

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5441377号

(P5441377)

(45) 発行日 平成26年3月12日(2014.3.12)

(24) 登録日 平成25年12月27日(2013.12.27)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 13/04 (2006.01) G O 2 B 13/04 D
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2008-204028 (P2008-204028)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成20年8月7日(2008.8.7)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2010-39340 (P2010-39340A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成22年2月18日(2010.2.18)	(74) 代理人	100086818
審査請求日	平成23年8月2日(2011.8.2)		弁理士 高梨 幸雄
前置審査		(72) 発明者	畠田 隆弘
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		審査官	小倉 宏之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単焦点光学系及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へ順に、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される単焦点光学系であって、

前記第1レンズ群は、材料のアッペ数を d_{GP} 、部分分散比を g_{FGP} とするとき

$$g_{FGP} - (0.6438 - 0.001682 \times d_{GP}) > 0.005$$

なる条件を満足する正レンズを少なくとも1枚有し、

無限遠物点に合焦しているときのバックフォーカスをBF、光学系全系の焦点距離をf、前記第2レンズ群の正レンズの材料の平均屈折率を N_p 、前記第1レンズ群の正レンズの像側の面から前記開口絞りまでの光軸上の距離を L_p とするとき、

$$1.0 < BF / f < 3.0$$

$$1.65 \leq N_p$$

$$0.01 < L_p / f < 0.80$$

なる条件を満足することを特徴とする単焦点光学系。

【請求項 2】

前記第1レンズ群は、材料のアッペ数を d_{GN} 、部分分散比を g_{FGN} とするとき

$$g_{FGN} - (0.6438 - 0.001682 \times d_{GN}) < 0$$

$$50 > d_{GN}$$

なる条件を満足する負レンズを少なくとも1枚有し、
前記負レンズの像側の面から前記開口絞りまでの光軸上の距離を L_n とするとき、
 $0.01 < L_n / f < 0.80$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の単焦点光学系。

【請求項3】

前記開口絞りから前記第2レンズ群の最終レンズ面までの光軸上の距離を L_R とするとき、

$$0.5 < L_R / f < 1.5$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載の単焦点光学系。

10

【請求項4】

前記第1レンズ群は、材料のアッベ数を d_{GNF} 、部分分散比を g_{FGNF} とするとき、

$$g_{FGNF} - (0.6438 - 0.001682 \times d_{GNF}) > 0$$

なる条件を満足する負レンズを少なくとも1枚有し、
前記少なくとも1枚の負レンズの像側の面から前記開口絞りまでの光軸上の距離を L_{nF} とするとき

$$0.80 < L_{nF} / f < 2.00$$

なる条件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項に記載の単焦点光学系。

20

【請求項5】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$1.0 < f_2 / f < 2.0$$

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項に記載の単焦点光学系。

【請求項6】

光電変換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項に記載の単焦点光学系。

【請求項7】

請求項1乃至6のいずれか1項の単焦点光学系と、該単焦点光学系によって形成される像を受光する光電変換素子とを備えることを特徴とする撮像装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単焦点光学系に関し、例えば銀塩フィルム用カメラ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、デジタルビデオカメラ等の撮像装置の撮像光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラやフィルム用カメラ等のうち、一眼レフカメラに用いられる撮影光学系には、広画角でバックフォーカスが長いことが求められている。

40

【0003】

広画角で、バックフォーカスが長い撮影光学系として、レトロフォーカスタイプの撮影光学系が知られている（特許文献1、2）。このレトロフォーカスタイプの撮影光学系では、前方（カメラ等の撮影光学系においては被写体側）に全体として負の屈折力のレンズ群を配置する。

【0004】

また、撮影光学系の後方（カメラ等の撮影光学系においては像側）には全体として正の屈折力のレンズ群を配置する。このような構成によって広画角で長いバックフォーカスを有する撮影光学系を実現している。

【特許文献1】特開平07-043606号公報

50

【特許文献2】特開05 - 188294号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般にレトロフォーカス型の撮影光学系は開口絞りに対して前方に負の屈折力のレンズ群、後方に正の屈折力のレンズ群を配置した全体として非対称のレンズ構成より成っている。

【0006】

又長いバックフォーカスを確保する為に前方のレンズ群の負の屈折力の絶対値を大きくしている。この為、諸収差の発生量が多くなる傾向があった。

10

【0007】

特にレトロフォーカス型の撮影光学系は、広画角になるにつれてこの非対称な屈折力配置の傾向が強くなり、諸収差のうち、コマ収差、非点収差、球面収差等が多く発生する傾向があった。

【0008】

例えばFナンバー1.4程度の明るいレトロフォーカス型の撮影光学系においては、前方の負の屈折力のレンズ群と開口絞りより後方の正の屈折力のレンズ群で諸収差が多く発生する傾向があった。そのため、レトロフォーカス型の撮影光学系では諸収差をバランス良く良好に補正するのが大変難しいという問題点があった。

20

【0009】

又、Fナンバー1.4程度の明るい撮影光学系においては、光学系の有効径が大型化する傾向があり、特に、開口絞りから後方のレンズ群までの距離が長くなると後玉有効径が増大してカメラとの連結が困難になるという問題があった。

【0010】

これらの課題を解決するためには、開口絞りより後方のレンズ群を構成する正レンズを高屈折率の硝材で構成すれば良い。これによれば、少ないレンズ枚数で諸収差を良好に補正することが容易となり、更に開口絞りから後方のレンズ群までの距離を短くできるため後玉有効径を小さくすることができる。

【0011】

しかしながら開口絞りより後方のレンズ群中の正レンズを屈折率の高い硝材で構成すると、一般的に高屈折率の硝材は分散が大きい、つまりアッベ数が小さいため、軸上色収差、倍率色収差の発生量が多くなる。

30

【0012】

これは撮影光学系が広画角になればなる程、軸上色収差と倍率色収差の発生が多くなってくる。

【0013】

以上のような理由により、レトロフォーカス型の撮影光学系においては、広画角化を図り、長いバックフォーカスを確保しつつ、画面全域において高画質の画像を得ることが大変難しい。

【0014】

本発明は、軸上色収差、倍率色収差を良好に補正しつつ、球面収差、非点収差等の諸収差の発生を抑え、画面全域で高画質の画像を得るのが容易な広画角でバックフォーカスの長いレトロフォーカス型の単焦点光学系の提供を目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の単焦点光学系は、物体側から像側へ順に、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される単焦点光学系であって、

前記第1レンズ群は、材料のアッベ数を d_{GP} 、部分分散比を g_{FGP} とするとき、

$$g_{FGP} - (0.6438 - 0.001682 \times d_{GP}) > 0.005$$

50

7 1 . 3 d_{Gp}

なる条件を満足する正レンズを少なくとも1枚有し、
無限遠物点に合焦しているときのバックフォーカスを BF 、光学系全系の焦点距離を f 、
前記第2レンズ群の正レンズの材料の平均屈折率を N_p 、前記第1レンズ群の正レンズの像
側の面から前記開口絞りまでの光軸上の距離を L_p とするとき、

$1.0 < BF / f < 3.0$

$1.65 < N_p$

$0.01 < L_p / f < 0.80$

なる条件を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

10

【0016】

本発明によれば、軸上色収差、倍率色収差を良好に補正しつつ、球面収差、非点収差等の諸収差の発生を抑え、画面全域で高画質の画像を得るのが容易な広画角でバックフォーカスの長いレトロフォーカス型の単焦点光学系が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の単焦点光学系（以下「光学系」ともいう。）およびそれを有する撮像装置について説明する。

【0018】

本発明の光学系は、所謂レトロフォーカスタイプの光学系（光学系の焦点距離がレンズ全長（第1レンズ面から像面までの長さ）よりも短い光学系）である。

20

【0019】

本発明の光学系は、物体側から像側へ順に、正又は負の屈折力の第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群を有している。

【0020】

そして第1レンズ群にアッベ数と部分分散比の適切なる値の材料より成る正レンズと負レンズを用いている。

【0021】

図1は本発明の実施例1の光学系のレンズ断面図である。図2は実施例1の光学系が無限遠物体に合焦したときの収差図である。図3は本発明の実施例2の光学系のレンズ断面図である。図4は実施例2の光学系が無限遠物体に合焦したときの収差図である。図5は本発明の実施例3の光学系のレンズ断面図である。図6は実施例3の光学系が無限遠物体に合焦したときの収差図である。図7はアッベ数 d と部分分散比 g_F の関係を示す説明図である。図8は本発明のレトロフォーカスレンズにおける色収差の補正原理を説明するための模式図である。図9は本発明の光学系を備えるカメラ（撮像装置）の要部概略図である。

30

【0022】

各実施例の光学系は、ビデオカメラやデジタルカメラそして銀塩フィルムカメラ等の撮像装置に用いられる撮影光学系である。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。

40

【0023】

尚、各実施例の光学系をプロジェクター等の投射レンズとして用いても良い。このときは、左方がスクリーン、右方が被投射画像となる。

【0024】

レンズ断面図において、 i は物体側からのレンズ群の順番を示し、 L_i は第 i レンズ群である。

【0025】

レンズ断面図において、 L_1 は正又は負の屈折力の第1レンズ群、 SP は絞り（開口絞り）、 L_2 は正の屈折力の第2レンズ群である。

【0026】

50

ここで、屈折力とは光学的パワーのことであり、焦点距離の逆数である。

【 0 0 2 7 】

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 C C D センサや C M O S センサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する感光面が置かれる。

【 0 0 2 8 】

収差図において d , g は順に d 線 , g 線である。 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。 F n o は F ナンバー、 θ は半画角である。

【 0 0 2 9 】

各実施例において、第 1 レンズ群 L 1 は、材料のアッペ数を d_{GP} 、部分分散比を gF_{GP} とする。このとき、

$$gF_{GP} - (0.6438 - 0.001682 \times d_{GP}) > 0.005 \quad (1a)$$

$$\frac{71.3}{d_{GP}} \quad (2a)$$

なる条件を満足する正レンズ G P を少なくとも 1 枚有している。

【 0 0 3 0 】

いま、g 線、d 線、F 線、C 線に対する材料の屈折率を N_g 、 N_d 、 N_F 、 N_C とする。このときアッペ数 d と部分分散比 gF は次のとおりである。

【 0 0 3 1 】

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

$$gF = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

図 7 はアッペ数 d と部分分散比 gF の関係を示したグラフである。図 7 において点 A は株式会社オハラ社製の製品名 P B M 2 ($d = 36.26$ 、 $gF = 0.5828$) を示す。点 B は株式会社オハラ社製の製品名 N S L 7 ($d = 60.49$ 、 $gF = 0.5436$) を示す。

【 0 0 3 2 】

点 A、点 B を結んだ線を基準線とする。このとき、光学ガラスの分布としては大まかにはアッペ数 d が 35 程度より小さい高分散ガラスは基準線より上側にある。又、アッペ数 d が 35 から 60 程度までの低分散ガラスは基準線より下側に位置するものが多い。アッペ数 d が 60 以上で、基準線より上側に位置する異常分散ガラスが存在している。低分散ガラスに関しては基準線より上側に位置するものを使用するのが二次スペクトルの補正に対し効果的であり基準線から離れるほど補正効果が高まる。

【 0 0 3 3 】

条件式 (1a) は、使用するレンズ材料の g 線と F 線に対する異常分散性を、部分分散の基準線を基準として規定している。具体的には、条件式 (1a) の部分分散比 gF が g 線と F 線の使用レンズ材料の部分分散比を表しており、条件式 (1a) の右辺が使用レンズ材料の基準ガラスとの部分分散比との差を表している。

【 0 0 3 4 】

つまり、条件式 (1a) を満足するレンズ材料とは、一般的に異常分散ガラスと呼ばれるものである。部分分散比 gF が基準線より大きい場合とは、基準ガラスに比べて相対的に g 線の屈折率が大きいことを表している。

【 0 0 3 5 】

軸上色収差を微小とするためには、全系の軸上色収差係数をゼロ近傍の値に制御する必要がある。ここで軸上色収差係数 L、倍率色収差係数 T は、レンズの屈折力を ϕ 、軸上光線入射高を h 、軸外主光線入射高を h_b 、アッペ数を d としたとき、

$$L = (h^2 \cdot \phi / d)$$

$$T = (h \cdot h_b \cdot \phi / d)$$

で表される。

【 0 0 3 6 】

従って軸上色収差は、軸上光線の入射高 h が大きいレンズ、倍率色収差は、軸外主光線

10

20

30

40

50

の入射高 h_b が大きいレンズの影響が支配的である。

【0037】

図8に、本発明の光学系の屈折力配置の模式図を示す。図8の光学系は、物体側より像側へ順に正又は負の屈折力の第1レンズ群L1と開口絞りSPと正の屈折力の第2レンズ群L2を有するレトロフォーカスタイプの光学系である。この光学系において、軸上、軸外の主光線について考察する。

【0038】

広角レンズにおいて、g線とC線の軸上色収差を光軸上で同一位置になるように補正した場合、図8に示すように、その位置はd線の結像位置に対して、オーバー側にずれることになる。

10

【0039】

またg線とC線の倍率色収差を像面上で同一位置になるように補正した場合、その位置はd線に対して、光軸外側にずれることになる。LaはFナンバーを決定する軸上光線である。

【0040】

上記g線の軸上色収差は以下のような原理によって補正される。第1レンズ群L1の正レンズに異常分散ガラスを用いた場合、光軸内側にg線を曲げる力が強くなる。これは異常分散ガラスのg線の屈折力が通常の硝材に対して相対的に高いからである。

【0041】

ここで第1レンズ群L1中の軸外主光線Lbの高さ h_b に注目すると、開口絞りSPに近い位置では h_b が小さくなるため、倍率色収差の影響が小さくなる。そのため、開口絞りSPに近い位置に条件式(1a)を満たすレンズを配置することで倍率色収差をさほど悪化させることなく軸上色収差の二次スペクトルを大きく改善することができる。

20

【0042】

したがって、条件式(1a)の下限を超えた場合、第1レンズ群L1に使用するレンズ材料の異常分散性が小さくなり、軸上色収差を充分小さく補正することが難しくなる。

【0043】

また、条件式(2a)の下限を超えた場合、各レンズ群の色消しが不十分になり、近距離物体へのフォーカシングを第2レンズ群L2のみを繰り出す方式とした場合、倍率色収差及び軸上色収差のフォーカスによる収差変動が大きくなってしまう。

30

【0044】

又、各実施例において無限遠物点に合焦しているときのバックフォーカスをBFとする。光学系全系の焦点距離をfとする。第2レンズ群L2中の正レンズの材料の平均屈折率を N_p とする。第1レンズ群L1の正レンズの像側の面から開口絞りSPまでの光軸上の距離を L_p とする。このとき

$$1.0 < BF / f < 3.0 \quad \dots (3)$$

$$\frac{1.65}{N_p} \quad \dots (4)$$

$$0.01 < L_p / f < 0.80 \quad \dots (5)$$

なる条件を満足している。

【0045】

条件式(3)は、光学系のレトロ比($Rf = BF / f$)を最適に保つための条件式である。

40

【0046】

レトロフォーカス型の光学系において、負の屈折力のレンズ群(第1レンズ群)L1と正の屈折力のレンズ群(第2レンズ群)L2のパワー(屈折力)のバランスとバックフォーカスBFの大小とには相対的な因果関係がある。

【0047】

長いバックフォーカスを必要とすることは、レトロ比を大きくすることに等しい。また、大きなレトロ比は、負の屈折力の第1レンズ群の屈折力が著しく大きくなる。そうすると負の屈折力の第1レンズ群と正の屈折力の第2レンズ群とのパワーバランスが崩れてき

50

て、光学性能が劣化し、特にペッツヴァール和が悪化し像面湾曲、歪曲等の軸外収差が悪化してくる。そして結果的に光学系が大型化してくる。

【0048】

そこで各実施例では条件式(3)を満足するようにしている。

【0049】

条件式(3)の上限を超えると、レトロ比が大きくなるため、負の屈折力の第1レンズ群のパワーが大きくなる。

【0050】

したがって、本発明のようなレンズ構成の光学系では、ペッツヴァール和の最適な値の設定が困難になり、軸外収差が悪化してしまう。中でも、歪曲収差と非点収差及び像面湾曲の補正が困難になってしまう。

10

【0051】

また、前玉有効径も増加し、光学系全体が大型化してしまうため好ましくない。

【0052】

一方、条件式(3)の下限を超えると、レトロ比が小さくなりすぎて、例えば一眼レフカメラに適用する場合、最適な長さのバックフォーカスを確保することが困難になってくる。

【0053】

条件式(4)は第2レンズ群L2を構成する正レンズの材料の屈折率の平均を規定するものである。条件式(4)の下限を超えると、ペッツヴァール和が正の方向で過大な値となり、像面湾曲等の軸外収差の悪化を招いてしまい、結果的に光学系が大型化してくるので良くない。

20

【0054】

条件式(5)は第1レンズ群L1中の正レンズGPの像側の面から開口絞りSPまでの光軸上の距離を規定するものである。

【0055】

本発明のようなFナンバーの明るいレトロフォーカス型の光学系においては、条件式(4)のように開口絞りSPより後方の第2レンズ群L2中の正レンズの材料を屈折率の高い硝材で構成することが必要になる。

【0056】

30

しかしながら開口絞りSPより後方の第2レンズ群L2中の正レンズを屈折率の高い硝材で構成すると、一般的に高屈折率の硝材は分散が大きい、つまりアッペ数が小さいため、軸上色収差、倍率色収差の発生量が多くなる。

【0057】

軸上色収差を補正するためには開口絞りSPの前側の第1レンズ群L1にアッペ数の大きい硝材が必要になる。また、F線とg線の軸上色収差の差を小さくし、c線からg線まで軸上色収差を良好に補正するためには、部分分散比の大きい硝材が必要になる。

【0058】

しかしながら、開口絞りSPより前側の第1レンズ群L1中の正レンズにアッペ数、部分分散比の大きい硝材を用いることは広角レンズにおいて倍率色収差を悪化させる方向となる。このため、瞳近軸光線の通過する高さ(光軸からの距離)hbが比較的低くなる位置に、アッペ数、部分分散比の大きい正レンズを適切な屈折力を与えて配置するのが良い。

40

【0059】

条件式(5)の上限を超え、正レンズGPから開口絞りSPまでの距離が長くなりすぎると、倍率色収差の悪化が大きくなり良くない。

【0060】

一方、条件式(5)の下限を超え、正レンズGPの像側の面から開口絞りSPまでの距離が短くなりすぎると、正レンズGPと開口絞りSPが干渉してくるので良くない。

【0061】

50

尚、各実施例において、更に好ましくは条件式(3)、(5)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【0062】

$$\begin{aligned} 1.05 < BF/f < 2.50 & \dots (3a) \\ 0.05 < Lp/f < 0.60 & \dots (5a) \end{aligned}$$

各実施例では以上のように各条件式を満足することにより、諸収差、特に軸上色収差を良好に補正した光学系を得ている。

【0063】

各実施例の光学系において、更に好ましくは次の条件式(6)乃至(9)のうち1以上を満足するのが良い。

10

【0064】

それによれば各条件式に対応した効果が得られる。

【0065】

材料のアッペ数を d_{GN} 、部分分散比を g_{GN} とする。このとき第1レンズ群 L1 は、

$$\begin{aligned} g_{GN} - (0.6438 - 0.001682 \times d_{GN}) &< 0 & \dots (1b) \\ 50 > d_{GN} & & \dots (2b) \end{aligned}$$

なる条件を満足する負レンズGNを少なくとも1枚有している。

【0066】

ここで条件式(1b)、(2b)の技術的意味は前述した条件式(1a)、(2a)と同じである。

20

【0067】

そして負レンズGNの像側の面から開口絞りSPまでの光軸上の距離を L_n とする。このとき

$$0.01 < L_n/f < 0.80 \quad \dots (6)$$

なる条件を満足することである。

【0068】

開口絞りSPから第2レンズ群L2の最終レンズ面までの光軸上の距離を L_R とする。このとき、

$$0.5 < L_R/f < 1.5 \quad \dots (7)$$

30

なる条件を満足することである。

【0069】

第1レンズ群L1は、材料のアッペ数を d_{GNF} 、部分分散比を g_{GNF} とする。このとき、

$$g_{GNF} - (0.6438 - 0.001682 \times d_{GNF}) > 0 \quad \dots (1c)$$

なる条件を満足する負レンズGNFを少なくとも1枚有している。

【0070】

ここで条件式(1c)の技術的意味は前述の条件式(1a)と同じである。

【0071】

そして負レンズGNFの像側の面から開口絞りSPまでの光軸上の距離を L_{nF} とする。このとき

40

$$0.80 < L_{nF}/f < 2.00 \quad \dots (8)$$

なる条件を満足することである。

【0072】

第2レンズ群L2の焦点距離を f_2 とする。このとき

$$1.0 < f_2/f < 2.0 \quad \dots (9)$$

なる条件を満足することである。

【0073】

条件式(6)は第1レンズ群L1中の負レンズGNの後面(像側の面)から開口絞りSPまでの光軸上の距離を規定するものである。条件式(6)を満足すると倍率色収差を悪

50

化させることなく、軸上色収差を補正することができ、更に良好なる光学性能が得られる。

【 0 0 7 4 】

条件式 (7) は開口絞り S P から第 2 レンズ群 L 2 の最終レンズ面までの距離を適切に設定することにより、後玉有効径を小さくしつつ、収差補正を良好に保ちながら第 2 レンズ群 L 2 に必要な屈折力を得るための条件である。

【 0 0 7 5 】

条件式 (7) の上限を超え、開口絞り S P から第 2 レンズ群 L 2 の最終レンズ面までの距離 L R が長くなりすぎると、後玉有効径が増大してカメラとの連結が困難となる。逆に下限を超え、開口絞り S P から第 2 レンズ群 L 2 の最終レンズ面までの距離 L R が短くなりすぎると、第 2 レンズ群 L 2 に必要な屈折力を得るためには球面収差の補正に必要な発散面を設けることができなくなる。

【 0 0 7 6 】

条件式 (8) は第 1 レンズ群 L 1 中の負レンズ G N F から開口絞り S P までの光軸上の距離を規定するものである。前述のように、条件式 (5)、(6) を満足することで軸上色収差を補正することができるが、倍率色収差が悪化する傾向がある。

【 0 0 7 7 】

条件式 (8) は倍率色収差を良好に補正するための条件である。レトロフォーカス型の光学系において、開口絞り S P よりも物体側の第 1 レンズ群 L 1 で倍率色収差を補正するためには、次のようにするのが良い。瞳近軸光線の通過する高さ (光軸からの距離) h b が高くなる位置に、アッペ数、部分分散比の大きい負レンズを適切な屈折力を与えて配置することである。条件式 (8) を満足することで倍率色収差を良好に補正することができる。

【 0 0 7 8 】

条件式 (9) は第 2 レンズ群 L 2 の焦点距離を規定するものである。条件式 (9) の上限を超えると、レトロフォーカス型のレンズタイプを良好に維持しつつ、十分な長さのバックフォーカスを得ることが困難となる。逆に、負の歪曲収差と負の球面収差の補正が困難となる。

【 0 0 7 9 】

尚、各実施例では前述した条件式 (6) ~ (9) のうち、少なくとも 1 以上を満足するのが良く、必ずしもすべてを満足する必要はない。

【 0 0 8 0 】

各実施例において、更に好ましくは条件式 (6) ~ (9) の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

【 0 0 8 1 】

$$\begin{aligned} 0.1 < L_n / f < 0.6 & \dots (6a) \\ 0.6 < L_R / f < 1.3 & \dots (7a) \\ 0.85 < L_{nF} / f < 1.50 & \dots (8a) \\ 1.1 < f_2 / f < 1.8 & \dots (9a) \end{aligned}$$

各実施例によれば、前述の通りのレンズ構成にすることにより諸収差、特に軸上色収差、倍率色収差が良好に補正された撮影画角 63° から 84° 程度と広画角で、しかも F ナンバー 1.45 と明るいレトロフォーカス型の光学系が得られる。

【 0 0 8 2 】

各実施例において、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングは第 1 レンズ群 L 1 を固定 (不動) とし、第 2 レンズ群 L 2 全体を繰り出す (移動する) ことで行っている。

【 0 0 8 3 】

レンズ断面図中の G P は第 1 レンズ群 L 1 中の正レンズである。正レンズ G P の材料のアッペ数と部分分散比 d_{GP} 、 g_{FGP} は前述の条件式 (1 a)、(2 a) を満足している。

【 0 0 8 4 】

10

20

30

40

50

G_Nは第1レンズ群L₁中の負レンズである。負レンズG_Nの材料のアッペ数と部分分散比 d_{G_N} 、 $g_{F_{G_N}}$ は前述の条件式(1b)、(2b)を満足している。

【0085】

G_{NF}は第1レンズ群L₁中の負レンズである。負レンズG_{NF}の材料のアッペ数と部分分散比 $d_{G_{NF}}$ 、 $g_{F_{G_{NF}}}$ は前述の条件式(1c)を満足している。

【0086】

図1の実施例1において、第1レンズ群L₁は物体側から像側へ順に物体側に凸面を向けた2つのメニスカス形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、両凹形状の負レンズG_{NF}と正レンズとの接合レンズを有している。この実施例においては、第1レンズ群L₁は正の屈折力を有している。

【0087】

更に両凸形状の正レンズ、両凸形状の正レンズG_Pと両凹形状の負レンズG_Nとの接合レンズを有している。又、第2レンズ群L₂は物体側から像側へ順に、物体側に凹面を向けた負レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの接合レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズを有している。

【0088】

図3の実施例2のレンズ構成は、図1の実施例1と同じである。この実施例においては、第1レンズ群L₁は正の屈折力を有している。

【0089】

図5の実施例3において、第1レンズ群L₁は物体側から像側へ順に凸面を向けた2つのメニスカス形状の負レンズ、両凸形状の正レンズ、両凹形状の負レンズG_{NF}と正レンズとの接合レンズを有している。この実施例においては、第1レンズ群L₁は正の屈折力を有している。

【0090】

更に両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとの接合レンズ、物体側に凹面を向けた負レンズG_N、両凸形状の正レンズG_Pを有している。

【0091】

又、第2レンズ群L₂は物体側から像側へ順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズと像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズとの接合レンズ、両レンズ面が凸形状の正レンズ、像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズを有している。

【0092】

また、上述の実施例においては、第1レンズ群L₁の屈折力を正としたが、負の屈折力としても構わない。また、第1レンズ群L₁の焦点距離は、第2レンズ群L₂の焦点距離の1.5倍以上(好ましくは2倍以上)であることが望ましい。

【0093】

次に実施例1～3に示した光学系を撮像装置に適用した実施例を図9を用いて説明する。

【0094】

図9は一眼レフカメラの要部概略図である。図9において、10は実施例1～3の光学系1を有する撮影光学系である。

【0095】

撮影光学系1は保持部材である鏡筒2に保持されている。20はカメラ本体である。カメラ本体20はクイックリターンミラー3、焦点板4、ペンタダハプリズム5、接眼レンズ6等によって構成されている。

【0096】

クイックリターンミラー3は、撮影光学系10からの光束を上方に反射する。焦点板4は撮影光学系10の像形成位置に配置されている。ペンタダハプリズム5は焦点板4に形成された逆像を正立像に変換する。観察者は、その正立像を接眼レンズ6を介して観察する。

【0097】

10

20

30

40

50

7は感光面であり、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）や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー3が光路から退避して、感光面7上に撮影光学系10によって像側形成される。

【0098】

尚、本発明の光学系は、デジタルカメラ・ビデオカメラ・銀塩フィルム用カメラ等の他に望遠鏡、双眼鏡、複写機、プロジェクター等の光学機器にも適用できる。

【0099】

以下に、実施例1～3に各々対応する数値実施例1～3を示す。

【0100】

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、 r_i は第 i 番目（第 i 面）の曲率半径である。 d_i は第 i 面と第 $i+1$ 面との間の間隔である。 n_{di} 、 d_i はそれぞれ d 線を基準とした屈折率、アッペ数を示す。 B_F はバックフォーカスである。 $*$ はその面が非球面であることを示す。

（非球面データ）には、非球面を次式で表した場合の非球面係数を示す。

【0101】

【数1】

$$x = \frac{\frac{h^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{h}{R}\right)^2}} + c_4 h^2 + c_6 h^2 + c_8 h^2 + c_{10} h^2$$

10

20

【0102】

但し、

x ：光軸方向の基準面からの変位量である。

h ：光軸に対して垂直な方向の高さである。

R ：ベースとなる2次曲面の半径である。

C_n ： n 次の非球面係数である。

なお、「 $E-Z$ 」の表示は「 10^{-Z} 」を意味する。

【0103】

各数値実施例における正レンズGP、負レンズGN、負レンズGNFのアッペ数 d 、部分分散比 gF の値を表-1に示す。

【0104】

又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-2に示す。

【0105】

[数値実施例1]

面データ

	面番号	r_i	d_i	n_{di}	d_i	有効径
L1	1	131.721	2.70	1.51742	52.4	51.15
	2	26.789	8.10			41.76
	3	84.345	3.30	1.48749	70.2	41.55
	4*	26.762	3.94			38.86
	5	49.974	6.16	1.88300	40.8	38.88
	6	-249.304	4.23			38.32
	7	-45.194	2.10	1.61293	37.0	37.47
	8	51.936	6.44	1.83481	42.7	36.27
	9	-104.883	5.03			35.95
	10	44.614	5.67	1.83481	42.7	34.71
	11	-147.133	0.09			34.35

40

50

	12	80.063	5.84	1.49700	81.5	32.02	
	13	-48.382	1.70	1.65412	39.7	30.83	
	14	30.631	7.90			26.86	
絞り	15		6.44			25.52	
L2	16	-20.281	1.40	1.80000	29.9	24.92	
	17	207.522	4.59	1.80400	46.6	28.09	
	18	-56.354	0.25			29.21	
	19	79.507	7.92	1.59240	68.3	31.04	
	20	-32.694	0.25			32.38	
	21*	-119.896	4.93	1.77250	49.6	33.41	10
	22	-39.518	37.98			34.91	

非球面データ

	c4	c6	c8	c10
第4面	-8.24273E-06	-8.75030E-09	-2.15137E-12	-1.21085E-14
第21面	-9.26947E-06	-3.03922E-09	-1.77751E-13	-1.10418E-14

各種データ

焦点距離	34.59	
Fナンバー	1.45	20
画角	32.02	
像高	21.64	
レンズ全長	126.93	
BF	37.98	

各群焦点距離

L1	102.5
L2	43.5

【 0 1 0 6 】

30

[数値実施例 2]

面データ

	面番号	ri	di	ndi	di	有効径	
L1	1	126.933	2.70	1.51742	52.4	50.86	
	2	26.727	8.15			41.59	
	3	87.278	3.30	1.48749	70.2	41.37	
	4*	27.694	3.81			38.76	
	5	52.883	5.94	1.88300	40.8	38.75	
	6	-192.056	3.55			38.28	
	7	-45.007	2.10	1.60342	38.0	37.98	40
	8	49.133	6.48	1.83481	42.7	36.65	
	9	-111.47	4.72			36.34	
	10	46.511	5.35	1.83481	42.7	34.36	
	11	-151.76	0.09			34.02	
	12	106.328	5.82	1.56907	71.3	32.17	
	13	-43.299	1.70	1.65412	39.7	31.12	
	14	31.509	8.47			27.05	
絞り	15		6.59			25.56	
L2	16	-19.704	1.40	1.80000	29.9	24.97	
	17	2353.87	4.60	1.77250	49.6	28.2	50

18	-49.934	0.25			29.49
19	85.705	7.85	1.59240	68.3	31.49
20	-32.265	0.25			32.36
21*	-101.111	4.97	1.75500	52.3	33.33
22	-37.105	38.47			34.89

非球面データ

	c4	c6	c8	c10	
第4面	-7.6914E-06	-7.6187E-09	-3.5704E-12	-6.7948E-15	
第21面	-9.5317E-06	-2.9975E-09	-2.4628E-13	-1.1618E-14	

10

各種データ

焦点距離	34.81
Fナンバー	1.45
画角	31.86
像高	21.64
レンズ全長	126.57
BF	38.47

各群焦点距離

L1	103.5
L2	43.5

20

【 0 1 0 7 】

[数値実施例3]

面データ

	面番号	ri	di	ndi	di	有効径
L1	1	64.588	2.90	1.83481	42.7	54.54
	2	27.134	8.59			43.79
	3	78.633	3.35	1.58373	59.0	43.49
	4*	26.588	6.91			39.29
	5	104.899	5.15	1.883	40.8	39.12
	6	-104.899	0.89			38.77
	7	-72.964	2.10	1.497	81.5	38.69
	8	46.394	5.95	1.83481	42.7	35.93
	9	-224.128	3.78			35.24
	10	37.165	6.85	1.834	37.2	27.97
	11	-46.716	1.50	1.60342	38.0	26.11
	12	19.654	5.07			23.04
	13	-76.688	1.30	1.65412	39.7	23.11
	14	76.688	0.20			23.76
	15	26.781	6.55	1.497	81.5	25.16
	16	-64.437	3.40			25.15
絞り	17		6.64			24.16
L2	18	-18.579	3.55	1.48749	70.2	23.65
	19	-15.481	1.60	1.84666	23.8	24.36
	20	-42.869	0.20			28.1
	21	103.587	8.20	1.618	63.4	30.9
	22	-28.2	0.20			31.6
	23*	-116.641	6.00	1.851	40.4	32.83

30

40

50

24 -33.79 38.48 34.92

非球面データ

	c4	c6	c8	c10
第4面	-5.6034E-06	-8.8149E-09	3.9223E-12	-2.2756E-14
第23面	-1.1961E-05	-2.8659E-09	-7.0647E-12	-1.3455E-14

各種データ

焦点距離 24.54
 Fナンバー 1.45
 画角 41.4
 像高 21.64
 レンズ全長 129.35
 BF 38.48

10

各群焦点距離

L1 116.7
 L2 37.4

【 0 1 0 8 】

20

【表 1】

表－1

			実施例 1	実施例 2	実施例 3
正レンズ	GP	$v d$	81.5	71.3	81.5
		θgF	0.54	0.55	0.54
負レンズ	GN	$v d$	39.7	39.7	39.7
		θgF	0.57	0.57	0.57
負レンズ	GNF	$v d$	37.0	38.0	81.5
		θgF	0.59	0.58	0.54

30

表－2

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3
(3)	1.10	1.11	1.57
(4)	1.72	1.71	1.65
(5)	0.28	0.29	0.14
(6)	0.23	0.24	0.41
(7)	0.75	0.74	1.08
(8)	0.94	0.94	1.41
(9)	1.26	1.25	1.52

40

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 9 】

【図 1】実施例 1 のレンズ断面図

【図 2】実施例 1 の無限遠物体における収差図

【図 3】実施例 2 のレンズ断面図

【図 4】実施例 2 の無限遠物体における収差図

【図 5】実施例 3 のレンズ断面図

50

【図 6】実施例 3 の無限遠物体における収差図

【図 7】アッベ数 d と部分分散比 の関係を示す説明図

【図 8】本発明のレトロフォーカスレンズにおける色収差の補正原理を説明するための模式図

【図 9】本発明の撮像装置の要部概略図

【符号の説明】

【 0 1 1 0 】

L 1 : 第 1 レンズ群

L 2 : 第 2 レンズ群

G P : 第 1 レンズ群中絞りから 0.4L までの範囲に正レンズ

S P : 開口絞り

I P : 像面

d : d 線

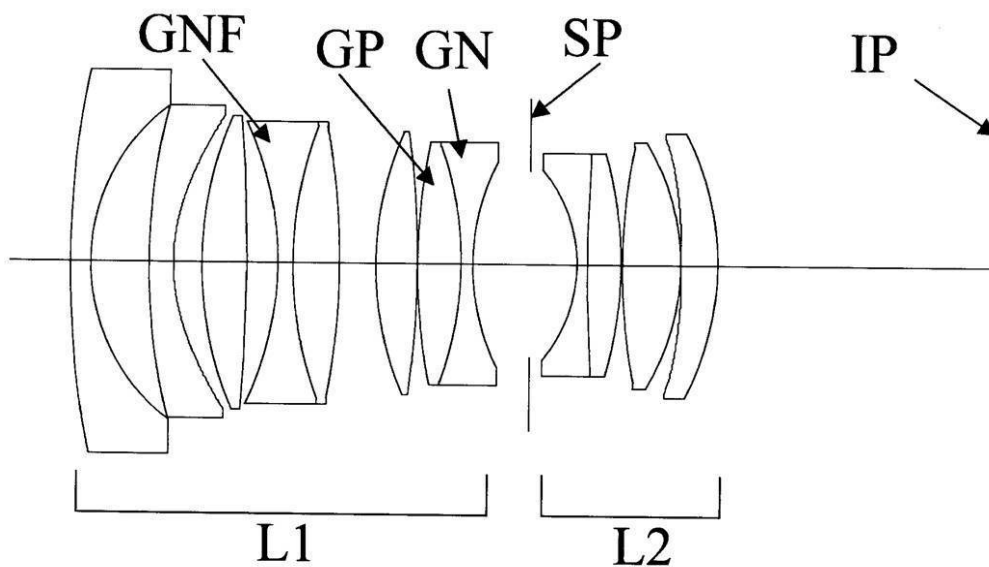
g : g 線

M : メリディオナル像面

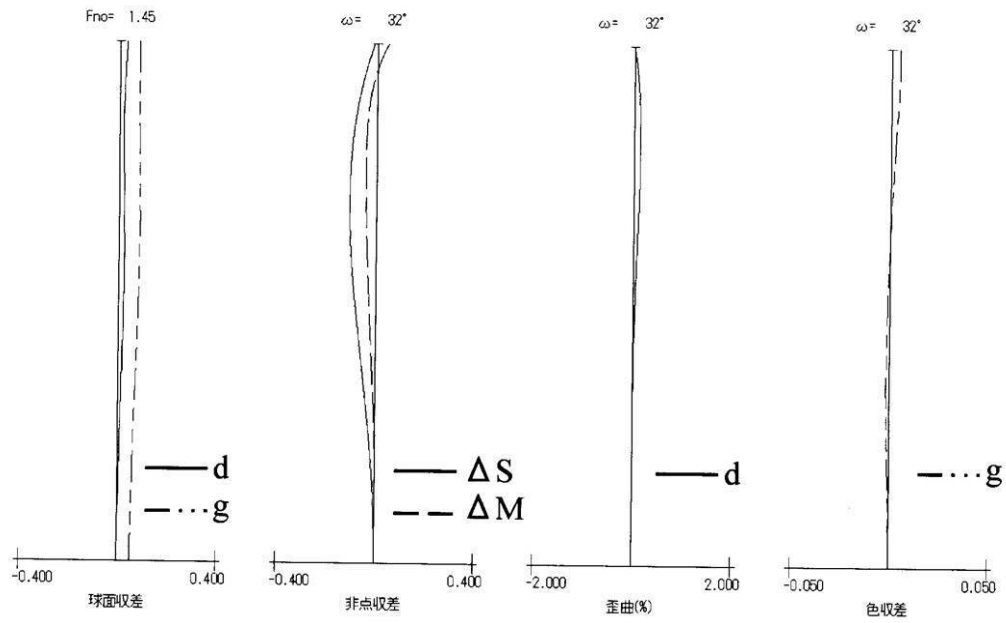
S : サジタル像面

10

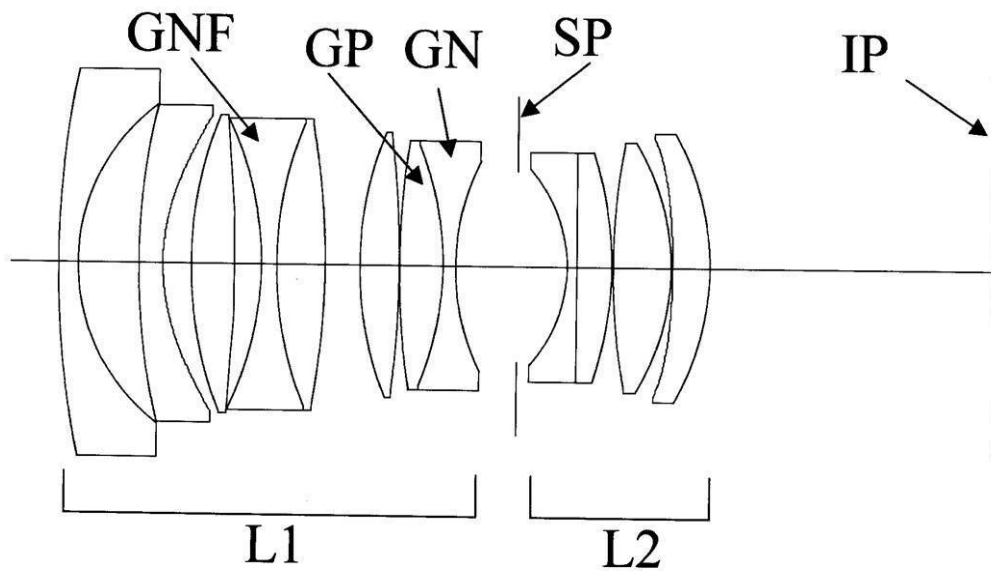
【図 1】



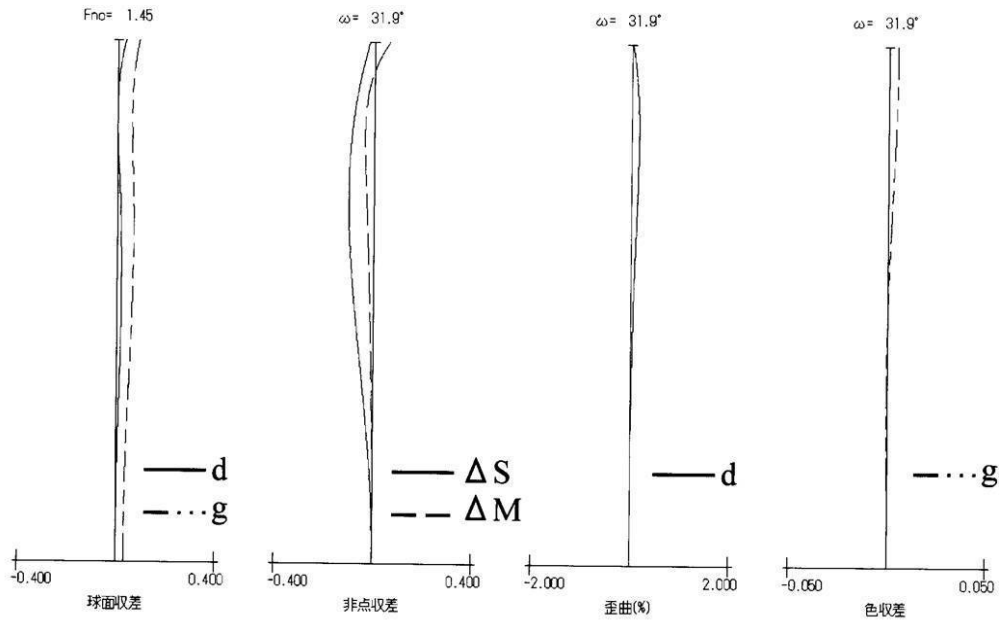
【 図 2 】



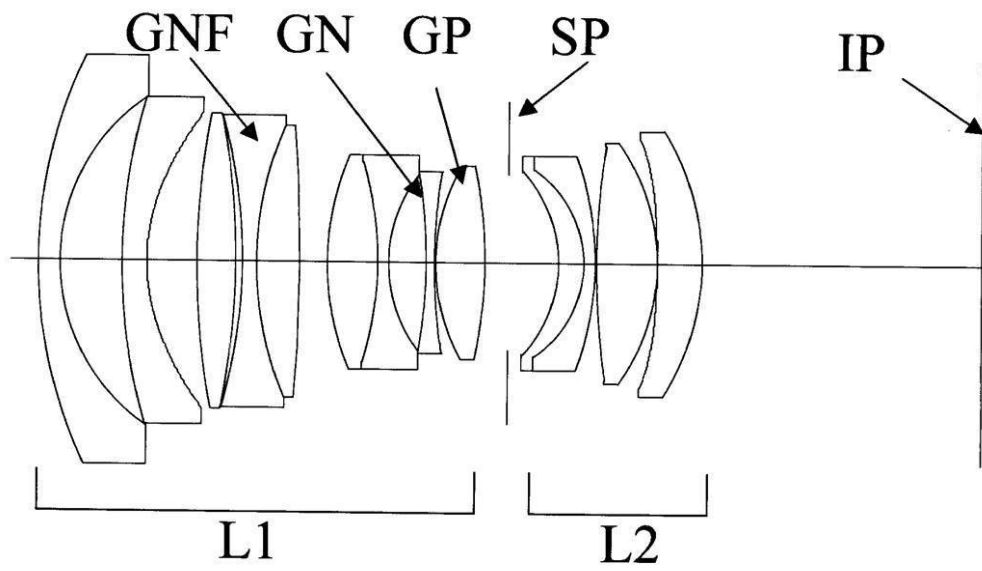
【 図 3 】



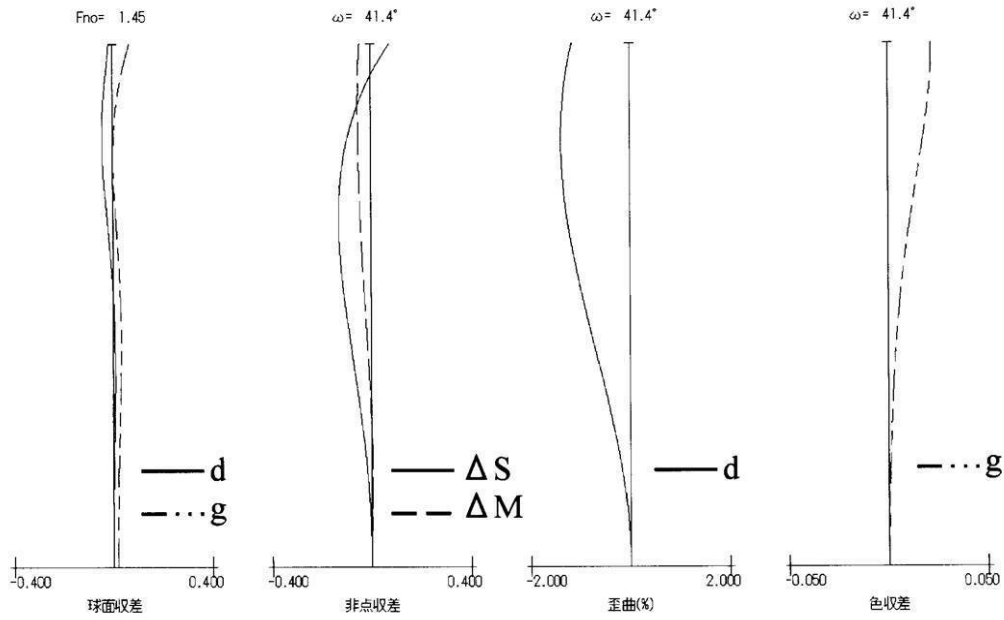
【 図 4 】



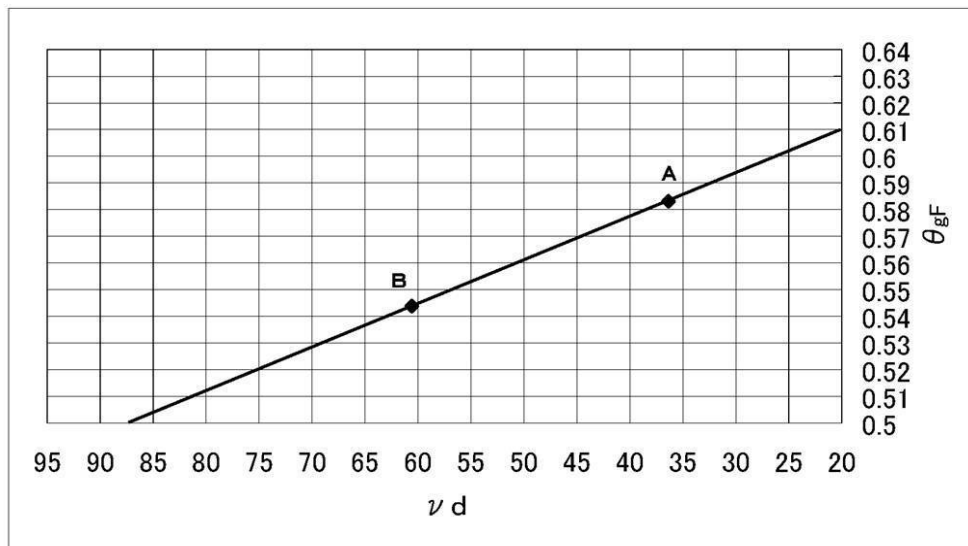
【 図 5 】



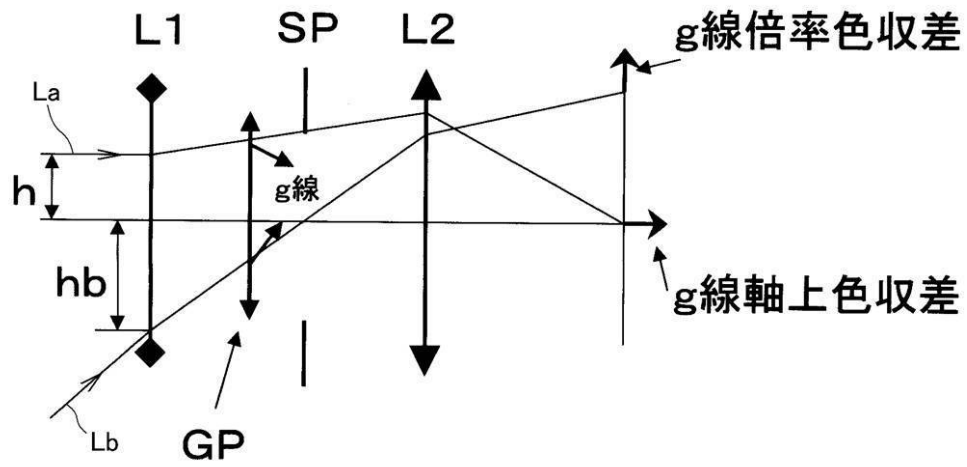
【 図 6 】



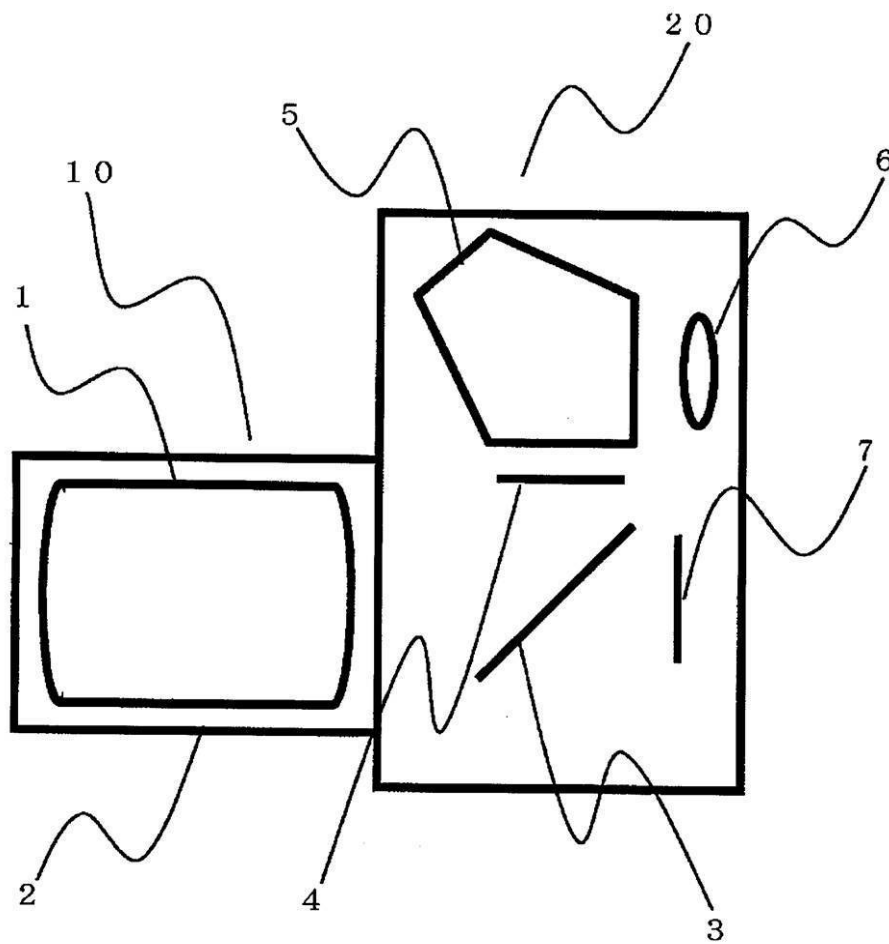
【 図 7 】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-124985(JP,A)
特開2000-098222(JP,A)
特開2003-121735(JP,A)
特開2006-106191(JP,A)
特開2005-227494(JP,A)
特開平08-114744(JP,A)
特開平07-248449(JP,A)
特開平05-134181(JP,A)
特開2005-249974(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