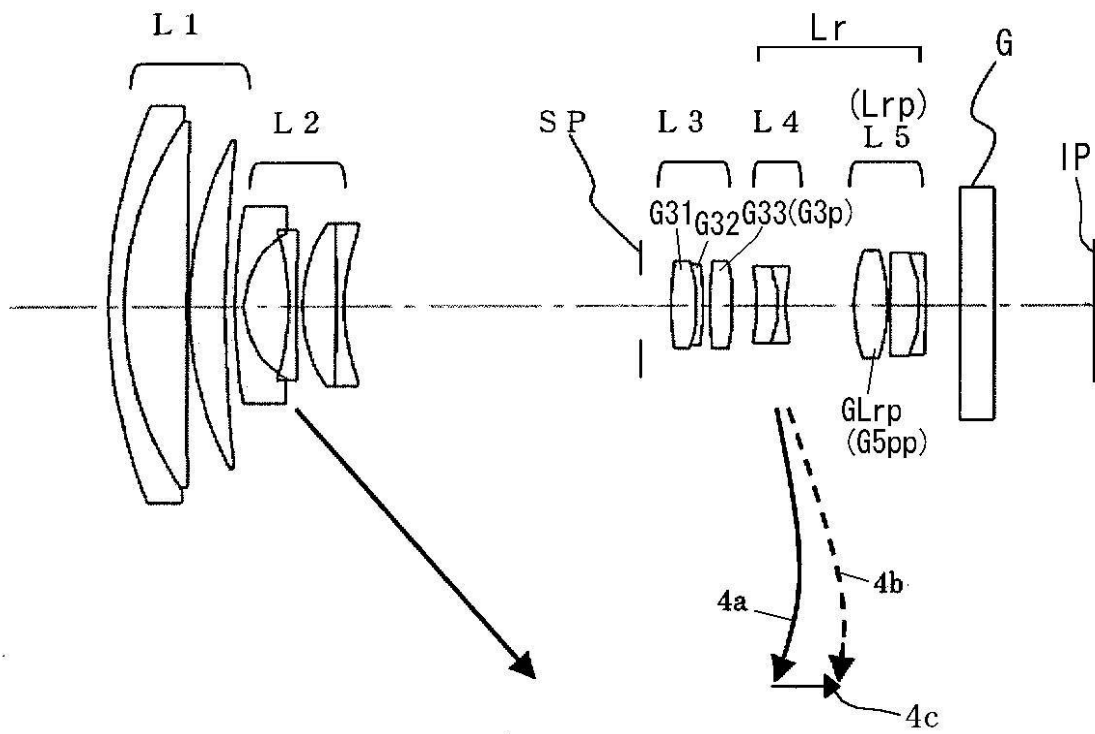
【図 9】



【図 10】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-241091(JP,A)
特開2003-255228(JP,A)
特開2004-333768(JP,A)
特開2004-212512(JP,A)
特開2000-305016(JP,A)
特開平7-270685(JP,A)
特開平10-206718(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