

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4689966号
(P4689966)

(45) 発行日 平成23年6月1日 (2011.6.1)

(24) 登録日 平成23年2月25日 (2011.2.25)

(51) Int.Cl.

F I

GO 2 B 15/163 (2006.01)

GO 2 B 13/18 (2006.01)

HO 4 N 5/225 (2006.01)

HO 4 N 101/00 (2006.01)

GO 2 B 15/163

GO 2 B 13/18

HO 4 N 5/225

HO 4 N 101/00

D

請求項の数 11 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2004-76777 (P2004-76777)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成16年3月17日 (2004.3.17)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2005-266129 (P2005-266129A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成17年9月29日 (2005.9.29)	(74) 代理人	100065824
審査請求日	平成19年1月11日 (2007.1.11)		弁理士 篠原 泰司
		(74) 代理人	100104983
			弁理士 藤中 雅之
		(72) 発明者	三原 伸一
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
			オリンパス株式会社内
		審査官	吉川 陽吾

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電子撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、非球面を有する1つの負レンズ成分からなる第1レンズ群と、正レンズと負レンズの2つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群と、1つの正レンズ成分からなる第3レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、前記第1レンズ群中の前記負レンズ成分が、2面以上の非球面を有していて、レンズ表面に樹脂を密着硬化させた複合レンズであり、

次の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$
$$0.50620 \leq (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$
$$-0.5 < (R_{1F} + R_{1R}) / (R_{1F} - R_{1R}) < 2$$
$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

10

但し、 t_1 は第1レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第3レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第3レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 R_{1F} は第1レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{1R} は第1レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第2レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも1つ多くなる。

20

【請求項 2】

物体側より順に、非球面を有する 1 つの負レンズ成分からなる第 1 レンズ群と、正レンズと負レンズの 2 つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第 2 レンズ群と、1 つの正レンズ成分からなる第 3 レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、

前記第 1 レンズ群中の前記負レンズ成分が、複数のレンズ要素からなり、アッベ数の最も高いレンズ要素以外のレンズ要素が中心部よりも周辺部にいくほど収斂性がより強くなる非球面レンズであり、

次の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$

$$0.50620 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$

$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

但し、 t_1 は第 1 レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第 3 レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第 3 レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第 2 レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1 つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも 1 つ多くなる。

10

【請求項 3】

物体側より順に、非球面を有する 1 つの負レンズ成分からなる第 1 レンズ群と、正レンズと負レンズの 2 つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第 2 レンズ群と、1 つの正レンズ成分からなる第 3 レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、

前記第 3 レンズ群中の前記正レンズ成分が、複数のレンズ要素からなり、アッベ数の最も高いレンズ要素以外のレンズ要素が中心部よりも周辺部にいくほど収斂性がより強くなる非球面レンズであり、

次の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$

$$0.50620 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$

$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

但し、 t_1 は第 1 レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第 3 レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第 3 レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第 2 レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1 つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも 1 つ多くなる。

20

30

【請求項 4】

物体側より順に、非球面を有する 1 つの負レンズ成分からなる第 1 レンズ群と、正レンズと負レンズの 2 つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第 2 レンズ群と、1 つの正レンズ成分からなる第 3 レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、

近距離物点への合焦を、前記第 1 レンズ群を物体側に繰り出すことで達成するようにし

、次の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$

$$0.50620 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$

$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

但し、 t_1 は第 1 レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第 3 レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第 3 レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第 2 レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1 つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも 1 つ多くなる。

40

50

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群が、非球面であるレンズ表面に前記樹脂を密着硬化させた複合レンズであることを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群を構成するいずれかのレンズ要素が、両面ともに非球面であることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 5 のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 7】

次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 6 のいずれかに記載のズームレンズ。

$$0.6 < -f_{22} / f_2 < 2.0$$

10

但し、 f_{22} は前記第 2 レンズ群中の前記負レンズの焦点距離、 f_2 は前記第 2 レンズ群の合成焦点距離である。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群中の前記正レンズが、非球面を有することを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 7 のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 9】

前記第 3 レンズ群が、変倍時に不動であることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 8 のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 10】

次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 9 のいずれかに記載のズームレンズ。

20

$$0.1 < f_b / f_w < 1.0$$

但し、 f_b は前記第 3 レンズ群から像面までの距離、 f_w は広角端における全系の焦点距離である。

【請求項 11】

請求項 1、請求項 3 又は請求項 4 のいずれかに記載のズームレンズと、前記第 3 レンズ群の像側に電子撮像素子とを有し、

前記ズームレンズを通じて結像した像を前記電子撮像素子で撮像することによって得られた画像データを加工して形状を変化させた画像データとして出力することが可能であり、

30

前記ズームレンズが、ほぼ無限遠物点合焦時に次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$0.7 < y_{0.7} / (f_w \cdot \tan \theta_{0.7w}) < 0.96$$

但し、前記電子撮像素子の有効撮像面内（撮像可能な面内）で中心から最も遠い点までの距離（最大像高）を y_{10} としたとき、 $y_{0.7} = 0.7 y_{10}$ である。また、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 $\theta_{0.7w}$ は広角端における前記撮像面上の中心から $y_{0.7}$ の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、極めて小さな撮像モジュールに使用されるズームレンズに関するものである。また、ズームレンズの小型化を実現させるための撮像モジュール側を工夫した電子撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、銀塩 35 mm フィルムカメラに代わる次世代カメラとして、デジタルカメラが普及してきている。最近では、デジタルカメラはますます小型化・薄型化されてきている。また、同時に普及しつつある携帯電話にまで、カメラ機能が搭載されてきている（以下、撮像モジュールという）。しかし、撮像モジュールを携帯電話に搭載するためには、デジタルカメラ以上に小型薄型でなくてはならない。しかしながら、現在携帯電話に搭載出来

50

るほどに小型化されたズームレンズはあまり知られていない。

【 0 0 0 3 】

しかるに、非常に厳しい小型化・薄型化のサイズ条件を満足させるための手段としては、次の A ～ D の手段が考えられる。

A．沈胴式鏡筒を採用して、光学系を筐体の厚み（奥行き）方向に収納する。この沈胴式鏡筒は、撮影時に光学系がカメラ筐体内からせり出し、携帯時にはカメラ筐体内に収納される構造の鏡筒である。

B．屈曲光学系を採用して、光学系を筐体の幅方向あるいは高さ方向に収納する。この屈曲光学系は、光学系の光路（光軸）を、ミラーやプリズムなど反射光学素子で折り曲げる構成の光学系である。

C．光学系の長さをそのままに、光学系を筐体の幅方向（例えば、携帯電話のヒンジ部）に収納する。

D．光学系の長さをそのままに、筐体に連結する形で光学系を取り付け、連結部を回転可能にする。このようにしておけば、撮影時に、光学系の長手方向の長さが筐体の厚みよりも長くても、収納時には、光学系の長手方向を筐体の幅方向に一致させればよい。よって、収納した状態では、筐体の厚みは増えない。

【 0 0 0 4 】

小型化や薄型化では、特に、上記 A、B の手段のように筐体の厚み方向に光学系を収納できることが望まれる。上記 A の手段を用いた従来例としては、例えば次の特許文献 1 に記載のものが、上記 B の手段を用いた従来例としては、例えば次の特許文献 2 に記載のものがある。

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 6 5 5 4 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 4 3 3 5 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかし、特許文献 1 に記載の上記 A の手段を用いた構成では、光学系を構成するレンズの枚数、あるいは移動レンズ群の数がまだまだ多い。そのため、上記 B の手段を用いた構成並みに、筐体を薄くすることは困難である。

また、特許文献 2 に記載の上記 B の手段を用いた構成は、上記 A の手段を用いた場合よりも、筐体を薄くしやすい。ただし、変倍時の可動レンズ群の移動量や、光学系を構成するレンズの枚数が多くなりがちになる。そのため、体積的には決して小型化には向いていない。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記従来の課題に鑑みてなされたものであり、小型化・薄型化したズームレンズ、及びそれを有する電子撮像装置を提供することを目的とする。また、諸収差が良好に補正されたズームレンズ、及びそれを有する電子撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するため、本発明によるズームレンズは、物体側より順に、非球面を有する 1 つの負レンズ成分からなる第 1 レンズ群と、正レンズと負レンズの 2 つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第 2 レンズ群と、1 つの正レンズ成分からなる第 3 レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、前記第 1 レンズ群中の前記負レンズ成分が、2 面以上の非球面を有して、レンズ表面に樹脂を密着硬化させた複合レンズであり、次の条件式を満足することを特徴としている。

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$

$$0.50620 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$

$$-0.5 < (R_{1F} + R_{1R}) / (R_{1F} - R_{1R}) < 2$$

$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

但し、 t_1 は第1レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第3レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第3レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 R_{1F} は第1レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{1R} は第1レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第2レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも1つ多くなる。

なお、前記第1レンズ群が、非球面であるレンズ表面に前記樹脂を密着硬化させた複合レンズであるのが好ましい。

10

【0017】

また、上記目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側より順に、非球面を有する1つの負レンズ成分からなる第1レンズ群と、正レンズと負レンズの2つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群と、1つの正レンズ成分からなる第3レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、

前記第1レンズ群中の前記負レンズ成分が、複数のレンズ要素からなり、アッペ数の最も高いレンズ要素以外のレンズ要素が中心部よりも周辺部にいくほど収斂性がより強くなる非球面レンズであり、次の条件式を満足することを特徴としている。

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$

$$0.50620 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$

$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

20

但し、 t_1 は第1レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第3レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第3レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第2レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも1つ多くなる。

【0018】

また、上記目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側より順に、非球面を有する1つの負レンズ成分からなる第1レンズ群と、正レンズと負レンズの2つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群と、1つの正レンズ成分からなる第3レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、前記第3レンズ群中の前記正レンズ成分が、複数のレンズ要素からなり、アッペ数の最も高いレンズ要素以外のレンズ要素が中心部よりも周辺部にいくほど収斂性がより強くなる非球面レンズであり、次の条件式を満足することを特徴としている。

30

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$

$$0.50620 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$

$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

但し、 t_1 は第1レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第3レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第3レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第2レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも1つ多くなる。

40

【0019】

また、上記目的を達成するために、本発明のズームレンズは、物体側より順に、非球面を有する1つの負レンズ成分からなる第1レンズ群と、正レンズと負レンズの2つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群と、1つの正レンズ成分からなる第3レンズ群により構成されているズームレンズにおいて、近距離物点への合焦を、前記第1レンズ群を物体側に繰り出すことで達成するようにし、次の条件式を満足すること

50

を特徴としている。

$$0.15 < t_1 / f_w < 0.6$$

$$0.50620 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5$$

$$0.7 < t_2 / f_w < 1.6$$

但し、 t_1 は第1レンズ群の光軸上の厚さ、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 R_{3F} は第3レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第3レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径、 t_2 は第2レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離である。また、1つのレンズ成分とは、単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、媒質境界面の数は、レンズ数よりも1つ多くなる。

10

【0021】

また、本発明のズームレンズにおいては、前記第1レンズ群が、非球面であるレンズ表面に前記樹脂を密着硬化させた複合レンズであることが好ましい。

また、本発明のズームレンズにおいては、前記第2レンズ群を構成するいずれかのレンズ要素が、両面ともに非球面であることが好ましい。

また、本発明のズームレンズにおいては、次の条件式を満足することが好ましい。

$$0.6 < -f_{22} / f_2 < 2.0$$

但し、 f_{22} は前記第2レンズ群中の前記負レンズの焦点距離、 f_2 は前記第2レンズ群の合成焦点距離である。

また、本発明のズームレンズにおいては、前記第3レンズ群中の前記正レンズが、非球面を有することが好ましい。

20

また、本発明のズームレンズにおいては、前記第3レンズ群が、変倍時に不動であることが好ましい。

また、本発明のズームレンズにおいては、次の条件式を満足することが好ましい。

$$0.1 < f_b / f_w < 1.0$$

但し、 f_b は前記第3レンズ群から像面までの距離、 f_w は広角端における全系の焦点距離である。

また、上記目的を達成するために、本発明の電子撮像装置は、上記いずれかのズームレンズと、前記第3レンズ群の像側に電子撮像素子とを有し、前記ズームレンズを通じて結像した像を前記電子撮像素子で撮像することによって得られた画像データを加工して形状を変化させた画像データとして出力することが可能であり、前記ズームレンズが、ほぼ無限遠物点合焦時に次の条件式を満足することを特徴している。

30

$$0.7 < y_{07} / (f_w \cdot \tan \theta_{07w}) < 0.96$$

但し、前記電子撮像素子の有効撮像面内（撮像可能な面内）で中心から最も遠い点までの距離（最大像高）を y_{10} としたとき、 $y_{07} = 0.7 y_{10}$ である。また、 f_w は広角端における全系の焦点距離、 θ_{07w} は広角端における前記撮像面上の中心から y_{07} の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度である。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、高画素数の撮像素子を用いてもズームレンズの体積の小型化・薄型化をともに達成出来、さらに広角化などの仕様の向上そしてコストダウンも可能となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

本発明の電子撮像装置においては、物体側より順に、非球面を有する1つの負レンズ成分からなる第1レンズ群と、正レンズと負レンズの2つのレンズ成分からなり全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群を有するズームレンズを採用した。この種のズームレンズにおいては、第1レンズ群と第2レンズ群とを、合計3レンズ成分で構成するのが好ましい。これにより、鏡筒沈胴時における筐体の厚みを極力薄くすることが出来る。

また、収差補正の観点からすると、第1レンズ群は、その厚みを薄くしても収差への影

50

響（収差変動）が少ない。そこで、この第1レンズ群を極力薄くすることで、筐体（光学系）の厚みを薄くする効果を出している。なお、上述のように、1レンズ成分とは単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。従って、単レンズ以外では、媒質境界面の数は、レンズ数よりも1つ多くなる。

そして、次の条件式(1)を満足するようにしている。

$$0.15 < t_1 / fw < 0.6 \quad \dots (1)$$

但し、 t_1 は第1レンズ群の光軸上の厚さ、 fw はズームレンズの広角端における全系の焦点距離である。

条件式(1)の上限値を上回ると、鏡筒沈胴時における光学系の厚みを薄くすることが困難になる。一方、条件式(1)の下限値を下回ると、光学系の厚みが薄くなり過ぎる。この場合、個々のレンズの成形性が困難となる。また、樹脂レンズの場合、製品組み込み後において、環境変化などで変形しやすくなってしまう。

10

【0024】

なお、次の条件式(1')を満足すると、より好ましい。

$$0.18 < t_1 / fw < 0.5 \quad \dots (1')$$

さらに、次の条件式(1'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0.20 < t_1 / fw < 0.45 \quad \dots (1'')$$

【0025】

また、第1レンズ群は、歪曲収差やコマ収差の収差補正上、2面以上の非球面を有するのがよく、物体側と像側の両側の面は非球面であるのがよい。

20

【0026】

また、第1レンズ群は、次の条件式(2)を満足するとよい。

$$-0.5 < (R_{1F} + R_{1R}) / (R_{1F} - R_{1R}) < 2 \quad \dots (2)$$

但し、 R_{1F} は第1レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{1R} は第1レンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径である。

条件式(2)の上限値を上回ると、使用状態における光学系の全長が長くなりやすくなってしまう。一方、条件式(2)の下限値を下回ると、歪曲収差、コマ収差が許容できなくなる。

【0027】

なお、次の条件式(2')を満足すると、より好ましい。

$$0 < (R_{1F} + R_{1R}) / (R_{1F} - R_{1R}) < 1.5 \quad \dots (2')$$

さらに、次の条件式(2'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0.3 < (R_{1F} + R_{1R}) / (R_{1F} - R_{1R}) < 1 \quad \dots (2'')$$

【0028】

次に、第2レンズ群について説明する。

第2レンズ群は変倍をつかさどる群であり、最も収差が発生しやすい群である。従って、第2レンズ群を構成するいずれかのレンズ要素を両面ともに非球面とするのが良い。

【0029】

また、小型で収差補正を良好にするために、次の条件式(3)を満足するとよい。

$$0.7 < t_2 / fw < 1.6 \quad \dots (3)$$

40

但し、 t_2 は第2レンズ群における最も物体側の面と最も像側の面との間の光軸上の距離、 fw はズームレンズの広角端における全系の焦点距離である。

条件式(3)の上限値を上回ると、鏡筒沈胴時における光学系の厚みを薄くすることが困難になる。一方、条件式(3)の下限値を下回ると、第2レンズ群でのパワーが不足するので、全長が長くなりやすい。又は、非点収差の補正が困難となる。

【0030】

なお、次の条件式(3')を満足すると、より好ましい。

$$0.8 < t_2 / fw < 1.4 \quad \dots (3')$$

さらに、次の条件式(3'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0.9 < t_2 / fw < 1.2 \quad \dots (3'')$$

50

【0031】

ところで、全長を短くするために、第2レンズ群は物体側から正レンズ・負レンズの順に配置されている。この場合、正レンズ・負レンズのそれぞれに、ある程度の屈折力がないと全長が短くはならない。ここで、負レンズの屈折力が決まれば、正レンズの屈折力もある程度決まってくる。このため、負レンズの屈折力についてのみ規定しておけば十分である。しかるに、第2レンズ群における負レンズは、次の条件式(4)を満足するのが好ましい。

$$0.6 < -f_{22}/f_2 < 2.0 \quad \dots(4)$$

但し、 f_{22} は第2レンズ群中の負レンズの焦点距離、 f_2 は第2レンズ群の合成焦点距離である。

条件式(4)の上限値を上回ると、全長が長くなりやすく、また軸上色収差が補正不足になりやすい。一方、条件式(4)の下限値を下回ると、球面収差やコマ収差の補正が困難となる。特に、合焦を行うにあたって、この負レンズのみを単独で移動させると、レンズ移動量に対する焦点位置の移動量、つまり合焦感度が著しく大きくなる。そのため、精度の保証が困難となる。

【0032】

なお、次の条件式(4')を満足すると、より好ましい。

$$0.7 < -f_{22}/f_2 < 1.6 \quad \dots(4')$$

さらに、次の条件式(4'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0.8 < -f_{22}/f_2 < 1.2 \quad \dots(4'')$$

【0033】

次に、第3レンズ群について説明する。第3レンズ群は、第2レンズ群に後続して配置されており、1つの正レンズ成分からなる。

この第3レンズ群の存在意義の1つは、コマ収差や歪曲収差を補正することである。また、存在意義のもう1つは、主光線射出角を小さくしてシェーディングを緩和することである。特に、コマ収差や歪曲収差は、第3レンズ群に非球面を導入することでかなり改善される。但し、上述のように、1レンズ成分とは単体もしくは接合レンズ、又はレンズ表面に樹脂などを密着硬化させた様な複合レンズを指す。

【0034】

なお、第1レンズ群と第2レンズ群を変倍時に移動することでズームは一応完結する。ここで、収差補正が不十分な場合にのみ、第3レンズ群を、変倍時に移動させることがある。しかしながら、移動群を少なくすることは小型化にとって有利であるから、第3レンズ群は変倍時には不動とするのがよい。

【0035】

また、第3レンズ群にはコマ収差補正のために非球面を導入するのがよい。ところが、第3レンズ群が像面に近すぎると、コマ収差の補正が出来なくなる。このため、第3レンズ群から像面までは、ある程度の距離が必要である。つまり、前記第3レンズ群から撮像素子の像面までの距離 f_b が次の条件式(5)を満足するのがよい。

$$0.1 < f_b/f_w < 1.0 \quad \dots(5)$$

条件式(5)の下限値を下回ると、コマ収差の補正が困難となってしまう。一方、条件式(5)の上限値を上回ると、全長が長くなり、沈胴機構上不利となりやすい。

【0036】

なお、次の条件式(5')を満足すると、より好ましい。

$$0.2 < f_b/f_w < 0.8 \quad \dots(5')$$

さらに、次の条件式(5'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0.3 < f_b/f_w < 0.6 \quad \dots(5'')$$

【0037】

また、第3レンズ群は、次の条件式(6)を満足するのが好ましい。

$$-1 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 5 \quad \dots(6)$$

但し、 R_{3F} は第3レンズ群における最も物体側の面の光軸上の曲率半径、 R_{3R} は第3レ

10

20

30

40

50

ンズ群における最も像側の面の光軸上の曲率半径である。

条件式(6)の上限値を上回ると、球面収差が補正しづらくなる。一方、条件式(6)の下限値を下回ると、コマ収差・非点収差が補正しづらくなる。その結果、結像性能を実用的範囲に収めることが困難になる。

【0038】

なお、次の条件式(6')を満足すると、より好ましい。

$$-0.5 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 3 \quad \dots(6')$$

さらに、次の条件式(6'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 2 \quad \dots(6'')$$

【0039】

ところで、本発明のズームレンズは、構成枚数が極めて少ないため、変倍に伴う色収差が発生しやすい。この場合、色収差を補正するために、通常、第1レンズ群を、負レンズと正レンズを少なくとも各1枚ずつ含む様に構成する。しかしながら、このようにすると、光軸方向の厚みが著しく増大する。

【0040】

そこで本発明では、第1レンズ群と第3レンズ群の少なくとも一方を、複数のレンズ要素で構成している。そして、複数のレンズ要素のうち、アッベ数の最も高いレンズ要素以外のレンズ要素を、中心部よりも周辺部にいくほど収斂性がより強くなる非球面レンズとしている。これは、変倍比が大きく異なるほど、第1レンズ群と第3レンズ群において、広角端と望遠端における軸外主光線の高さが大きく異なることを利用したものである。特に、接合面は、色収差以外の収差補正に影響が少ない。そこで、この接合面を非球面にすると効果が大きい。

【0041】

ここで、複数のレンズ要素を用いながらも、光学系を薄くする手段の1つについて説明する。その方法とは、ベースの非球面レンズ上に、紫外線硬化型樹脂を設ける方法である。この場合、紫外線硬化型樹脂という一つのレンズが、ベースの非球面レンズ上に形成されていることになる。特に紫外線硬化型樹脂を使ったレンズは、通常レンズよりも、厚みをかなり薄く形成できるという利点がある。

【0042】

また、第1レンズ群と第3レンズ群は、焦点距離の値（例えば、広角端の位置や望遠端の位置）によって、光学系の瞳から離れた所に位置する。このような位置では、レンズ面上における各光線の通過位置が、画角に応じてそれぞれ異なる。すなわち、光束が通過する領域、すなわちレンズの有効領域が、おおむね角型となる。

そこで、紫外線硬化型樹脂レンズの製造にあたって、その外形形状を角型にする。このようにすれば、それらを碁盤目状（アレイ状）に配列した状態、すなわち多数の紫外線硬化型樹脂レンズを1枚のシート状にして、一回の成形で製造ができるという利点がある。そして、このシートをカットすれば、多数の紫外線硬化型樹脂レンズを、簡単に得ることができる。もちろん、他の製造方法を用いても良い。

【0043】

なお、第3レンズ群を合焦のために移動すると、収差変動、特に非点収差が著しく変動する。また、第2レンズ群の負レンズだけを合焦のために移動するのは、精度確保が困難となるので好ましくない。このため、より近距離物点への合焦は、第1レンズ群を物体側に繰り出すようにするのがよい。

【0044】

また、本発明のズームレンズにおける各レンズ群は、1枚又は2枚というような最小枚数で構成している。そのため、レンズに不均質媒質を用いることも考えられる。しかし、不均質媒質を用いたレンズは、製造が困難である。また、各レンズがそれぞれ所定の効果を出すためには、一定以上の厚みが必要となる。このため、屈折率がほぼ一様な媒質で、レンズを構成するのが好ましい。

【0045】

10

20

30

40

50

ところで、撮像素子の画素サイズがある程度以上小さくなると、回折の影響によりナイキスト周波数以上の成分がなくなる。そこで、これを利用すれば、光学ローパスフィルターを省略することができる。これは、ズームレンズ全体を極力薄くする点からも好ましい。

そこで、次の条件式(8)を満足するのが好ましい。

$$F w \quad a (\mu m) \quad \dots (8)$$

但し、F wは広角端における解放F値、aは撮像素子の水平方向の画素間距離(単位: μm)である。

条件式(8)を満足すると、光学ローパスフィルターを光路中に配置しなくてよくなる。よって、光学系を小型化できる。

10

【0046】

なお、上記条件(8)を満足する場合、画質確保の点から、開口絞りは開放のみとするのが好ましい。これは、この場合の光学系が、開口絞りの径が常に一定の光学系ということである。そして、この場合の光学系では、絞り込みの動作が不要になるため、絞り込み機構を省略できる。よって、その分だけ、小型化が可能になる。なお、条件式(8)を満足しない場合は、光学ローパスフィルターが必要である。

【0047】

また、条件式(8')を満足すると、より好ましい。

$$F w \quad 1.2 a (\mu m) \quad \dots (8')$$

さらに、条件式(8'')を満足すると、より一層好ましい。

$$F w \quad 1.4 a (\mu m) \quad \dots (8'')$$

20

【0048】

最後に、電子撮像装置について説明する。電子撮像装置としては、奥行きを薄型化と広画角化を両立させたものが好ましい。

ここで、無限遠物体を、歪曲収差がない光学系で結像したとする。この場合、結像した像に歪曲がないので、

$$f = y / \tan$$

が成立する。

但し、yは像点の光軸からの高さ、fは結像系の焦点距離、は前記撮像面上の中心からyの位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度である。

30

一方、光学系に樽型の歪曲収差がある場合は、

$$f > y / \tan$$

となる。つまり、fとyとを一定の値とするならば、は大きな値となる。

【0049】

そこで、電子撮像装置には、特に広角端近傍の焦点距離において、意図的に大きな樽型の歪曲収差を有したズームレンズを用いるのが良い。この場合、歪曲収差を補正しなくて済む分だけ、光学系の広画角化が達成できる。ただし、物体の像は、樽型の歪曲収差を有した状態で電子撮像素子上に結像する。そこで、電子撮像装置では、電子撮像素子で得られた画像データを、画像処理で加工するようにしている。この加工では、樽型の歪曲収差を補正するように、画像データ(画像の形状)を変化させる。このようにすれば、最終的に得られた画像データは、物体とほぼ相似の形状を持つ画像データとなる。よって、この画像データに基づいて、物体の画像をCRTやプリンターに出力すればよい。

40

【0050】

ここで、ズームレンズには、ほぼ無限遠物点合焦時に次の条件式(7)を満足するものを採用するのがよい。

$$0.7 < y_{07} / (f w \cdot \tan_{07w}) < 0.96 \quad \dots (7)$$

但し、電子撮像素子の有効撮像面内(撮像可能な面内)で中心から最も遠い点までの距離(最大像高)を y_{10} としたとき、 $y_{07} = 0.7 y_{10}$ 、 $_{07w}$ は広角端における撮像面上の中心から y_{07} の位置に結ぶ像点に対応する物点方向の光軸に対する角度である。

上記条件式(7)はズーム広角端における樽型歪曲の度合いを規定したものである。条件

50

式(7)を満足すれば、光学系を肥大化させずに、広い画角の情報を取り込むことが可能となる。なお、樽型に歪んだ像は撮像素子にて光電変換されて、樽型に歪んだ画像データとなる。しかしながら、樽型に歪んだ画像データには、電子撮像装置の信号処理系にて、電氣的に形状変化に相当する加工が施される。このようにすれば、最終的に出力された画像データを表示装置にて再生したとしても、歪曲が補正されて被写体形状にほぼ相似した画像が得られる。

【0051】

条件式(7)の上限値を上回る場合で、特に、1に近い値をとる場合は、歪曲収差が光学的に良く補正されたことに相当する補正を、画像処理で行うことができる。ただし、光学系の小型化を維持しながら、広い視野角に亘って像を取り込むことが困難となる。一方、条件式(7)の下限値を下回ると、光学系の歪曲収差による画像歪みを画像処理で補正した場合、画角周辺部の放射方向への引き伸ばし率が高くなりすぎる。その結果、画像周辺部の鮮鋭度の劣化が目立つようになってしまう。

条件式(7)を満足するようにして、光学系で意図的に歪曲収差を出すようにし、電子撮像素子で撮像後に電氣的に画像処理して歪みを補正する方法を導入すれば、光学系の小型化と広角化（歪曲込みの垂直方向の画角を 38° 以上にする）が可能となる。

【0052】

なお、次の条件式(7')を満足すると、より好ましい。

$$0.75 < y_{0.7} / (fw \cdot \tan \theta_{0.7w}) < 0.94 \quad \dots (7')$$

さらに、次の条件式(7'')を満足すると、より一層好ましい。

$$0.80 < y_{0.7} / (fw \cdot \tan \theta_{0.7w}) < 0.92 \quad \dots (7'')$$

【0053】

本発明のズームレンズは、以上述べた条件式や構成上の特徴を、個々に、満足あるいは備えることにより、小型化あるいは良好な収差補正が実現できる。また、本発明のズームレンズは、上記条件式や構成上の特徴を、組み合わせて備える（満足する）こともできる。この場合、いっそうの小型化、あるいはより良好な収差補正を達成できる。また、本発明のズームレンズを有する電子撮像装置においても、同じ事が言える。

次に本発明の実施例について図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0054】

図1は本発明の実施例1にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図2は実施例1にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図3は実施例1にかかるズームレンズの無限遠合焦時における、最大像高の0.7倍の像高でのコマ収差（横収差）、最大像高でのコマ収差（横収差）、最大像高の0.7倍の像高でのコマ収差（縦収差）、最大像高でのコマ収差（縦収差）を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0055】

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側より順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3を有している。なお、図1中、CGはカバーガラス、Iは撮像素子の撮像面である。

第1レンズ群G1は、両凹レンズL11で構成されている。

第2レンズ群G2は、両凸レンズL21と、両凹レンズL22とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、両凸レンズL31で構成されている。

【0056】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後には物体側へ移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSとともに物体側へ移動し、第3レンズ群G3は位置が固定されている。

また、近距離物点への合焦は、第1レンズ群G1を物体側に移動して行うようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中の両凹レンズL11の両面、第2レンズ群G2中の両凸レンズL21の両面、両凹レンズL22の像側の面、第3レンズ群G3中の両凸レンズL31の像側の面に設けられている。

【0057】

次に、実施例1のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

なお、実施例1の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、...は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、...は各レンズの肉厚または空気間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} 、...は各レンズのd線での屈折率、 d_1 、 d_2 、...は各レンズのアッベ数、Fno.はFナンバー、fは全系焦点距離、D0は物体から第1面までの距離を表している。

なお、非球面形状は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、円錐係数をK、非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

【0058】

数値データ1

$r_1 = -35.1212$ (非球面)				
$d_1 = 0.8057$	$n_{d1} = 1.52542$	$d_1 = 55.78$		20
$r_2 = 3.8887$ (非球面)				
$d_2 = D_2$				
$r_3 =$ (絞り)				
$d_3 = 0.6307$				
$r_4 = 2.4630$ (非球面)				
$d_4 = 1.3771$	$n_{d4} = 1.52542$	$d_4 = 55.78$		
$r_5 = -3.3002$ (非球面)				
$d_5 = 0.9651$				
$r_6 = -7.7807$				
$d_6 = 1.2085$	$n_{d6} = 1.60687$	$d_6 = 27.03$		30
$r_7 = 3.2153$ (非球面)				
$d_7 = D_7$				
$r_8 = 232.0586$				
$d_8 = 1.1990$	$n_{d8} = 1.52542$	$d_8 = 55.78$		
$r_9 = -3.1595$ (非球面)				
$d_9 = 0.8000$				
$r_{10} =$				
$d_{10} = 0.5000$	$n_{d10} = 1.51633$	$d_{10} = 64.14$		
$r_{11} =$				
$d_{11} = D_{11}$				40
$r_{12} =$ (撮像面)				
$d_{12} = 0$				

【0059】

非球面係数

第1面

K = 0

$A_2 = 0$ $A_4 = -2.0716 \times 10^{-2}$ $A_6 = 3.5101 \times 10^{-3}$

$A_8 = -2.0021 \times 10^{-4}$ $A_{10} = 0$

第2面

K = 0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= -2.8820 \times 10^{-2} & A_6 &= 7.0639 \times 10^{-3} \\ A_8 &= -4.9068 \times 10^{-4} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第4面

$$K = -3.7238$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= 2.0100 \times 10^{-2} & A_6 &= -9.0986 \times 10^{-4} \\ A_8 &= 0 & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第5面

$$K = 0$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= 1.2516 \times 10^{-2} & A_6 &= 2.7283 \times 10^{-3} \\ A_8 &= -4.5918 \times 10^{-4} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第7面

$$K = 3.3200$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= -4.4575 \times 10^{-3} & A_6 &= -4.7766 \times 10^{-3} \\ A_8 &= 4.8172 \times 10^{-5} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第9面

$$K = -1.8885$$

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= 1.6837 \times 10^{-2} & A_6 &= -4.0368 \times 10^{-3} \\ A_8 &= 2.7254 \times 10^{-4} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

【0060】

ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離)が のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.12693	4.81086	8.05103
Fno.	2.8201	3.5039	4.8293
D2	4.57449	2.39301	0.77046
D7	0.70324	2.00230	4.51175
D11	0.30205	0.31424	0.30157

【実施例2】

【0061】

図4は本発明の実施例2にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図5は実施例2にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図6は実施例2にかかるズームレンズの無限遠合焦時における、最大像高の0.7倍の像高でのコマ収差(横収差)、最大像高でのコマ収差(横収差)、最大像高の0.7倍の像高でのコマ収差(縦収差)、最大像高でのコマ収差(縦収差)を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0062】

実施例2のズームレンズは、図4に示すように、物体側より順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3を有している。なお、図4中、CGはカバーガラス、Iは撮像素子の撮像面である。

第1レンズ群G1は、両凹レンズL11で構成されている。

第2レンズ群G2は、両凸レンズL21と、両凹レンズL22とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31'と両凸レンズL32との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0063】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSとともに物体側へ移動し、第3レンズ群G3は位置が固定されている。

また、近距離物点への合焦は、第1レンズ群G1を物体側に移動して行うようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中の両凹レンズL11の両面、第2レンズ群G2中の両凸レンズL21の両面、両凹レンズL22の像側の面、第3レンズ群G3中の負メニスカスレンズL31'と両凸レンズL32との接合面、両凸レンズL32の像側の面に設けられている。また、負メニスカスレンズL31'は、中心部よりも周辺部に行くほど収斂性がより強くなる非球面レンズとして構成されている。

【0064】

次に、実施例2のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ2

$r_1 = -45.0080$ (非球面)

$d_1 = 0.8990$

$n_{d1} = 1.52542$

$d_1 = 55.78$

$r_2 = 3.9568$ (非球面)

$d_2 = D_2$

$r_3 =$ (絞り)

$d_3 = 0.6693$

$r_4 = 2.6162$ (非球面)

$d_4 = 1.3155$

$n_{d4} = 1.52542$

$d_4 = 55.78$

$r_5 = -3.3324$ (非球面)

$d_5 = 0.9734$

$r_6 = -8.5682$

$d_6 = 1.1515$

$n_{d6} = 1.60687$

$d_6 = 27.03$

$r_7 = 3.4544$ (非球面)

$d_7 = D_7$

$r_8 = 14.9964$

$d_8 = 0.1000$

$n_{d8} = 1.60687$

$d_8 = 27.03$

$r_9 = 7.0000$ (非球面)

$d_9 = 1.2081$

$n_{d9} = 1.52542$

$d_9 = 55.78$

$r_{10} = -4.9165$ (非球面)

$d_{10} = 0.8000$

$r_{11} =$

$d_{11} = 0.5000$

$n_{d11} = 1.51633$

$d_{11} = 64.14$

$r_{12} =$

$d_{12} = D_{12}$

$r_{13} =$ (撮像面)

$d_{13} = 0$

【0065】

非球面係数

第1面

$K = 0$

$A_2 = 0$

$A_4 = -1.6114 \times 10^{-2}$

$A_6 = 2.4254 \times 10^{-3}$

$A_8 = -1.2403 \times 10^{-4}$

$A_{10} = 0$

第2面

$K = 0$

$A_2 = 0$

$A_4 = -2.2120 \times 10^{-2}$

$A_6 = 4.9977 \times 10^{-3}$

$A_8 = -3.1633 \times 10^{-4}$

$A_{10} = 0$

第4面

$K = -3.6667$

$A_2 = 0$

$A_4 = 1.4880 \times 10^{-2}$

$A_6 = -1.9691 \times 10^{-3}$

$A_8 = 0$

$A_{10} = 0$

10

20

30

40

50

第 5 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = 1.1657 \times 10^{-2} \quad A_6 = -2.7078 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 1.0504 \times 10^{-3} \quad A_{10} = 0$$

第 7 面

$$K = 3.2972$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -1.1181 \times 10^{-2} \quad A_6 = 2.4364 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -8.9622 \times 10^{-4} \quad A_{10} = 0$$

第 9 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -6.0000 \times 10^{-3} \quad A_6 = 0$$

$$A_8 = 0 \quad A_{10} = 0$$

第 10 面

$$K = -1.8635$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = 1.6675 \times 10^{-3} \quad A_6 = 2.1495 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -3.9340 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 0$$

【 0 0 6 6 】

ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.27459	5.06808	8.46658
F n o .	2.8347	3.5042	4.8166
D 2	4.59902	2.33423	0.65744
D 7	0.57830	2.02210	4.71846
D 1 2	0.58496	0.57612	0.58491

【 実施例 3 】

【 0 0 6 7 】

図 7 は本発明の実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

図 8 は実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図 9 は実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠合焦時における、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差 (横収差)、最大像高でのコマ収差 (横収差)、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差 (縦収差)、最大像高でのコマ収差 (縦収差) を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【 0 0 6 8 】

実施例 3 のズームレンズは、図 7 に示すように、物体側より順に、第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 を有している。なお、図 4 中、C G はカバーガラス、I は撮像素子の撮像面である。

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側の面が凹面で、像側の面がレンズ中央部で像側に凹面を向けレンズ周辺部で像側に凸面を向けた非球面レンズ L 1 1 ' と、物体側の面がレンズ中央部で物体側に凸面を向けレンズ周辺部で物体側に凹面を向け、像側の面が像側に凹面を向けた非球面レンズ L 1 2 との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。

第 2 レンズ群 G 2 は、両凸レンズ L 2 1 と、両凹レンズ L 2 2 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 1 ' と両凸レンズ L 3 2 との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【 0 0 6 9 】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G 1 は一旦像側へ移動した後に物

体側へ移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSとともに物体側へ移動し、第3レンズ群G3は位置が固定されている。

また、近距離物点への合焦は、第1レンズ群G1を物体側に移動して行うようになっている。

非球面は、第1レンズ群G1中の非球面レンズL11'、L12のすべての面、第2レンズ群G2中の両凸レンズL21の両面、両凹レンズL22の像側の面、第3レンズ群G3中の負メニスカスレンズL31'と両凸レンズL32との接合面、両凸レンズL32の像側の面に設けられている。また、非球面レンズL11'、負メニスカスレンズL31'は、中心部よりも周辺部に行くほど収斂性がより強くなる非球面レンズとして構成されている。

10

【0070】

次に、実施例3のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ3

$r_1 = -66.0069$ (非球面)		
$d_1 = 0.4000$	$n_{d1} = 1.60687$	$d_1 = 27.03$
$r_2 = 1996.5066$ (非球面)		
$d_2 = 0.9000$	$n_{d2} = 1.52542$	$d_2 = 55.78$
$r_3 = 4.0125$ (非球面)		
$d_3 = D_3$		
$r_4 =$ (絞り)		
$d_4 = 0.6563$		
$r_5 = 2.5696$ (非球面)		
$d_5 = 1.3432$	$n_{d5} = 1.52542$	$d_5 = 55.78$
$r_6 = -3.4415$ (非球面)		
$d_6 = 0.9845$		
$r_7 = -8.1032$		
$d_7 = 1.2113$	$n_{d7} = 1.60687$	$d_7 = 27.03$
$r_8 = 3.3418$ (非球面)		
$d_8 = D_8$		
$r_9 = 15.8235$		
$d_9 = 0.1000$	$n_{d9} = 1.60687$	$d_9 = 27.03$
$r_{10} = 6.9465$ (非球面)		
$d_{10} = 1.1972$	$n_{d10} = 1.52542$	$d_{10} = 55.78$
$r_{11} = -3.8090$ (非球面)		
$d_{11} = 0.8000$		
$r_{12} =$		
$d_{12} = 0.5000$	$n_{d12} = 1.51633$	$d_{10} = 64.14$
$r_{13} =$		
$d_{13} = D_{13}$		
$r_{14} =$		
$d_{14} = 0$		

20

30

40

【0071】

非球面係数

第1面

$K = 0$

$A_2 = 0$ $A_4 = -1.1328 \times 10^{-2}$ $A_6 = 1.5240 \times 10^{-3}$

$A_8 = -8.1836 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

第2面

$K = 0$

$A_2 = 0$ $A_4 = -2.0000 \times 10^{-2}$ $A_6 = 1.8548 \times 10^{-3}$

50

$$A_8 = -1.1687 \times 10^{-4} \quad A_{10} = 0$$

第 3 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -1.6210 \times 10^{-2} \quad A_6 = 4.5973 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -3.9298 \times 10^{-4} \quad A_{10} = 0$$

第 5 面

$$K = -3.6735$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = 1.5546 \times 10^{-2} \quad A_6 = -1.6898 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = 0 \quad A_{10} = 0$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = 8.8169 \times 10^{-3} \quad A_6 = 7.8395 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -4.7145 \times 10^{-4} \quad A_{10} = 0$$

第 8 面

$$K = 3.2912$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -1.0175 \times 10^{-2} \quad A_6 = 2.1986 \times 10^{-3}$$

$$A_8 = -1.0915 \times 10^{-3} \quad A_{10} = 0$$

第 10 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = -8.0000 \times 10^{-3} \quad A_6 = 0$$

$$A_8 = 0 \quad A_{10} = 0$$

第 11 面

$$K = -1.8636$$

$$A_2 = 0 \quad A_4 = 1.6784 \times 10^{-3} \quad A_6 = 2.1725 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -3.6642 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 0$$

【 0 0 7 2 】

ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が のとき

	広角端	中間	望遠端
f (m m)	3.23138	5.03143	8.45392
F n o .	2.8455	3.5768	4.9351
D 3	4.59091	2.31694	0.62178
D 8	0.54016	2.04018	4.81213
D 1 3	0.51571	0.49149	0.51551

【 0 0 7 3 】

次に、上記各実施例における条件式パラメータ値を次の表 1 に示す。

表 1

10

20

30

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
y_{10} (最大像高)	2. 2 5	2. 2 5	2. 2 5
$y_{10} \times 0.6$ 対応の半画角 (注 1)	2 4. 9	2 4. 9	2 4. 9
広角端半画角 (注 1)	3 7. 7	3 7. 8	3 7. 7
中間半画角	2 5. 0	2 4. 9	2 4. 6
望遠端半画角	1 5. 0	1 4. 7	1 4. 7
t_1 / f_w	0. 2 5 7 6 6	0. 2 7 4 5 4	0. 4 0 2 3 0
$(R_{1F} + R_{1R}) / (R_{1F} - R_{1R})$	0. 8 0 0 6 3	0. 8 3 8 3 8	0. 8 8 5 3 9
t_2 / f_w	1. 1 3 5 5 2	1. 0 5 0 6 4	1. 0 9 5 2 0
$-f_{22} / f_2$	0. 9 2 7 8 0	0. 9 5 5 5 1	0. 9 0 9 6 2
f_b / f_w	0. 4 5 7 9 0	0. 5 2 3 6 4	0. 5 0 9 2 2
$(R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R})$	0. 9 7 3 1 4	0. 5 0 6 2 0	0. 6 1 1 9 7
y_{07}	1. 5 7 5	1. 5 7 5	1. 5 7 5
$y_{07} / (f_w \cdot \tan \omega_{07w})$ (注 2)	0. 8 8 9 8 6	0. 8 4 3 3 0	0. 8 6 4 8 0
a (μm)	2. 8	2. 2 5	1. 8
F_w / a	1. 0 0 7 2	1. 2 5 9 9	1. 5 8 0 8

(注 1) は、最大像高 y_{10} に対応する半画角は歪曲収差込みの値を掲載しているが、各実施例ともに広角端近傍では歪曲収差を画像処理にて補正することを前提としているため、補正後の半画角を掲載している。

特に、 y_{06} に対応する半画角がおおむね変化しないように補正を実施した場合につき掲載している。(つまり、最大像高が全変倍領域で一律にならない。広角端近傍にて小さくなっている。)

(注 2) は、歪曲収差補正前における計算値である。

【 0 0 7 4 】

さて、以上のような本発明のズーム光学系は、ズームレンズ等の結像光学系で物体像を形成しその像を CCD や CMOS などの撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、携帯端末、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【 0 0 7 5 】

図 10 ~ 図 12 に本発明によるズーム光学系をデジタルカメラの撮影光学系 41 に組み込んだ構成の概念図を示す。図 10 はデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図、図 11 は同後方斜視図、図 12 はデジタルカメラ 40 の光学構成を示す断面図である。

デジタルカメラ 40 は、この例の場合、撮影用光路 42 を有する撮影光学系 41、ファインダー用光路 44 を有するファインダー光学系 43、シャッター 45、フラッシュ 46、液晶表示モニター 47 等を含む。そして、撮影者が、カメラ 40 の上部に配置されたシャッター 45 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 41、例えば実施例 1 のズーム光学系を通して撮影が行われる。

撮影光学系 41 によって形成された物体像は、CCD 49 の撮像面上に形成される。この CCD 49 で受光された物体像は、処理手段 51 を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター 47 に表示される。また、この処理手段 51 にはメモリ等が配置され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、このメモリは処理手段 51 と別体に設けてもよいし、フロッピー (登録商標) ディスクやメモリーカード、MO 等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。

【 0 0 7 6 】

さらに、ファインダー用光路 44 上には、ファインダー用対物光学系 53 が配置されている。このファインダー用対物光学系 53 は、カバーレンズ 54、第 1 プリズム 10、開口絞り 2、第 2 プリズム 20、フォーカス用レンズ 66 からなる。このファインダー用対物光学系 53 によって、結像面 67 上に物体像が形成される。この物体像は、像正立部材であるポロプリズム 55 の視野枠 57 上に形成される。このポロプリズム 55 の後方には

10

20

30

40

50

、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。

【0077】

このように構成されたデジタルカメラ40によれば、撮影光学系41の構成枚数を少なくした小型化・薄型化のズームレンズを有する電子撮像装置が実現できる。

【0078】

次に、本発明のズーム光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンを図13～図15に示す。図13はパソコン300のカバーを開いた状態の前方斜視図、図14はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図15は図13の側面図である。図13～図15に示されるように、パソコン300は、キーボード301と、情報処理手段や記録手段と、モニター302と、撮影光学系303とを有している。

10

ここで、キーボード301は、外部から操作者が情報を入力するためのものである。情報処理手段や記録手段は、図示を省略している。モニター302は、情報を操作者に表示するためのものである。撮影光学系303は、操作者自身や周辺の像を撮影するためのものである。モニター302は、液晶表示素子やCRTディスプレイ等であってよい。液晶表示素子としては、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子がある。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってよい。

【0079】

この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明によるズーム光学系からなる対物光学系100と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

20

【0080】

鏡枠の先端には、対物光学系100を保護するためのカバーガラス102が配置されている。

撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力される。そして、最終的に、物体像は電子画像としてモニター302に表示される。図13には、その一例として、操作者が撮影した画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。遠隔地への画像伝達は、インターネットや電話を利用する。

30

【0081】

次に、本発明のズーム光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話を図16に示す。図16(a)は携帯電話400の正面図、図16(b)は側面図、図16(c)は撮影光学系405の断面図である。図16(a)～(c)に示されるように、携帯電話400は、マイク部401と、スピーカ部402と、入力ダイヤル403と、モニター404と、撮影光学系405と、アンテナ406と、処理手段とを有している。

ここで、マイク部401は、操作者の声を情報として入力するためのものである。スピーカ部402は、通話相手の声を出力するためのものである。入力ダイヤル403は、操作者が情報を入力するためのものである。モニター404は、操作者自身や通話相手等の撮映像や、電話番号等の情報を表示するためのものである。アンテナ406は、通信電波の送信と受信を行うためのものである。処理手段(不図示)は、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行たためのものである。

40

ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配された本発明によるズーム光学系を有する対物光学系100と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0082】

鏡枠の先端には、対物光学系100を保護するためのカバーガラス102が配置されている。

50

撮像素子チップ 162 で受光された物体像は、端子 166 を介して、図示していない処理手段に入力される。そして、最終的に物体像は、電子画像としてモニター 404 に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、処理手段には信号処理機能が含まれている。通信相手に画像を送信する場合、この機能により、撮像素子チップ 162 で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する。

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図 1】本発明の実施例 1 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 2】実施例 1 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 3】実施例 1 にかかるズームレンズの無限遠合焦時における、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差（横収差）、最大像高でのコマ収差（横収差）、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差（縦収差）、最大像高でのコマ収差（縦収差）を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 4】本発明の実施例 2 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 5】実施例 2 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 6】実施例 2 にかかるズームレンズの無限遠合焦時における、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差（横収差）、最大像高でのコマ収差（横収差）、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差（縦収差）、最大像高でのコマ収差（縦収差）を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 7】本発明の実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 8】実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 9】実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠合焦時における、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差（横収差）、最大像高でのコマ収差（横収差）、最大像高の 0.7 倍の像高でのコマ収差（縦収差）、最大像高でのコマ収差（縦収差）を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図 10】本発明によるズーム光学系を組み込んだデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図である。

【図 11】デジタルカメラ 40 の後方斜視図である。

【図 12】デジタルカメラ 40 の光学構成を示す断面図である。

【図 13】本発明のズーム光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコン 300 のカバーを開いた状態の前方斜視図である。

【図 14】パソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図である。

【図 15】図 13 のパソコン 300 の側面図である。

【図 16】本発明のズーム光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である携帯電話を示す図であり、(a)は携帯電話 400 の正面図、(b)は側面図、(c)は撮影光学系 405 の断面図である。

【符号の説明】

【0099】

G 1	第 1 レンズ群
G 2	第 2 レンズ群
G 3	第 3 レンズ群

10

20

30

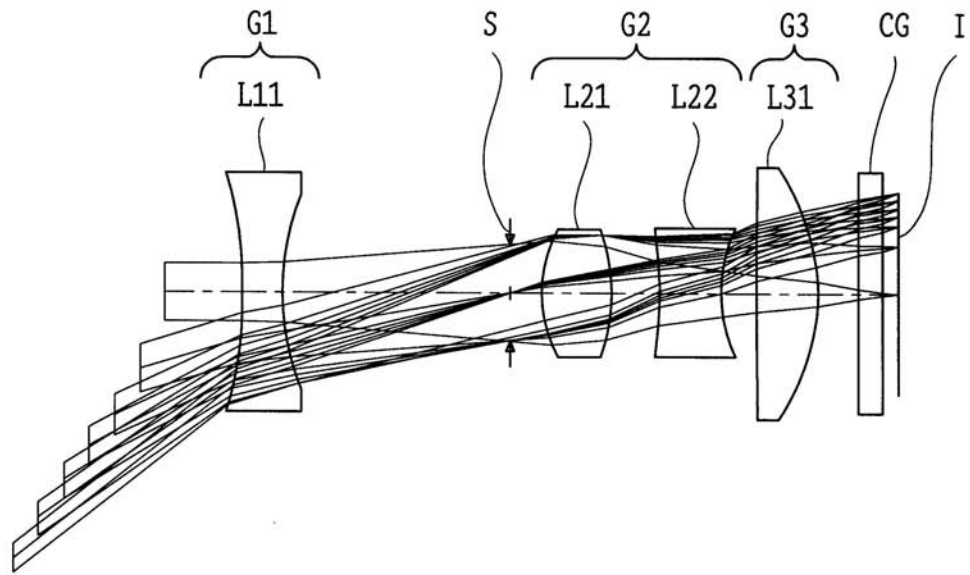
40

50

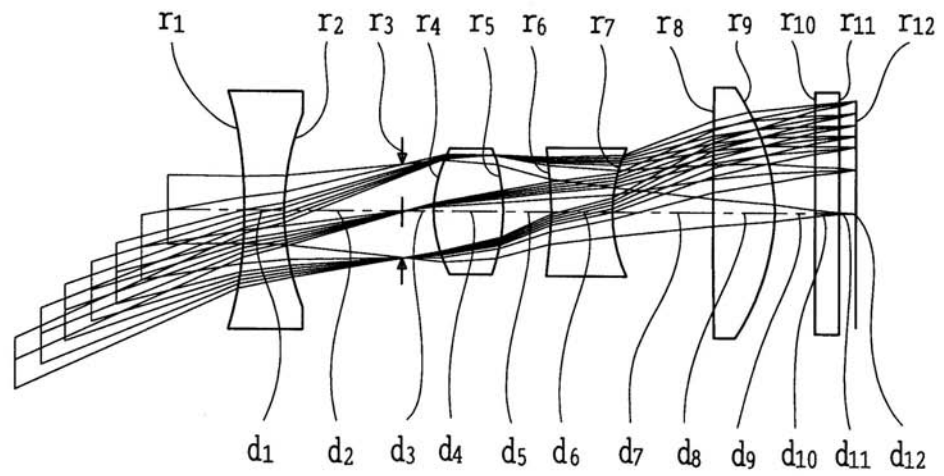
L 1 1	両凹レンズ	
L 1 1 '	物体側の面が凹面で、像側の面がレンズ中央部で像側に凹面を向けレンズ周辺部で像側に凸面を向けた非球面レンズ	
L 1 2	物体側の面がレンズ中央部で物体側に凸面を向けレンズ周辺部で物体側に凹面を向け、像側の面が像側に凹面を向けた非球面レンズ	
L 2 1	両凸レンズ	
L 2 2	両凹レンズ	
L 3 1	両凸レンズ	
L 3 1 '	物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ	
L 3 2	両凸レンズ	10
C G	カバーガラス	
I	撮像面	
E	観察者の眼球	
4 0	デジタルカメラ	
4 1	撮影光学系	
4 2	撮影用光路	
4 3	ファインダー光学系	
4 4	ファインダー用光路	
4 5	シャッター	
4 6	フラッシュ	20
4 7	液晶表示モニター	
4 9	C C D	
5 0	撮像面	
5 1	処理手段	
5 3	ファインダー用対物光学系	
5 5	ポロプリズム	
5 7	視野枠	
5 9	接眼光学系	
6 6	フォーカス用レンズ	
6 7	結像面	30
1 0 0	対物光学系	
1 0 2	カバーガラス	
1 6 2	撮像素子チップ	
1 6 6	端子	
3 0 0	パソコン	
3 0 1	キーボード	
3 0 2	モニター	
3 0 3	撮影光学系	
3 0 4	撮影光路	
3 0 5	画像	40
4 0 0	携帯電話	
4 0 1	マイク部	
4 0 2	スピーカ部	
4 0 3	入力ダイアル	
4 0 4	モニター	
4 0 5	撮影光学系	
4 0 6	アンテナ	
4 0 7	撮影光路	

【図1】

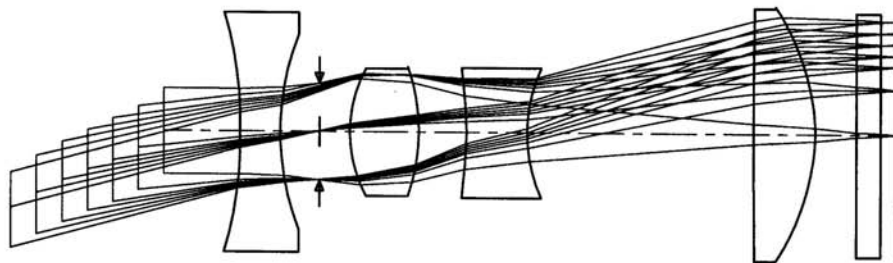
(a)



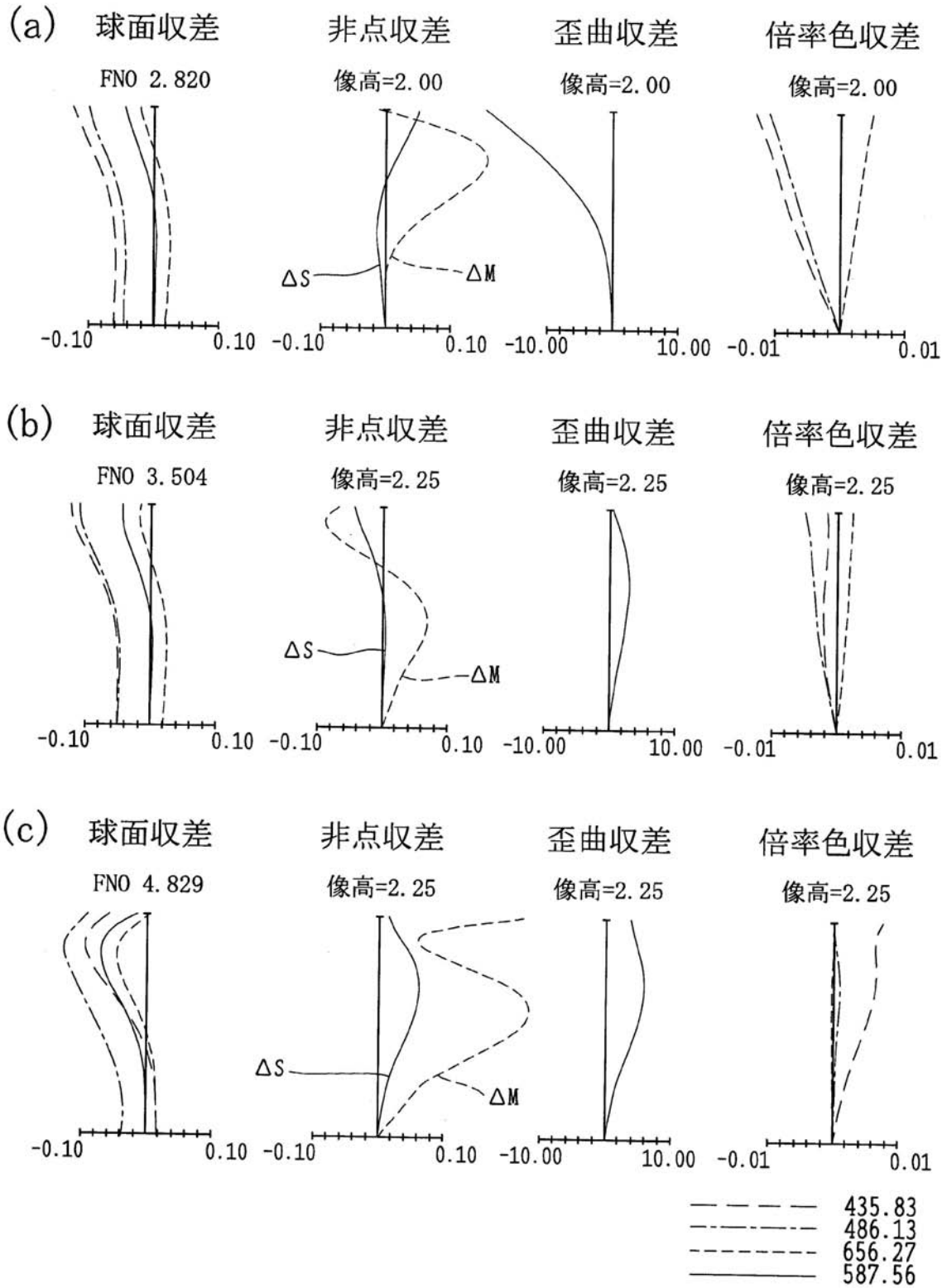
(b)



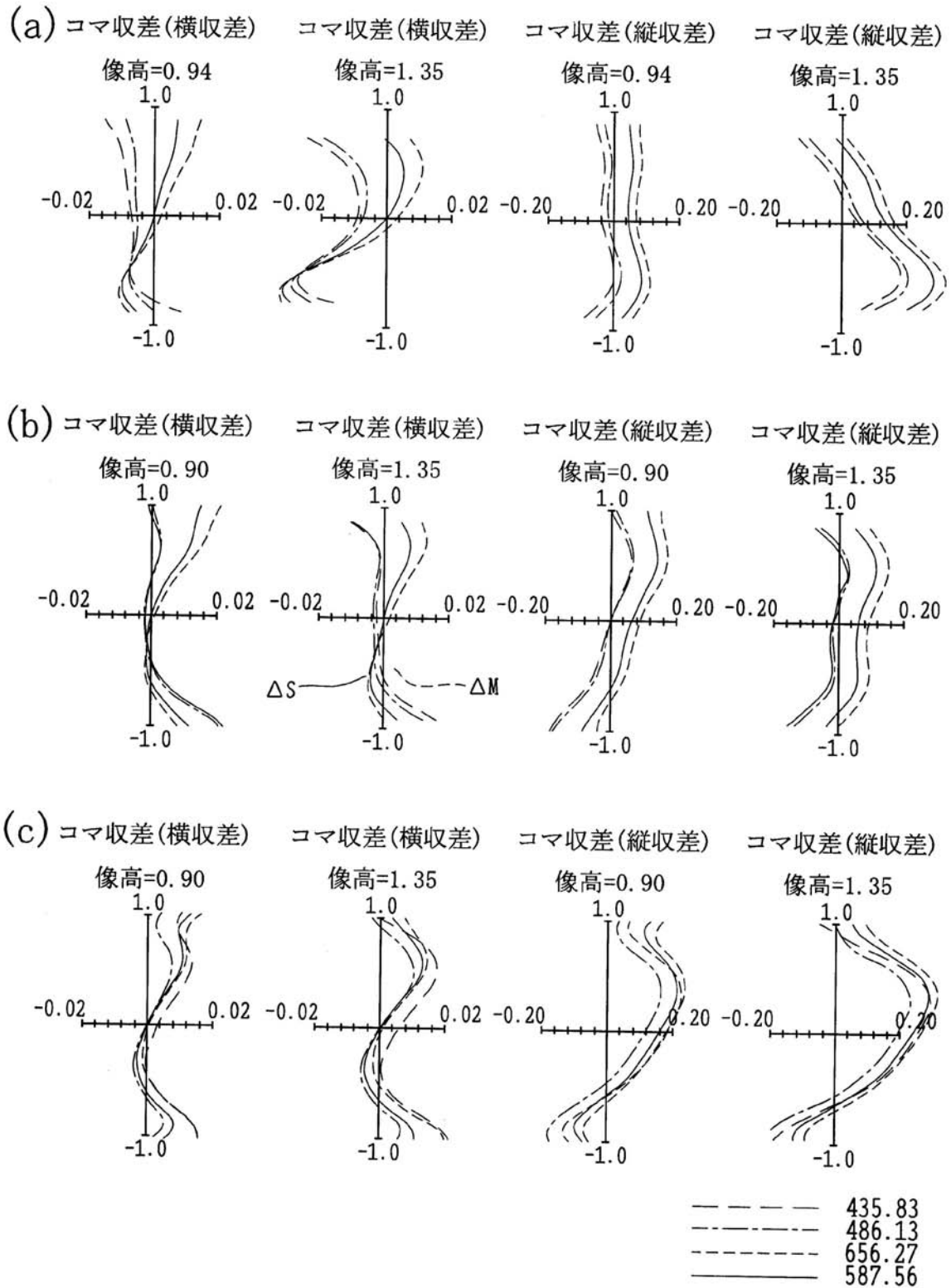
(c)



【図 2】

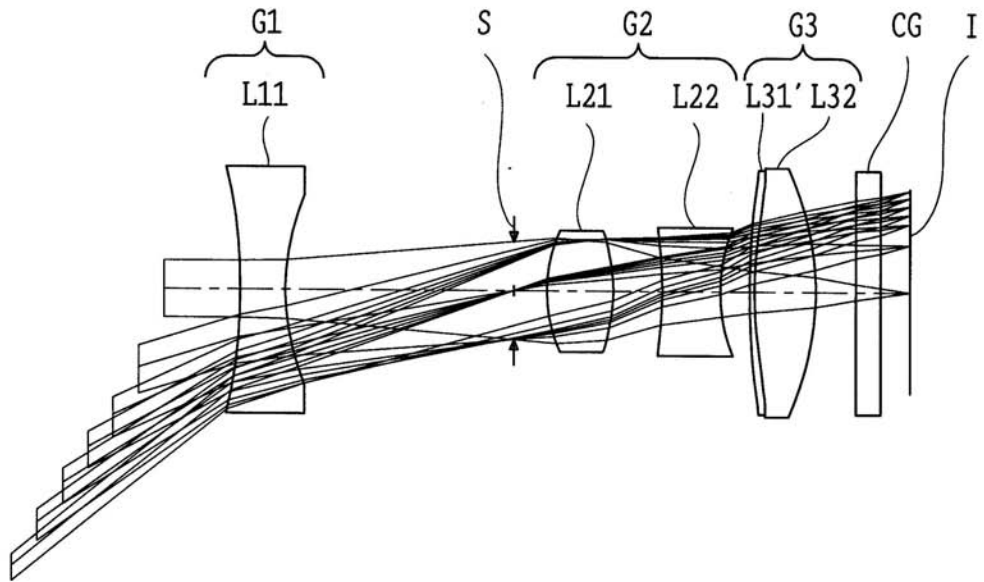


【図 3】

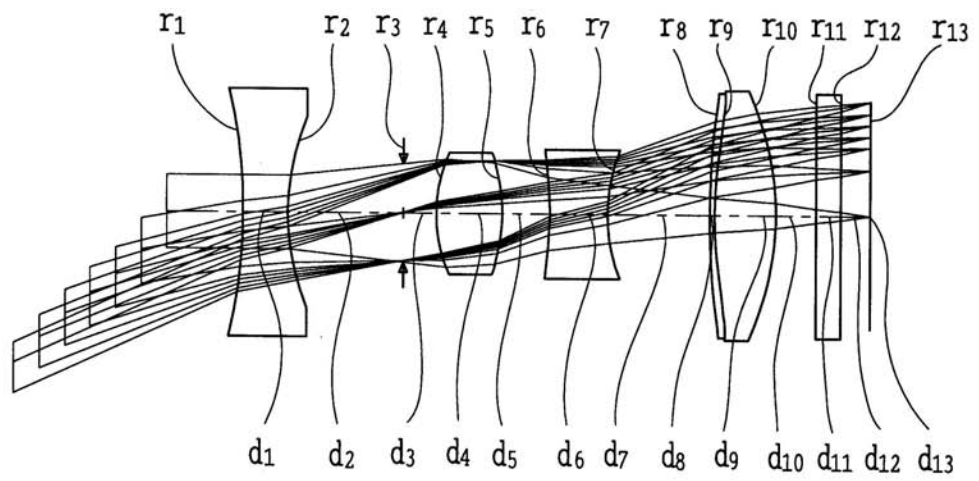


【図4】

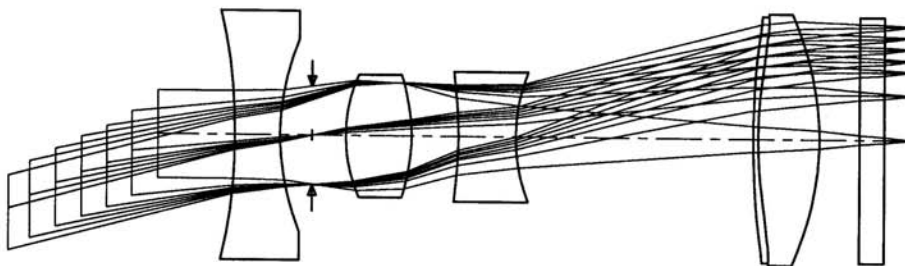
(a)



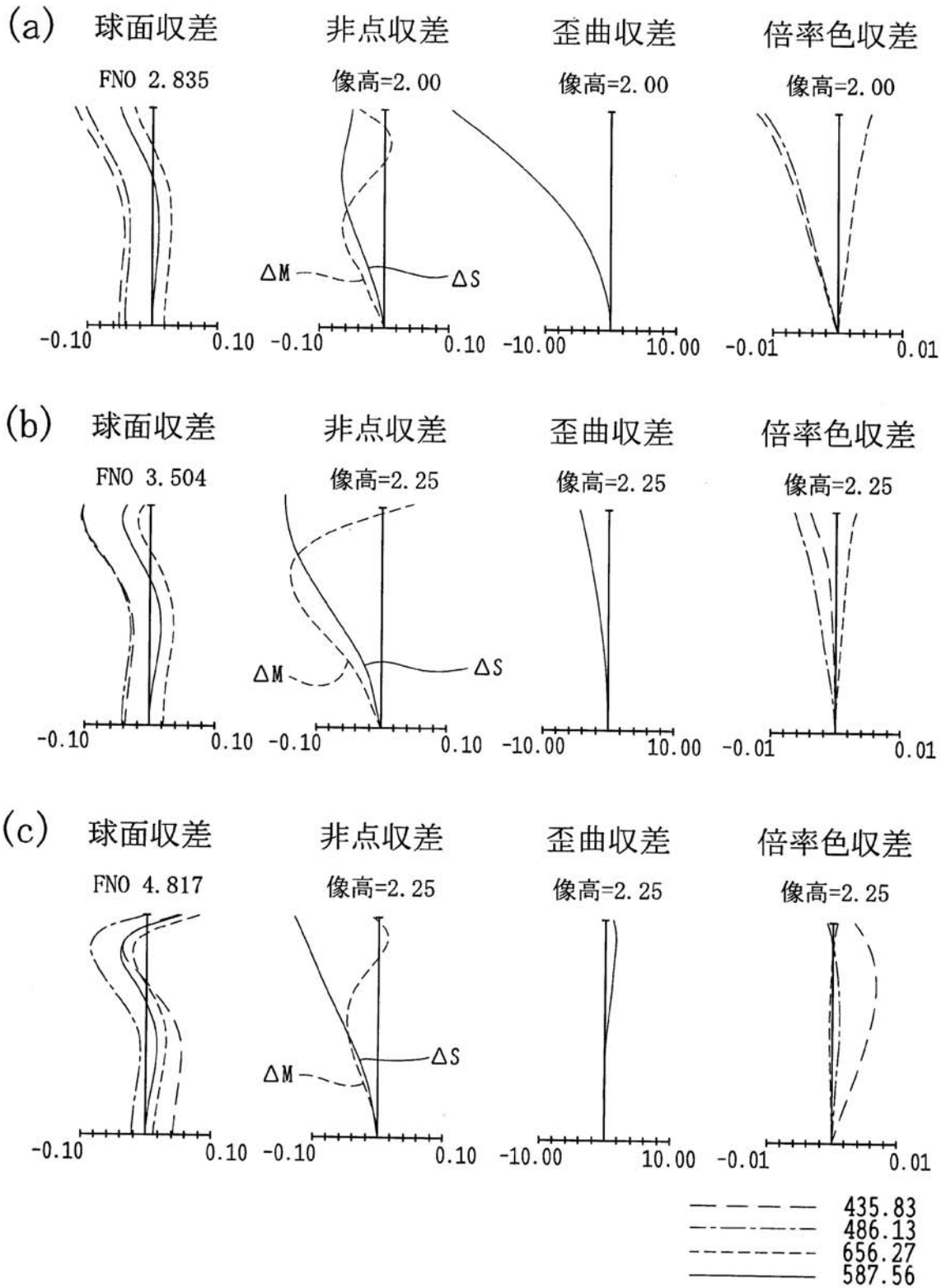
(b)



(c)

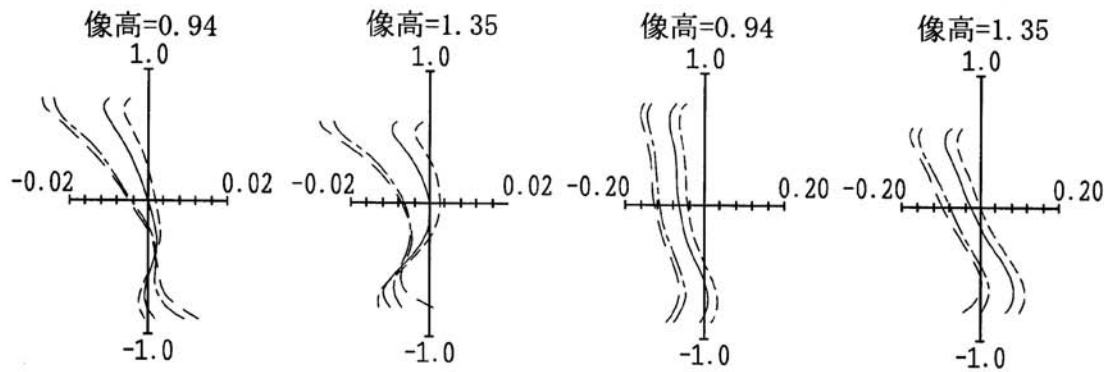


【図5】

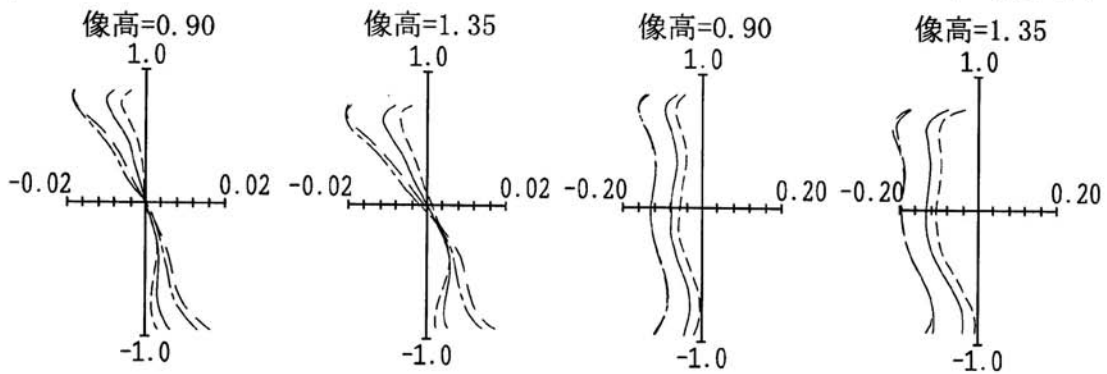


【図6】

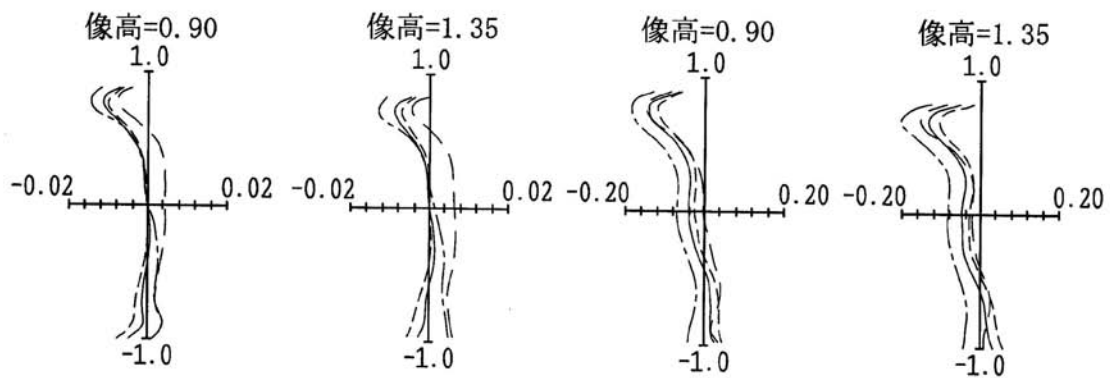
(a) コマ収差(横収差) コマ収差(横収差) コマ収差(縦収差) コマ収差(縦収差)



(b) コマ収差(横収差) コマ収差(横収差) コマ収差(縦収差) コマ収差(縦収差)



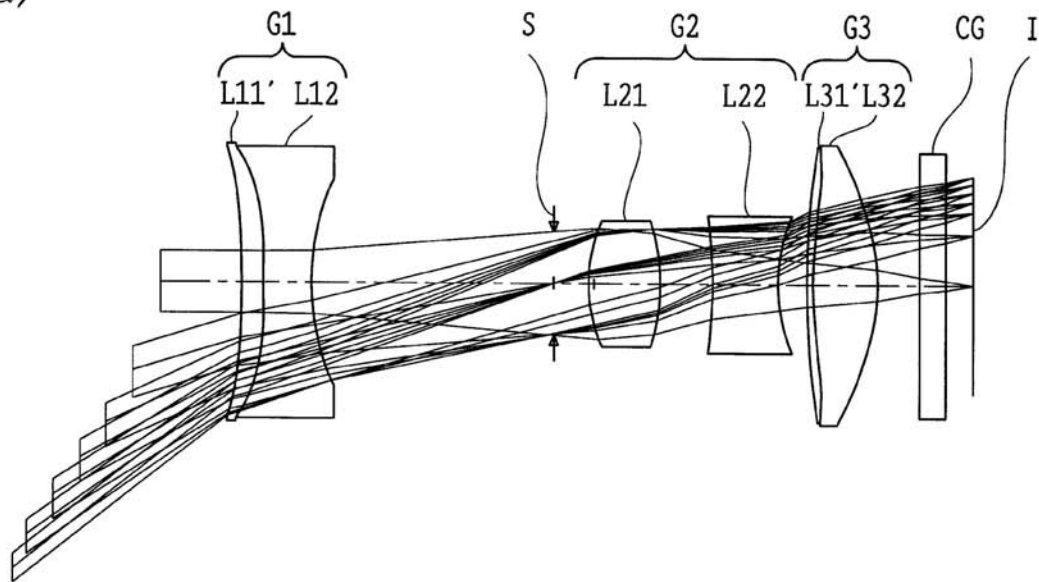
(c) コマ収差(横収差) コマ収差(横収差) コマ収差(縦収差) コマ収差(縦収差)



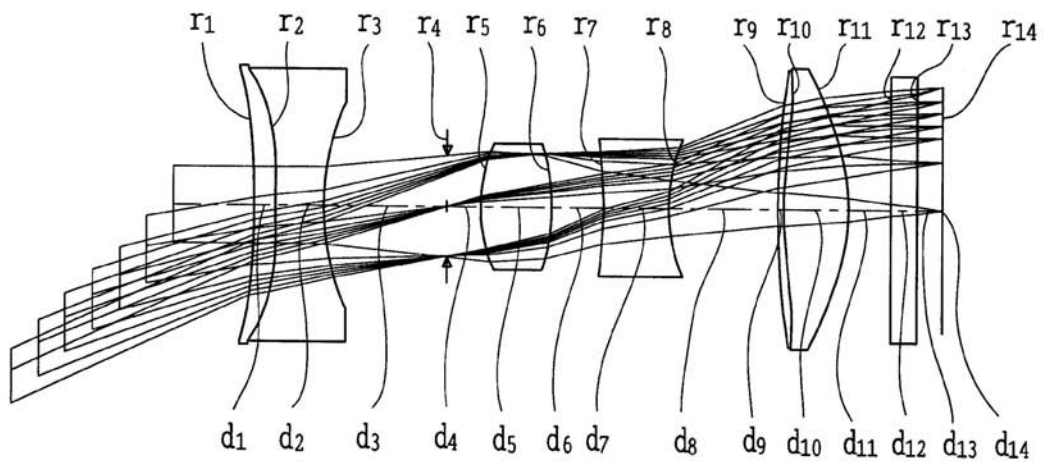
- - - - - 435.83
 - - - - - 486.13
 - · - · - 656.27
 ————— 587.56

【図7】

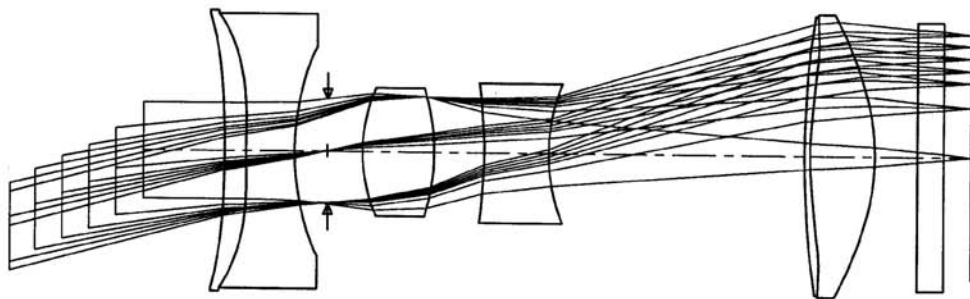
(a)



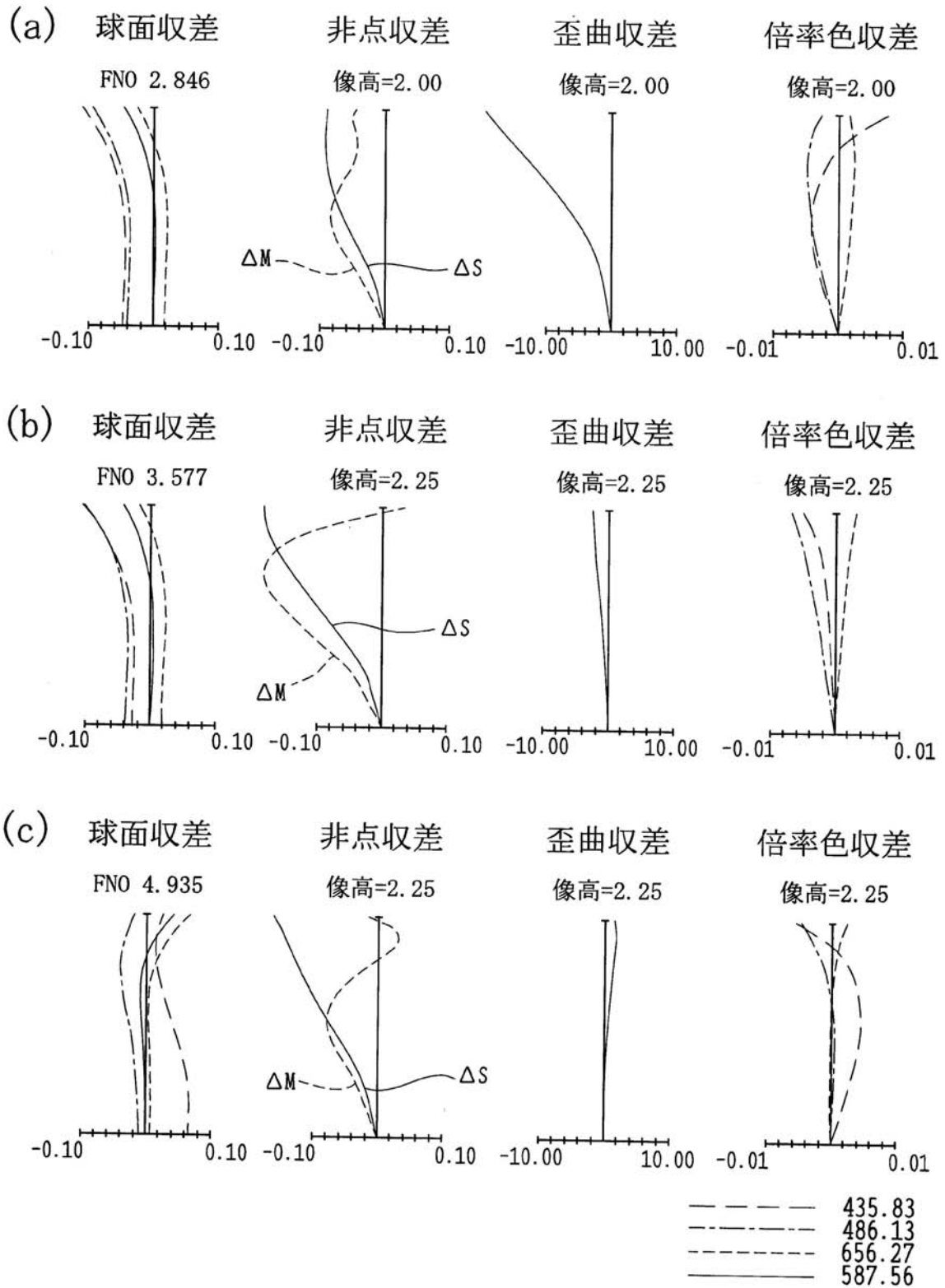
(b)



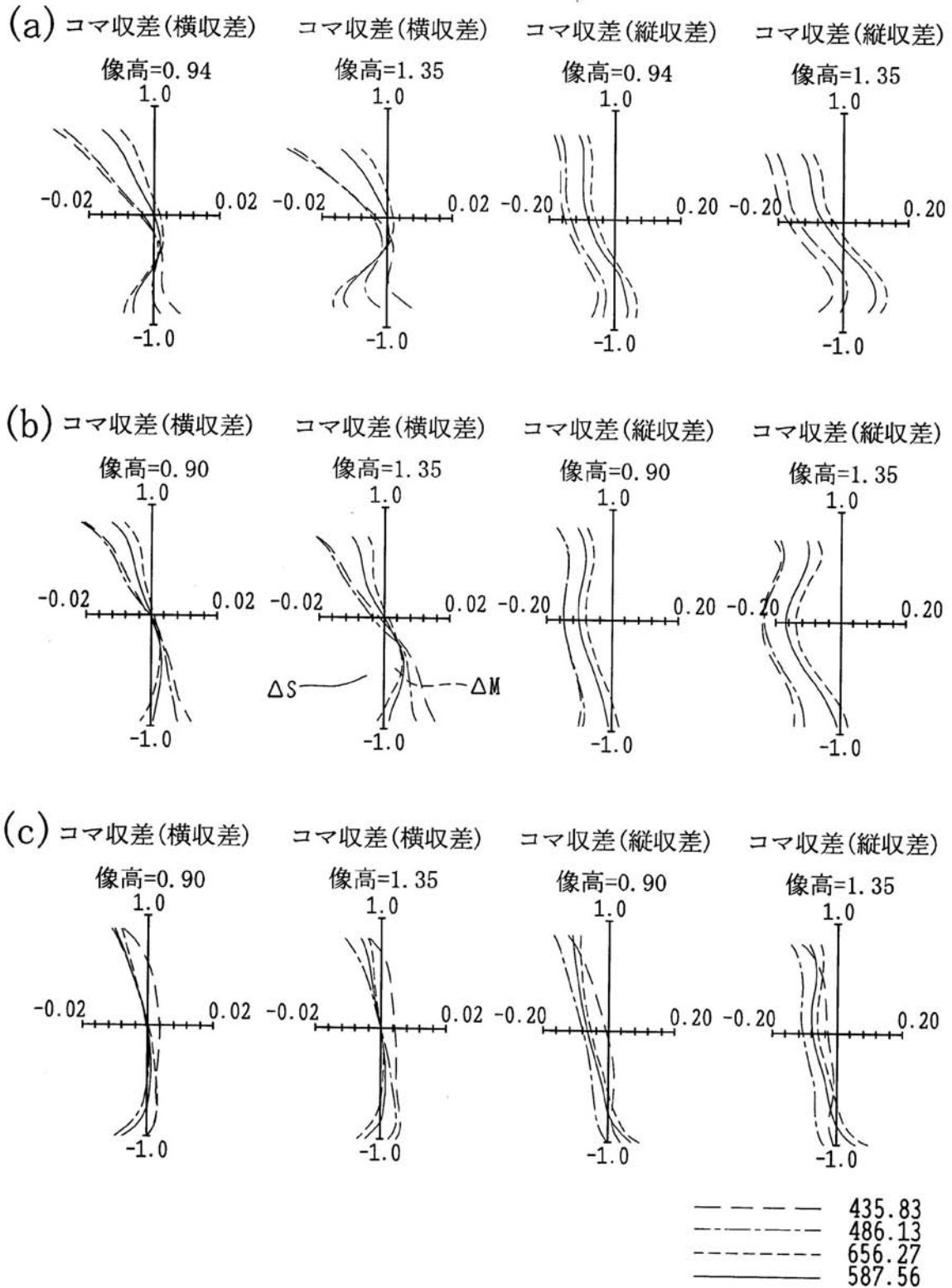
(c)



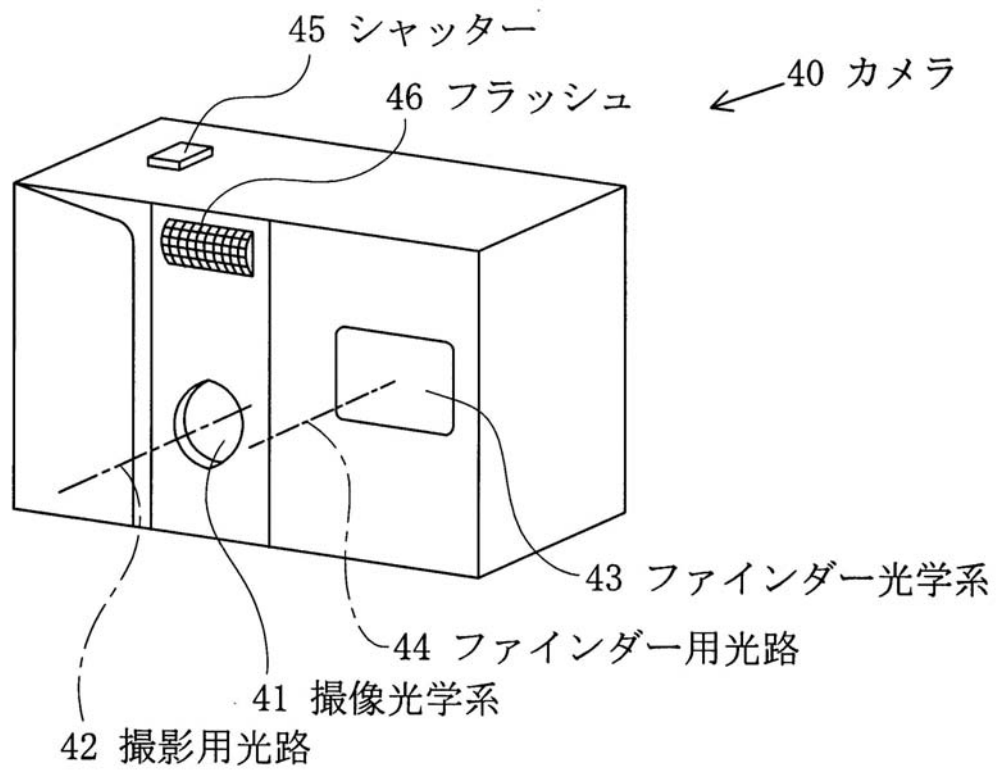
【図 8】



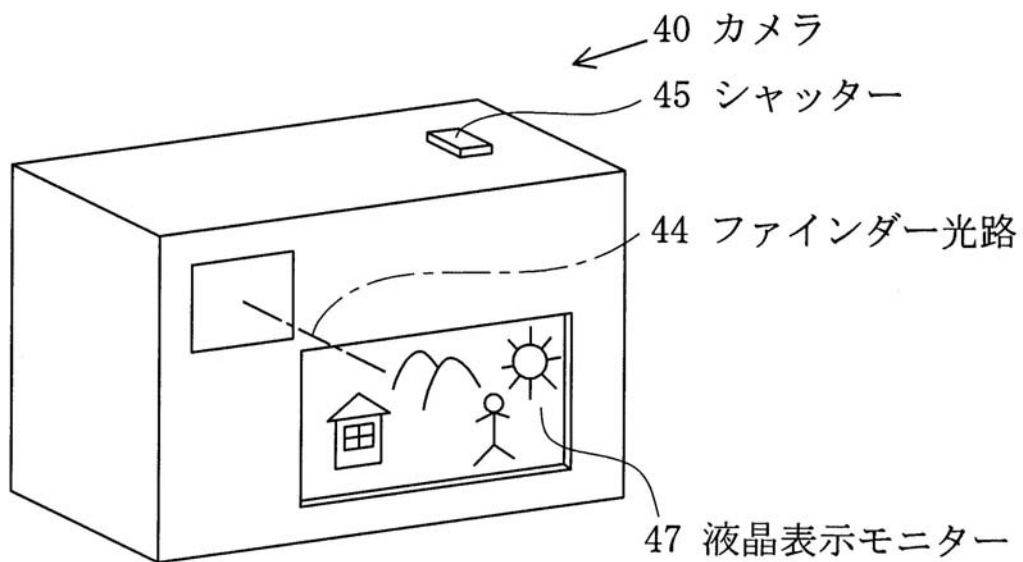
【図 9】



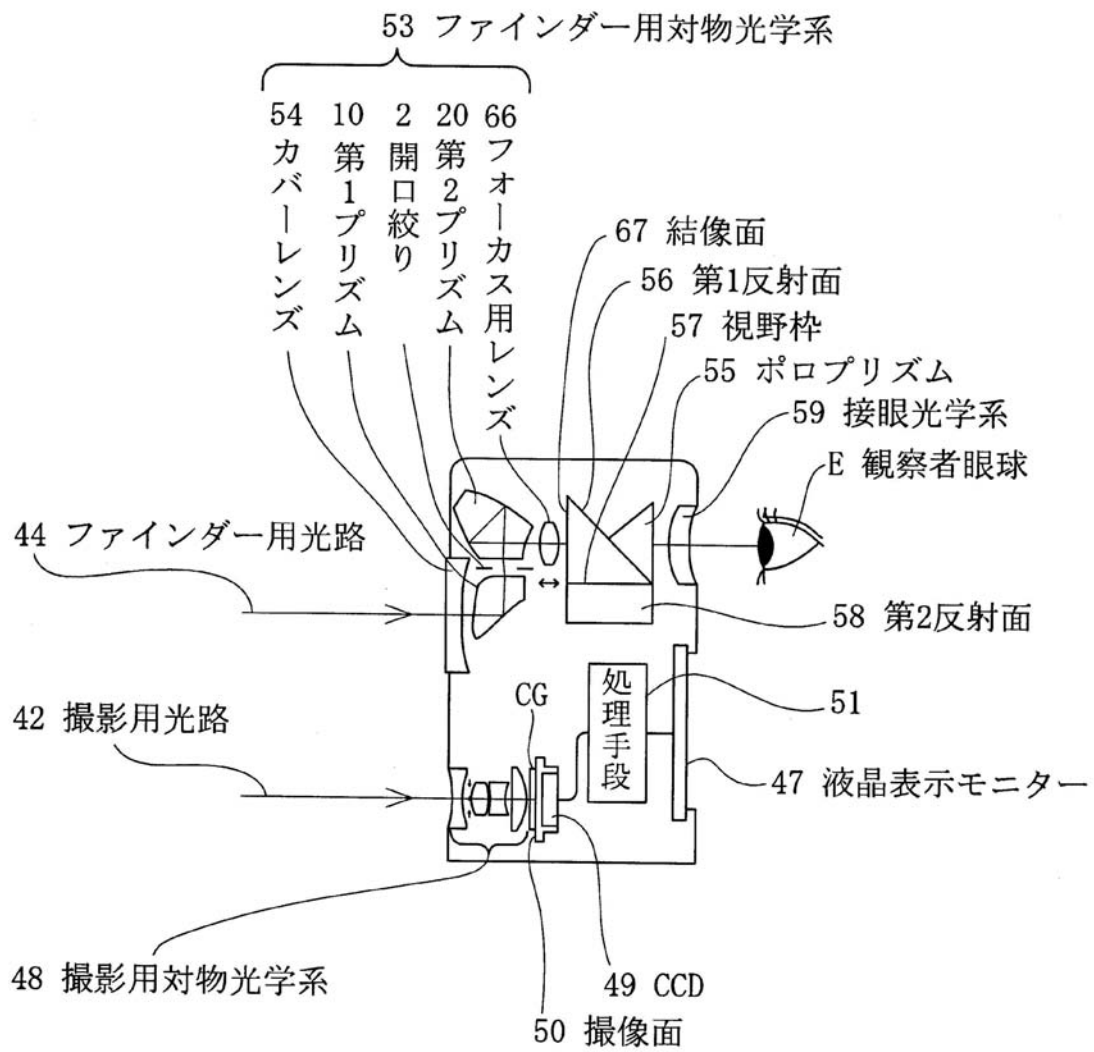
【図10】



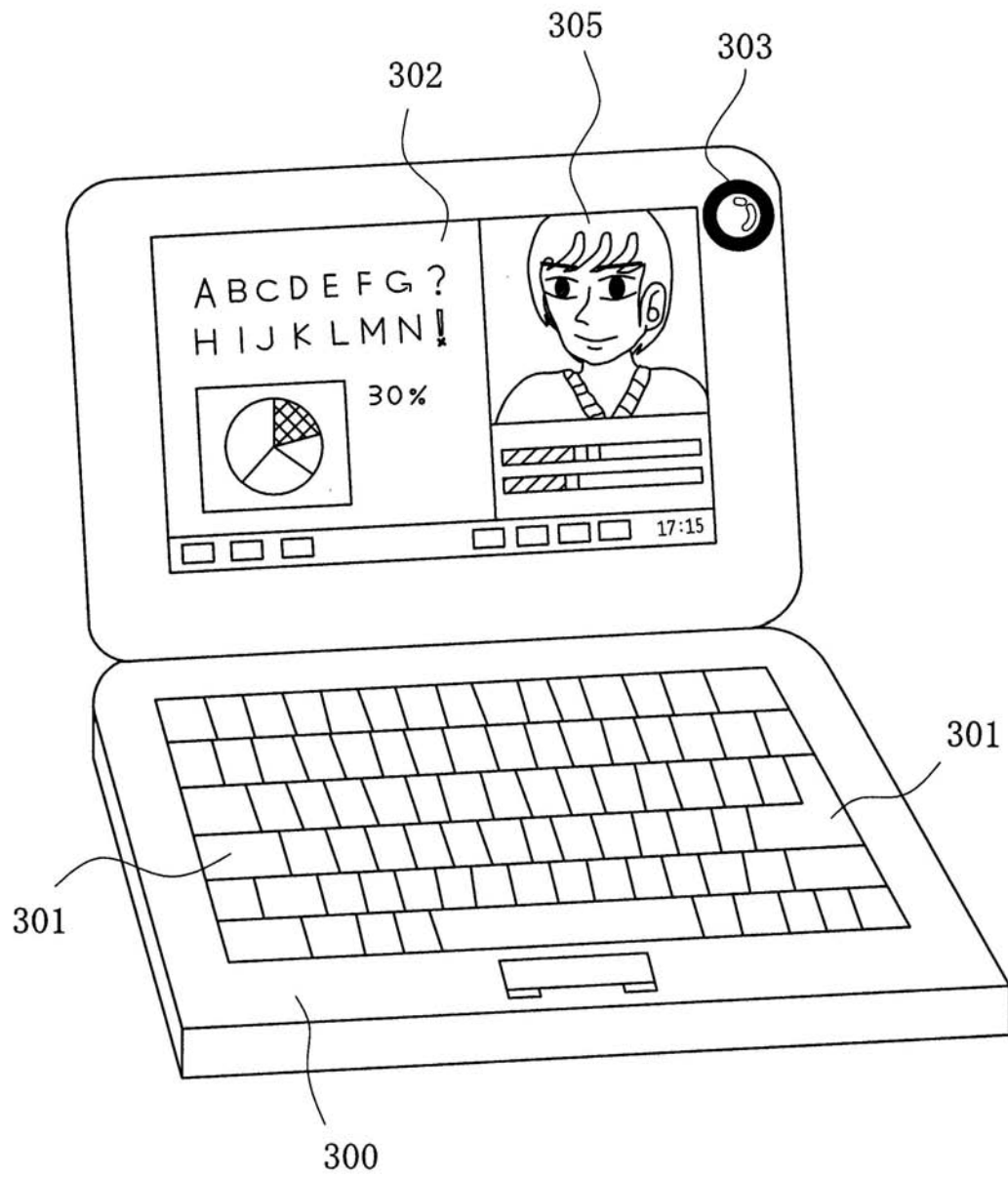
【図11】



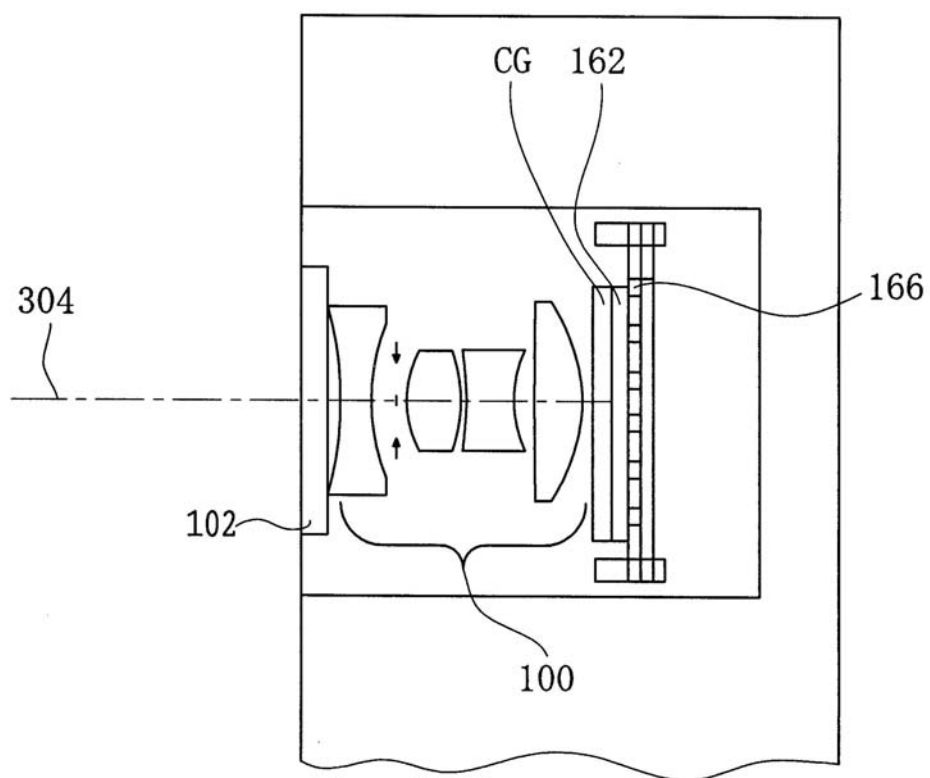
【図 12】



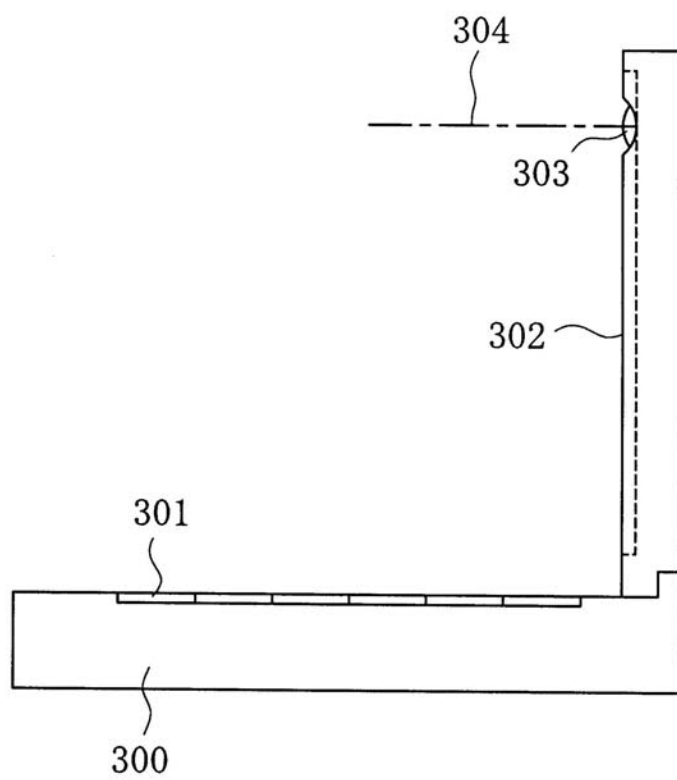
【図13】



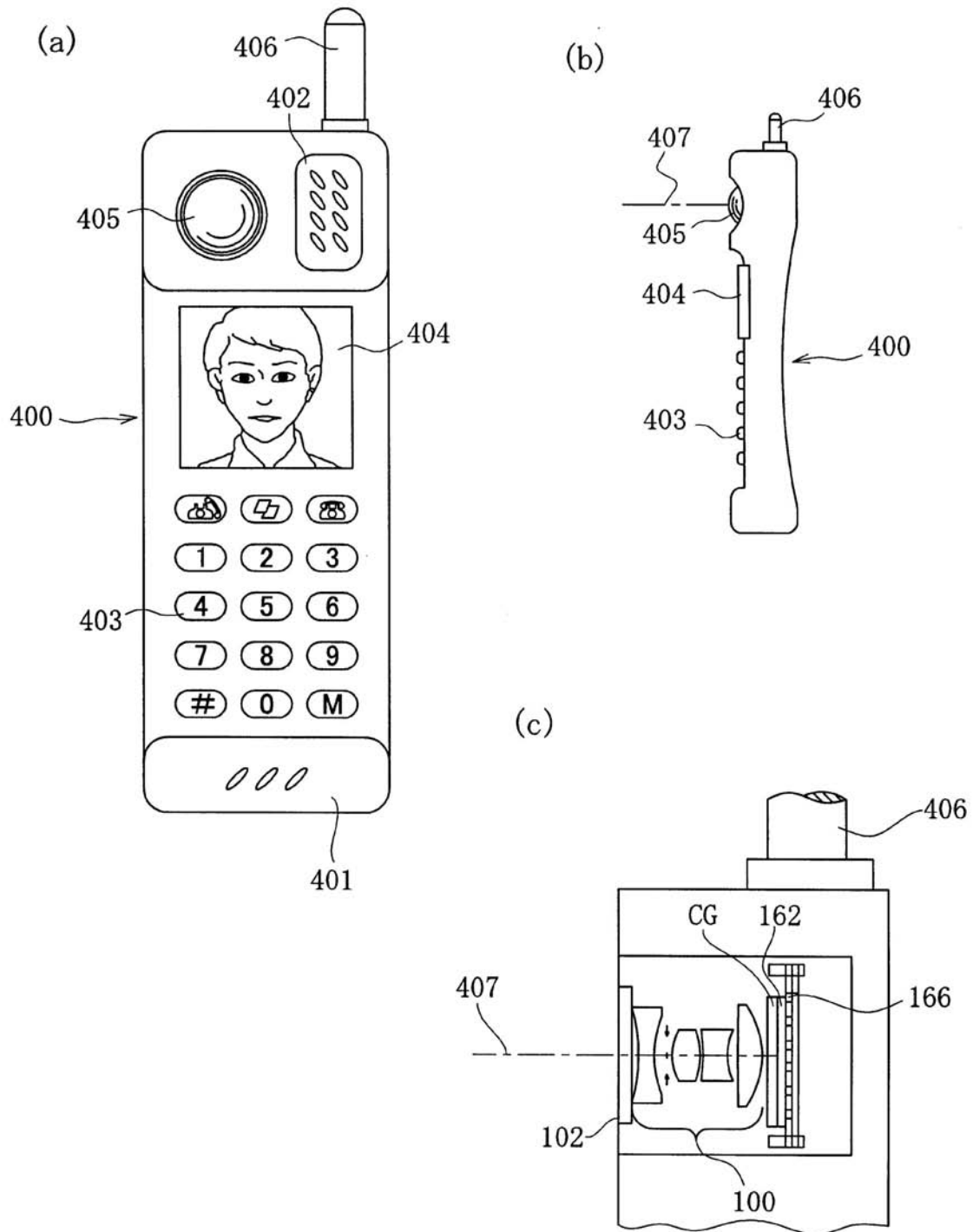
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-234213(JP,A)
特開2005-077771(JP,A)
特開平11-072702(JP,A)
特開2002-062478(JP,A)
特開2004-061910(JP,A)
特開2003-177315(JP,A)
特開2003-131127(JP,A)
特開2002-072095(JP,A)
特開2000-347100(JP,A)
特開2003-255227(JP,A)
特開2004-258518(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/00 - 15/28