

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-61919

(P2016-61919A)

(43) 公開日 平成28年4月25日(2016.4.25)

(51) Int.Cl.
G02B 13/00 (2006.01)

F I
G02B 13/00

テーマコード(参考)
2H087

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2014-189385 (P2014-189385)
(22) 出願日 平成26年9月17日 (2014.9.17)

(71) 出願人 000006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(74) 代理人 100127111
弁理士 工藤 修一
(74) 代理人 100067873
弁理士 樺山 亨
(74) 代理人 100090103
弁理士 本多 章悟
(72) 発明者 大橋 和泰
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内
Fターム(参考) 2H087 KA01 LA06 MA06 NA14 PA07
PA08 PA18 PB08 PB09 QA02
QA06 QA14 QA21 QA26 QA32
QA42 QA45 RA32 RA36 RA42

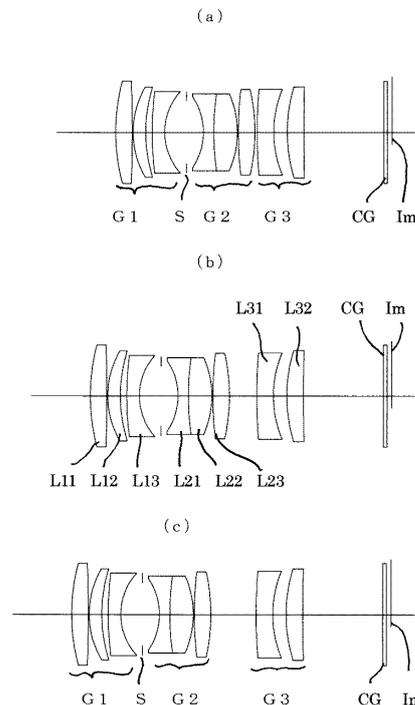
(54) 【発明の名称】 結像レンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 3レンズ群構成で、フォーカシングに伴う性能の変化が少ない、新規な結像レンズを実現する。

【解決手段】 物体側から像側へ向かって順に、正の第1レンズ群G1、開口絞りS、正の第2レンズ群G2、正または負の第3レンズ群G3を配して構成され、遠距離から近距離へのフォーカシングに際して、第3レンズ群G3を像面Imに対して固定し、第1レンズ群G1と開口絞りSと第2レンズ群G2とを一体として物体側へ移動させる結像レンズであって、第3レンズ群G3が、物体側から像側へ向かって順に、負レンズL31、正レンズL32の2枚を配して構成され、第3レンズ群の負レンズL31と正レンズL32との空気間隙：D、無限遠物体に合焦した状態における第2レンズ群G2の最も像側の面から第3レンズ群G3の最も物体側の面までの光軸上の距離： L_{2G-3G} が、条件式： $(1) \quad 4.0 < D / L_{2G-3G} < 12.0$ を満足する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へ向かって順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群、開口絞り、正の屈折力を有する第 2 レンズ群、正または負の屈折力を有する第 3 レンズ群を配して構成され、遠距離から近距離へのフォーカシングに際して、第 3 レンズ群を像面に対して固定し、第 1 レンズ群と開口絞りと第 2 レンズ群とを一体として物体側へ移動させる結像レンズであって、

第 3 レンズ群が、物体側から像側へ向かって順に、負レンズ、正レンズの 2 枚を配して構成され、

第 3 レンズ群の前記負レンズと前記正レンズとの空気間隙：D、無限遠物体に合焦した状態における第 2 レンズ群の最も像側の面から第 3 レンズ群の最も物体側の面までの光軸上の距離： L_{2G-3G} が、条件式：

$$(1) \quad 4.0 < D / L_{2G-3G} < 12.0$$

を満足する結像レンズ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の結像レンズにおいて、

第 3 レンズ群の負レンズの像側面は凹面、第 3 レンズ群の正レンズの物体側面は凸面であり、

第 3 レンズ群の負レンズの像側面の曲率半径： r_{3NR} 、第 3 レンズ群の正レンズの物体側面の曲率半径： r_{3PF} が、条件式：

$$(2) \quad -0.25 < (r_{3NR} - r_{3PF}) / (r_{3NR} + r_{3PF}) < 0.05$$

を満足する結像レンズ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の結像レンズにおいて、

第 1 レンズ群が、2 枚の正レンズの像側に、像側に凹面を向けた負レンズを配した 3 枚のレンズにより構成され、

第 2 レンズ群が、2 枚の正レンズの物体側に、少なくとも、物体側に凹面を向けた負レンズを有する結像レンズ。

【請求項 4】

請求項 3 記載の結像レンズにおいて、

第 2 レンズ群が、2 枚の正レンズの物体側に、物体側に凹面を向けた負レンズと、該負レンズの物体側に凹面を物体側に向けた正レンズとを配した 4 枚のレンズにより構成された結像レンズ。

【請求項 5】

請求項 3 または 4 記載の結像レンズにおいて、

第 1 レンズ群の焦点距離： f_1 、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の合成焦点距離： f_{1-2} が、条件式：

$$(3) \quad 1.20 < f_1 / f_{1-2} < 4.00$$

を満足する結像レンズ。

【請求項 6】

請求項 3 ないし 5 の何れか 1 項に記載の結像レンズにおいて、

第 1 レンズ群の像側に凹面を向けた負レンズの像側面の曲率半径： r_{1NR} 、第 2 レンズ群の物体側に凹面を向けた負レンズの物体側面の曲率半径： r_{2NF} が、条件式：

$$(4) \quad -0.15 < (r_{1NR} + r_{2NF}) / (r_{1NR} - r_{2NF}) < 0.05$$

を満足する結像レンズ。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 の何れか 1 項に記載の結像レンズにおいて、

無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離： f 、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の合成焦点距離： f_{1-2} が、条件式：

$$(5) \quad 1.10 < f / f_{1-2} < 1.40$$

を満足する結像レンズ。

を満足する結像レンズ。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 の何れか 1 項に記載の結像レンズにおいて、

第 1 レンズ群の最も物体側のレンズは正レンズであり、

レンズ材料の部分分散比： $\sigma_{g,F}$ を、該レンズ材料の g 線、F 線、C 線に対する屈折率： n_g 、 n_F 、 n_C により、

$$\sigma_{g,F} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

で定義するとき、第 1 レンズ群の最も物体側に配される前記正レンズの材質の、屈折率：

n_d 、アッペ数： ν_d 、部分分散比： $\sigma_{g,F}$ が、条件式：

$$(6) \quad 1.58 < n_d < 1.63$$

$$(7) \quad 62.0 < \nu_d < 70.0$$

$$(8) \quad 0.004 < \sigma_{g,F} - (-0.001742 \times \nu_d + 0.6490) < 0.030$$

10

を満足する結像レンズ。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 の何れか 1 項に記載の結像レンズにおいて、

第 1 レンズ群ないし第 3 レンズ群を構成する全てのレンズが球面レンズである結像レンズ。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 の何れか 1 項に記載の結像レンズにおいて、

第 1 レンズ群ないし第 3 レンズ群を構成する全てのレンズの材質が、無機固体材料である結像レンズ。

20

【請求項 11】

請求項 1 ないし 10 の何れか 1 項に記載の結像レンズを有する撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、結像レンズおよび撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

所謂「産業用カメラ」が広く実用化され、例えば、マシンビジョン用の画像入力装置等の開発が進んでいる。

30

【0003】

マシンビジョンの画像入力装置に用いられる結像レンズは、フォーカシングに伴うレンズ性能の変化が少なく、安定していることが重要である。

【0004】

フォーカシングに伴うレンズ性能の変動を抑制した光学系として、特許文献 1 に記載のものが知られている。

【0005】

特許文献 1 に記載された光学系（レンズ系）は、正の屈折力の第 1 レンズユニットと、正または負の屈折力の第 2 レンズユニットにより構成されている。

40

【0006】

そして、物体側より像側へ順に、正の屈折力のレンズユニット 1 a、開口絞り、正の屈折力のレンズユニット 1 b からなる第 1 レンズユニットが物体側へ移動することにより、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングが行われる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

この発明は、3 レンズ群構成で、フォーカシングに伴う性能の変化が少ない、新規な結像レンズの実現を課題とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明の結像レンズは、物体側から像側へ向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力を有する第2レンズ群、正または負の屈折力を有する第3レンズ群を配して構成され、遠距離から近距離へのフォーカシングに際して、第3レンズ群を像面に対して固定し、第1レンズ群と開口絞りと第2レンズ群とを一体として物体側へ移動させる結像レンズであって、第3レンズ群が、物体側から像側へ向かって順に、負レンズ、正レンズの2枚を配して構成され、第3レンズ群の前記負レンズと前記正レンズとの空気間隙：D、無限遠物体に合焦した状態における第2レンズ群の最も像側の面から第3レンズ群の最も物体側の面までの光軸上の距離： L_{2G-3G} が、条件式：

$$(1) \quad 4.0 < D / L_{2G-3G} < 12.0$$

を満足する。

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、3レンズ群構成で、フォーカシングに伴う性能の変化が少ない、新規な結像レンズを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例1の結像レンズを説明するための図である。

【図2】実施例2の結像レンズを説明するための図である。

【図3】実施例3の結像レンズを説明するための図である。

【図4】実施例4の結像レンズを説明するための図である。

【図5】実施例5の結像レンズを説明するための図である。

【図6】実施例1の結像レンズの無限遠に合焦した状態での収差図である。

【図7】実施例1の結像レンズのワーキングディスタンス：0.25mに合焦した状態での収差図である。

【図8】実施例1の結像レンズのワーキングディスタンス：0.15mに合焦した状態での収差図である。

【図9】実施例2の結像レンズの無限遠に合焦した状態での収差図である。

【図10】実施例2の結像レンズのワーキングディスタンス：0.3mに合焦した状態での収差図である。

【図11】実施例2の結像レンズのワーキングディスタンス：0.2mに合焦した状態での収差図である。

【図12】実施例3の結像レンズの無限遠に合焦した状態での収差図である。

【図13】実施例3の結像レンズのワーキングディスタンス：0.3mに合焦した状態での収差図である。

【図14】実施例3の結像レンズのワーキングディスタンス：0.2mに合焦した状態での収差図である。

【図15】実施例4の結像レンズの無限遠に合焦した状態での収差図である。

【図16】実施例4の結像レンズのワーキングディスタンス：0.3mに合焦した状態での収差図である。

【図17】実施例4の結像レンズのワーキングディスタンス：0.2mに合焦した状態での収差図である。

【図18】実施例5の結像レンズの無限遠に合焦した状態での収差図である。

【図19】実施例5の結像レンズのワーキングディスタンス：0.3mに合焦した状態での収差図である。

【図20】実施例5の結像レンズのワーキングディスタンス：0.2mに合焦した状態での収差図である。

【図21】撮像装置の実施の1形態のシステムを説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0011】

図1ないし図5に、結像レンズの実施の形態を5例示す。これら実施の形態は、この順序に、後述する具体的な実施例1ないし5に対応する。

【0012】

図1ないし図5において、図の左方が物体側、図の右方が像側である。

図1～図5の、上段の図((a)と表示)は「無限遠に合焦した状態」でのレンズ構成図、中段の図((b)と表示)は「中間距離に合焦した状態」でのレンズ構成図、下段の図((c)と表示)は「至近距離に合焦した状態」でのレンズ構成図を示している。

【0013】

繁雑を避けるため、図1ないし図5において符号を共通化する。

10

【0014】

これらの図において、符号G1は「第1レンズ群」、符号G2は「第2レンズ群」、符号G3は「第3レンズ群」を示し、符号Sは「開口絞り」を示す。

【0015】

また、符号Imは「像面」を示す。

これら実施の形態の結像レンズは、結像させた像を撮像素子で撮像する場合を想定され、図1～図5において符号CGは「撮像素子のカバーガラス」を示している。

【0016】

カバーガラスCGは「平行平板状」で、撮像素子の受光面は像面Imに合致している。

【0017】

20

カバーガラスCGは、撮像素子の受光面をシールドして保護する機能を持つが、赤外線カットフィルタ等の各種フィルタ機能を併せ持つことができる。

【0018】

第1レンズ群G1、第2レンズ群G2は、共に正の屈折力を持ち、第3レンズ群G3は「正または負の屈折力」を持つ。

【0019】

従って、図1～図5に実施の形態を示す結像レンズは、物体側から像側へ向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、開口絞りS、正の屈折力を有する第2レンズ群G2、正または負の屈折力を有する第3レンズ群G3を配して構成されている。

図1～図5に示すように「遠距離(上段の図)から至近距離(下段の図)へのフォーカシング」に際し、第3レンズ群G3が像面Imに対して固定され、第1レンズ群G1と開口絞りSと第2レンズ群G2とが一体的に物体側へ移動される。

30

【0020】

即ち、フォーカシングに際しては「第3レンズ群G3と像面Imとの位置関係」が不変に保たれ、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間隔のみが変化する。

【0021】

第3レンズ群G3は、物体側から像側へ向かって順に、負レンズL31と正レンズL32との2枚のレンズを配して構成されている。

【0022】

この発明の結像レンズは、第3レンズ群を構成する負レンズと正レンズとの間の空気間隙：D、無限遠物体に合焦した状態における第2レンズ群の最も像側の面から第3レンズ群の最も物体側の面までの距離： L_{2G-3G} が、条件式：

40

$$(1) \quad 4.0 < D / L_{2G-3G} < 12.0$$

を満足する。

【0023】

図1ないし図5に示す実施の形態に対応する後述の具体的な実施例1ないし5の結像レンズも、勿論、条件式(1)を満足する。

【0024】

条件式(1)は、結像レンズの各収差をバランスよく補正した状態で、フォーカシングに伴う「各収差の変動」を有効に抑制する条件である。

50

【0025】

条件式(1)のパラメータの値が4.0以下では「フォーカシングに伴う球面収差の変動」が過大となり、無限遠側や至近距離側に合焦させた状態での性能を十分に確保できない。

【0026】

条件式(1)のパラメータの値が12.0以上では、レンズ系が大型化し易くなり、コマ収差を良好に補正した状態を保って、結像レンズを小型化することが困難である。

【0027】

「フォーカシングに伴う球面収差の変動」と「レンズ系の大型化」との、より有効な抑制のためには、条件式(1)のパラメータは、条件式(1)よりも若干狭い条件式：

$$(1A) \quad 4.5 < D/L_{2G-3G} < 11.0$$

を満足することが好ましい。

【0028】

この発明の結像レンズは上記構成において、第3レンズ群の、負レンズの像側面を凹面、正レンズの物体側面を凸面とし、上記負レンズの像側面(凹面)の曲率半径： r_{3NR} (> 0)、上記正レンズの物体側面(凸面)の曲率半径： r_{3PF} (> 0)が、条件式(2)を満足するようにするのが好ましい。

【0029】

$$(2) \quad -0.25 < (r_{3NR} - r_{3PF}) / (r_{3NR} + r_{3PF}) < 0.05$$

条件式(2)のパラメータの値が-0.25以下では、球面収差がアンダー側に発生しやすくなったり、内向性のコマ収差が発生しやすくなったりする。

【0030】

条件式(2)のパラメータの値が0.05以上では、球面収差がオーバー側に発生しやすくなったり、外向性のコマ収差が発生しやすくなったりする。

【0031】

条件式(2)が満足されると、球面収差やコマ収差の発生の抑制が容易になる。

【0032】

条件式(2)のパラメータが条件式(2)よりも若干狭い条件式：

$$(2A) \quad -0.20 < (r_{3NR} - r_{3PF}) / (r_{3NR} + r_{3PF}) < 0.00$$

を満足するようにすると、球面収差やコマ収差の発生を、より有効に抑制できる。

【0033】

この発明の結像レンズは、上記の如く、フォーカシングの際に像面に対して固定される第3レンズ群が、物体側から像側へ向かって順に、負レンズ、正レンズの2枚のレンズを配した点に特徴の一端がある。

【0034】

このような第3レンズ群の物体側に配される第1レンズ群、開口絞り、第2レンズ群は、フォーカシングに際して一体として移動するので、以下において「第1レンズ群、開口絞り、第2レンズ群」をまとめて「可動群」と呼ぶ。

【0035】

「可動群」は、以下の如き構成が好ましい。

【0036】

即ち、第1レンズ群は「2枚の正レンズの像側に、像側に凹面を向けた負レンズを配した3枚のレンズ」により構成し、第2レンズ群は「2枚の正レンズの物体側に、少なくとも、物体側に凹面を向けた負レンズを有する構成」とすることが好ましい。

【0037】

この場合、第2レンズ群は、物体側から像側へ向かって、負レンズ、正レンズ、正レンズの3枚で構成できる。

【0038】

第2レンズ群はまた、2枚の正レンズの物体側に、物体側に凹面を向けた負レンズと、該負レンズの物体側に「凹面を物体側に向けた正レンズ」とを配した4枚のレンズにより

10

20

30

40

50

構成することができる。

【0039】

このような構成では「第1レンズ群と、開口絞りと、第2レンズ群の配置」が、開口絞りに関して対称的な所謂「ガウスタイプ」となり、可動群を「必要最低限のレンズ枚数で、各種収差を十分に小さい状態でバランスさせる構成」とすることが可能となる。

【0040】

可動群をこのような構成とした場合、上記条件式(1)とともに、あるいは条件式(1)、(2)とともに、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$(3) \quad 1.20 < f_1 / f_{1-2} < 4.00 \quad .$$

【0041】

条件式(3)のパラメータにおいて、「 f_1 」は第1レンズ群の焦点距離、「 f_{1-2} 」は第1レンズ群と第2レンズ群の合成焦点距離である。

【0042】

条件式(3)のパラメータ： f_1 / f_{1-2} は、第1レンズ群の焦点距離と「可動群の合成焦点距離」との比であり、条件式(3)は、可動群における第1レンズ群の屈折力を、可動群の屈折力に対して良好にバランスさせる条件である。

【0043】

第1レンズ群の屈折力は、条件式(3)のパラメータの値が1.20以下では「可動群の屈折力」に対して相対的に過大となり、4.00以上では相対的に過小となる。

【0044】

従って、条件式(3)の範囲外では、コマ収差や歪曲収差が発生し易くなる。

【0045】

条件式(3)を満足することにより、コマ収差や歪曲収差の発生を有効に抑制できる。

【0046】

なお、パラメータ： f_1 / f_{1-2} は、条件式(3)よりも若干狭い条件式：

$$(3A) \quad 1.50 < f_1 / f_{1-2} < 3.00$$

を満足することがより好ましい。

【0047】

可動群の構成を上記の如くガウスタイプとする場合、上記条件式(1)とともに、あるいは条件式(1)、(2)とともに、または条件式(1)、(2)、(3)とともに、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$(4) \quad -0.15 < (r_{1NR} + r_{2NF}) / (r_{1NR} - r_{2NF}) < 0.05$$

【0048】

条件式(4)のパラメータにおいて、「 $r_{1NR} (> 0)$ 」は、第1レンズ群の「像側に凹面を向けた負レンズの像側面」の曲率半径、「 $r_{2NF} (< 0)$ 」は、第2レンズ群の「物体側に凹面を向けた負レンズの物体側面」の曲率半径である。

【0049】

条件式(4)は、開口絞りを挟んで第1レンズ群と第2レンズ群の隣接面で形成される「負の空気レンズ」の形状を規制するものである。

【0050】

条件式(4)の範囲外では、空気レンズの形状が「対称形状」から崩れ、コマ収差の良好な補正が困難となり易い。条件式(4)を満足することにより、コマ収差の良好な補正が容易になる。

【0051】

この発明の結像レンズは、上記条件式(1)とともに、または、条件式(1)と、条件式(2)～(4)の任意の1とともに、以下の条件式(5)を満足することが好ましい。

【0052】

$$(5) \quad 1.10 < f / f_{1-2} < 1.40$$

パラメータ中の「 f 」は、無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離、「 f_{1-2} 」は第1レンズ群と第2レンズ群の合成焦点距離である。

10

20

30

40

50

【0053】

条件式(5)のパラメータの値が1.10以下では、「第3レンズ群の倍率」が、全系の倍率に対して相対的に小さくなる。

【0054】

このためフォーカシングの際の「可動群の移動量」が大きくなる。

【0055】

特に、結像レンズが半画角：10度前後の比較的狭画角、つまり「比較的長焦点距離」である場合には「可動群を駆動する駆動機構を含む実際の結像レンズ」が大型化し易い。

【0056】

条件式(5)のパラメータが1.4以上では、第3レンズ群の倍率が相対的に大きく、可動群により形成された像の収差が、第3レンズ群で拡大されることになる。

10

【0057】

このため、条件式(5)の上限を超えると、各種収差の補正をバランスさせるのが難しくなる。

【0058】

条件式(5)のパラメータは、より好ましくは条件式(5)よりも若干狭い、以下の条件式

$$(5A) \quad 1.10 < f / f_{1-2} < 1.30$$

を満足することが好ましい。

【0059】

この発明の結像レンズにおいて、第1レンズ群の「最も物体側のレンズ」を正レンズとする場合には、上記の何れの場合にも、該正レンズの材質が、以下の条件式(6)、(7)、(8)を満足することが好ましい。

20

【0060】

$$(6) \quad 1.58 < n_d < 1.63$$

$$(7) \quad 62.0 < d < 70.0$$

$$(8) \quad 0.004 < g_{g,F} - (-0.001742 \times d + 0.6490) < 0.030$$

条件式(6)、(7)における「 n_d 」および「 d 」は、上記正レンズの材質の「 d 線の屈折率およびアッペ数」である。

30

【0061】

条件式(8)における「 $g_{g,F}$ 」は部分分散比であり、レンズ材料の g 線、 F 線、 C 線に対する屈折率： n_g 、 n_F 、 n_C により、

$$g_{g,F} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

で定義される。

【0062】

条件式(6)、(7)および(8)を満足する分散特性を有する材料で、第1レンズ群の正レンズを構成することにより「色収差のより良好な補正」が可能となる。

【0063】

色収差は、結像レンズの前記焦点距離： f が長くなるほど発生し易くなるが、条件式(6)～(8)を満足する材料で、前記正レンズを形成すると、焦点距離を大きくしても、色収差の発生を有効に抑制できる。

40

前述の「マシビジョン用の画像入力装置」に用いる結像レンズには、ワーキングディスタンスが確保し易く、パースペクティブの影響を受けにくい望遠気味のレンズとして、半画角：10度前後のものが考えられる。

【0064】

条件式(6)ないし(8)は、このような半画角：10度前後の結像レンズにおける色収差の発生抑制に有効である。

【0065】

なお、上記「ワーキングディスタンス」は、作動距離であり、画像入力のために撮像す

50

べき対象物（「ワーク」とも言う。）の物体面からレンズ先端までの距離である。

【0066】

この発明の結像レンズには勿論、非球面や回折面等の特殊面を1面以上採用することができるが、全てのレンズ面を球面で形成することもできる。

【0067】

非球面や回折面などの特殊面を使用しないことによって、例えば成型用の金型などの「大きな製造コスト」の発生を回避でき、特に少ロットの生産時においてコスト的に有利である。

【0068】

また、結像レンズを構成する各レンズの材料は、全て「無機固体材料」とすることが好ましい。有機材料や「有機無機ハイブリッド材料」等によるレンズは、温度・湿度などの環境条件による特性の変化が大きい。

【0069】

結像レンズを構成する全てのレンズを「無機固体材料」で形成することにより、温度・湿度などの環境条件の変化の影響を受けにくい結像レンズを実現できる。

【0070】

「実施例」

以下に、図1ないし図5に実施の形態を示した結像レンズの具体的な実施例として、実施例1ないし5を挙げる。

【0071】

実施例1ないし5の結像レンズは、マシンビジョン用の画像入力装置に使用されることを想定されており、ワーキングディスタンスが確保し易く、パースペクティブの影響を受けにくい望遠気味の結像レンズである。

【0072】

符号を共通化した図1～図5に示すように、結像レンズは、物体側から像側へ向かい、第1レンズ群G1、開口絞りS、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3を配してなる。

【0073】

第1レンズ群G1は、物体側から像側へ向かって順次、正レンズL11、正レンズL12、負レンズL13の3枚を配して構成されている。

【0074】

開口絞りSの像側に配された第2レンズ群G2は、物体側から像側へ向かって順次、負レンズL21、正レンズL22、正レンズL23の3枚、もしくは、正レンズL21A、負レンズL21B、正レンズL22、正レンズL23の4枚を配して構成されている。

第3レンズ群G3は、前述の如く、物体側から像側へ向かって順次、負レンズL31、正レンズL32を配してなる。

【0075】

実施例1～5の全てにおいて「最大像高は8.8mm」である。

【0076】

各実施例において、第3レンズ群G3の像面側に配設される平行平板状のカバーガラスCGは、その像側面が像面Imから物体側に約1.0mmの位置となるよう配設されているが、勿論、これに限られる訳ではない。

【0077】

実施例1の結像レンズは、無限遠物体に合焦した状態の焦点距離：約35mm、半画角：約14度である。実施例2～実施例5の結像レンズは、無限遠物体に合焦した状態の焦点距離：約50mmで半画角：約10度のスペックを具現化したものである。

実施例1の結像レンズにおける至近距離は「ワーキングディスタンスとして0.15m」である。

【0078】

実施例2～実施例5の結像レンズにおける至近距離は「ワーキングディスタンスとして0.2m」である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

実施例 1 ~ 実施例 5 の結像レンズとも、至近距離における撮影倍率はおよそ 0 . 2 5 倍以上となっている。

【 0 0 8 0 】

各実施例における記号の意味は以下の通りである。

【 0 0 8 1 】

f : 全系の焦点距離

F : Fナンバ

：半画角（無限遠に合焦した状態での半画角）

R : 曲率半径

D : 面間隔

N_d : 屈折率

d : アッペ数

g, F : 部分分散比

W.D : ワーキングディスタンス（物体から正レンズ L 1 1 の物体側面までの距離）

長さの次元を持つ量の単位は、特に断らない限り「mm」である。

【 0 0 8 2 】

最初に挙げる実施例 1 は、図 1 に示した結像レンズの具体例である。

【 0 0 8 3 】

「実施例 1」

f = 35.00 , F = 1.82 , $\omega = 14.09$

面番号	R	D	N_d	d	g, F	硝種名
01	39.607	3.50	1.83481	42.72	0.5648	OHARA S-LAH55V
02	-320.677	0.20				
03	17.819	2.68	1.74320	49.34	0.5531	OHARA S-LAM60
04	30.240	1.36				
05	66.118	2.66	1.67270	32.10	0.5988	OHARA S-TIM25
06	12.153	4.60				
07	絞り	3.60				
08	-12.836	2.20	1.68893	31.07	0.6004	OHARA S-TIM28
09	52.078	5.00	1.71300	53.87	0.5459	OHARA S-LAL8
10	-18.842	0.20				
11	72.561	3.50	1.83481	42.72	0.5648	OHARA S-LAH55V
12	-38.978	可変(A)				
13	107.845	3.50	1.64769	33.79	0.5938	OHARA S-TIM22
14	22.368	2.84				
15	31.305	3.50	1.83481	42.72	0.5648	OHARA S-LAH55V
16	375.433	16.872				
17		0.75	1.51633	64.14		カバーガラス
18						

【 0 0 8 4 】

上記データ中の「絞り」は勿論「開口絞り」である。

【 0 0 8 5 】

「可変間隔 (A) 」

W.D 無限遠 0.25m 0.15m

A 0.500 5.791 9.583

【 0 0 8 6 】

「条件式のパラメータの値」

(1) $D/L_{2G-3G}=5.68$

(2) $(r_{3NR}-r_{3PF})/(r_{3NR}+r_{3PF})=-0.167$

10

20

30

40

50

- (3) $f_1/f_{1-2}=2.64$
 (4) $(r_{1NR}+r_{2NF})/(r_{1NR}-r_{2NF})=-0.0273$
 (5) $f/f_{1-2}=0.983$
 (6) $n_d=1.83481 \dots$
 (7) $d=42.72 \dots$
 (8) $g,F-(-0.001742 \times d+0.6490)=-0.0098 \dots$

【0087】

実施例1の結像レンズは、焦点距離：fが35mmと「比較的短く」、半画角も略14度であり「焦点距離が長いことによる色収差の増大」が実用上問題とならないので、条件式(6)～(8)は満足されていない。

10

【0088】

次に挙げる実施例2は、図2に示した結像レンズの具体例である。

【0089】

「実施例2」

$$f = 50.00, F = 2.45, \quad = 9.92$$

面番号	R	D	N_d	d	g, F	硝種名
01	32.061	5.00	1.61800	63.33	0.5441	OHARA S-PHM52
02	-139.329	0.20				
03	21.428	4.00	1.74320	49.34	0.5531	OHARA S-LAM60
04	37.150	0.73				
05	116.366	3.00	1.56732	42.82	0.5731	OHARA S-TIL26
06	12.500	4.30				
07	絞り	3.90				
08	-14.500	5.00	1.67270	32.10	0.5988	OHARA S-TIM25
09	73.560	5.00	1.65100	56.16	0.5482	OHARA S-LAL54
10	-20.097	0.20				
11	53.722	3.00	1.71300	53.87	0.5459	OHARA S-LAL8
12	-51.528	可変(A)				
13	85.541	2.50	1.62230	53.17	0.5542	OHARA S-BSM22
14	25.940	16.24				
15	27.554	2.96	1.58144	40.75	0.5774	OHARA S-TIL25
16	68.446	12.226				
17		0.75	1.51633	64.14		カバーガラス
18						

20

30

【0090】

「可変間隔(A)」

W.D	無限遠	0.3m	0.2m
A	1.900	7.493	10.450

【0091】

「条件式のパラメータの値」

40

- (1) $D/L_{2G-3G}=8.55$
 (2) $(r_{3NR}-r_{3PF})/(r_{3NR}+r_{3PF})=-0.0302$
 (3) $f_1/f_{1-2}=2.07$
 (4) $(r_{1NR}+r_{2NF})/(r_{1NR}-r_{2NF})=-0.0741$
 (5) $f/f_{1-2}=1.24$
 (6) $n_d=1.61800$
 (7) $d=63.33$
 (8) $g,F-(-0.001742 \times d+0.6490)=0.0055$

【0092】

次に挙げる実施例3は、図3に示した結像レンズの具体例である。

50

【 0 0 9 3 】

「 実施例 3 」

$$f = 50.00, F = 2.45, \quad = 9.99$$

面番号	R	D	N_d	d	g, F	硝種名
01	32.264	5.00	1.61800	63.33	0.5441	OHARA S-PHM52
02	-177.652	2.61				
03	23.418	4.00	1.78590	44.20	0.5631	OHARA S-LAH51
04	45.843	0.77				
05	1630.890	3.00	1.60342	38.03	0.5835	OHARA S-TIM5
06	13.278	4.30				
07	絞り	3.90				
08	-13.780	3.00	1.62004	36.26	0.5879	OHARA S-TIM2
09	44.673	5.00	1.65100	56.16	0.5482	OHARA S-LAL54
10	-18.393	0.20				
11	47.326	3.00	1.71300	53.87	0.5459	OHARA S-LAL8
12	-58.035	可変(A)				
13	69.224	2.50	1.80610	40.93	0.5701	OHARA S-LAH53
14	22.797	9.05				
15	25.136	3.50	1.59551	39.24	0.5803	OHARA S-TIM8
16	87.309	17.956				
17		0.75	1.51633	64.14		カバーガラス
18						

【 0 0 9 4 】

「 可変間隔 (A) 」

$$W.D \quad \text{無限遠} \quad 0.3m \quad 0.2m$$

$$A \quad 1.900 \quad 7.517 \quad 10.475$$

【 0 0 9 5 】

「 条件式のパラメータの数値 」

$$(1) \quad D/L_{2G-3G}=4.76$$

$$(2) \quad (r_{3NR}-r_{3PF})/(r_{3NR}+r_{3PF})=-0.0488$$

$$(3) \quad f_1/f_{1-2}=1.81$$

$$(4) \quad (r_{1NR}+r_{2NF})/(r_{1NR}-r_{2NF})=-0.0186$$

$$(5) \quad f/f_{1-2}=1.24$$

$$(6) \quad n_d=1.61800$$

$$(7) \quad d=63.33$$

$$(8) \quad g, F - (-0.001742 \times d + 0.6490) = 0.0055$$

【 0 0 9 6 】

次に挙げる実施例 4 は、図 4 に示した結像レンズの具体例である。

【 0 0 9 7 】

「 実施例 4 」

$$f = 50.00, F = 2.45, \quad = 9.92$$

面番号	R	D	N_d	d	g, F	硝種名
01	30.592	5.00	1.61800	63.33	0.5441	OHARA S-PHM52
02	-386.855	1.63				
03	21.275	4.00	1.78590	44.20	0.5631	OHARA S-LAH51
04	44.410	0.59				
05	118.176	3.00	1.60342	38.03	0.5835	OHARA S-TIM5
06	11.488	4.30				
07	絞り	4.73				
08	-22.114	3.00	1.48749	70.24	0.5300	OHARA S-FSL5

09	-16.612	0.66				
10	-12.075	2.00	1.60342	38.03	0.5835	OHARA S-TIM5
11	38.763	5.00	1.65100	56.16	0.5482	OHARA S-LAL54
12	-15.623	0.20				
13	44.789	3.00	1.71300	53.87	0.5459	OHARA S-LAL8
14	-235.889	可変(A)				
15	66.771	2.50	1.80610	40.93	0.5701	OHARA S-LAH53
16	24.406	12.38				
17	26.340	3.50	1.69895	30.13	0.6030	OHARA S-TIM35
18	60.579	12.322				
19		0.75	1.51633	64.14		カバーガラス
20						

10

【0098】

「可変間隔(A)」

W.D	無限遠	0.3m	0.2m
A	1.900	7.525	10.445

【0099】

「条件式のパラメータの値」

- (1) $D/L_{2G-3G}=6.52$
- (2) $(r_{3NR}-r_{3PF})/(r_{3NR}+r_{3PF})=-0.0381$
- (3) $f_1/f_{1-2}=2.49$
- (4) $(r_{1NR}+r_{2NF})/(r_{1NR}-r_{2NF})=-0.0249$
- (5) $f/f_{1-2}=1.23$
- (6) $n_d=1.61800$
- (7) $d=63.33$
- (8) $g_{,F}-(-0.001742 \times d+0.6490)=0.0055$

20

【0100】

因みに、実施例4は、第2レンズ群を「正レンズL21A、負レンズL21B、正レンズL23、正レンズL24の4枚」で構成した例である。

【0101】

条件式(4)のパラメータ中における「 r_{2NF} 」は面番号10の面(負レンズL21Bの像側面、正レンズL22の物体側面と接合されている。)である。

30

【0102】

最後に挙げる実施例5は、図5に示した結像レンズの具体例である。

【0103】

「実施例5」

$$f = 50.01, F = 2.45, d = 9.92$$

面番号	R	D	N_d	d	$g_{,F}$	硝種名
01	31.857	5.00	1.60300	65.44	0.5401	OHARA S-PHM53
02	-351.193	4.03				
03	18.284	3.03	1.74320	49.34	0.5531	OHARA S-LAM60
04	28.838	0.65				
05	53.015	3.00	1.53172	48.84	0.5631	OHARA S-TIL6
06	10.847	4.30				
07	絞り	4.14				
08	-12.662	2.00	1.63980	34.47	0.5922	OHARA S-TIM27
09	28.313	5.00	1.71300	53.87	0.5459	OHARA S-LAL8
10	-19.018	0.20				
11	64.971	3.00	1.65100	56.16	0.5482	OHARA S-LAL54
12	-36.236	可変(A)				

40

50

13	83.447	2.50	1.85026	32.27	0.5929	OHARA S-LAH71
14	25.471	13.56				
15	28.378	4.00	1.84666	23.78	0.6205	OHARA S-TIH53
16	72.625	12.260				
17		0.75	1.51633	64.14		カバーガラス
18						。

【0104】

「可変間隔(A)」

W.D	無限遠	0.3m	0.2m
A	2.000	7.568	10.494

10

【0105】

「条件式のパラメータの値」

- (1) $D/L_{2G-3G}=6.78$
(2) $(r_{3NR}-r_{3PF})/(r_{3NR}+r_{3PF})=-0.0540$
(3) $f_1/f_{1-2}=2.23$
(4) $(r_{1NR}+r_{2NF})/(r_{1NR}-r_{2NF})=-0.0772$
(5) $f/f_{1-2}=1.24$
(6) $n_d=1.60300$
(7) $d=65.44$
(8) $g_{,F}(-0.001742 \times d+0.6490)=0.0052$

20

【0106】

図6に実施例1の結像レンズの「無限遠に合焦した状態」における収差図を示す。

【0107】

図7に実施例1の結像レンズの「ワーキングディスタンス：0.25mに合焦した状態」における収差図を示す。

【0108】

図8に実施例1の結像レンズの「ワーキングディスタンス：0.15mに合焦した状態」における収差図を示す。

【0109】

球面収差の図中の破線は「正弦条件」を表し、非点収差の図中の実線は「サジタル」、破線は「メリディオナル」を表す。また「d」はd線、「g」はg線を表す。これらの表記は、以下に挙げる実施例2～実施例5においても同様である。

30

【0110】

図9～図11に、実施例2の結像レンズの収差図を、図6～図8に倣って示す。

図12～図14に、実施例3の結像レンズの収差図を、図6～図8に倣って示す。

図15～図17に、実施例4の結像レンズの収差図を、図6～図8に倣って示す。

図18～図20に、実施例5の結像レンズの収差図を、図6～図8に倣って示す。

【0111】

各実施例の収差図に示されたように、各実施例とも収差は高いレベルで補正され、フォーカシングによる像面湾曲の変化も良好に抑制されている。

40

球面収差は、フォーカシングに伴って「プラスからマイナスへと変化する」が、変化量は絶対値としては十分に小さい。

【0112】

軸上色収差・倍率色収差も小さく、コマ収差やその色差の乱れも最周辺部まで良く抑えられている他、歪曲収差も絶対値で0.7%未満となっている。

即ち、実施例1～5の結像レンズは何れも各種収差が十分に低減され、600万～1200万画素の撮像素子に対応した解像力を有し、歪曲収差の絶対値が1%未満で「直線を直線として描写可能」であり、フォーカシングに伴う性能の変化が少ない高性能の結像レンズとなっている。

【0113】

50

また、Fナンバも2.8以下と大口径で明るい。

【0114】

また、実施例1～5の結像レンズは何れも、第1レンズ群G1ないし第3レンズ群G3を構成する全てのレンズが球面レンズであり、「無機固体材料」により形成されている。

【0115】

図21に即して、撮像装置を用いる「マシンビジョンの画像入力装置」のシステムの1例を説明する。

【0116】

この「システム」は製品検査を行うものであり、検査対象としてのワークWKをコンベヤ30により図の右方へ搬送しつつ、撮像装置10によりワークWKを撮像して、画像入力する。

10

【0117】

撮像装置10には、請求項1ないし10の何れか1項に記載の結像レンズ、具体的には、例えば実施例1～5の何れかに示されたものを用いる。

【0118】

コンピュータあるいはCPU等として構成された制御手段20は、コンベヤ30の駆動や、照明装置12の点滅の制御を行うほか、撮像装置10内の「結像レンズのフォーカシングや撮像素子による画像の取得」を制御する。

【0119】

種々のサイズの製品がワークWKとして検査の対象となり、制御手段20は、ワークWKのサイズに応じた適切なワーキングディスタンスを特定し、特定されたワーキングディスタンスに応じて、結像レンズのフォーカシングを制御する。

20

【0120】

以上のように、この発明によれば、以下の如き、新規な結像レンズと、これを用いる撮像装置を実現できる。

【0121】

[1]

物体側から像側へ向かって順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1、開口絞りS、正の屈折力を有する第2レンズ群G2、正または負の屈折力を有する第3レンズ群G3を配して構成され、遠距離から近距離へのフォーカシングに際して、第3レンズ群G3を像面Imに対して固定し、第1レンズ群G1と開口絞りSと第2レンズ群G2とを一体として物体側へ移動させる結像レンズであって、第3レンズ群G3が、物体側から像側へ向かって順に、負レンズL31、正レンズL32の2枚を配して構成され、第3レンズ群の前記負レンズL31と前記正レンズL32との空気間隙：D、無限遠物体に合焦した状態における第2レンズ群G2の最も像側の面から第3レンズ群G3の最も物体側の面までの光軸上の距離： L_{2G-3G} が、条件式：

30

$$(1) \quad 4.0 < D / L_{2G-3G} < 12.0$$

を満足する結像レンズ。

[2]

[1]記載の結像レンズにおいて、第3レンズ群の負レンズL31の像側面は凹面、第3レンズ群の正レンズL32の物体側面は凸面であり、第3レンズ群の負レンズL31の像側面の曲率半径： r_{3NR} 、第3レンズ群の正レンズL32の物体側面の曲率半径： r_{3PF} が、条件式：

40

$$(2) \quad -0.25 < (r_{3NR} - r_{3PF}) / (r_{3NR} + r_{3PF}) < 0.05$$

を満足する結像レンズ。

【0122】

[3]

[1]または[2]記載の結像レンズにおいて、第1レンズ群G1が、2枚の正レンズL11、L12の像側に、像側に凹面を向けた負レンズL13を配した3枚のレンズにより構成され、第2レンズ群G2が、2枚の正レンズL22、L23の物体側に、少なくとも

50

も、物体側に凹面を向けた負レンズ L 2 1 を有する結像レンズ。

【 0 1 2 3 】

[4]

[3] 記載の結像レンズにおいて、第 2 レンズ群 G 2 が、2 枚の正レンズ L 2 2、L 2 3 の物体側に、物体側に凹面を向けた負レンズ L 2 1 B と、該負レンズ L 2 1 B の物体側に凹面を物体側に向けた正レンズ L 2 1 A とを配した 4 枚のレンズにより構成された結像レンズ。

【 0 1 2 4 】

[5]

[3] または [4] 記載の結像レンズにおいて、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離： f_1 、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の合成焦点距離： f_{1-2} が、条件式：

$$(3) \quad 1.20 < f_1 / f_{1-2} < 4.00$$

を満足する結像レンズ。

【 0 1 2 5 】

[6]

[3] ないし [5] の何れか 1 に記載の結像レンズにおいて、第 1 レンズ群 G 1 の像側に凹面を向けた負レンズ L 1 3 の像側面の曲率半径： r_{1NR} 、第 2 レンズ群の物体側に凹面を向けた負レンズ L 2 1、L 2 1 B の物体側面の曲率半径： r_{2NF} が、条件式：

$$(4) \quad -0.15 < (r_{1NR} + r_{2NF}) / (r_{1NR} - r_{2NF}) < 0.05$$

を満足する結像レンズ。

【 0 1 2 6 】

[7]

[1] ないし [6] の何れか 1 に記載の結像レンズにおいて、無限遠物体に合焦した状態における全系の焦点距離： f 、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の合成焦点距離： f_{1-2} が、条件式：

$$(5) \quad 1.10 < f / f_{1-2} < 1.40$$

を満足する結像レンズ。

【 0 1 2 7 】

[8]

[1] ないし [7] の何れか 1 に記載の結像レンズにおいて、第 1 レンズ群 G 1 の最も物体側のレンズ L 1 1 は正レンズであり、レンズ材料の部分分散比： $g_{g,F}$ を、該レンズ材料の g 線、F 線、C 線に対する屈折率： n_g 、 n_F 、 n_C により、

$$g_{g,F} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

で定義するとき、第 1 レンズ群の最も物体側に配される前記正レンズ L 1 1 の材質の、屈折率： n_d 、アッベ数： d 、部分分散比： $g_{g,F}$ が、条件式：

$$(6) \quad 1.58 < n_d < 1.63$$

$$(7) \quad 62.0 < d < 70.0$$

$$(8) \quad 0.004 < g_{g,F} - (-0.001742 \times d + 0.6490) < 0.0$$

30

を満足する結像レンズ。

【 0 1 2 8 】

[9]

[1] ないし [8] の何れか 1 に記載の結像レンズにおいて、第 1 レンズ群 G 1 ないし第 3 レンズ群 G 3 を構成する全てのレンズが球面レンズである結像レンズ。

【 0 1 2 9 】

[10]

[1] ないし [9] の何れか 1 に記載の結像レンズにおいて、第 1 レンズ群 G 1 ないし第 3 レンズ群 G 3 を構成する全てのレンズの材質が、無機固体材料である結像レンズ。

【 0 1 3 0 】

[11]

10

20

30

40

50

[1] ないし [1 0] の何れか 1 に記載の結像レンズを有する撮像装置。

【 0 1 3 1 】

以上、発明の好ましい実施の形態について説明したが、この発明は上述した特定の実施形態に限定されるものではなく、上述の説明で特に限定していない限り、特許請求の範囲に記載された発明の趣旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【 0 1 3 2 】

即ち、この発明の結像レンズは、上記マシンビジョン用の画像入力装置への使用が可能であるのみならず、デジタルカメラやビデオカメラ、監視カメラ等に用いることもできる。

【 0 1 3 3 】

この発明の実施の形態に記載された効果は、発明から生じる好適な効果を列挙したに過ぎず、発明による効果は「実施の形態に記載されたもの」に限定されるものではない。

10

【 符号の説明 】

【 0 1 3 4 】

G 1	第 1 レンズ群
S	開口絞り
G 2	第 2 レンズ群
G 3	第 3 レンズ群
I m	像面
C G	カバーガラス
L 1 1	第 1 レンズ群の正レンズ
L 1 2	第 1 レンズ群の正レンズ
L 2 1	第 2 レンズ群の負レンズ
L 2 1 A	第 2 レンズ群の正レンズ
L 2 1 B	第 2 レンズ群の負レンズ
L 2 2	第 2 レンズ群の正レンズ
L 2 3	第 2 レンズ群の正レンズ
L 3 1	第 3 レンズ群の負レンズ
L 3 2	第 3 レンズ群の正レンズ
1 0	撮像装置
1 2	照明装置
2 0	制御手段
3 0	コンベヤ
W K	ワーク

20

30

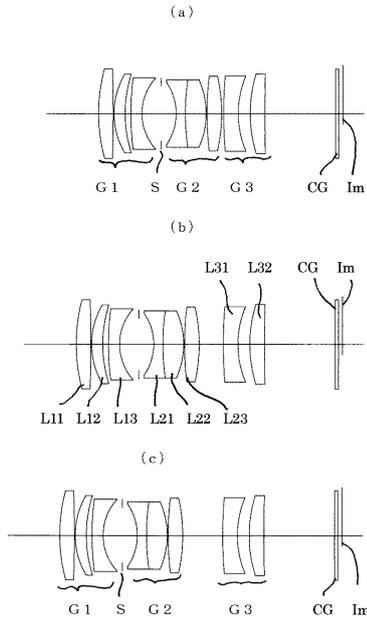
【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

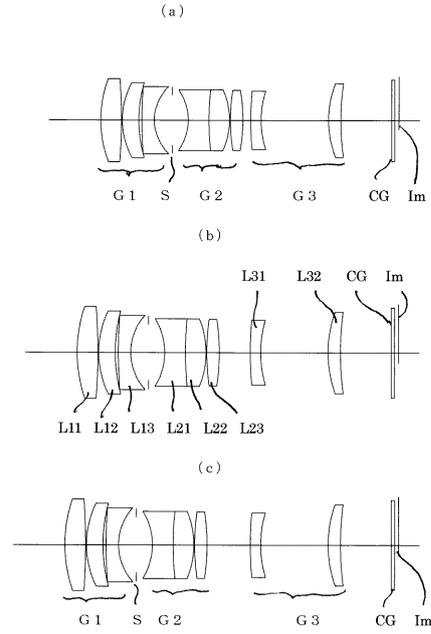
【 0 1 3 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 3 - 2 1 8 0 1 5 号 公 報

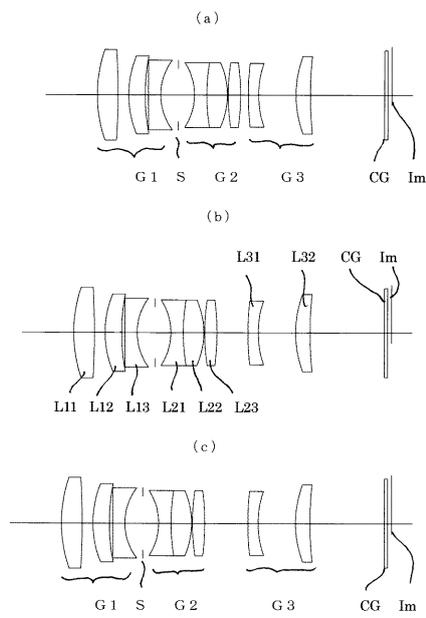
【 図 1 】



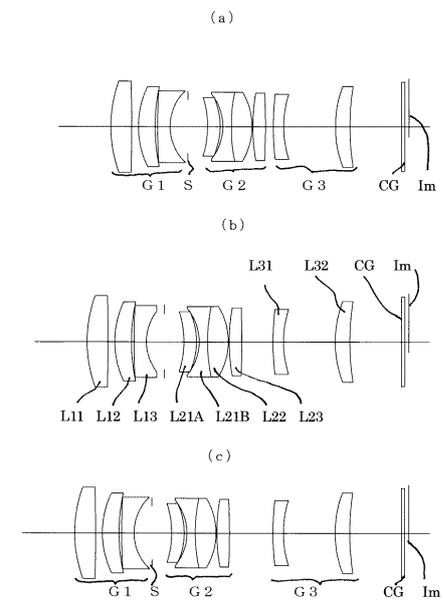
【 図 2 】



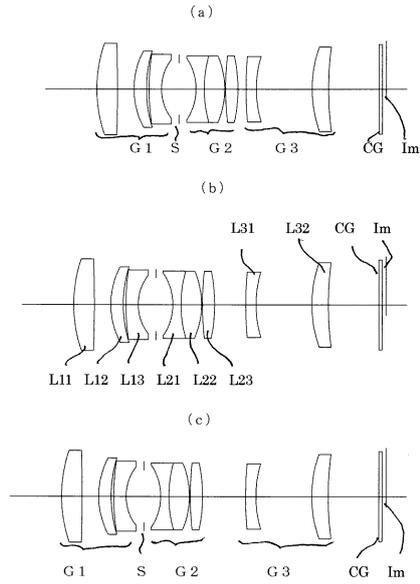
【 図 3 】



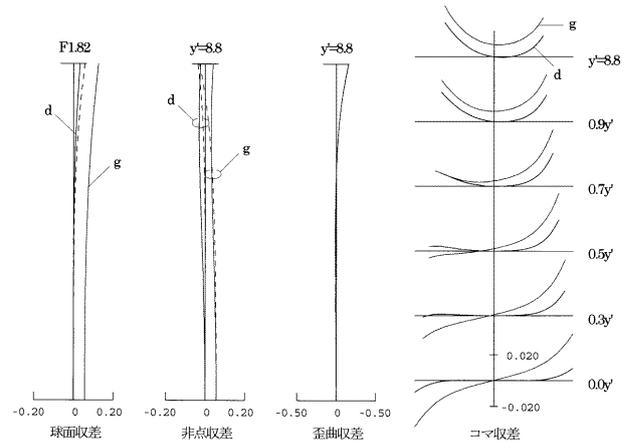
【 図 4 】



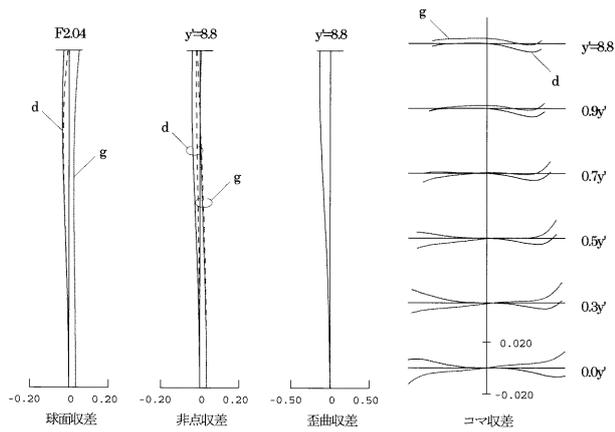
【 図 5 】



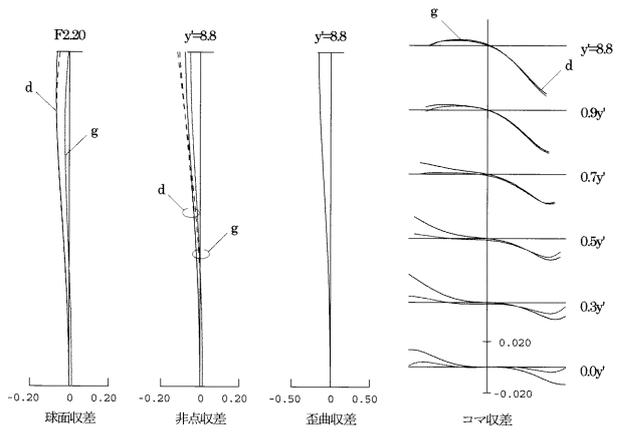
【 図 6 】



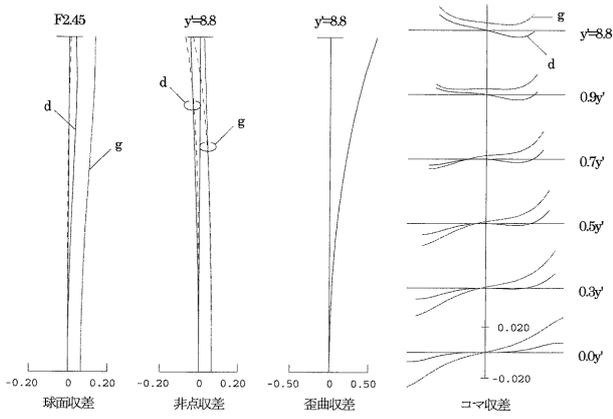
【 図 7 】



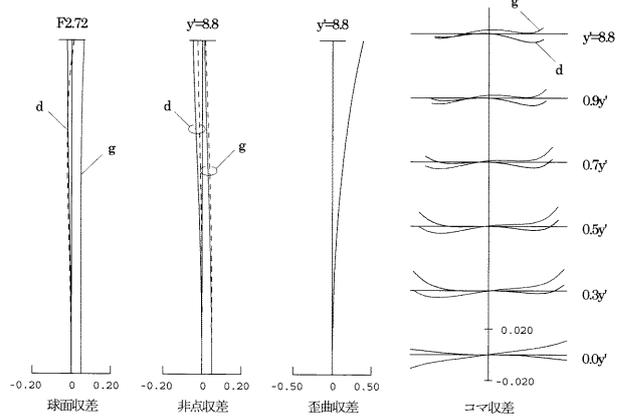
【 図 8 】



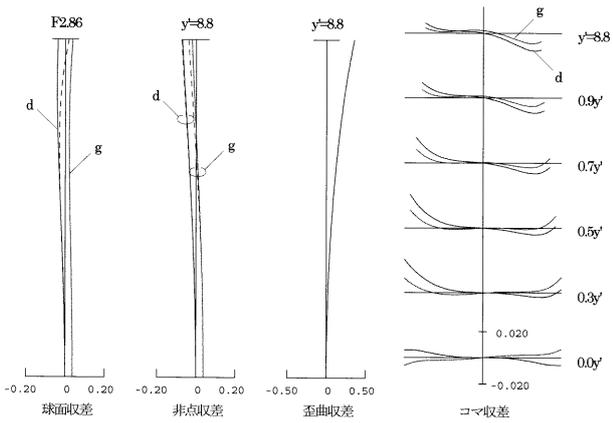
【 図 9 】



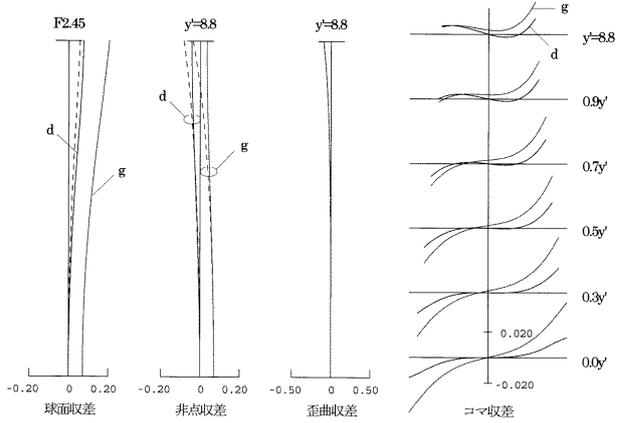
【 図 10 】



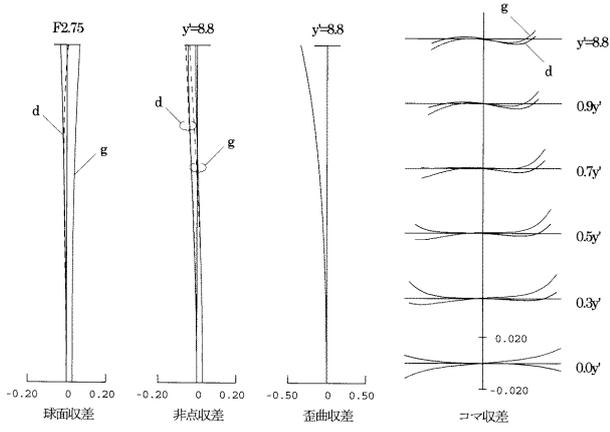
【 図 11 】



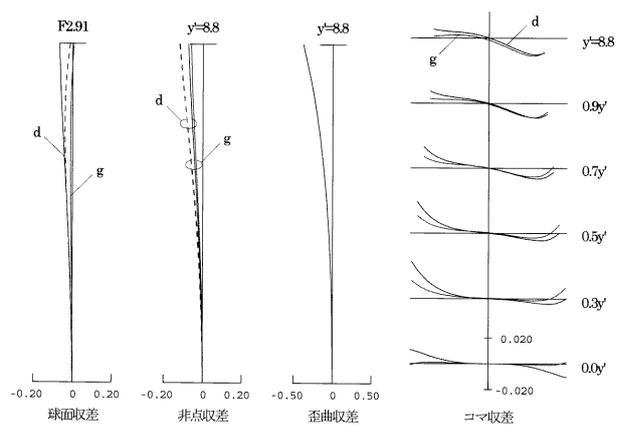
【 図 12 】



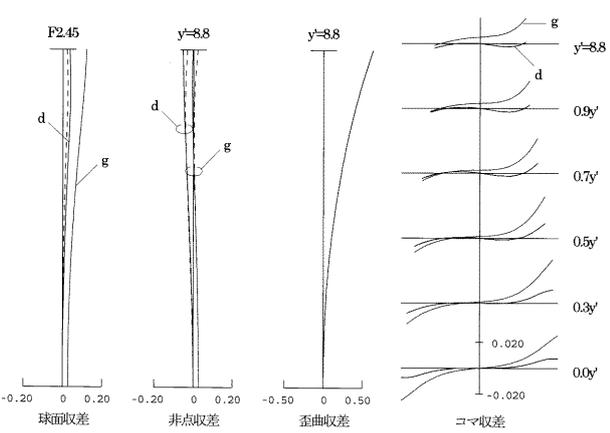
【 図 1 3 】



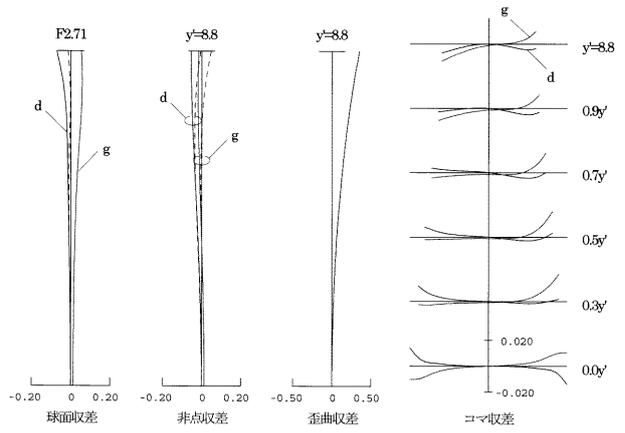
【 図 1 4 】



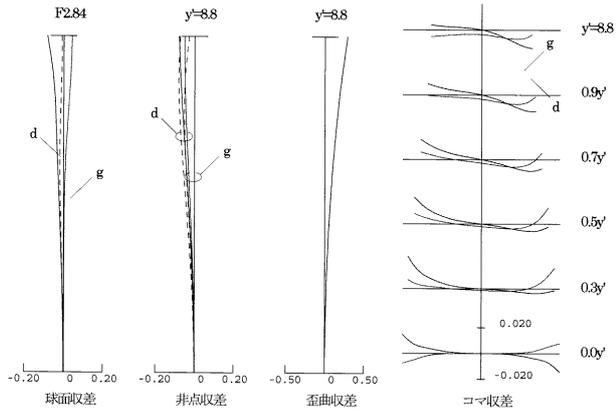
【 図 1 5 】



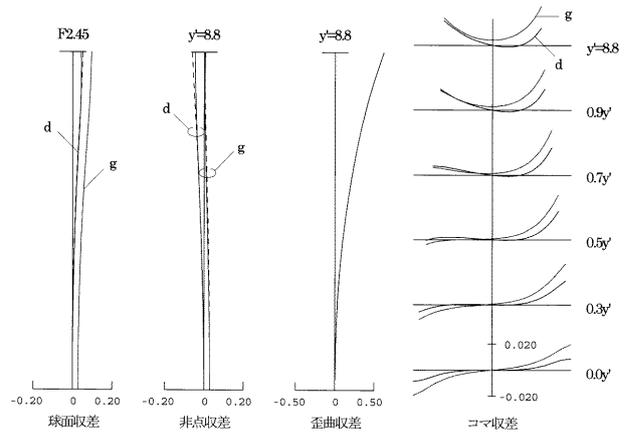
【 図 1 6 】



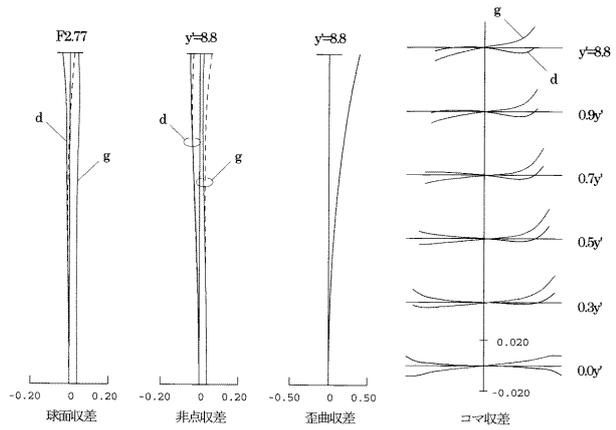
【 図 17 】



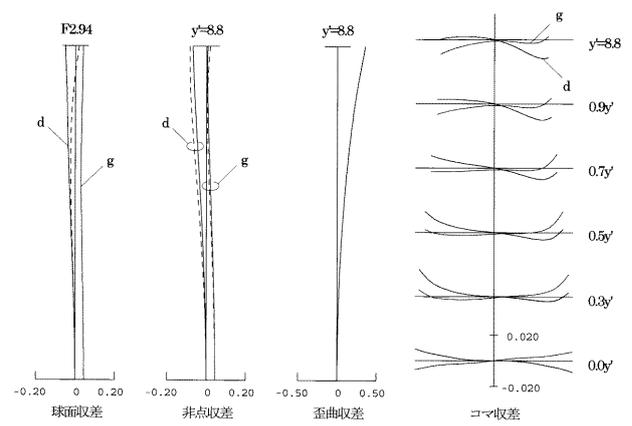
【 図 18 】



【 図 19 】



【 図 20 】



【 図 21 】

