

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5864969号
(P5864969)

(45) 発行日 平成28年2月17日(2016.2.17)

(24) 登録日 平成28年1月8日(2016.1.8)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/00 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 13/00
G02B 13/18

請求項の数 7 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2011-195997 (P2011-195997)
 (22) 出願日 平成23年9月8日 (2011.9.8)
 (65) 公開番号 特開2013-57802 (P2013-57802A)
 (43) 公開日 平成25年3月28日 (2013.3.28)
 審査請求日 平成26年9月3日 (2014.9.3)

(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 古賀 悠修
 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 井龜 謙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学系及びそれを用いた撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最も物体側に配置される 1 以上の負レンズより成る負レンズ群と、該負レンズ群の像側に配置される複数のレンズより成る正の屈折力の正レンズ群から成り、

最も像側のレンズ面から像点までの光軸上における距離を B_f 、無限遠物体に合焦しているときの開放 F ナンバーを $F_n o$ 、とするとき、

$$0.9 < F_n o < 2$$

$$B_f / f < 1$$

なる条件式を満足し、

該正レンズ群を構成する複数のレンズの一部を物体側より順にレンズ $L_A j$ ($j = 1, 2, \dots$) とし、該レンズ $L_A j$ の材料の異常部分分散比を $g_{F A j}$ とするとき、

$$g_{F A j} > 0.0025$$

なる条件式を満足し、

前記 1 以上の負レンズを物体側より順に負レンズ $L_N i$ ($i = 1, 2, \dots$) とし、前記負レンズ $L_N i$ の焦点距離及び材料の屈折率を各々 $f_{n i}$ 及び $N_{n i}$ 、前記レンズ $L_A j$ の焦点距離を $f_{A j}$ 、前記レンズ $L_A j$ の材料の屈折率、アッベ数、及び部分分散比を各々 $N_{A j}$ 、 $d_{A j}$ 、及び $g_{F A j}$ 、全系の焦点距離を f とし、

$$k_j = 0.07 \quad (f_{A j} > 0)$$

$$k_j = -0.05 \quad (f_{A j} < 0)$$

$$g_{F A j} = g_{F A j} - (-0.0023 \cdot d_{A j} + 0.6641) \quad (f_{A j} > 0)$$

0)

$$g F A j = (-0.0025 \cdot d A j + 0.6777) - g F A j (f A j <$$

0)

とするとき、

$$| (g F A j / d A j) \cdot (f / f A j) / F n o | > 0.001$$

$$-0.3 < f \cdot \{ k j / (N A j \cdot f A j) + 1 / (N n i \cdot f n i) \} < 0.2$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記負レンズ $L N i$ の材料のアッベ数を $d n i$ とするとき、

$$N n i < 1.65$$

$$d n i > 50$$

10

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記正レンズ群を構成する複数のレンズのうち、レンズ $L A j$ を除く 1 つの正レンズ $L P p$ の材料の屈折率及びアッベ数を各々 $N L P p$ 及び $d L P p$ とするとき、

$$N L P p > 1.70$$

$$d L P p > 30$$

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 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記レンズ $L A j$ 及び負レンズ $L N i$ を除く負レンズ $L M i$ のうち、1 つの負レンズ $L M n$ の材料の屈折率及びアッベ数を各々 $N L M n$ 及び $d L M n$ とするとき、

$$N L M n < 1.75$$

$$d L M n < 40$$

20

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 項に記載の光学系。

【請求項 5】

開口絞りを有し、該開口絞りよりも物体側及び像側のレンズ系は正の屈折力を有し、前記開口絞りに対向する物体側及び像側のレンズ面は凹形状であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光学系。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光学系と、該光学系によって形成された像を光電変換する固体撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

30

【請求項 7】

前記光学系の撮影画角を 2 (度) とするとき、

$$30 (\text{度}) < 2 < 56 (\text{度})$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 6 に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光学系に関し、例えば銀塩フィルム用カメラ、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ等の撮像装置として、この他、望遠鏡、双眼鏡、プロジェクタ、複写機等の光学機器に好適な光学系に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

従来より一眼レフカメラ用で、撮影画角 45 度程度の標準型の撮影レンズとして、ガウス型の撮影レンズ（光学系）が知られている（特許文献 1）。ガウス型の光学系は、比較的バックフォーカスが長く、広画角、大口径化で、しかも高い光学性能を得るのが容易であるという特徴がある。ガウス型の撮影レンズにおいて各レンズ群の相対的な関係を変化させてフォーカスを行い、物体距離の変動に対する収差変動を軽減した撮影レンズが知られている（特許文献 2）。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-333790号公報

【特許文献2】特開平05-142474号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

大口径比のガウス型の光学系では、軸上から画面周辺まで高い光学性能を達成するためには、正レンズの材料にランタンを含むランタン系フリントガラス、負レンズの材料にチタンを含むチタン系フリントガラスが多く用いられている。しかしながら、これらの材料を用いると、軸上色収差の2次スペクトルが増加し、軸上色収差の2次スペクトルの補正が難しくなってくる。このため、大口径比のガウス型の光学系ではこの軸上色収差の2次スペクトルに起因する色フレアを軽減するのが重要になっている。

【0005】

このためガウス型レンズやそれを変形した変形ガウス型の光学系において、軸上色収差の2次スペクトルを軽減し、高い光学性能を得るには、各レンズの材料を適切に設定することが重要になってくる。例えば材料の屈折率、アッベ数、部分分散比等を適切に選択したレンズを用いることが重要になってくる。

【0006】

本発明は、軸上色収差の2次スペクトルを良好に補正し、色フレアの発生を低減し、軸上から画面周辺まで高い光学性能が得られる光学系の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の光学系は、最も物体側に配置される1以上の負レンズより成る負レンズ群と、該負レンズ群の像側に配置される複数のレンズより成る正の屈折力の正レンズ群と、から成り、

最も像側のレンズ面から像点までの光軸上における距離をBf、無限遠物体に合焦しているときの開放FナンバーをFno、とするとき、

$$0.9 < Fno < 2$$

$$Bf / f < 1$$

なる条件式を満足し、

該正レンズ群を構成する複数のレンズの一部を物体側より順にレンズLAj (j = 1, 2, ...,)とし、該レンズLAjの材料の異常部分分散比をgFAjとするとき、

$$gFAj > 0.0025$$

なる条件式を満足し、

前記1以上の負レンズを物体側より順に負レンズLNi (i = 1, 2, ...,)とし、前記負レンズLNiの焦点距離及び材料の屈折率を各々fn i及びNni、前記レンズLAjの焦点距離をfAj、前記レンズLAjの材料の屈折率、アッベ数、及び部分分散比を各々NAj、dAj、及びgFAj、全系の焦点距離をfとし、

$$kj = 0.07 \quad (fAj > 0)$$

$$kj = -0.05 \quad (fAj < 0)$$

$$gFAj = gFAj - (-0.0023 \cdot dAj + 0.6641) \quad (fAj > 0)$$

$$gFAj = (-0.0025 \cdot dAj + 0.6777) - gFAj \quad (fAj < 0)$$

とするとき、

$$| (gFAj / dAj) \cdot (f / fAj) / Fno | > 0.001$$

$$-0.3 < f \cdot \{ kj / (NAj \cdot fAj) + 1 / (Nni \cdot fni) \} < 0.2$$

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】

10

20

30

40

50

【0008】

本発明によれば、軸上色収差の2次スペクトルを良好に補正し、色フレアの発生を低減し、軸上から画面周辺まで高い光学性能を有した光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例1の無限遠物体の合焦状態における光学系の断面図である。

【図2】実施例1の無限遠物体の合焦状態における収差図である。

【図3】実施例2の無限遠物体の合焦状態における光学系の断面図である。

【図4】実施例2の無限遠物体の合焦状態における収差図である。

【図5】実施例3の無限遠物体の合焦状態における光学系の断面図である。

10

【図6】実施例3の無限遠物体の合焦状態における収差図である。

【図7】実施例4の無限遠物体の合焦状態における光学系の断面図である。

【図8】実施例4の無限遠物体の合焦状態における収差図である。

【図9】実施例5の無限遠物体の合焦状態における光学系の断面図である。

【図10】実施例5の無限遠物体の合焦状態における収差図である。

【図11】実施例6の無限遠物体の合焦状態における光学系の断面図である。

【図12】実施例6の無限遠物体の合焦状態における収差図である。

【図13】本発明の撮像装置の要部概略図である。

【図14】(a) (b) 一般硝材の $n_d - d$ 特性の分布を表した説明図である。

【図15】(a) (b) 一般硝材の $g_F - d$ 特性の分布を表した説明図である。

20

【図16】本発明の条件式(1)を満足する樹脂材料の光学特性を表した説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の光学系及びそれを有する撮像装置の実施例について説明する。本発明の光学系LEは最も物体側に1つ以上の負レンズよりなる負レンズ群LNと、負レンズ群LNの像側に複数のレンズよりなる正の屈折力の正レンズ群LPを有している。正レンズ群LPを構成する複数のレンズの一部のレンズを物体側より順にレンズLAj ($j = 1, 2, \dots$)とする。そしてレンズLAjの材料の異常部分分散比を g_{FAj} とする。

【0011】

このとき、

$$g_{FAj} > 0.0025 \quad \dots (1)$$

30

なる条件式を満足している。ここでレンズLAjは正又は負の屈折力のレンズである。

【0012】

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は本発明の実施例1の光学系の物体距離が無限遠物体での収差図である。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は本発明の実施例2の光学系の物体距離が無限遠物体での収差図である。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は本発明の実施例3の光学系の物体距離が無限遠物体での収差図である。

【0013】

図7は本発明の実施例4の光学系のレンズ断面図である。図8は本発明の実施例4の光学系の物体距離が無限遠物体での収差図である。図9は本発明の実施例5の光学系のレンズ断面図である。図10は本発明の実施例5の光学系の物体距離が無限遠物体での収差図である。図11は本発明の実施例6の光学系のレンズ断面図である。図12は本発明の実施例6の光学系の物体距離が無限遠物体での収差図である。図13は本発明の光学系を有する撮像装置の要部概略図である。

【0014】

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撮像装置や、望遠鏡、双眼鏡の観察装置、複写機、プロジェクタ等の光学機器に用いられるものである。レンズ断面図において、左方が前方(物体側、拡大側)で、右方が後方(像側、縮小側)である。プロジェクタ等の画像投射装置に用いるときは、左方がスクリーン側、

40

50

右方が被投射画像側となる。L Eは光学系である。L Nは負レンズ群、L Pは正レンズ群である。S Pは光量調節用の開口絞り（絞り）であり、正レンズ群L P中に配置されている。

【0015】

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センサやCMOSセンサ等の光学系によって形成された像を光電変換する固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当する感光面が置かれる。縦収差図の球面収差図（S P H）、歪曲収差図（D I S T）、倍率色収差図（C H R O）において、dはd線、gはg線、CはC線、FはF線である。非点収差図（A S）においてMはd線のメリディオナル像面、Sはd線のサジタル像面である。横収差図においてdはd線、gはg線、CはC線、FはF線、Sはサジタル光線である。

10

【0016】

各実施例の光学系L Eにおいて負レンズ群L Nは1以上の負レンズを有する。ここで負レンズを物体側より順に負レンズL N_i（i=1, 2, ..., n）とする。負レンズL N_iの焦点距離と材料の屈折率を各々f_{n i}、N_{n i}とする。レンズL A_jの焦点距離をf_{A j}とする。レンズL A_jの材料の屈折率、アッペ数、部分分散比を各々N A_j、d A_j、g F A_jとする。全系の焦点距離をf、無限遠物体に合焦しているときの開放FナンバーをF n oとする。

【0017】

そして、

20

$$k_j = 0.07 \quad (f_{A j} > 0) \quad \dots (4a)$$

$$k_j = -0.05 \quad (f_{A j} < 0) \quad \dots (4b)$$

とおく。

【0018】

また、

$$g_{F A j} = g_{F A j} - (-0.0023 \cdot d_{A j} + 0.6641) (f_{A j} > 0) \quad \dots (5a)$$

$$g_{F A j} = (-0.0025 \cdot d_{A j} + 0.6777) - g_{F A j} (f_{A j} < 0) \quad \dots (5b)$$

30

とする。このとき、

$$| (g_{F A j} / d_{A j}) \cdot (f / f_{A j}) / F n o | > 0.001 \quad \dots (2)$$

$$-0.3 < f \cdot \{ k_j / (N A j \cdot f_{A j}) + 1 / (N n i \cdot f_{n i}) \} < 0.2 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足する。

【0019】

各実施例の光学系は、軸上色収差の2次スペクトルを補正するために、条件式（1）を満足する複数のレンズ（光学素子）L A_j（j=1, 2, ..., n）を有している。更にレンズL A_jは条件式（2）を満足している。さらに、条件式（1）、（2）を満足するレンズL A_jを使用したときに増大するペツツバール和を減少するために、最も物体側に1つ以上の負レンズL N_i（i=1, 2, ..., n）から構成される負レンズ群L Nを配置している。この負レンズL N_iは条件式（3）を満足している。

40

【0020】

レンズL A_jの材料の異常部分分散比（異常部分分散性）g F A_jは、g線とF線に関する部分分散比をg F A_jとしたとき、数式（5a）又は数式（5b）のように定義される。

【0021】

条件式（1）は物体側から像側へ数えたとき第j番目のレンズL A_jの材料の異常部分

50

分散比 g_{FAj} を規定した式である。その値はレンズ L_{AJ} が正の屈折力を持つ場合 ($f_{AJ} > 0$) は数式 (5a)、レンズ L_{AJ} が負の屈折力を持つ場合 ($f_{AJ} < 0$) は数式 (5b) で与えられる。

【0022】

数式 (5a) の右辺括弧内の数式は、図 15 (a) に示すランタン系フリントガラスの部分分散比 g_F とアッベ数 d の関係を直線近似した式となっている。従って、数式 (5a) の左辺の値は、レンズ L_{AJ} と同じアッベ数 d_{AJ} を持つランタン系フリントガラスの部分分散比 g_{FAj} とレンズ L_{AJ} の部分分散比 g_{FAj} の差分を表している。

【0023】

ここで、アッベ数 d 、部分分散比 g_F は、 d 線、 g 線、 C 線、 F 線の屈折率を n_d 、 n_g 、 n_C 、 n_F とすると、次式で定義される。

【0024】

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C) \quad \dots (15)$$

$$g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \quad \dots (16)$$

一方、数式 (5b) の右辺括弧内の数式は、図 15 (b) に示すチタン系フリントガラスの部分分散比 g_F とアッベ数 d の関係を直線近似した式となっている。従って、数式 (5b) の左辺の値は、レンズ L_{AJ} と同じアッベ数 d_{AJ} を持つチタン系フリントガラスの部分分散比 g_{FAj} とレンズ L_{AJ} の部分分散比 g_{FAj} の差分を表している。

【0025】

一般的に、大口径比のガウス型の光学系では、軸上から画面周辺まで高い光学性能を達成するために、正レンズにランタン系フリントガラス、負レンズにチタン系フリントガラスが用いられている。しかしながら、図 15 (a) に示すように、ランタン系フリントガラスは同じアッベ数を持つ他のガラスより部分分散比が小さいため、ランタン系フリントガラスを正レンズに用いると軸上色収差の 2 次スペクトルが増大してしまう。

【0026】

また、図 15 (b) に示すように、チタン系フリントガラスは同じアッベ数を持つ他のガラスより部分分散比が大きいため、チタン系フリントガラスを負レンズに用いると軸上色収差の 2 次スペクトルが増大してしまう。そのため、条件式 (1) を満足するようなレンズ L_{AJ} を少なくとも 1 つ以上有することが、軸上色収差の 2 次スペクトルの増大を防ぐ必要条件となる。

【0027】

条件式 (1) を満足するレンズ L_{AJ} としては、正レンズに用いる場合、図 15 (a) に示すフッ素を含むフッ素系クラウンガラス、リンを含むリン系クラウンガラスが挙げられる。負レンズに用いる場合は、図 15 (b) に示すニオブを含むニオブ系フリントガラスが挙げられる。さらに、条件式 (2) を満足するようにレンズ L_{AJ} の屈折力を与えることで、軸上色収差の 2 次スペクトルを十分に補正することができ、軸上色収差の 2 次スペクトルに起因する色フレアを良好に抑えることができる。

【0028】

以下に、条件式 (2) について説明する。レンズ L_{AJ} を用いることによる g 線と F 線の軸上色収差係数の補正量を L_{gFj} とすると、次式の関係が成り立つ。

【0029】

$$L_{gFj} = g_{Fj} / (d_j \cdot f_j) \cdot h_j^2 \quad \dots (17)$$

ここで、 h_j は近軸軸上光線のレンズ面への入射高さである。また、レンズ L_{AJ} を用いることによる g 線と F 線の軸上色収差の補正量を \times_j とすると、次式の関係が成り立つ。

【0030】

$$\times_j = -f \cdot L_{gFj} \quad \dots (18)$$

さらに、レンズ L_{AJ} を用いることによる g 線と F 線の軸上横収差幅の補正量を y_j

10

20

30

40

50

とすると、球面収差が十分に補正されているという条件の下では、次式の関係が成り立つ。

【0031】

$$y_j = x_j / (2 \cdot F_{no}) \quad \dots \quad (19)$$

従って、式(17)、(18)、(19)より、次式が求められる。

【0032】

$$(g F_j / d_j) \cdot (f / f_j) / F_{no} = 2 y_j / h_j^2 \quad \dots \quad (20)$$

条件式(2)は、式(20)をレンズLAjが複数ある場合に拡張し、色フレアを良好に補正できるように右辺の値を適切に規定した式である。従って、条件式(1)、(2)を満足することにより、軸上色収差の2次スペクトルに起因する色フレアを良好に補正することができる。しかしながら、条件式(1)、(2)を満足するように光学材料を選択すると、特に像面が物体側に倒れていき、軸上から画面周辺までの光学性能が低下する傾向となっている。10

【0033】

その理由について、以下に説明する。一般的な大口径のガウス型の光学系の正レンズに使用されているランタン系フリントガラスは、図14(a)に示すように屈折率が高く、条件式(1)を満足するフッ素系クラウンガラス、リン系クラウンガラスはそれよりも屈折率が低い。そのため、条件式(1)を満足する正の屈折力を持つレンズLAjを用いるとペツツバール和が大きくなり、像面が物体側に倒れてくる。20

【0034】

また、一般的な大口径ガウス型光学系の負レンズに使用されているチタン系フリントガラスは、図14(b)に示すように屈折率が低く、条件式(1)を満足するニオブ系フリントガラスはそれよりも屈折率が高い。そのため、条件式(1)を満足する負の屈折力を持つレンズLAjを用いるとペツツバール和が大きくなり、像面が物体側に倒れてくる。つまり、正レンズ、負レンズに関わらず、条件式(1)を満足するようにレンズLAjの光学材料を選択すると、像面が物体側に倒れてしまい、軸上から画面周辺まで高い光学性能を達成することが困難になる。20

【0035】

そこで、本発明では、最も物体側から数えて少なくとも1つ以上の負レンズのみから構成される負レンズ群LNを設けている。そして、負レンズ群LNを構成する負レンズLNiが条件式(3)、(4a)、(4b)を満足するようにしている。30

【0036】

以下に、条件式(3)について説明する。一般的な大口径のガウス型の光学系において正レンズの光学材料をランタン系クラウンガラスから、条件式(1)を満足するフッ素系クラウンガラス、リン系クラウンガラスに変更したとする。もしくは、負レンズの光学材料をチタン系フリントガラスから、条件式(1)を満足するニオブ系フリントガラスに変更したとする。この場合のペツツバール和の変化量を考える。

【0037】

光学材料を変更する際、アッベ数は同じものを選択し、一次の軸上色収差は変わらないようにするという条件を加えると、光学材料を変更してもレンズLAjの屈折力は変わらない。従って、光学材料を変更したことによるペツツバール和の変化量Psumjは次式で表される。40

【0038】

$$P_{sumj} = 1 / (n_j \cdot f_j) - 1 / (n \cdot f) = k_j / (n_j \cdot f_j) \quad \dots \quad (21)$$

$$k_j = (n - n_j) / n \quad \dots \quad (22)$$

ここで、f、nは変更前の光学材料の焦点距離、屈折率であり、k_jは光学材料を変更したことによる屈折率の変化の割合を表す値である。式(4a)はレンズLAjの屈折力が正の場合、つまり、ランタン系クラウンガラスをフッ素系クラウンガラス、リン系クラウンガラスに変更する場合のk_jの値である。50

【0039】

次に、数式(4a)の値の根拠について説明する。まず、図14(a)に示すように、ランタン系クラウンガラスのアッペ数と屈折率の関係を直線近似した式と、フッ素系クラウンガラス及びリン系クラウンガラスのアッペ数と屈折率の関係を直線近似した式を求める。数式(4a)の右辺の値は、前記直線近似式を用いてアッペ数が30から95までの範囲における数式(22)の値を算出し、平均化した値である。つまり、ランタン系クラウンガラスからフッ素系クラウンガラス、リン系クラウンガラスに変更した場合の平均的な屈折率の変化の割合を表している。

【0040】

数式(4b)はレンズLAjの屈折力が負の場合、つまり、チタン系フリントガラスをニオブ系フリントガラスに変更する場合のkjの値である。数式(4b)の右辺の値は数式(4a)の場合と同様にして求められた値であり、チタン系フリントガラスからニオブ系フリントガラスに変更した場合の平均的な屈折率の変化の割合を表している。

10

【0041】

従って、数式(21)、(22)により、条件式(1)を満足するレンズLAjを用いることによる、ペツツバール和の変化の割合を見積もることができる。その値は、 $f_{Aj} > 0$ の場合は $k_j > 0$ となるため $P_{sumj} > 0$ となり、 $f_{Aj} < 0$ の場合は $k_j < 0$ となるため $P_{sumj} > 0$ となる。従って、ペツツバール和はいずれの場合も増加することになる。

【0042】

20

本発明では、このように変化するペツツバール和を補正するために、最も物体側に1つ以上の負レンズから構成される負レンズ群LNを有することを特徴としている。前記負レンズ群LNを構成する負レンズを物体側から数えて負レンズLNiとすると、負レンズLNiによるペツツバール和の補正量 P_{sumi} は次式で表すことができる。

【0043】

$$P_{sumi} = 1 / (N_{ni} \cdot f_{ni}) \quad \dots (23)$$

ただし、 f_{ni} 、 N_{ni} は負レンズLNiの焦点距離、材料の屈折率である。

【0044】

従って、一般的な大口径のガウス型光学系と本発明の光学系のペツツバール和の差分量は数式(21)、(23)を用いて次式で表すことができる。

30

【0045】

$$P_{sumj} + P_{sumi} = k_j / (n_{Aj} \cdot f_{Aj}) + 1 / (N_{ni} \cdot f_{ni}) \quad \dots (24)$$

条件式(3)は、数式(24)をレンズLAj、負レンズLNiが複数の場合に拡張、そして、光学系の焦点距離fで規格化し、上限値、下限値を適切に規定した式である。上限値を超えると、負レンズLNiによるペツツバール和が補正不足になり、軸上から画面周辺まで高い光学性能を達成することが困難になる。

【0046】

一方、下限値を超えると、負レンズ群LNiの屈折力が大きくなりすぎてペツツバール和が補正過剰になるため好ましくない。加えて、負レンズLNiの屈折力が大きくなると負レンズ群LNiにより軸上光線が大きく発散するので、負レンズ群LNiに続く正レンズの口径が増大するため好ましくない。負レンズ群LNiに続く正レンズの口径の増大は軸上光線の収差補正を困難にするため、光学性能の観点からも好ましくない。従って、条件式(1)、(2)、(3)を満足することで、色フレアを低減し、かつ、軸上から画面周辺まで高い光学性能を達成することができる。

40

【0047】

なお、条件式(1)、(2)、(3)の説明では、レンズLAjの光学材料として、フッ素系クラウンガラス、リン系クラウンガラス、ニオブ系フリントガラスを挙げたが、条件式(1)、(2)、(3)を満足すればこれに限ったものではない。また、条件式(1)の数値範囲を以下に示す範囲にすると、本発明の効果的に得ることができる

50

。

【0048】

$$g F A j > 0.005 \quad \dots (1a)$$

さらに望ましくは、条件式(1a)の数値範囲を以下に示す範囲にするとよい。

【0049】

$$g F A j > 0.010 \quad \dots (1b)$$

条件式(1b)を満足する材料としては、図16に示す光学特性をもつ有機複合物が挙げられる。

【0050】

以上のように、各実施例によれば、軸上色収差の2次スペクトルが十分に補正され色フレアが低減され、かつ、軸上から画面周辺まで高い光学性能を有する光学系が得られる。 10

【0051】

本発明において更に好ましくは、次の諸条件のうち1以上を満足するのが良い。負レンズLNiの材料のアッペ数を d_{ni} とする。正レンズ群LPを構成する複数のレンズのうち、レンズLAjを除く1つの正レンズLPPの材料の屈折率及びアッペ数を各々NLPp及び d_{LPP} とする。

【0052】

レンズLAj 及び 負レンズLNiを除く負レンズLMiのうち、1つの負レンズLMnの材料の屈折率及びアッペ数を各々NLMn及び d_{LMn} とする。最も像側のレンズ面から像側の焦点(像点)までの光軸上の距離をBfとする。本発明の光学系を固体撮像素子を有する撮像装置に用いたとき、光学系の撮影画角を2(度)とする。このとき、以下の条件式のうち1以上を満足するのが良い。 20

【0053】

$$N_{ni} < 1.65 \quad \dots (6)$$

$$d_{ni} > 50 \quad \dots (7)$$

$$N_{LPP} > 1.70 \quad \dots (8)$$

$$d_{LPP} > 30 \quad \dots (9)$$

$$N_{LMn} < 1.75 \quad \dots (10)$$

$$d_{LMn} < 40 \quad \dots (11)$$

$$0.9 < Fno < 2 \quad \dots (12)$$

$$Bf / f < 1 \quad \dots (13)$$

$$30 \text{ (度)} < 2 < 56 \text{ (度)} \quad \dots (14)$$

30

条件式(6)、(7)の如く負レンズ群LNを構成する負レンズLNiの材料を適切に設定すれば像面の物体側への倒れを良好に補正することができる。

【0054】

条件式(8)、(9)の如くレンズLAjを除く1つの正レンズLPPの材料を適切に設定すれば軸上から画面周辺まで高い光学性能を得ることができる。条件式(10)、(11)の如く、レンズLAj及び負レンズLNiを除く負レンズLMiのうち1つの負レンズLMnの材料を設定すれば軸上から画面周辺まで高い光学性能を得ることができる。 40

条件式(12)の如く光学系の無限遠物体に合焦時のFナンバーを設定すれば高い光学性能を最も効果的に得ることができる。

【0055】

条件式(13)の如く、最も像側のレンズ面から像側焦点までの光軸上の距離を設定すれば、高い光学性能を最も効果的に得ることができる。条件式(14)の如く、本発明の光学系を撮像装置に用いたときの撮影画角2を設定すれば、高い光学性能を最も効果的に得ることができる。

【0056】

各実施例の光学系はレンズ間に開口絞りSPを有している。そして開口絞りSPよりも物体側及び像側のレンズ系は正の屈折力を有し、開口絞りSPに対向する物体側及び像側のレンズ面は凹形状である。 50

【0057】

これによってコマ収差及びサジタルフレアを良好に補正している。また各実施例の光学系は1以上の非球面を有するのが良い。これによれば球面収差、コマ収差の補正を良好に行うのが容易になる。

【0058】

次に各実施例の具体的な構成について説明する。実施例1乃至6の光学系は焦点距離が45mmから60mm、開口比が1.25から1.85の大口径の標準レンズである。各実施例は光学系の最も物体側に負レンズLN₁と、光学系に条件式(1)を満足する材料よりなるレンズ(光学素子)LA_jを有している。各実施例の光学系は、前述の如く構成条件を満足することにより、色フレアを十分に低減し、かつ、軸上から画面周辺まで高い光学性能を得ている。以下、各実施例の特徴について説明する。

10

【0059】

[実施例1]

図1に示す実施例1は焦点距離51.7mm、開口比1.45、撮影画角45.4度の大口径比の標準型の撮影光学系である。撮影光学系は最も物体側に負レンズLN₁と、条件式(1)を満足する4つの光学素子、LA₁、LA₂、LA₃、LA₄を有している。

【0060】

図2は実施例1の無限遠物体に合焦したときにおける収差図である。実施例1の撮影光学系はフローティング機構を有している。フォーカシングに際して図に示した如くレンズ群を分けたとき第1レンズ群L₁が固定であり、物体距離が無限遠から至近になるにつれて第2レンズ群L₂、第3レンズ群L₃が異なる繰り出し量で像側から物体側に繰り出す構成となっている。これにより、フォーカシングによる球面収差、コマ収差の変動を抑制している。

20

【0061】

[実施例2]

図3に示す実施例2は焦点距離51.7mm、開口比1.45、撮影画角45.4度の大口径比標準型の撮影光学系である。撮影光学系の最も物体側に負レンズLN₁と、数式(1)を満足する3つの光学素子、LA₁、LA₂、LA₃を有している。

【0062】

図4は実施例2の無限遠物体に合焦したときにおける収差図である。実施例2の撮影光学系は、フォーカシングに際してフレアカット絞りFCを残して第1レンズ群L₁が繰り出す全系繰り出しタイプである。物体距離が無限遠から至近になるにつれて第1レンズ群L₁が像側から物体側に繰り出している。フォーカシングによる色収差の変動が少なく、実施例1の撮影光学系と比較して全体がコンパクトである。

30

【0063】

[実施例3]

図5に示す実施例3は焦点距離51.7mm、開口比1.25、撮影画角が45.4度の大口径比標準型の撮影光学系である。撮影光学系の最も物体側に負レンズLN₁と、数式(1)を満足する4つの光学素子、LA₁、LA₂、LA₃、LA₄を有している。図6は実施例3の無限遠物体に合焦したときにおける収差図である。実施例3は実施例1と同様のフローティング機構を採用しており、フォーカシングによる球面収差、コマ収差の変動を抑制している。

40

【0064】

[実施例4]

図7に示す実施例4は焦点距離51.7mm、開口比1.25、撮影画角45.4度の大口径比標準型の撮影光学系である。撮影光学系の最も物体側に負レンズLN₁と、数式(1)を満足する2つの光学素子、LA₁、LA₂を有している。図8は実施例4の無限遠物体に合焦したときにおける収差図である。実施例4のフォーカシングは全系繰り出しタイプであり、全系がコンパクトで高い光学性能を有している。

【0065】

50

[実施例5]

図9に示す実施例5は焦点距離45mm、開口比1.60、撮影画角54.4度の大口径比標準型の撮影光学系である。負レンズ群LNは2つの負レンズLN1、LN2から構成されている。条件式(1)を満足する5つの光学素子、LA1、LA2、LA3、LA4、LA5を有している。図10は実施例5の無限遠物体に合焦したときにおける収差図である。実施例5のフォーカシングは全系繰り出しタイプである。

【0066】

[実施例6]

図11に示す実施例6は焦点距離60mm、開口比1.85、撮影画角39.7度の大口径比標準型の撮影光学系である。撮影光学系の最も物体側に負レンズLN1と、条件式(1)を満足する4つの光学素子、LA1、LA2、LA3、LA4を有している。図12は実施例6の無限遠物体に合焦したときにおける収差図である。実施例6のフォーカシングは全系繰り出しタイプである。

【0067】

次に、本発明の撮影光学系を用いた一眼レフカメラシステム（撮像装置）の実施形態を、図13を用いて説明する。図13において、10は一眼レフカメラ本体、11は本発明による撮影光学系を搭載した交換レンズである。12は交換レンズ11を通して得られる被写体像を記録するフィルムや撮像素子などの記録手段である。

【0068】

13は交換レンズ11からの被写体像を観察するファインダー光学系、14は交換レンズ11からの被写体像を記録手段12とファインダー光学系13に切り換えて伝送するための回動するクイックリターンミラーである。ファインダーで被写体像を観察する場合は、クイックリターンミラー14を介してピント板15に結像した被写体像をペントプリズム16で正立像としたのち、接眼光学系17で拡大して観察する。

【0069】

撮影時にはクイックリターンミラー14が矢印方向に回動して被写体像は記録手段12に結像して記録される。18はサブミラー、19は焦点検出装置である。このように本発明の光学系を一眼レフカメラ交換レンズなどの光学機器に適用することにより、高い光学性能を有した光学機器が実現できる。

【0070】

なお、本発明はクイックリターンミラーのない（ミラーレンズの）一眼レフカメラにも同様に適用することができ、上記に限ったものではない。

【0071】

次に、各実施例の数値データを示す。各実施例の数値データにおいて、jは物体側から数えた面番号を表し、Ajは第j番目の面の光線有効径である。Rjは第j番目の面番号の曲率半径、Djは第j番目と第(j+1)番目の面との光軸上の面間隔、Nj、njは第j番目の光学材料のd線に対する屈折率、アッベ数を表している。fは光学系の焦点距離、Fn0は開口比、θは半画角（度）である。また、物体距離はレンズ第1面から物体までの距離である。

【0072】

また、非球面形状は、Xを光軸方向の面頂点からの変異量、rを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、Rを近軸曲率半径、kを円錐定数、C2、C4、C6、…を各次数の非球面形状としたとき、次式によって表される。

【0073】

【数1】

$$X(r) = \frac{(1/R)r^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(r/R)^2}} + C_2r^2 + C_4r^4 + C_6r^6 + \dots$$

なお、各係数における「E ± YY」は「×10 ± YY」を意味している。また、各実施例における前記条件式(1)乃至(3)、(6)乃至(14)の値を表1に示す。表1に

10

20

30

40

50

は条件式(1)に関するレンズL A j、条件式(6)、(7)に関する負レンズL N i、条件式(8)、(9)に関する正レンズL P i、条件式(10)、(11)に関する負レンズL M iを示している。

【0074】

(数値実施例1)

仕様

f 51.7

Fno 1.45

2 (度) 45.4

10

R D N データ

j	Aj	Rj	Dj	Nj	j	
---	----	----	----	----	---	--

1 49.30 223.8486 2.32 1.56883 56.36 L N 1

2 45.02 44.7577 21.39

3 44.21 88.1828 3.51 1.81600 46.62 L P 1

4 44.21 1228.5981 2.40 1.59270 35.31 L M 1

5 44.19 236.3357 9.85

6 45.40 90.1801 5.00 1.77250 49.60 L P 2

7 45.08 -1662.6736 0.15

8 42.73 36.0925 10.30 1.81600 46.62 L P 3

9 40.30 -813.5864 0.51

10 39.45 -607.1973 2.20 1.72047 34.70 L A 1

11 32.48 25.8091 6.77

12 32.11 3.88

13 31.70 -46.7115 1.90 1.73800 32.26 L A 2

14 32.61 34.4670 1.59 1.62898 19.35 L A 3

15 32.64 51.2951 10.80 1.81600 46.62 L P 4

16 33.01 -33.8333 0.20

17 32.86 -33.3060 1.80 1.72047 34.70 L A 4

18 33.31 45.5544 7.00 1.81600 46.62 L P 5

19 33.32 -84.2793 0.15

20 32.52 191.2213 3.80 1.81600 46.62 L P 6 非球面

21 32.05 -106.1784 42.30

20

30

可変面間隔データ

	obj1	obj2
--	------	------

物体距離 -1E+30 -450

D 5 9.85 0.16

D 19 0.15 4.31

D 21 42.30 47.83

40

非球面データ

Rj	係数	値
----	----	---

R 20 C4 -1.680935E-06

C6 1.974577E-09

C8 -4.462444E-12

C10 -1.904203E-15

C12 1.377903E-17

4 波長屈折率データ

50

	d	g	C	F
L A 1	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512
L A 2	1.73800	1.76768	1.73131	1.75418
L A 3	1.62898	1.67590	1.62026	1.65275
L A 4	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512

【 0 0 7 5 】

(数値実施例 2)

仕様

f	51.7	10
Fno	1.45	
2 (度)	45.4	

RDN データ

j	Aj	Rj	Dj	Nj	j	
1	35.88	76.5654	2.60	1.51633	64.14	L N 1
2	34.81	31.8169	7.58			
3	37.27	62.5469	3.58	1.81600	46.62	L P 1
4	37.23	1033.9215	0.15			
5	37.01	32.1454	8.65	1.88300	40.76	L P 2
6	35.32	-865.8256	0.15			
7	34.77	3749.8540	1.59	1.67270	32.10	L M 1
8	29.64	24.0118	6.57			
9	29.19		4.81			S P
10	28.71	-33.4053	1.70	1.73800	32.26	L A 1
11	30.55	39.9354	0.25			
12	30.86	41.0657	10.93	1.83481	42.71	L P 3
13	31.49	-29.7291	1.46	1.62898	19.35	L A 2
14	31.49	-24.0188	1.51	1.64769	33.79	L M 2
15	32.15	65.5474	0.51			
16	32.15	87.7880	6.44	1.59282	68.63	L A 3
17	32.36	-39.6204	0.15			
18	30.77	79.0888	2.80	1.81600	46.62	L P 4 非球面
19	30.61	-338.5736	-0.18			F C
20	30.65		41.19			

可変面間隔データ

	obj1	obj2	
物体距離	-1E+30	-450	
D 19	-0.18	5.93	40

非球面データ

Rj	係数	値
R 18	C4	-4.916962E-07
	C6	-1.249529E-09
	C8	1.347173E-11
	C10	-4.271882E-14
	C12	2.635938E-17

4 波長屈折率データ

	d	g	C	F
L A 1	1.73800	1.76768	1.73131	1.75418
L A 2	1.62898	1.67590	1.62026	1.65275
L A 3	1.59282	1.60354	1.59021	1.59884

【 0 0 7 6 】

(数値実施例 3)

仕様

f	51.7	
Fno	1.25	10
2 (度)	45.4	

RDN データ

j	Aj	Rj	Dj	Nj	j	
1	49.66	604.2548	2.28	1.56883	56.36	L N 1
2	45.60	49.2538	15.83			
3	49.34	87.0765	6.21	1.81600	46.62	L P 1
4	49.35	-200.5937	2.40	1.59270	35.31	L M 1
5	49.22	231.3259	12.33			
6	50.55	81.9066	5.00	1.77250	49.60	L P 2
7	50.29	3693.1191	0.15			
8	46.95	37.5791	10.30	1.81600	46.62	L P 3
9	45.23	-1744.5992	0.95			
10	43.74	-537.9031	2.20	1.72047	34.70	L A 1
11	35.07	25.9413	7.71			
12	34.74		4.40			S P
13	34.38	-44.8389	1.90	1.73800	32.26	L A 2
14	35.85	37.0905	1.62	1.62898	19.35	L A 3
15	35.89	52.5070	10.80	1.81600	46.62	L P 4
16	36.22	-34.1211	0.26			30
17	35.98	-33.5301	1.80	1.72047	34.70	L A 4
18	36.86	49.4912	7.00	1.81600	46.62	L P 5
19	36.91	-87.0318	0.15			
20	35.95	130.4749	3.80	1.81600	46.62	L P 6
21	35.68	-97.5057	39.07			非球面

可変面間隔データ

	obj1	obj2	
物体距離	-1E+30	-354	
D 5	12.33	0.15	
D 19	0.15	5.05	40
D 21	39.07	46.35	

非球面データ

Rj	係数	値	
R 20	C4	-1.679931E-06	
	C6	3.056131E-09	
	C8	-1.031510E-11	
	C10	1.776238E-14	
	C12	-1.091756E-17	50

4 波長屈折率データ

	d	g	C	F
L A 1	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512
L A 2	1.73800	1.76768	1.73131	1.75418
L A 3	1.62898	1.67590	1.62026	1.65275
L A 4	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512

【 0 0 7 7 】

(数値実施例 4)

10

仕様

f	51.7
Fno	1.25
2 (度)	45.4

RDNデータ

j	Aj	Rj	Dj	Nj	j	
1	42.16	103.0480	2.00	1.48749	70.23	L N 1
2	40.78	38.8351	7.88			
3	43.56	57.7814	11.12	1.81600	46.62	L P 1
4	43.03	-76.9194	1.90	1.59270	35.31	L M 1
5	41.50	167.6488	0.15			
6	40.23	34.8830	7.30	1.83481	42.71	L P 2
7	37.66	70.6585	1.78	1.64769	33.79	L M 2
8	33.80	27.2413	7.36			
9	33.35		5.62			S P
10	32.88	-35.4470	1.70	1.73800	32.26	L A 1
11	35.75	35.7846	2.18	1.62898	19.35	L A 2
12	35.82	59.2698	11.40	1.81600	46.62	L P 3
13	36.44	-29.4829	0.27			
14	36.18	-28.9947	1.80	1.63980	34.46	L M 3
15	38.28	33.7654	11.10	1.81600	46.62	L P 4
16	38.28	-61.0741	0.15			
17	35.69	113.9186	2.50	1.81600	46.62	L P 5 非球面
18	35.82	-433.7771	39.95			

可変面間隔データ

	obj1	obj2	
物体距離	-1E+30	-450	
D 18	39.95	45.92	

40

非球面データ

Rj	係数	値
R 17	C4	-2.209763E-06
	C6	1.439675E-09
	C8	-7.530991E-12
	C10	5.877211E-15
	C12	-2.197704E-18

4 波長屈折率データ

50

	d	g	C	F	
L A 1		1.73800	1.76768	1.73131	1.75418
L A 2		1.62898	1.67590	1.62026	1.65275

【 0 0 7 8 】

(数値実施例 5)

仕様

f 45.0

Fno 1.60

2 (度) 51.4

10

RDN データ

j	Aj	Rj	Dj	Nj	j	
1	37.43	45.6784	1.79	1.48749	70.23	L N 1
2	33.89	27.1993	7.54			
3	31.40	62.3353	3.56	1.48749	70.23	L N 2
4	28.98	30.5580	3.17			
5	30.12	50.4044	5.34	1.77250	49.60	L P 1
6	30.27	6023.8644	0.13			
7	30.72	26.2974	8.08	1.81600	46.62	L P 2
8	29.01	-1087.2754	0.13			
9	28.21	221.0155	1.50	1.72047	34.70	L A 1
10	24.69	20.5307	5.57			
11	24.46		5.97			S P
12	23.85	-34.6503	1.39	1.73800	32.26	L A 2
13	25.13	34.6415	0.54	1.62898	19.35	L A 3
14	25.18	40.9831	9.63	1.81600	46.62	L P 3
15	25.91	-24.0282	0.32			
16	25.76	-23.0131	1.57	1.72047	34.70	L A 4
17	27.07	36.9308	0.66	1.62898	19.35	L A 5
18	27.10	45.4608	6.07	1.81600	46.62	L P 4
19	27.31	-40.0614	0.13			
20	29.04	118.7366	2.07	1.81600	46.62	L P 5
21	29.23	-232.1772	39.80			非球面

可変面間隔データ

	obj1	obj2
物体距離	-1E+30	-400
D 2 1	39.80	45.80

40

非球面データ

Rj	係数	値
R 20	C4	-1.172296E-06
	C6	3.742292E-10
	C8	-8.588073E-12
	C10	4.254168E-14
	C12	-6.020091E-17

4 波長屈折率データ

d	g	C	F
---	---	---	---

50

L A 1	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512
L A 2	1.73800	1.76768	1.73131	1.75418
L A 3	1.62898	1.67590	1.62026	1.65275
L A 4	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512
L A 5	1.62898	1.67590	1.62026	1.65275

【 0 0 7 9 】

(数値実施例 6)

仕様

f	60.0	10
Fno	1.85	
2 (度)	39.7	

RDN データ

j	Aj	Rj	Dj	Nj	j	
1	33.03	63.6218	2.53	1.51633	64.14	L N 1
2	31.50	28.0413	7.48			
3	34.20	49.2638	6.07	1.77250	49.60	L P 1
4	33.94	287.7197	0.19			
5	33.75	29.7419	7.76	1.80400	46.57	L P 2
6	32.21	3312.7845	0.19			
7	31.40	237.8351	3.43	1.72047	34.70	L A 1
8	26.22	21.3539	5.93			
9	25.99		4.42			S P
10	25.72	-31.7872	2.15	1.72047	34.70	L A 2
11	27.36	84.3224	7.50	1.77250	49.60	L P 3
12	28.07	-28.8602	1.45			
13	27.32	-29.5960	2.23	1.72047	34.70	L A 3
14	28.72	74.0406	0.68	1.62898	19.35	L A 4
15	28.76	117.2682	4.44	1.77250	49.60	L P 4
16	29.01	-47.1016	0.19			
17	28.61	448.2550	2.56	1.78800	47.37	L P 5
18	28.51	-68.8189	50.56			非球面

可変面間隔データ

	obj1	obj2
物体距離	-1E+30	-540
D18	50.56	58.19

非球面データ

Rj	係数	値	40
R 17	C4	-9.282999E-07	
C6	3.970627E-09		
C8	-9.833721E-12		
C10	-1.296806E-14		
C12	6.746891E-17		

4 波長屈折率データ

d	g	C	F	
L A 1	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512

50

L A 2	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512
L A 3	1.72047	1.74723	1.71437	1.73512
L A 4	1.62898	1.67590	1.62026	1.65275

【 0 0 8 0 】

(表1)

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	
(1)							
LA1	0.0075	0.0071	0.0075	0.0071	0.0075	0.0075	10
LA2	0.0071	0.0926	0.0071	0.0926	0.0071	0.0075	
LA3	0.0926	0.0383	0.0926	-	0.0926	0.0075	
LA4	0.0075	-	0.0075	-	0.0075	0.0926	
LA5	-	-	-	-	0.0926	-	
(2)							
	0.0019	0.0017	0.0020	0.0018	0.0016	0.0012	
(3)							
	-0.163	-0.195	-0.184	-0.191	-0.273	-0.222	
(6)							
LN1	1.56883	1.51633	1.56883	1.48749	1.48749	1.51633	20
LN2	-	-	-	-	1.48749	-	
(7)							
LN1	56.36	64.14	56.36	70.23	70.23	64.14	
LN2	-	-	-	-	70.23	-	
(8)							
LP1	1.81600	1.81600	1.81600	1.81600	1.77250	1.77250	
LP2	1.77250	1.88300	1.77250	1.83481	1.81600	1.80400	
LP3	1.81600	1.83481	1.81600	1.81600	1.81600	1.77250	
LP4	1.81600	1.81600	1.81600	1.81600	1.81600	1.77250	
LP5	1.81600	-	1.81600	1.81600	1.81600	1.78800	30
LP6	1.81600	-	1.81600	-	-	-	
(9)							
LP1	46.20	46.62	46.62	46.62	49.60	49.60	
LP2	49.60	40.76	49.60	42.71	46.62	46.57	
LP3	46.62	42.71	46.62	46.62	46.62	49.60	
LP4	46.62	46.62	46.62	46.62	46.62	49.60	
LP5	46.62	-	46.62	46.62	46.62	47.37	
LP6	46.62	-	46.62	-	-	-	
(10)							
LM1	1.59270	1.67270	1.59270	1.59270	-	-	40
LM2	-	1.64769	-	1.64769	-	-	
LM3	-	-	-	1.63980	-	-	
(11)							
LM1	35.31	32.10	35.31	35.31	-	-	
LM2	-	33.79	-	33.79	-	-	
LM3	-	-	-	34.46	-	-	
(12)							
Fno.	1.45	1.45	1.25	1.25	1.6	1.85	
(13)							
Bf / f	0.82	0.80	0.76	0.77	0.86	0.82	50

(14)						
2	45.4	45.4	45.4	45.40	51.4	39.7

【符号の説明】

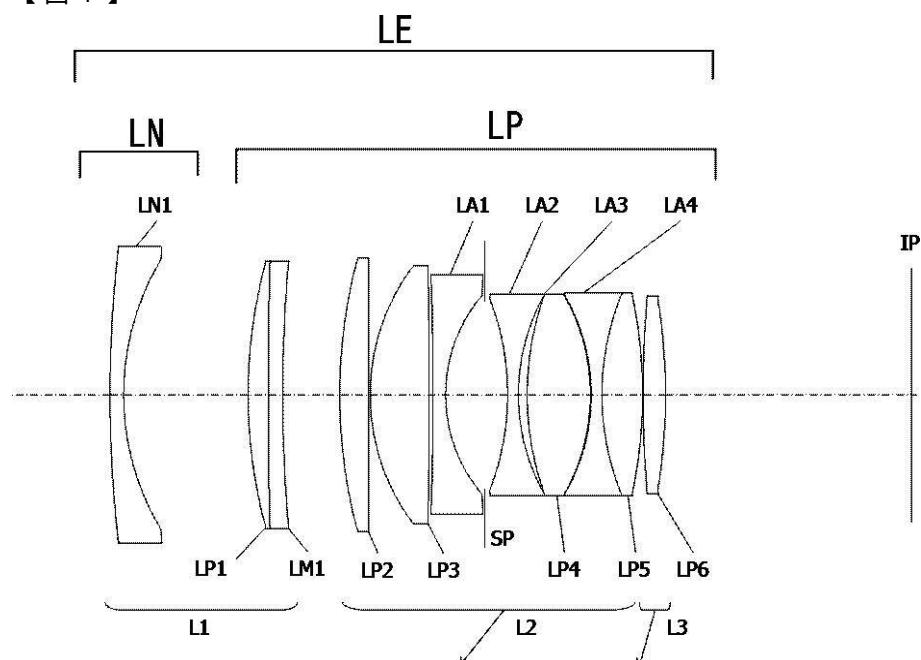
【0081】

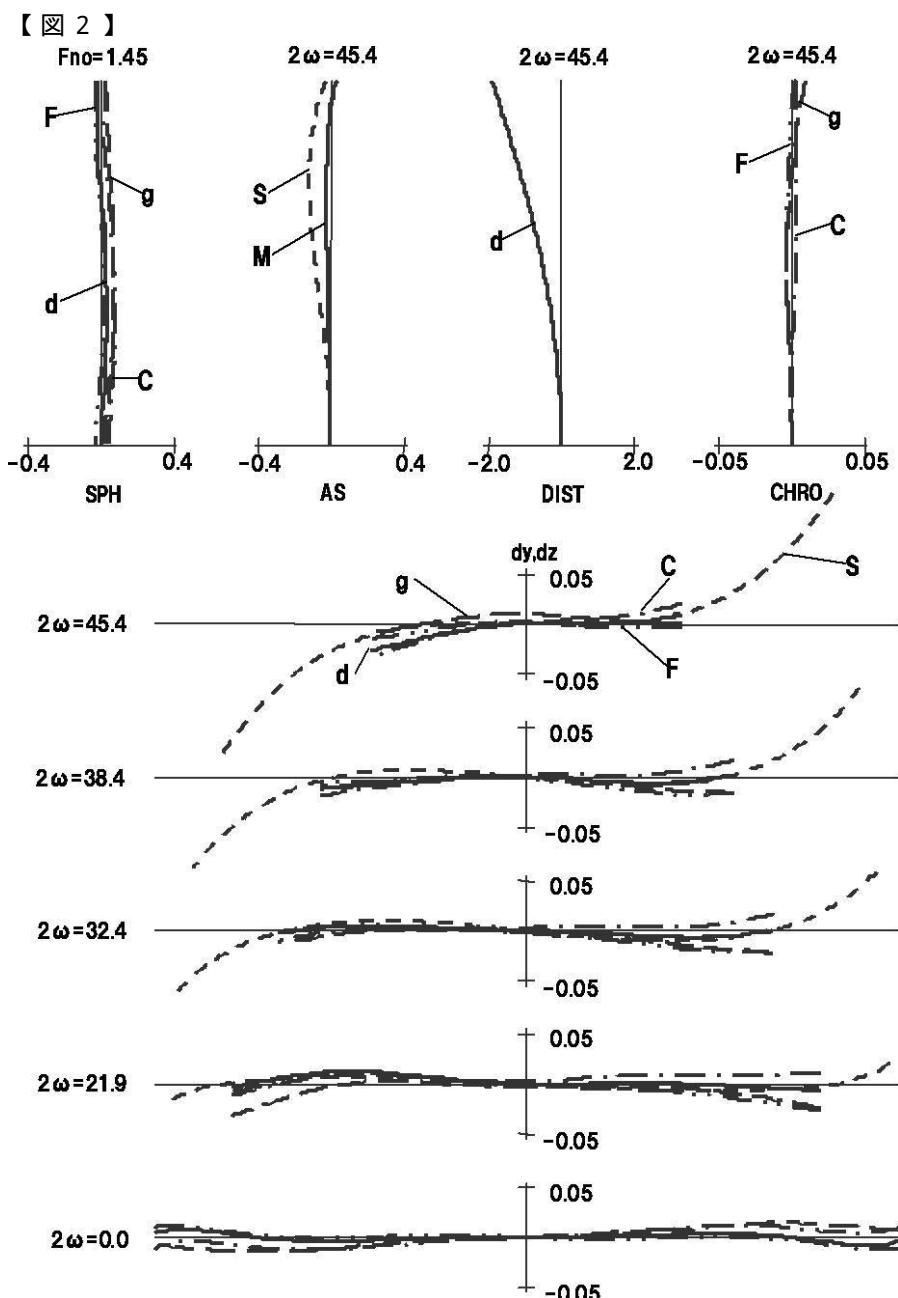
LN 負レンズ群 LP 正レンズ群

LN_i 最も物体側に位置する負レンズ群を構成する負レンズLA_j 条件式(1)を満足するレンズ

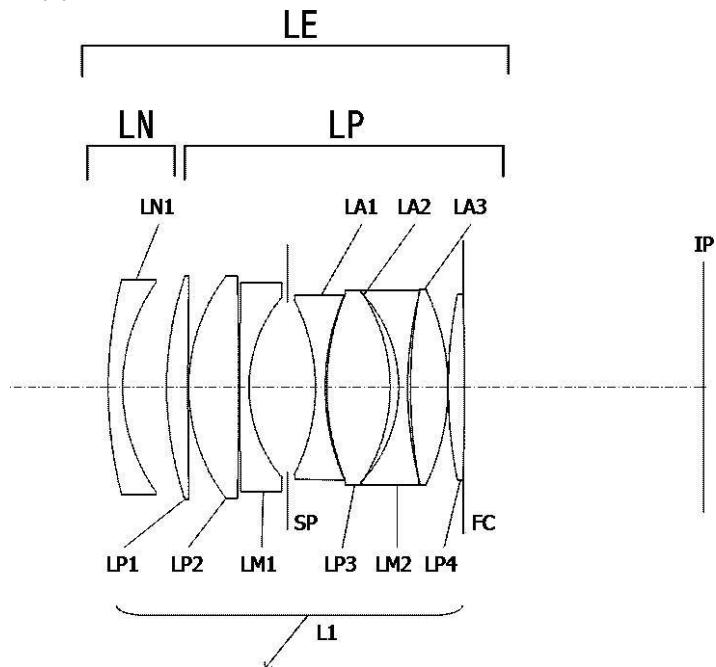
SP 開口絞り FC フレアカット絞り IP 像面

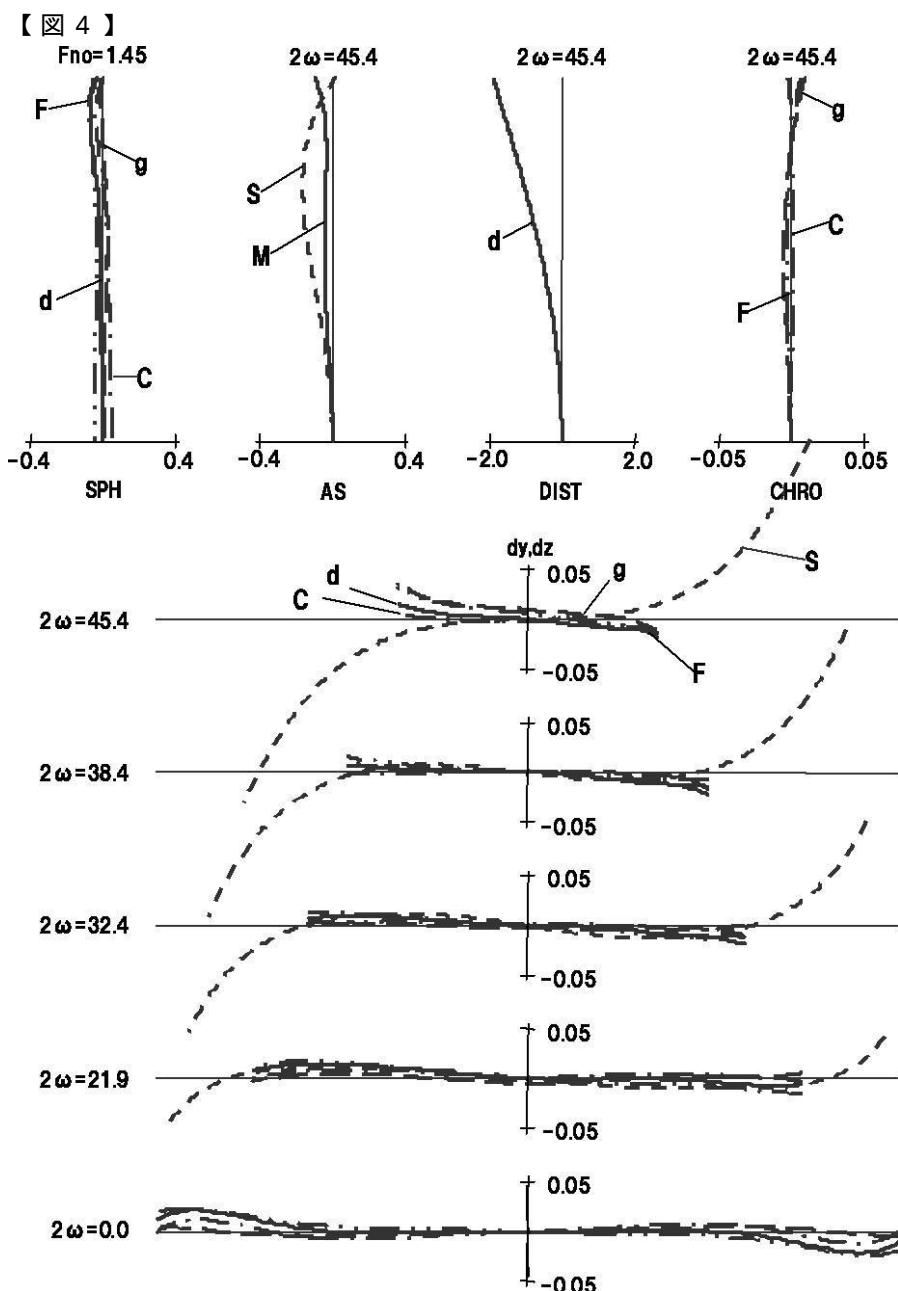
【図1】



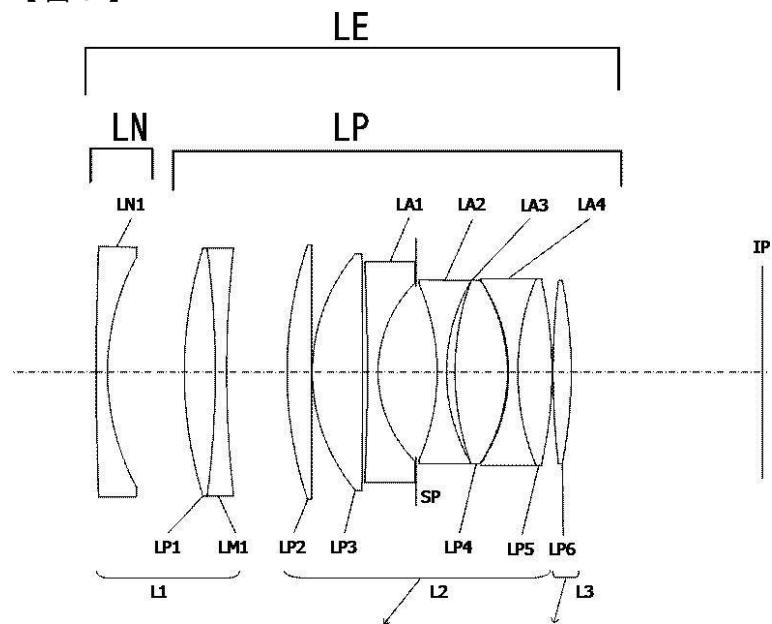


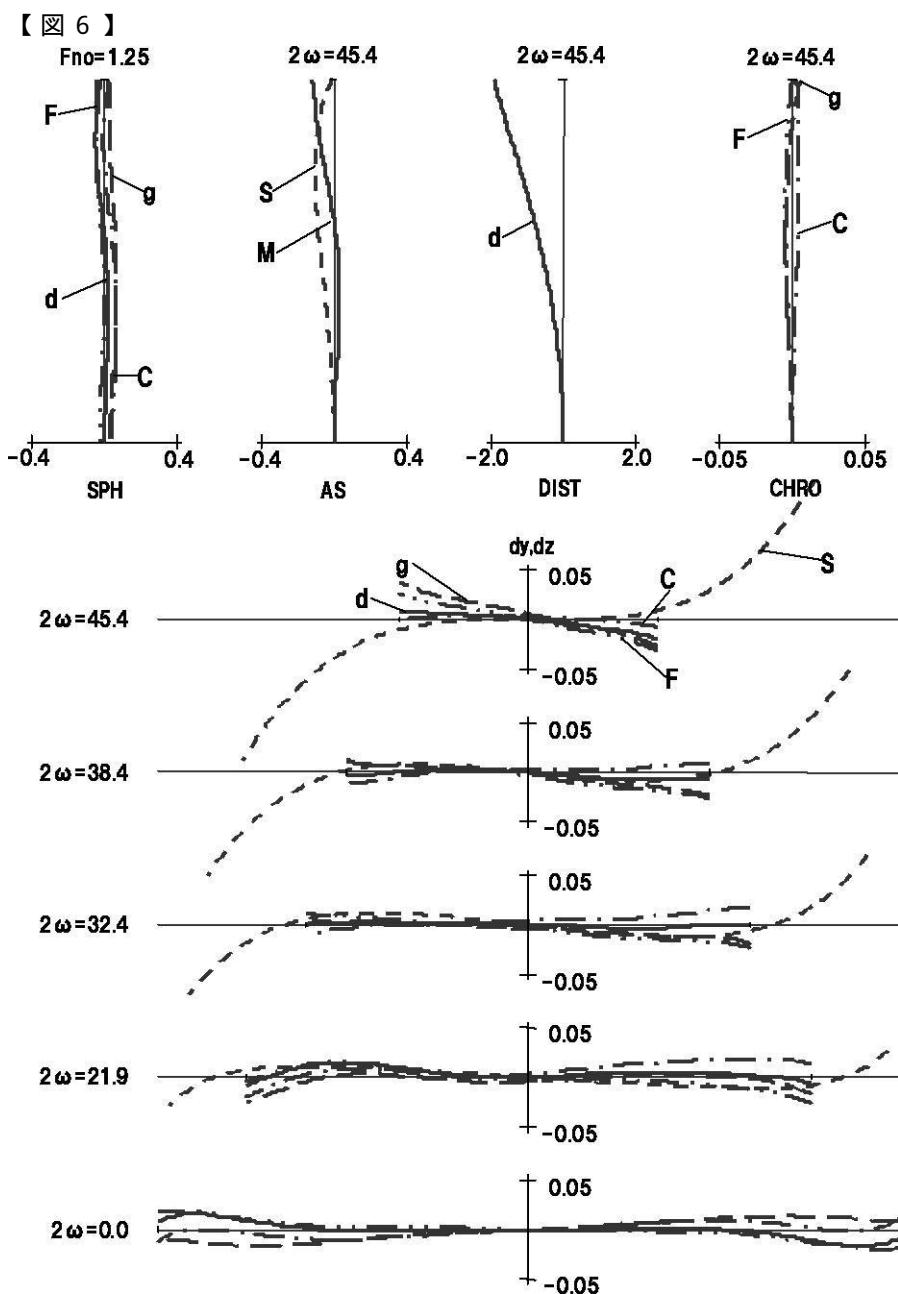
【図3】



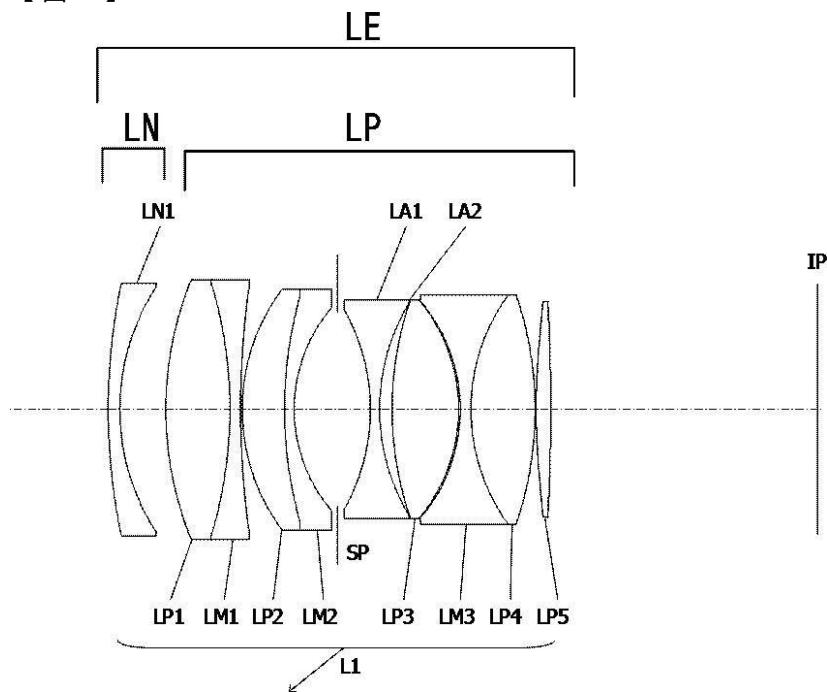


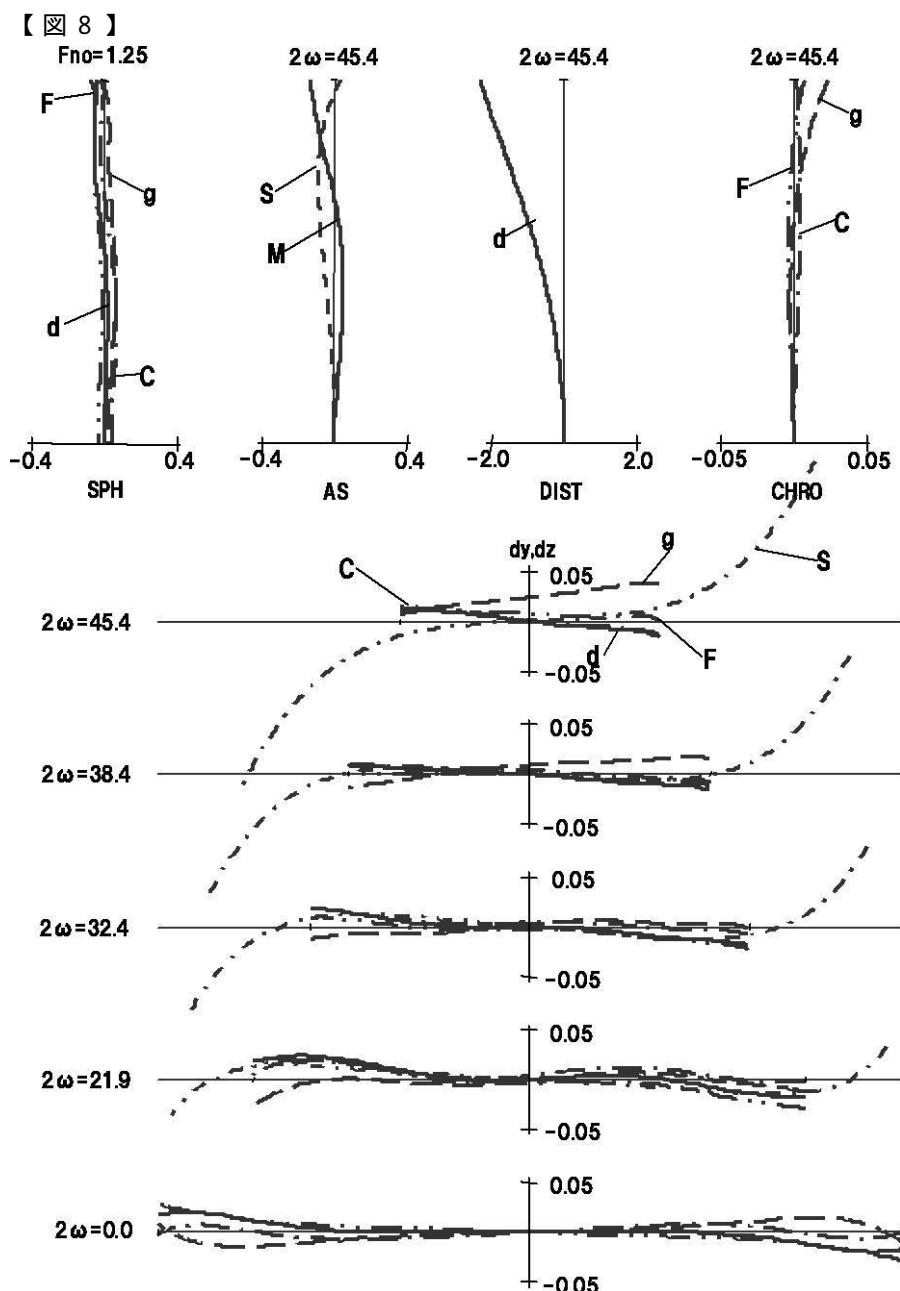
【図5】



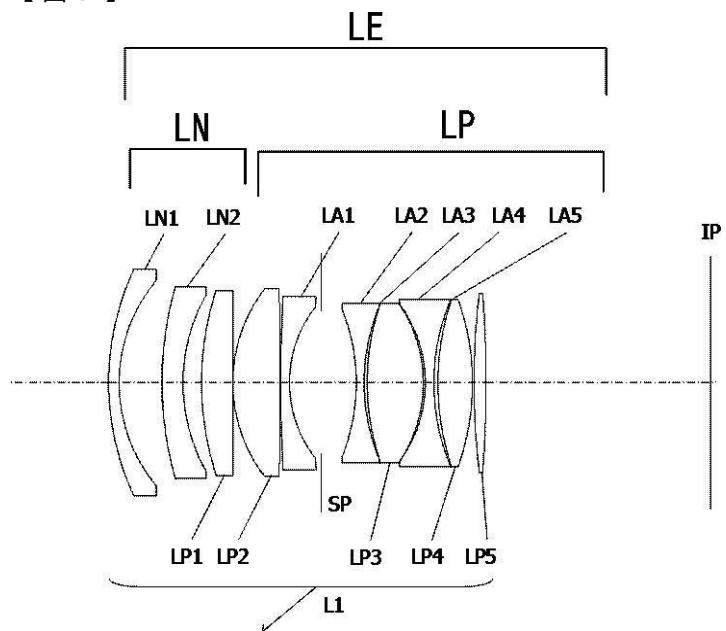


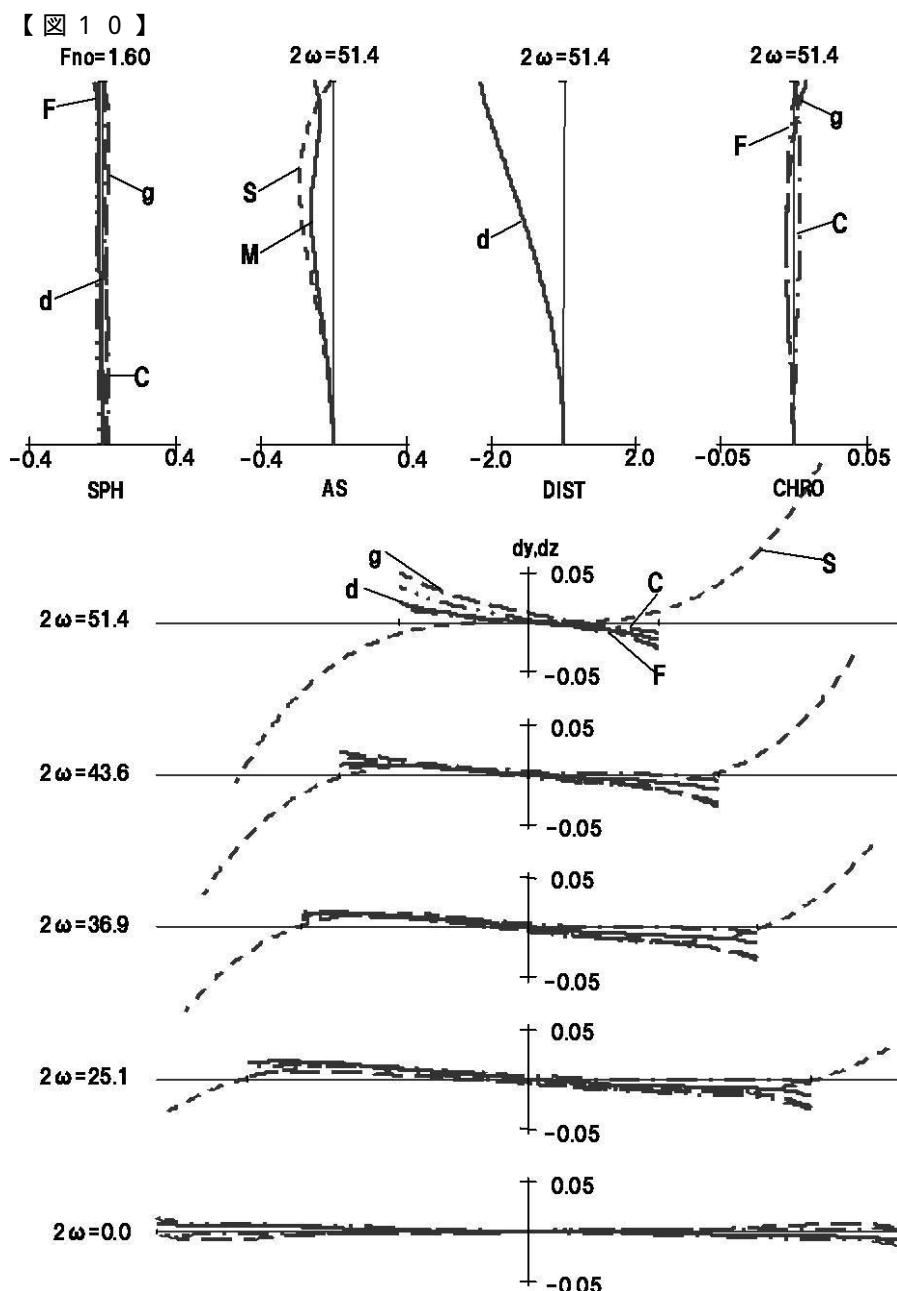
【図7】



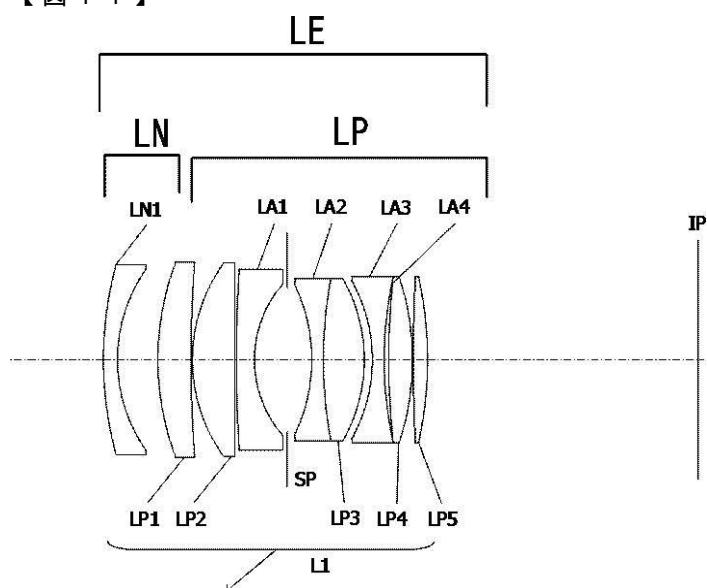


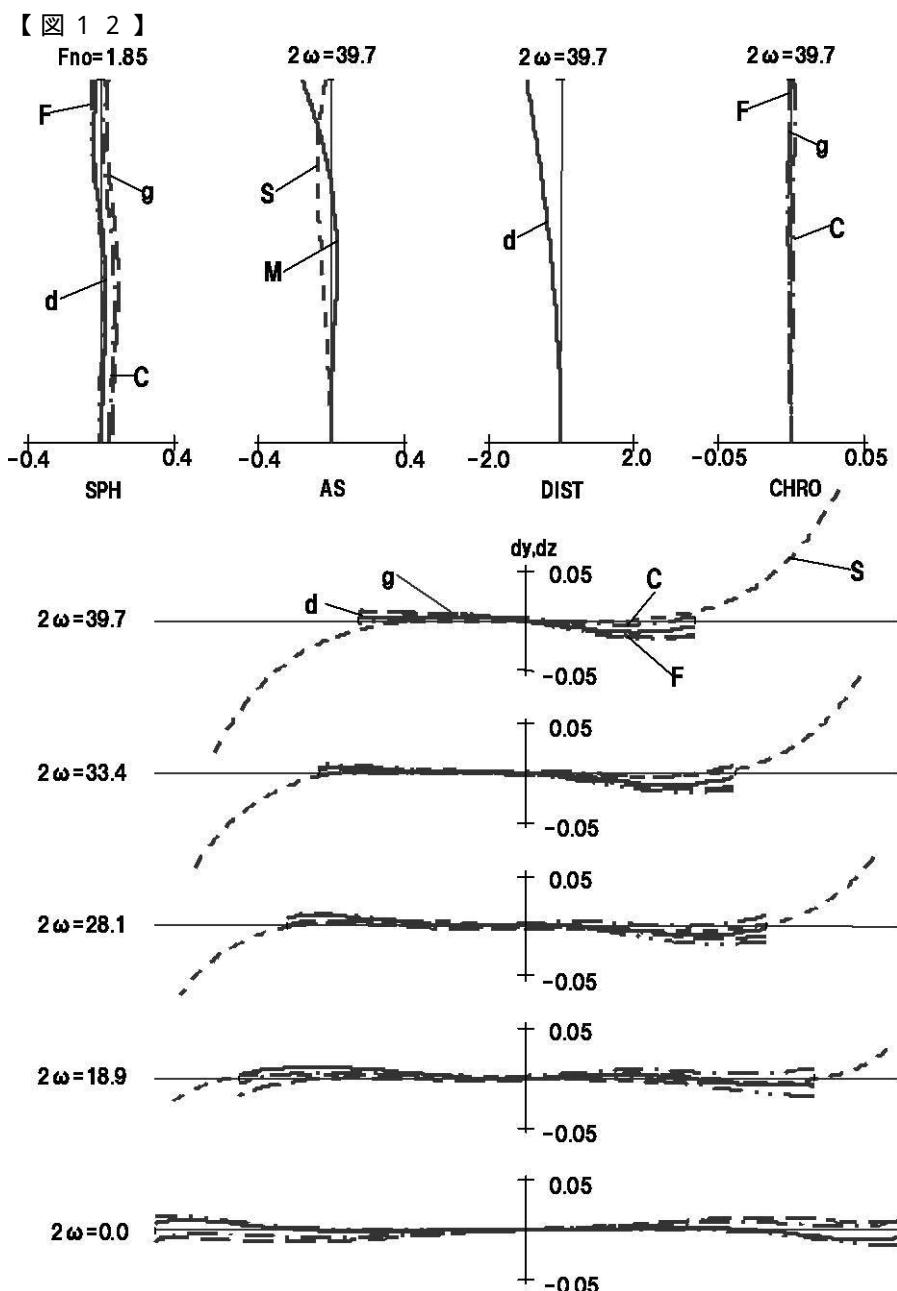
【図9】



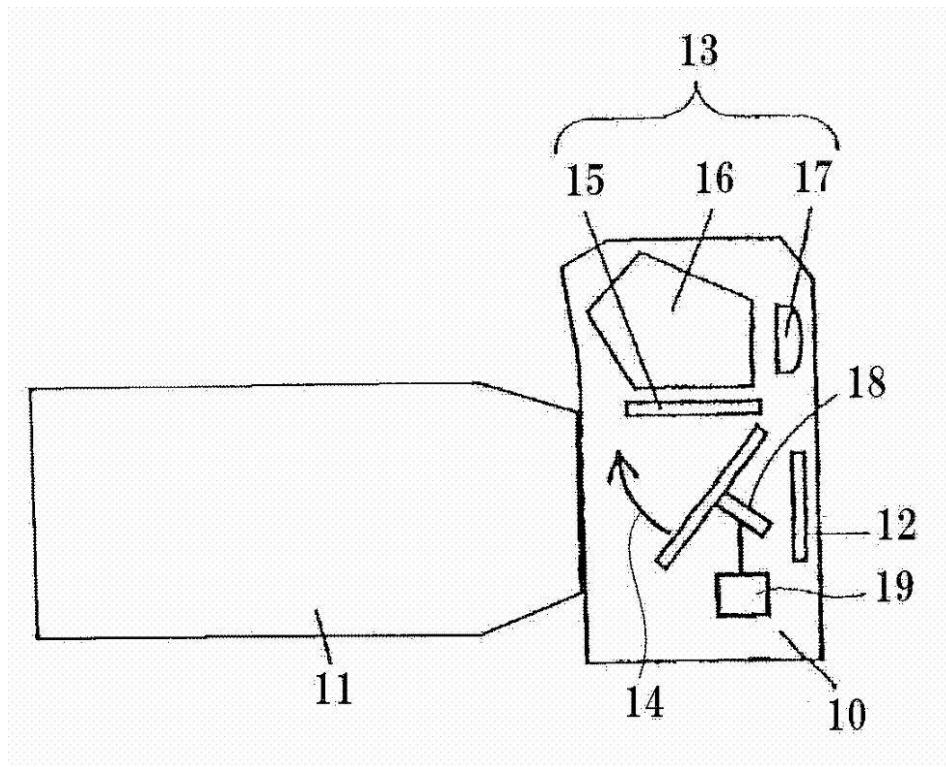


【図 1 1】



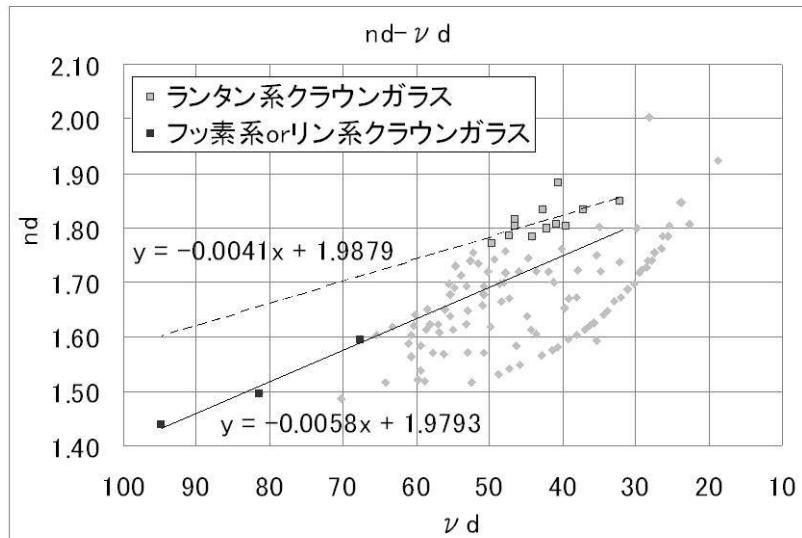


【図13】

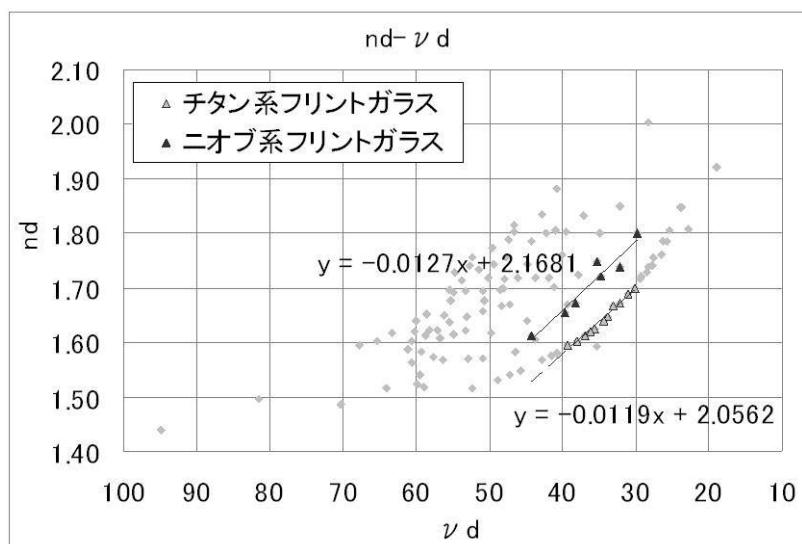


【図14】

(a)

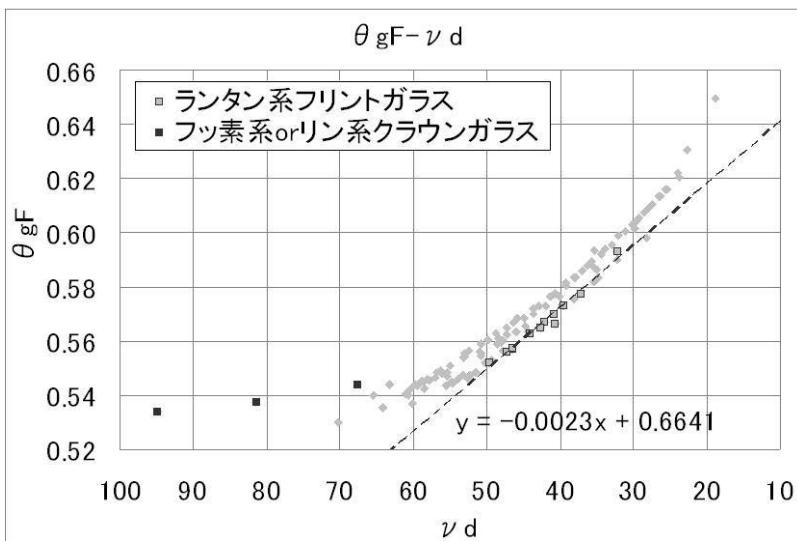


(b)

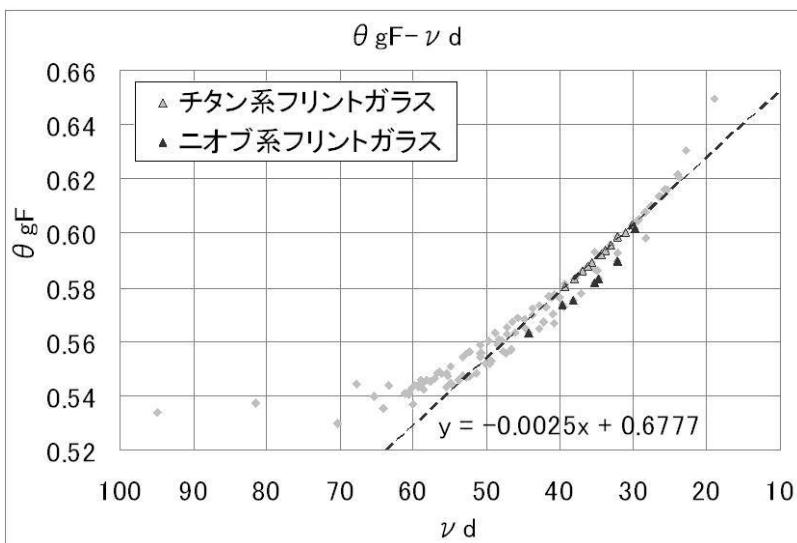


【図15】

(a)

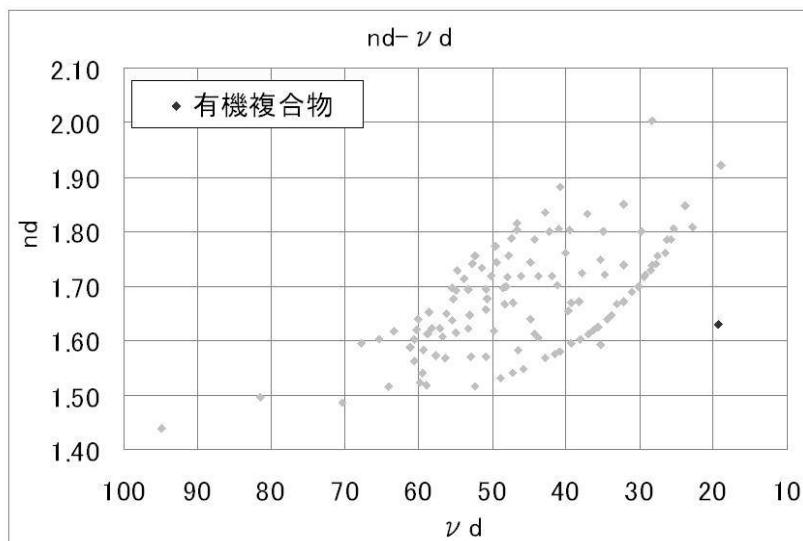


(b)

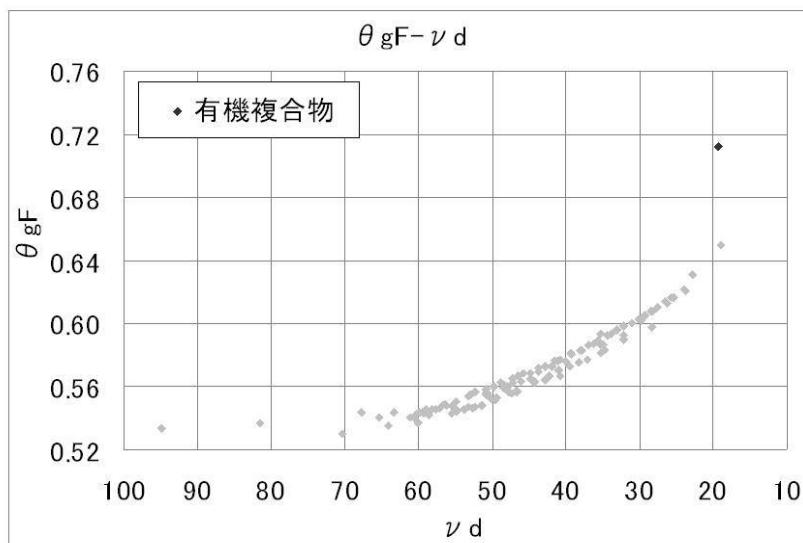


【図16】

(a)



(b)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-192599(JP,A)
特開2007-163964(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0201590(US,A1)
特開2010-039340(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0033848(US,A1)
特開2010-210883(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0027136(US,A1)
特開2001-091827(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 9/00 - 17/08
G 02 B 21/02 - 21/04
G 02 B 25/00 - 25/04