(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2005-345965
(P2005-345965A)
(43)公開日　平成17年12月15日(2005.12.15)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
G02B 17/08	G02B 17/08	A	2H087
G02B 13/18	G02B 13/18		5C122
H04N 5/225	H04N 5/225	D	

審査請求 未請求　請求項の数 2　OL　（全 63 頁）

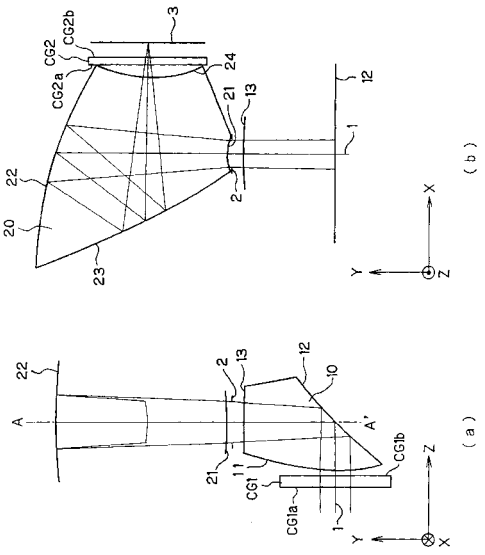
(21)出願番号　特願2004-168494 (P2004-168494)
(22)出願日　平成16年6月7日 (2004.6.7)

(71)出願人　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100097777
弁理士　韮澤　弘
(74)代理人　100088041
弁理士　阿部　龍吉
(74)代理人　100092495
弁理士　蛭川　昌信
(74)代理人　100095120
弁理士　内田　亘彦
(74)代理人　100095980
弁理士　菅井　英雄
(74)代理人　100094787
弁理士　青木　健二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光学系及びそれを用いた電子機器

(57)【要約】
【課題】　低コストの小型薄型光学系及びそれを用いた電子機器。
【解決手段】　絞り２と、光軸から傾いた少なくとも２面の反射面１２、２２、２３と、少なくとも１面の回転非対称な非球面屈折面１１、１３、２１、２４と、撮像素子３とを少なくとも有する光学系であり、全ての光軸１から傾いた反射面について、各々の反射面への入射側軸上主光線と反射側軸上主光線とによって規定される平面を各々の反射面の基準面としたとき、少なくとも何れか２面の反射面１２、２２、２３が回転非対称な非球面形状を有し、かつ、反射面の一方の反射面１２の基準面と他方の反射面２２、２３の基準面とが任意の角度で交差し、非球面屈折面の中の最も物体側の物体側屈折面１１と最も物体側の反射面１２の基準面との交線を物体側屈折面交線とすると、その交線方向の物体側屈折面１１の曲率半径に関する条件（１）を満たす。
【選択図】　図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
絞りと、光軸から傾いた少なくとも２面の反射面と、少なくとも１面の回転非対称な非球面屈折面と、撮像素子とを少なくとも有する光学系において、
物体中心から絞り中心を通り像中心に至る光線を軸上主光線とし、光学系内の全ての光軸から傾いた反射面について、各々の反射面への入射側軸上主光線と反射側軸上主光線とによって規定される平面を各々の反射面の基準面としたとき、
少なくとも何れか２面の前記反射面が回転非対称な非球面形状を有し、かつ、前記反射面の一方の反射面の基準面と他方の反射面の基準面とが任意の角度で交差し、
前記回転非対称な非球面屈折面の中の最も物体側の屈折面を物体側屈折面とし、前記物体側屈折面と前記反射面の中の最も物体側の反射面の基準面との交線を物体側屈折面交線とすると、前記物体側屈折面が、下記の条件式を満たすことを特徴とする光学系。
－３＜１／（Ｒｔ１ｙ・Ｐ２ｙ）＜０　　・・・（１）
ただし、Ｒｔ１ｙ：前記物体側屈折面における前記物体側屈折面交線方向の曲率半径、
Ｐ２ｙ：前記物体側屈折面交線方向の全系のパワー、
である。
【請求項２】
請求項１記載の光学系と、その像側に配置された撮像素子とを備えていることを特徴とする電子機器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、光学系及びそれを用いた電子機器に関するものであり、特に、コンパクトな光学系、及び、そのような光学系を用いた電子機器に関する。この電子機器には、例えば、デジタルカメラ、ビデオカメラ、デジタルビデオユニット、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、携帯電話、情報携帯端末等がある。
【背景技術】
【０００２】
自由曲面プリズムで撮像光学系を構成するものとして、特許文献１、特許文献２、特許文献３、特許文献４、特許文献５等のものが知られている。
【特許文献１】特開平１１－６４７３４号公報
【特許文献２】特開２００２－１９６２４３号公報
【特許文献３】特開平８－２９２３７１号公報
【特許文献４】特開２００１－４２２２０号公報
【特許文献５】特開２００１－３３０７９５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００３】
軸上主光線を、物体中心から絞り中心を通り、像中心に至る光線とする。また、光軸に対して傾いて配置されている反射面について、基準面を設定する。この基準面は、反射面に入射する軸上主光線と反射された軸上主光線とによって規定される平面である。この基準面は、各々の反射面毎に存在する。
【０００４】
ここで、特許文献１～特許文献４のものは全ての基準面が１つの面内にある。そのために、製造難易度が高くコストも上がる。この点を、図１を参照にして説明する。図１は、１つの光軸（軸上主光線）に対して傾いており、かつ、回転非対称な非球面である反射面Ｒを模式的に示す斜視図である。ここで、入射光線の中心光線（軸上主光線）と反射光線の中心光線を含む平面を基準面とする。この基準面と非球面反射面Ｒが交差する方向を、子午方向とする。また、軸上主光線が入射する点においてその基準面に直交する方向を、球欠方向とする。ここで、図１では、非球面反射面Ｒは、軸上主光線に対して傾いている

（偏心している）。そのため、球欠方向の焦点距離は、偏心のないときに比べてより長くなる（パワーが弱くなる）。逆に、子午方向の焦点距離は、偏心のないときに比べてより短くなる（パワーが強くなる）。このため、収斂あるいは発散作用を、偏心のないときの焦点距離と同程度にしようとすると、球欠方向については、焦点距離を短くしなくてはならない。このことは、収差補正上好ましくない。それだけでなく、非球面反射面Ｒの製造難易度が上がり、コストも上がる点からも、好ましくない。

【０００５】

一方、特許文献５のものでは、基準面は１つの面内にないが、中間結像までは基準面が１つであり、同様である。

【０００６】

本発明は、従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、低コストの小型薄型光学系及びそれを用いた電子機器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記目的を達成する本発明の第１の光学系は、絞りと、光軸から傾いた少なくとも２面の反射面と、少なくとも１面の回転非対称な非球面屈折面と、撮像素子とを少なくとも有する光学系において、

物体中心から絞り中心を通り像中心に至る光線を軸上主光線とし、光学系内の全ての光軸から傾いた反射面について、各々の反射面への入射側軸上主光線と反射側軸上主光線とによって規定される平面を各々の反射面の基準面としたとき、

少なくとも何れか２面の前記反射面が回転非対称な非球面形状を有し、かつ、前記反射面の一方の反射面の基準面と他方の反射面の基準面とが任意の角度で交差し、

前記回転非対称な非球面屈折面の中の最も物体側の屈折面を物体側屈折面とし、前記物体側屈折面と前記反射面の中の最も物体側の反射面の基準面との交線を物体側屈折面交線とすると、前記物体側屈折面が、下記の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【０００８】

$$-3<1/(Rt1y\cdot P2y)<0 \qquad \cdots(1)$$

ただし、Ｒｔ１ｙ：前記物体側屈折面における前記物体側屈折面交線方向の曲率半径、

Ｐ２ｙ：前記物体側屈折面交線方向の全系のパワー、

である。

【０００９】

以下、第１の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００１０】

第１の光学系は、正パワーの撮像光学系であり、その光学系により撮像素子上に所定の物体の像を結像させるものである。この第１の光学系では、開口絞りと、光軸から傾いた少なくとも２面の反射面と、少なくとも１面の回転非対称な非球面屈折面と、撮像素子とを少なくとも有する。

【００１１】

そして、少なくとも何れか２面の反射面が回転非対称な非球面形状を有し、かつ、その反射面の一方の反射面の基準面と他方の基準面とが任意の角度で交差するものである。このような配置を、ここでは３次元偏心と呼ぶことにする。なお、物体中心から絞り中心を通り像中心に至る光線が軸上主光線、反射面へ入射する軸上主光線と反射面で反射された軸上主光線とによって規定される平面がそれぞれの反射面の基準面である。

【００１２】

このような反射屈折光学系において、上記のような３次元偏心配置をとると、光学系を小型化することができる。さらに、光学系の形状に自由度が増えるので、例えば、厚さ方向を特に抑えたい等の要求に柔軟に応えることができる。

【００１３】

上記のように、回転非対称な非球面形状を有する２面の反射面の基準面が相互に任意の角度で交差するように配置すると、各反射面は必然的に３次元的に偏心した配置となる。

この場合、３次元的な偏心による回転非対称な収差（以下、単に、回転非対称な収差とする。）が発生するが、この回転非対称な収差は回転対称な光学系でのみ補正することは不可能である。ここで、回転非対称な収差を補正する最良な面形状は、回転非対称な非球面形状の面である。したがって、本発明の光学系おいては、その少なくとも何れか２面の反射面が、このような回転非対称な非球面形状を有するものとしている。

【００１４】

ここで、回転非対称な非球面形状を有する面としては、代表的なものとして自由曲面が使用できるが、自由曲面とは以下の式で定義されるものである。この定義式のＺ軸が自由曲面の軸となる。

【００１５】

$$Z = c r^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (1 + k) c^2 r^2\}}] + \sum_{j=2}^{66} C_j X^m Y^n \quad \cdots (a)$$

ここで、（ａ）式の第１項は球面項、第２項は自由曲面項である。

【００１６】

球面項中、

ｃ：頂点の曲率

ｋ：コーニック定数（円錐定数）

$r = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$

である。

【００１７】

自由曲面項は、

$$\begin{aligned}
&\sum_{j=2}^{66} C_j X^m Y^n \\
&= C_2 X + C_3 Y \\
&+ C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2 \\
&+ C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3 \\
&+ C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} XY^3 + C_{15} Y^4 \\
&+ C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} XY^4 + C_{21} Y^5 \\
&+ C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 + C_{27} XY^5 + C_{28} Y^6 \\
&+ C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} XY^6 + C_{36} Y^7 \\
&\cdots\cdots
\end{aligned}$$

ただし、C_j（ｊは２以上の整数）は係数である。

【００１８】

上記自由曲面は、一般的には、Ｘ－Ｚ面、Ｙ－Ｚ面共に対称面を持つことはないが、Ｘの奇数次項を全て０にすることによって、Ｙ－Ｚ面と平行な対称面が１つだけ存在する自由曲面となる。また、Ｙの奇数次項を全て０にすることによって、Ｘ－Ｚ面と平行な対称面が１つだけ存在する自由曲面となる。

【００１９】

また、上記の回転非対称な曲面形状の面である自由曲面の他の定義式として、Ｚｅｒｎｉｋｅ多項式により定義できる。この面の形状は以下の式（ｂ）により定義する。その定義式（ｂ）のＺ軸がＺｅｒｎｉｋｅ多項式の軸となる。回転非対称面の定義は、Ｘ－Ｙ面に対するＺの軸の高さの極座標で定義され、ＲはＸ－Ｙ面内のＺ軸からの距離、ＡはＺ軸回りの方位角で、Ｘ軸から測った回転角で表せられる。

【００２０】

$$x = R \times \cos(A)$$
$$y = R \times \sin(A)$$
$$\begin{aligned}Z = {} & D_2 \\ & + D_3 R\cos(A) + D_4 R\sin(A) \\ & + D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A) \\ & + D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3R^3 - 2R)\cos(A) \\ & \quad + D_{10}(3R^3 - 2R)\sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A) \\ & + D_{12} R^4 \cos(4A) + D_{13}(4R^4 - 3R^2)\cos(2A) \\ & \quad + D_{14}(6R^4 - 6R^2 + 1) + D_{15}(4R^4 - 3R^2)\sin(2A) \\ & \quad + D_{16} R^4 \sin(4A) + D_{17} R^5 \cos(5A) + D_{18}(5R^5 - 4R^3)\cos(3A) \\ & \quad + D_{19}(10R^5 - 12R^3 + 3R)\cos(A) \\ & \quad + D_{20}(10R^5 - 12R^3 + 3R)\sin(A) \\ & \quad + D_{21}(5R^5 - 4R^3)\sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A) \\ & + D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24}(6R^6 - 5R^4)\cos(4A) \\ & \quad + D_{25}(15R^6 - 20R^4 + 6R^2)\cos(2A) \\ & \quad + D_{26}(20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1) \\ & \quad + D_{27}(15R^6 - 20R^4 + 6R^2)\sin(2A) \\ & \quad + D_{28}(6R^6 - 5R^4)\sin(4A) + D_{29} R^6 \sin(6A) \cdots\end{aligned}$$

・・・（ｂ）

ただし、D_m（ｍは２以上の整数）は係数である。なお、Ｘ軸方向に対称な光学系として設計するには、D_4，D_5，D_6、D_{10}，D_{11}，D_{12}，D_{13}，D_{14}，D_{20}，D_{21}，D_{22}…を利用する。

【００２１】

上記定義式は、回転非対称な曲面形状の面の例示のために示したものであり、他のいかなる定義式に対しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【００２２】

なお、自由曲面の他の定義式の例として、次の定義式（ｃ）があげられる。

【００２３】

$$Z = \Sigma\Sigma C_{nm} X Y$$

例として、ｋ＝７（７次項）を考えると、展開したとき、以下の式で表せる。

【００２４】

$$\begin{aligned}Z = {} & C_2 \\ & + C_3 Y + C_4 |X| \\ & + C_5 Y^2 + C_6 Y|X| + C_7 X^2 \\ & + C_8 Y^3 + C_9 Y^2|X| + C_{10} Y X^2 + C_{11}|X^3| \\ & + C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3|X| + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} Y|X^3| + C_{16} X^4 \\ & + C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4|X| + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2|X^3| \\ & \quad + C_{21} Y X^4 + C_{22}|X^5| \\ & + C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5|X| + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3|X^3| \\ & \quad + C_{27} Y^2 X^4 + C_{28} Y|X^5| + C_{29} X^6 \\ & + C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6|X| + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4|X^3| \\ & \quad + C_{34} Y^3 X^4 + C_{35} Y^2|X^5| + C_{36} Y X^6 + C_{37}|X^7|\end{aligned}$$

・・・（ｃ）

なお、回転非対称面としては、アナモフィック面、トーリック面を用いることもできる。

【００２５】

ところで、光軸から傾きかつ回転非対称な非球面反射面において、子午方向と球欠方向とで同程度の収斂・発散作用を得ようとするとき、図１を参照にして前に説明したように、子午方向とに比べて球欠方向の曲率半径が小さくなり、収差補正上好ましくない。それだけでなく、非球面反射面の製造難易度が上がり、コストも上がるため、好ましくない。

本発明の光学系では、上記のように、一方の反射面の基準面と他方の基準面とが、相互に任意の角度で交差するように、各面を配置している。この配置としては、例えば、両基準面が直交するように配置がある。このように配置することで、一方の反射面での球欠方向が、他方の反射面での子午方向となる。そのため、一方の反射面において球欠方向のパワーが不足しても、その不足を他方の反射面で補うことができる。すなわち、所定の焦点距離を得るために、一方の反射面で球欠方向の曲率半径を無理に小さくしなくてもよい。一方、他方の反射面で子午方向は、面を傾けるだけで、より強いパワーが得られる。したがって、比較的大きな曲率半径を調整して補正すればよいので、収差の発生も少なく抑えることができる。その結果、低コストで良好な収差補正が実現できるようになる。

【００２６】

そして、上記のように回転非対称な非球面反射面と３次元偏心とを用いると、一方の反射面（第１反射面）の子午方向に関してはその第１反射面で収斂作用を行い、第１反射面の球欠方向に関しては他方の反射面（第２反射面）で収斂作用を行わせるようにすれば、低コストで良好な収差補正を実現できる。ところが、第１反射面と第２反射面とは距離が離れているために、第１反射面の子午方向と球欠方向で光学系の主点位置と焦点距離が異なってしまう。その結果、像が歪むという悪影響が出る。そこで、条件式（１）を満足することが好ましい。この条件を満足することで、第１反射面の子午方向を、負パワーにすることができる。すると、第１反射面の子午方向において、全系の後側主点位置を、像側に設定できる。その結果、第１反射面の子午方向と球欠方向とで、全系の主点位置及び焦点距離の差を小さくできる。

【００２７】

条件式（１）の下限の－３を下回ると、Ｐ２ｙに比べて１／Ｒｔ１ｙの絶対値が大きすぎるため、収差補正上好ましくない。それだけでなく、製造難易度が上がるために好ましくない。上限の０を越えると、第１反射面の球欠方向における、物体側屈折面の負のパワーが小さくなりすぎる。そのため、その方向の後側主点位置を、より像側に設定することができない。その結果として、第１反射面の子午方向と球欠方向との主点位置、及び焦点距離の差を小さくできず、像歪み等の影響が大きくなる。また、下記の条件式（１－２）を満足することが好ましい。この条件を満たすことで、第１反射面の子午方向と球欠方向との主点位置と焦点距離の差を小さくでき、像歪み等の影響を小さくできる。結果として、低コストで良好な画質を得ることができる。

【００２８】

$$-1 < 1/(Rt1y \cdot P2y) < 0 \qquad \cdots (1-2)$$

この条件式（１－２）の上限・下限共、意味は条件式（１）と同様である。

【００２９】

また、下記の条件式（１－３）を満足することが好ましい。この条件を満たすことで、第１反射面の子午方向と球欠方向との主点位置と焦点距離の差を小さくでき、像歪み等の影響を小さくできる。その結果として、低コストで良好な画質を得ることができる。この条件式（１－３）の下限の意味は条件式（１）と同様である。また、その上限の－０．１を越えないようにすると、像歪み等の影響をより抑えることができる。

【００３０】

$$-0.5/(Rt1y \cdot P2y) < -0.1 \qquad \cdots (1-3)$$

本発明の第２の光学系は、第１の光学系において、前記一方の反射面は前記絞りより物体側に配置され、前記他方の反射面は前記絞りより像側に配置されていることを特徴とするものである。

【００３１】

以下、第２の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００３２】

このように、回転非対称な曲面形状の反射面を開口絞りに対して対称に配置すると、収差補正上好ましい。特に、３次元偏心と回転非対称な非球面反射面とを組み合わる場合に好ましい。一方の反射面を物体側反射面、他方の反射面を像側反射面として考える。例え

ば、物体側反射面が絞りから離れて配置されているとき、物体側反射面での補正は、いわゆるコマ収差や歪曲収差等の収差に好ましい。しかし、上で述べたように、物体側反射面で球欠方向の曲率半径を比較的大きくすると、所望の収差補正が行われない。このとき、像側反射面も絞りから離れて配置し、像側反射面の子午方向で収差補正することで、収差補正上物体側反射面で補正したのと同等の補正効果が得られる。その結果、回転非対称な非球面反射面と３次元偏心と絞り対称とを組み合わせることで、低コストで良好な収差補正を実現できる。このとき、リレー光学系を用いて共役な面を作ることで同様な効果が得られるが、光路長が長くなるので好ましくない。

【００３３】

本発明の第３の光学系は、第１、第２の光学系において、前記反射面とその基準面との交線を各々の反射面の交線とするとき、前記反射面の中の回転非対称な非球面形状を有する全ての反射面が、下記の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【００３４】

$$-5 < Rry / Rrx < 5 \quad \cdots (2)$$

ただし、Ｒｒｙ：各反射面の交線方向の曲率半径、

Ｒｒｘ：各反射面の交線方向と垂直方向の曲率半径、

である。

【００３５】

以下、第３の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００３６】

回転非対称な非球面反射面が光軸に対して傾いた状態において、子午方向と同程度の収斂・発散作用を得ようとすると、上記のように、子午方向に比べて球欠方向の曲率半径を小さくしなくてはならない。これは、収差補正上好ましくない。それだけでなく、製造難易度が上がり、コストも上がる点からも好ましくない。そこで、３次元偏心を行い、条件式（２）を満たすことで、最も物体側の反射面における球欠方向の曲率半径を大きくすることができる。その結果、更に良好な収差補正が可能となる。また、製造難易度も下がるために、低コスト化が可能である。

【００３７】

条件式（２）の上限の５を越え、Ｒｒｘが小さくなると、収差補正上好ましくない。それだけでなく、製造難易度が上がり、コストも上がるため好ましくない。なお、３次元偏心を行わずに、条件式（２）を満たしても意味はない。それは、最も物体側の反射面以外の面で、球欠方向のパワーを得なければならないからである。この場合、他の反射面や屈折面において、球欠方向の曲率半径を小さくしなければならない。そうすると、球欠方向のパワーをより強くすることになるので、収差補正上好ましくない。それだけでなく、製造難易度が上がり、コストも上がるため好ましくない。条件式（２）の下限の－５を下回って、Ｒｒｘが小さくなると、収差補正上好ましくない。それだけでなく、製造難易度が上がるため好ましくない。また、反射面が鞍状になるために、製造難易度はさらに上がる。よって、コストも上がるので、好ましくない。

【００３８】

さらに、下記の条件式（２－２）を満足するのが好ましい。この条件を満たすことで、さらに製造難易度を下げて、低コスト化を行うことができる。

【００３９】

$$-2 < Rry / Rrx < 2 \quad \cdots (2-2)$$

この条件式（２－２）の上限・下限共、意味は条件式（２）と同様である。

【００４０】

さらに、下記の条件式（２－３）を満足するのが好ましい。この条件を満たすことで、さらに製造難易度を下げて、低コスト化を行うことができる。

【００４１】

$$-0.5 < Rry / Rrx < 0.5 \quad \cdots (2-3)$$

この条件式（２－３）の上限・下限共、意味は条件式（２）と同様である。

【００４２】
本発明の第４の光学系は、第１～第３の光学系において、前記最も物体側の反射面が回転非対称な非球面形状を有し、前記最も物体側に配置された反射面が、下記の条件式を満たすことを特徴とするものである。
【００４３】
－０．５＜１／（Ｒｒ１ｘ・Ｐ１ｙ）＜０．５　　・・・（３）
ただし、Ｒｒ１ｘ：前記最も物体側に配置された反射面の交線方向と垂直方向の曲率半径、
Ｐ１ｙ：前記最も物体側に配置された反射面の交線方向の全系のパワー、
である。
【００４４】
以下、第４の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。
【００４５】
上記のように、回転非対称な非球面反射面が光軸に対して傾いた状態において、子午方向と同程度の収斂・発散作用を得ようとすると、上記のように、子午方向と比べて球欠方向の曲率半径が小さくなる。この場合、収差補正上好ましくないだけでなく、製造難易度が上がり、コストも上がるため好ましくない。そこで、３次元偏心を行い、条件式（３）を満たすことで、最も物体側に配置された反射面の球欠方向の曲率半径を大きくできる。このようにすることで、良好な収差補正が可能となる。なお、３次元偏心を行わずに、条件式（３）を満たしても意味はない。それは、最も物体側に配置された反射面以外の面で、球欠方向のパワーを得なければならないからである。この場合、他の反射面や屈折面において、球欠方向の曲率半径を小さくしなければならない。これは、収差補正上、好ましくないだけでなく、製造難易度が上がり、コストも上がる点からも好ましくない。
【００４６】
条件式（３）の下限の－０．５を下回り、Ｒｒ１ｘが小さくなると、収差補正上好ましくない。それだけでなく、製造難易度が上がり、コストも上がるため好ましくない。また、全体として正のパワーを得るためにＲｒ１ｙ（最も物体側に配置された反射面の子午方向の曲率半径）を正とすると、反射面が鞍状になる。そのために、製造難易度はさらに上がる。よって、コストも上がり好ましくない。上限の０．５を越え、Ｒｒ１ｘが小さくなると、収差補正上好ましくない。それだけでなく、製造難易度が上がり、コストも上がるため好ましくない。
【００４７】
また、下記の条件式（３－２）を満足することが好ましい。この条件を満たすことで、さらに製造難易度を下げて、低コスト化を行うことができる。
【００４８】
０＜１／（Ｒｒ１ｘ・Ｐ１ｙ）＜０．３　　・・・（３－２）
この条件式（３－２）の上限・下限共、意味は条件式（３）と同様である。
【００４９】
また、下記の条件式（３－３）を満足することが好ましい。この条件を満たすことで、さらに製造難易度を下げて、低コスト化を行うことができる。
【００５０】
０＜１／（Ｒｒ１ｘ・Ｐ１ｙ）＜０．１　　・・・（３－３）
この条件式（３－３）の上限・下限共、意味は条件式（３）と同様である。
【００５１】
第５の光学系は、第１～第４の光学系において、全ての反射面及び屈折面が回転非対称な非球面形状を有することを特徴とするものである。
【００５２】
以下、第５の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。光学系を構成する全ての反射面及び屈折面が、回転非対称な非球面形状を有するようにすることで、少ない面数で、回転非対称な収差をより良好に補正することができる。その結果として、より小

型薄型な光学系を実現することができる。

【００５３】

第６の光学系は、第１～第５の光学系において、前記絞りより物体側に配置された少なくとも１つの光学素子が、少なくとも１面の反射面と少なくとも２面の屈折面とを有するものであることを特徴とするものである。

【００５４】

第７の光学系は、第１～第６の光学系において、前記絞りより像側に配置された少なくとも１つの光学素子が、少なくとも１面の反射面と少なくとも２面の屈折面とを有するものであることを特徴とするものである。

【００５５】

以下、第６、第７の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。反射面は屈折面に比して偏心誤差感度が高いため、組み立て調整に高い精度を要求される。しかし、反射光学素子の中でも、プリズムは、それぞれの面の相対的な位置関係が固定されている。そのため、プリズム単体として偏心を制御すればよい。よって、プリズムを用いると、必要以上の組み立て精度、調整工数が不要である。さらに、プリズムは、屈折面である入射面と射出面、それと反射面を有している。そのため、反射面しか持たないミラーによる構成に比べて、収差補正の自由度が大きい。特に、プリズムでは、反射面に所望のパワーの大部分を分担させ、屈折面である入射面と射出面のパワーを小さくすることができる。このようにすることで、ミラーに比べて収差補正の自由度を大きく保ったまま、色収差の発生を非常に小さくすることが可能である。また、プリズム内部は空気よりも屈折率の高い透明体で満たされているために、空気に比べ光路長を長くとることができる。よって、空気中にミラーを配置する構成よりは、光学系の薄型化、小型化が可能である。

【００５６】

第８の光学系は、第６、第７の光学系において、少なくとも１つの前記光学素子が移動することによって合焦を行うことを特徴とするものである。

【００５７】

第９の光学系は、第１～第８の光学系において、少なくとも前記撮像素子が移動することによって合焦を行うことを特徴とするものである。

【００５８】

第１０の光学系は、第１～第９の光学系において、前記絞りが前記撮像素子の撮像面と略垂直に配置されることを特徴とするものである。

【００５９】

第１１の光学系は、第１～第１０の光学系において、前記撮像素子の撮像面の法線ベクトルが、光学系の入射光線ベクトルと略垂直であることを特徴とするものである。

【００６０】

第１２の光学系は、第１～第１１の光学系において、前記反射面の中、最も物体側に配置された物体側反射面と、その物体側反射面の基準面との交線上で反射した光線束が、前記撮像素子の略短辺方向に結像し、前記反射面の中、最も像側に配置された像側反射面と、その像側反射面の基準面との交線上で反射した光線束が、前記撮像素子の略長辺方向に結像するように配置されていることを特徴とするものである。

【００６１】

以下、第１２の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。最も物体側に配置された物体側反射面（以下、最物体側反射面とする。）について、子午方向に入射した光線束が撮像素子の略短辺方向に結像するように、最物体側反射面を配置する。これにより、光学系の入射面から最物体側反射面までの光路長を短くできる。その結果、光学系の入射光線方向、いわゆる光学系厚さを薄くできる。また、最も像側に配置された像側反射面（以下、最像側反射面とする。）について、子午方向で反射した光線束が撮像素子の略長辺方向に結像するように、最像側反射面を配置する。このようにすることにより、最物体側反射面の基準面と最像側反射面の基準面が略垂直に交差するように、最物体側反射面と最像側反射面を構成することができる。よって、像面の法線ベクトルと光学系へ入射す

る光線の入射方向、すなわち、光学系の厚さ方向とが略垂直になる。よって、撮像素子自体の厚さの影響で光学系の厚さが厚くなるのを防ぐことができ、薄型化が実現しやすくなり好ましい。

【００６２】

第１３の光学系は、第１～第１２の光学系において、全反射回数が以下の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【００６３】

$$2 \leqq R_{all} \leqq 4 \quad \cdots (4)$$

ただし、R_{all}：全反射回数、

である。

【００６４】

以下、第１３の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。３次元偏心を行うには複数の反射回数が必要となる。ところが、反射回数が多くなると、(1) 光学系が大型化する、(2) 各反射面での面精度誤差、偏心精度誤差等が積算され転送されるため、個々の精度が厳しくなり、コストアップにつながる、(3) 光量損失が大きくなる等の欠点が多く好ましくない。(3) の対策のために全反射を用いると、反射面への入射角度が大きくなる。そのために、(2) の問題がより大きくなり、やはり好ましくない。条件式（４）を満たすことで、小型化と低コスト化、さらには低光量損失の両立が可能となる。下限の２を下回ると、小型のままで３次元的に偏心することが不可能となる。上限の４を越えると、反射回数が多すぎるために、上記課題が顕在化し、好ましくない。

【００６５】

また、下記の条件式（４－２）を満足することが好ましい。この条件を満たすことで、さらに低コスト化・低光量損失の両立が可能となり、好ましい。

【００６６】

$$2 \leqq R_{all} \leqq 3 \quad \cdots (4-2)$$

この条件式（４－２）の上限の３を越えると、光路長が長くなるために、広画角化に不向きである。

【００６７】

また、下記の条件式（４－３）を満足することが好ましい。この条件を満たすことで、光路長を短くできる。よって、高画質を保ったままで広画角化が可能となる。

【００６８】

$$R_{all} = 2 \quad \cdots (4-3)$$

第１４の光学系は、第１～第１３の光学系において、前記反射面間に遮光部材を有することを特徴とするものである。

【００６９】

第１５の光学系は、第１４の光学系において、前記遮光部材が前記絞りと一体に形成されていることを特徴とするものである。

【００７０】

以下、第１４、第１５の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。上記のような複数の反射面を持つ偏心光学系においては、正規の入射角以外の角度から入射する光線が存在する。これらの光束は、光学系を構成する反射面や屈折面で反射して、撮像面に入射するものもある。このようにして撮像面に到達した光は、ゴースト光やノイズ光となる。そこで、反射面間に遮光部材を配置するのが好ましい。このようにすれば、ゴースト光やノイズ光を遮断することができる。特に、正規の光束径が最小になる開口位置に、遮光部材を配置することが望ましい。この場合、絞りとその遮光部材を、一体に形成することができる。

【００７１】

第１６の光学系は、第１～第１５の光学系において、少なくとも１枚のレンズを有することを特徴とするものである。

【００７２】

第１７の光学系は、第１６の光学系において、少なくとも１枚の前記レンズが、全ての前記反射面よりも像側に配置されていることを特徴とするものである。

【００７３】

第１８の光学系は、第１６、第１７の光学系において、少なくとも１枚の前記レンズを移動することによって合焦を行うことを特徴とするものである。

【００７４】

第１９の光学系は、第１６の光学系において、撮影時に、全ての前記反射面よりも物体側に少なくとも１枚の前記レンズが取り付けられることを特徴とするものである。

【００７５】

第２０の光学系は、第１９の光学系において、前記レンズの取り付けにより変倍効果を得ることを特徴とするものである。

【００７６】

以下、第１６～第２０の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。上記のような３次元偏心光学系において、レンズを用いることは必須ではない。しかしながら、１枚以上の回転対称なレンズを何れかの位置に配置すれば、このレンズを合焦用、ワイドコンバータ用、テレコンバータ用に用いることができる。特に、合焦用には、光学系の最も像側にレンズを配置して、光軸に沿って移動可能にする。また、ワイドコンバータ用、テレコンバータ用には、光学系の最も物体側において、レンズを着脱可能にする。

【００７７】

第２１の光学系は、第１～第２０の光学系において、光学系を構成する少なくとも１つの光学素子の光学材料として有機無機複合材料を用いることを特徴とするものである。

【００７８】

以下、第２１の光学系において上記構成をとる理由と作用を説明する。

【００７９】

光学素子の光学材料として有機無機複合材料を用いると、有機成分と無機成分の種類と存在量比率に応じて、種々の光学特性（屈折率、波長分散性）が発現するようになる（得られる）。このことから、有機成分と無機成分を任意の比率で配合することで、種々の光学特性が得られるようになり、より少ない枚数すなわち低コスト・小型で諸収差を補正できる。

【００８０】

第２２の光学系は、第２１の光学系において、前記有機無機複合体は、ジルコニアのナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【００８１】

第２３の光学系は、第２１の光学系において、前記有機無機複合体は、ジルコニアとアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【００８２】

第２４の光学系は、第２１の光学系において、前記有機無機複合体は、ニオブ酸化物のナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【００８３】

第２５の光学系は、第２１の光学系において、前記有機無機複合体は、ジルコニウムアルコキシドの加水分解物とアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とするものである。

【００８４】

第２２～第２５の光学系において、上記構成をとる理由とその作用を説明する。これらの材料のナノ粒子は、無機成分の例示である。そして、このようなナノ粒子を有機成分のプラスチック中に所定の存在量比率で分散させることにより、種々の光学特性（屈折率、波長分散性）を発現させることができる。

【００８５】

第２６の電子機器は、第１～第２５の光学系と、その像側に配置された電子撮像素子とを備えていることを特徴とするものである。

【００８６】

以下、第２６の電子機器において上記構成をとる理由と作用を説明する。上記の光学系は、小型薄型で低コストの光学系である。よって、このような光学系を撮像光学系として電子機器に搭載すれば、これらの電子機器の小型薄型化・低コスト化を図ることができる。なお、電子機器としては、デジタルカメラ、ビデオカメラ、デジタルビデオユニット、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、携帯電話、情報携帯端末、電子内視鏡等がある。

【００８７】

第２７の電子機器は、第２６の電子機器において、前記光学系で形成された像の形状を電気的に補正する手段を備えていることを特徴とするものである。

【００８８】

以下、第２７の電子機器において上記構成をとる理由と作用を説明する。歪曲収差を光学系で良好に補正しようとすると、光学素子数が増え光学系が大型化する。そこで、光学系で補正し切れない歪曲収差を、電気的に補正する。このようにすることで、光学系をよりコンパクトにすることができるので好ましい。

【００８９】

第２８の電子機器は、第２７の電子機器において、前記補正は波長領域毎に異なるパラメータを用いることを特徴とするものである。

【００９０】

以下、第２８の電子機器において上記構成をとる理由と作用を説明する。光学系で倍率色収差を良好に補正しようとすると、光学素子数が増え光学系が大型化する。そこで、光学系で補正し切れない倍率色収差を、電気的に補正する。このようにすることで、光学系をよりコンパクトにすることができるので好ましい。

【００９１】

第２９の電子機器は、第１６～第２０の光学系と、その像側に配置された撮像素子とを備えている電子機器において、前記レンズは未使用時は電子機器内に収納されていることを特徴とするものである。

【００９２】

以下、第２９の電子機器において上記構成をとる理由と作用を説明する。レンズを着脱可能にする場合、未使用時に、そのレンズを電子機器内に収納可能にする。このようにすることにより、携帯時に何時もレンズを使用でき、また、レンズの紛失を防止することができる。

【発明の効果】

【００９３】

本発明によると、低コストの小型薄型光学系及びそれを用いた電子機器を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００９４】

以下に、本発明の光学系（撮像光学系）の実施例について、図面を用いて説明する。

【００９５】

各実施例の構成パラメータにおいては、例えば図２（ａ）にＹ－Ｚ断面図、図２（ｂ）にＸ－Ｙ断面図に示すように、順光線追跡で、軸上主光線１を、光学系の最も物体側の第１面（図２では、カバーガラスＣＧ１の第１面ＣＧ１ａ）に対して垂直に入射し、光学系の絞り２の中心を通り、像面３の中心に至る光線で定義する。そして、光学系の最も物体側の第１面（図２では、カバーガラスＣＧ１の第１面ＣＧ１ａ）と軸上主光線１とが交差する位置を、偏心光学系の偏心光学面の原点としている。また、軸上主光線１に沿う方向をＺ軸方向とし、物体から第１面に向かう方向をＺ軸正方向とする。また、絞り２より物体側で光軸（軸上主光線）１が折り曲げられる平面をＹ－Ｚ平面とし、原点を通りＹ－Ｚ平面に直交する方向をＸ軸方向とする。そして、図２（ａ）の紙面の表から裏へ向かう方向をＸ軸正方向とする。さらに、Ｘ軸、Ｚ軸と右手直交座標系を構成する軸をＹ軸とする。

【００９６】
後述の実施例１～１０は、自由曲面を有する２つの光学素子を含み、各実施例の物体側の光学素子の各回転非対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、各実施例の像側の光学素子の各回転非対称自由曲面の唯一の対称面を絞り２の中心を通りＸ－Ｙ面と平行な面としている。
【００９７】
偏心面については、光学系の原点からその面の面頂位置の偏心量（Ｘ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向のシフト量をそれぞれＸ，Ｙ，Ｚ）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記の（ａ）式のＺ軸）のＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれα，β，γ（°））とが与えられている。その場合、αとβの正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、γの正はＺ軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸のα，β，γの回転のさせ方は、面の中心軸とそのＸＹＺ直交座標系を、まずＸ軸の周りで反時計回りにα回転させ、次に、その回転した面の中心軸を新たな座標系のＹ軸の周りで反時計回りにβ回転させると共に、１度回転した座標系もＹ軸の周りで反時計回りにβ回転させ、次いで、その２度回転した面の中心軸を新たな座標系の新たな座標系のＺ軸の周りで時計回りにγ回転させるものである。
【００９８】
また、各実施例の光学系を構成する光学機能面（反射面、屈折面）の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には、面間隔が与えられており、その他、媒質の屈折率、アッベ数が慣用法に従って与えられている。
【００９９】
図２は、本発明の実施例１に係る光学系の配置と光路を示す光軸（軸上主光線）１に沿う断面図である。図２（ａ）は、物体中心から絞り２の中心に至る光軸（軸上主光線）１に沿うＹ－Ｚ断面図であり、後述の反射面２３以降の面はこの断面上にないため図示はしていない。図２（ｂ）は、絞り２の中心から像面３の中心に至る光軸（軸上主光線）１に沿う断面図であり、図２（ａ）におけるＡ－Ａ’断面図である。この断面図において、後述の入射面１１以前の面はこの断面上にないため、図示はしていない。
【０１００】
この実施例の光学系の横収差図を図１２、図１３に示す。図１２において、（ａ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ方向画角がゼロを通る主光線のＹ方向の横収差、（ｂ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ方向画角がゼロを通る主光線のＺ方向の横収差、（ｃ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＹ方向の横収差、（ｄ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＺ方向の横収差、（ｅ）はＸ正方向最大画角、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＹ方向の横収差、（ｆ）はＸ正方向最大画角、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＺ方向の横収差、（ｇ）はＸ正方向最大画角、Ｙ方向画角がゼロを通る主光線のＹ方向の横収差、（ｈ）はＸ正方向最大画角、Ｙ方向画角がゼロを通る主光線のＺ方向の横収差、（ｉ）はＸ正方向最大画角、Ｙ正方向最大画角を通る主光線のＹ方向の横収差、（ｊ）はＸ正方向最大画角、Ｙ正方向最大画角を通る主光線のＺ方向の横収差、図１３において、（ｋ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ正方向最大画角を通る主光線のＹ方向の横収差、（ｌ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ正方向最大画角を通る主光線のＺ方向の横収差、（ｍ）はＸ負方向最大画角、Ｙ正方向最大画角を通る主光線のＹ方向の横収差、（ｎ）はＸ負方向最大画角、Ｙ正方向最大画角を通る主光線のＺ方向の横収差、（ｏ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＹ方向の横収差、（ｐ）はＸ方向画角がゼロ、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＺ方向の横収差、（ｑ）はＸ負方向最大画角、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＹ方向の横収差、（ｒ）はＸ負方向最大画角、Ｙ負方向最大画角を通る主光線のＺ方向の横収差を示している。なお、ここでのＹ方向、Ｚ方向は光学系の原点を基準にしている。
【０１０１】
実施例１の光学系は、物体側から順に、カバーガラスＣＧ１と、前群の光学素子１０と、開口絞り２と、後群の光学素子２０と、カバーガラスＣＧ２とを有して構成されている

。図中、３は像面（撮像面）である。

【０１０２】

カバーガラスＣＧ１、ＣＧ２は、平行平板状に形成されている。

【０１０３】

光学素子１０は、光学機能面として、入射面１１、反射面１２及び射出面１３を有する。この光学素子１０は偏心プリズムである。入射面１１を経て入射した軸上主光線１は、反射面１２で内部反射され、射出面１４で屈折されて、光学素子１０の外に射出する。

【０１０４】

光学素子２０は、光学機能面として、入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４を有する。この光学素子２０も、偏心プリズムである。入射面２１を経て入射した軸上主光線１は、反射面２２で内部反射され、次いで反射面２３で内部反射される。続いて軸上主光線１は、射出面２４で屈折されて、光学素子２０の外に射出する。入射面２１から反射面２２に向かう軸上主光線１と、反射面２３から射出面２４に向かう軸上主光線１とは、光学素子２０内で交差している。すなわち、入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４は、軸上主光線１が交差するように、それぞれ配置されている。ここで、Ｚ軸の正方向から見たとき、軸上主光線１は、光学素子２０内で左回りに回転するように進む。

【０１０５】

光学素子１０の入射面１１、反射面１２及び射出面１３、光学素子２０の入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４は、何れも、自由曲面形状に形成されている。そして、これらの面は、回転非対称なパワーを有する。また、光学素子１０の入射面１１、反射面１２及び射出面１３は、Ｙ－Ｚ面内で偏心し、光学素子２０の入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４は、Ｘ－Ｙ面内で偏心している。

【０１０６】

この実施例の光学系において、遠方の物体の中心から出た軸上主光線１は、カバーガラスＣＧ１、光学素子１０、開口絞り２の中心、光学素子２０及びカバーガラスＣＧ２を経て、像面３中心に達してその物体の像を結像する。

【０１０７】

この実施例においては、ゴースト光やノイズ光の発生を防止する対策が施されている。具体的には、例えば、光学素子１０の射出面１３の有効領域以外の面部分に、黒色塗料等の遮光部材が施されている。また、開口絞り２の外側に、開口絞り２と一体に、光吸収部材を設けるようにしてもよい。このようにしても、ゴースト光やノイズ光の発生を防止することができる。

【０１０８】

ここで、実施例１の各光学機能面１１～１３、２１～２４を規定するために用いられる自由曲面の面の形状は、前記（ａ）式により定義される自由曲面であり、その定義式のＺ軸が自由曲面の軸となる。偏心光学系のパワーと焦点距離の定義については、例えば米国特許第６，１２４，９８９号（特開２０００－６６１０５号）の図１５に基づいて定義されるものである。なお、以上の自由曲面の面の形状、偏心光学系のパワーと焦点距離の定義については、以下の実施例においても同じである。

【０１０９】

この実施例の数値データは後記するが、その数値データ中、“ＦＦＳ”は自由曲面、“ＲＥ”は反射面を示している。また、屈折率、アッベ数はｄ線のものである。これらは、以下の実施例の数値データにおいて共通である。

【０１１０】

また、後記の数値データ中の偏心量は、全て第１面（図２では、カバーガラスＣＧ１の第１面ＣＧ１ａに設定された原点）を基準とした偏心量で示してある。以下の実施例においても同じである。

【０１１１】

また、本実施例では、波長領域毎に異なる補正パラメータを用いて、電気的に像形状を

補正するようにしている。これにより、非対称な像歪や色にじみを効果的に補正することができる。その結果、好ましい像形状・画質を得ることができる。

【０１１２】

図３は、本発明の実施例２に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１１３】

実施例２の光学系の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図１４、図１５に示す。

【０１１４】

光学系の構成は実施例１と同様であるので、詳細な説明は省く。この実施例の数値データは後記する。

【０１１５】

図４は、本発明の実施例３に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１１６】

実施例３の光学系の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図１６、図１７に示す。

【０１１７】

光学系の構成は実施例１と同様であるので、詳細な説明は省く。この実施例の数値データは後記する。

【０１１８】

図５は、本発明の実施例４に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１１９】

実施例４の光学系の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図１８、図１９に示す。

【０１２０】

実施例４の光学系は、物体側から順に、カバーガラスＣＧ１と、前群の光学素子１０と、開口絞り２と、後群の光学素子２０と、カバーガラスＣＧ２とを有して構成されている。図中、３は像面（撮像面）である。

【０１２１】

カバーガラスＣＧ１、ＣＧ２は、平行平板状に形成されている。

【０１２２】

光学素子１０は、光学機能面として、入射面１１、反射面１２及び射出面１３を有する。この光学素子１０は偏心プリズムである。入射面１１を経て入射した軸上主光線１は、反射面１２で内部反射され、射出面１４で屈折されて、光学素子１０の外に射出する。

【０１２３】

光学素子２０は、光学機能面として、入射面２１、反射面２２及び射出面２３を有する。この光学素子２０も、偏心プリズムである。入射面２１を経て入射した軸上主光線１は、反射面２２で内部反射され、射出面２３で屈折されて、光学素子２０の外に射出する。

【０１２４】

光学素子１０の入射面１１、反射面１２及び射出面１３、光学素子２０の入射面２１、反射面２２及び射出面２３は、何れも、自由曲面形状に形成されている。そして、これらの面は、回転非対称なパワーを有する。また、光学素子１０の入射面１１、反射面１２及び射出面１３は、Ｙ－Ｚ面内で偏心し、光学素子２０の入射面２１、反射面２２及び射出面２３は、Ｘ－Ｙ面内で偏心している。

【０１２５】

この実施例の光学系において、遠方の物体の中心から出た軸上主光線１は、カバーガラスＣＧ１、光学素子１０、開口絞り２の中心、光学素子２０及びカバーガラスＣＧ２を経て、像面３中心に達してその物体の像を結像する。

【０１２６】

また、本実施例では、波長領域毎に異なる補正パラメータを用いて、電気的に像形状を補正するようにしている。これにより、非対称な像歪や色にじみを効果的に補正すること

ができる。その結果、好ましい像形状・画質を得ることができる。

【０１２７】

この実施例の数値データは後記する。

【０１２８】

図６は、本発明の実施例５に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１２９】

実施例５の光学系の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図２０、図２１に示す。

【０１３０】

光学系の構成は実施例４と同様であるので、詳細な説明は省く。この実施例の数値データは後記する。

【０１３１】

図７は、本発明の実施例６に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１３２】

実施例６の光学系の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図２２、図２３に示す。

【０１３３】

実施例６の光学系は、物体側から順に、カバーガラスＣＧ１と、前群の光学素子１０と、開口絞り２と、後群の光学素子２０と、カバーガラスＣＧ２とを有して構成されている。図中、３は像面（撮像面）である。

【０１３４】

カバーガラスＣＧ１、ＣＧ２は、平行平板状に形成されている。

【０１３５】

光学素子１０は、光学機能面として、入射面１１、反射面１２、反射面１３及び射出面１４を有する。この光学素子１０は、偏心プリズムである。入射面１１を経て入射した軸上主光線１は、反射面１２で内部反射され、次いで反射面１３で内部反射される。続いて軸上主光線１は、射出面１４で屈折されて、光学素子１０の外に射出する。入射面１１から反射面１２に向かう軸上主光線１と、反射面１３から射出面１４に向かう軸上主光線１とは、光学素子１０内で交差している。すなわち、入射面１１、反射面１２、反射面１３及び射出面１４は、軸上主光線１が交差するように、それぞれ配置されている。ここで、Ｘ軸の正方向から見たとき、軸上主光線１は、光学素子１０内で左回りに回転するように進む。

【０１３６】

光学素子２０は、光学機能面として、入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４を有する。この光学素子２０も、偏心プリズムである。入射面２１を経て入射した軸上主光線１は、反射面２２で内部反射され、次いで反射面２３で内部反射され、射出面２４で屈折されて、光学素子２０の外に射出する。入射面２１から反射面２２に向かう軸上主光線１と、反射面２３から射出面２４に向かう軸上主光線１とは、光学素子２０内で交差している。すなわち、入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４は、軸上主光線１が交差するように、それぞれ配置されている。ここで、Ｚ軸の正方向から見たとき、軸上主光線１は、光学素子２０内で左回りに回転するように進む。

【０１３７】

光学素子１０の入射面１１、反射面１２、反射面１３及び射出面１４、光学素子２０の入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４は、何れも、自由曲面形状に形成されている。そして、これらの面は、回転非対称なパワーを有する。また、光学素子１０の入射面１１、反射面１２、反射面１３及び射出面１４は、Ｙ－Ｚ面内で偏心し、光学素子２０の入射面２１、反射面２２、反射面２３及び射出面２４は、Ｘ－Ｙ面内で偏心している。

【０１３８】

この実施例の光学系において、遠方の物体の中心から出た軸上主光線１は、カバーガラ

スＣＧ１、光学素子１０、開口絞り２の中心、光学素子２０及びカバーガラスＣＧ２を経て、像面３中心に達してその物体の像を結像する。

【０１３９】

また、本実施例では、波長領域毎に異なる補正パラメータを用いて、電気的に像形状を補正するようにしている。これにより、非対称な像歪や色にじみを効果的に補正することができる。その結果、好ましい像形状・画質を得ることができる。

【０１４０】

この実施例の数値データは後記する。

【０１４１】

図８は、本発明の実施例７に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１４２】

実施例７の光学系の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図２４、図２５に示す。

【０１４３】

光学系の構成は実施例４と同様であるので、詳細な説明は省く。この実施例の数値データは後記する。なお、この実施例７の光学素子１０の反射面１２のＸ方向（球欠方向）の曲率は０で、その面を示す係数にはＸに関する項がない。

【０１４４】

図９は、本発明の実施例８に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１４５】

実施例８の光学系の無限遠合焦時の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図２６、図２７に示す。また、至近合焦時の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図２８、図２９に示す。

【０１４６】

光学系の構成は実施例１と同様であるので、詳細な説明は省く。本実施例の光学系は、図９（ａ）の矢印方向に光学素子１０を移動することで合焦を行う。至近時には、光学素子１０が図９（ａ）の矢印方向下向きに移動して合焦する。この実施例の数値データは後記する。

【０１４７】

図１０は、本発明の実施例９に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１４８】

実施例９の光学系の無限遠合焦時の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図３０、図３１に示す。また、至近合焦時の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図３２、図３３に示す。

【０１４９】

光学系の構成は実施例１と同様であるので、詳細な説明は省く。本実施例の光学系は、図１０（ｂ）の矢印方向に光学素子２０を移動することで合焦を行う。至近時には、光学素子２０が図１０（ｂ）の矢印方向左上向きに移動して合焦する。この実施例の数値データは後記する。

【０１５０】

図１１は、本発明の実施例１０に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【０１５１】

実施例１０の光学系の無限遠合焦時の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図３４、図３５に示す。また、至近合焦時の図１２、図１３と同様の横収差図をそれぞれ図３６、図３７に示す。

【０１５２】

光学系の構成は実施例４と同様であるので、詳細な説明は省く。本実施例の光学系は、図１１（ａ）の矢印方向に光学素子１０を移動することで合焦を行う。至近時には、光学素子１０が図１１（ｂ）の矢印方向下向きに移動して合焦する。この実施例の数値データ

は後記する。

【０１５３】

以下に、実施例１～１０の数値データを示す。

【０１５４】

実施例１

入射瞳径　　：1.27mm
入射半画角[X]：26.6°
入射半画角[Y]：20.6°
焦点距離[X]　：4.1mm
焦点距離[Y]　：3.7mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5842	30.5
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5842	30.5
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]		偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]（ＲＥ）		偏心(9)	1.5256	56.4
10	ＦＦＳ[7]		偏心(10)		
11	∞		偏心(11)	1.5163	64.1
12	∞		偏心(12)		
像　面	∞		偏心(13)		

ＦＦＳ[1]

C_4 1.9752 ×10^{-2}　C_6 6.0861 ×10^{-2}　C_8 -2.1810 ×10^{-3}
C_{10} -3.5006 ×10^{-3}　C_{11} 5.1509 ×10^{-4}　C_{13} 6.6310 ×10^{-4}
C_{15} 1.5687 ×10^{-4}

ＦＦＳ[2]

C_4 1.7422 ×10^{-4}　C_6 2.7161 ×10^{-2}　C_8 -7.9263 ×10^{-4}
C_{10} 1.0776 ×10^{-3}　C_{11} -4.0118 ×10^{-5}　C_{13} -2.0162 ×10^{-4}
C_{15} -2.7664 ×10^{-5}

ＦＦＳ[3]

C_4 3.4298 ×10^{-3}　C_6 8.5707 ×10^{-3}　C_8 -1.2238 ×10^{-3}
C_{10} 7.7644 ×10^{-3}　C_{11} 9.7427 ×10^{-3}　C_{13} -2.1673 ×10^{-2}
C_{15} -1.4252 ×10^{-3}

ＦＦＳ[4]

C_4 -3.7853 ×10^{-2}　C_6 2.4726 ×10^{-1}　C_8 -2.8027 ×10^{-3}
C_{10} 3.6268 ×10^{-3}　C_{11} -7.9097 ×10^{-4}　C_{13} -2.3035 ×10^{-2}
C_{15} 1.8123 ×10^{-2}

ＦＦＳ[5]

C_4 2.0890 ×10^{-2}　C_6 3.0672 ×10^{-2}　C_8 -7.8752 ×10^{-4}
C_{10} 1.4443 ×10^{-5}　C_{11} -2.6216 ×10^{-5}　C_{13} 3.5995 ×10^{-5}
C_{15} 1.6708 ×10^{-5}

ＦＦＳ[6]

C_4 -1.7671 ×10^{-2}　C_6 -1.2102 ×10^{-2}　C_8 -1.6531 ×10^{-3}
C_{10} -8.4736 ×10^{-4}　C_{11} -1.6626 ×10^{-5}　C_{13} -8.7406 ×10^{-5}
C_{15} -4.4735 ×10^{-5}

FFS[7]

C_4	2.4963×10^{-2}	C_6	-1.0095×10^{-1}	C_8	-8.1546×10^{-3}
C_{10}	-5.5282×10^{-3}	C_{11}	-3.0733×10^{-3}	C_{13}	-5.8691×10^{-3}
C_{15}	1.9688×10^{-3}				

偏心(1)

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	0.00	Z	0.50
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(3)

X	0.00	Y	0.00	Z	0.70
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	0.00	Z	2.69
α	-45.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(5)

X	0.00	Y	3.80	Z	2.69
α	-90.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(6)

X	0.00	Y	4.28	Z	2.69
α	-90.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(7)

X	0.00	Y	4.50	Z	2.69
α	-90.00	β	0.00	γ	-90.00

偏心(8)

X	0.00	Y	11.61	Z	2.69
α	-90.00	β	18.33	γ	-90.00

偏心(9)

X	-2.78	Y	7.87	Z	2.69
α	-90.00	β	63.77	γ	-90.00

偏心(10)

X	3.09	Y	7.78	Z	2.69
α	90.00	β	88.00	γ	90.00

偏心(11)

X	3.61	Y	7.78	Z	2.69
α	0.00	β	-90.00	γ	0.00

偏心(12)

X	3.91	Y	7.78	Z	2.69
α	0.00	β	-90.00	γ	0.00

偏心(13)

X	4.53	Y	7.78	Z	2.69
α	0.00	β	-90.00	γ	0.00

。

【０１５５】

実施例２

入射瞳径　　：１.27mm
入射半画角[X]：26.6°
入射半画角[Y]：20.6°
焦点距離[X]　：４.1mm

焦点距離[Y] ： 3.6mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5842	30.5
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5842	30.5
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]		偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]（ＲＥ）		偏心(9)	1.5256	56.4
10	ＦＦＳ[7]		偏心(10)		
11	∞		偏心(11)	1.5163	64.1
12	∞		偏心(12)		
像　面	∞		偏心(13)		

ＦＦＳ[1]

C_4 2.1366×10^{-2} C_6 6.9035×10^{-2} C_8 3.0084×10^{-4}
C_{10} -4.6241×10^{-3} C_{11} 4.4574×10^{-4} C_{13} 7.3373×10^{-4}
C_{15} 4.2539×10^{-4}

ＦＦＳ[2]

C_4 9.2833×10^{-4} C_6 2.8526×10^{-2} C_8 -1.0384×10^{-3}
C_{10} 8.2126×10^{-4} C_{11} 2.7293×10^{-5} C_{13} -1.6379×10^{-4}
C_{15} -8.3839×10^{-5}

ＦＦＳ[3]

C_4 -9.2434×10^{-3} C_6 -4.5319×10^{-3} C_8 -9.8337×10^{-3}
C_{10} 7.2874×10^{-3} C_{11} 9.0652×10^{-3} C_{13} -1.8192×10^{-2}
C_{15} -1.7790×10^{-3}

ＦＦＳ[4]

C_4 -4.5834×10^{-2} C_6 2.2522×10^{-1} C_7 -9.8797×10^{-4}
C_8 -2.3361×10^{-3} C_9 9.2701×10^{-4} C_{10} 2.4411×10^{-3}
C_{11} -5.9122×10^{-4} C_{12} 1.7361×10^{-4} C_{13} -1.8242×10^{-2}
C_{14} 1.2584×10^{-5} C_{15} 1.6159×10^{-2}

ＦＦＳ[5]

C_4 2.0528×10^{-2} C_6 2.9875×10^{-2} C_7 -4.2166×10^{-5}
C_8 -6.9711×10^{-4} C_9 -9.8063×10^{-5} C_{10} -5.9507×10^{-5}
C_{11} -1.8875×10^{-5} C_{12} 6.7699×10^{-6} C_{13} 5.2455×10^{-5}
C_{14} -1.9258×10^{-5} C_{15} 2.3219×10^{-5}

ＦＦＳ[6]

C_4 -1.7756×10^{-2} C_6 -1.2013×10^{-2} C_7 4.8486×10^{-6}
C_8 -1.5375×10^{-3} C_9 9.5416×10^{-5} C_{10} -9.3881×10^{-4}
C_{11} -8.9675×10^{-6} C_{12} 1.2098×10^{-5} C_{13} -7.3535×10^{-5}
C_{14} -1.2286×10^{-5} C_{15} -4.8407×10^{-5}

ＦＦＳ[7]

C_4 3.7412×10^{-2} C_6 -8.6455×10^{-2} C_7 1.0895×10^{-3}
C_8 -1.0188×10^{-2} C_9 7.2058×10^{-3} C_{10} -6.2964×10^{-3}
C_{11} -4.8071×10^{-3} C_{12} 1.1183×10^{-3} C_{13} -8.2850×10^{-3}
C_{14} 6.4640×10^{-4} C_{15} -8.6390×10^{-4}

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00

α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(2)
X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(3)
X 0.00 Y 0.00 Z 0.70
α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(4)
X 0.00 Y 0.00 Z 2.71
α -45.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(5)
X 0.00 Y 4.15 Z 2.71
α -90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(6)
X 0.00 Y 4.69 Z 2.71
α -90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(7)
X 0.00 Y 4.91 Z 2.71
α -90.00 β 0.00 γ -90.00
偏心(8)
X 0.00 Y 12.16 Z 2.71
α -90.00 β 18.52 γ -90.00
偏心(9)
X -2.86 Y 8.37 Z 2.71
α -90.00 β 63.96 γ -90.00
偏心(10)
X 3.17 Y 8.28 Z 2.71
α 90.00 β 87.96 γ 90.00
偏心(11)
X 3.67 Y 8.27 Z 2.71
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(12)
X 3.97 Y 8.27 Z 2.71
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(13)
X 4.59 Y 8.27 Z 2.71
α 0.00 β -90.00 γ 0.00 。

【０１５６】

実施例３

入射瞳径 ： 1.27mm
入射半画角[X] ：26.6°
入射半画角[Y] ：20.6°
焦点距離[X] ： 4.1mm
焦点距離[Y] ： 3.5mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5842	30.5

4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）	偏心(4)	1.5842	30.5
5	ＦＦＳ[3]	偏心(5)		
6	∞（絞り面）	偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]	偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）	偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]（ＲＥ）	偏心(9)	1.5256	56.4
10	ＦＦＳ[7]	偏心(10)		
11	∞	偏心(11)	1.5163	64.1
12	∞	偏心(12)		
像　面	∞	偏心(13)		

ＦＦＳ[1]

C_4	2.1931×10^{-2}	C_6	6.8717×10^{-2}	C_7	3.4411×10^{-4}
C_8	3.5676×10^{-4}	C_9	-3.4811×10^{-4}	C_{10}	-4.7333×10^{-3}
C_{11}	5.0764×10^{-4}	C_{12}	1.3485×10^{-5}	C_{13}	7.0733×10^{-4}
C_{14}	-1.0676×10^{-4}	C_{15}	5.1878×10^{-4}		

ＦＦＳ[2]

C_4	8.6611×10^{-4}	C_6	2.8606×10^{-2}	C_7	9.2301×10^{-5}
C_8	-1.1912×10^{-3}	C_9	-1.4301×10^{-4}	C_{10}	7.7117×10^{-4}
C_{11}	1.7891×10^{-5}	C_{12}	-4.5229×10^{-5}	C_{13}	-1.5975×10^{-4}
C_{14}	-1.1805×10^{-5}	C_{15}	-9.8078×10^{-5}		

ＦＦＳ[3]

C_4	-1.1310×10^{-2}	C_6	-5.8669×10^{-3}	C_7	-1.4710×10^{-3}
C_8	-1.0938×10^{-2}	C_9	4.9805×10^{-3}	C_{10}	6.8942×10^{-3}
C_{11}	9.4849×10^{-3}	C_{12}	-2.1540×10^{-3}	C_{13}	-1.8442×10^{-2}
C_{14}	3.1132×10^{-4}	C_{15}	-2.3800×10^{-3}		

ＦＦＳ[4]

C_4	-4.5627×10^{-2}	C_6	2.2986×10^{-1}	C_7	-9.9037×10^{-4}
C_8	3.3507×10^{-3}	C_9	8.7221×10^{-4}	C_{10}	1.2509×10^{-3}
C_{11}	-9.1674×10^{-4}	C_{12}	-2.4042×10^{-4}	C_{13}	-1.8760×10^{-2}
C_{14}	2.4577×10^{-3}	C_{15}	1.7002×10^{-2}		

ＦＦＳ[5]

C_4	2.0922×10^{-2}	C_6	3.0345×10^{-2}	C_7	-7.3195×10^{-5}
C_8	-6.8327×10^{-4}	C_9	-8.8903×10^{-5}	C_{10}	-3.9062×10^{-5}
C_{11}	-4.6768×10^{-6}	C_{12}	1.0935×10^{-5}	C_{13}	5.7807×10^{-5}
C_{14}	-1.4105×10^{-5}	C_{15}	2.5929×10^{-5}		

ＦＦＳ[6]

C_4	-1.7231×10^{-2}	C_6	-1.1261×10^{-2}	C_7	-2.8473×10^{-5}
C_8	-1.6349×10^{-3}	C_9	1.3061×10^{-4}	C_{10}	-8.8022×10^{-4}
C_{11}	1.4363×10^{-5}	C_{12}	1.9348×10^{-5}	C_{13}	-8.2933×10^{-5}
C_{14}	-1.0730×10^{-5}	C_{15}	-4.3906×10^{-5}		

ＦＦＳ[7]

C_4	4.1312×10^{-2}	C_6	-7.9781×10^{-2}	C_7	1.6090×10^{-3}
C_8	-8.4367×10^{-3}	C_9	6.7578×10^{-3}	C_{10}	-4.5789×10^{-3}
C_{11}	-5.4262×10^{-3}	C_{12}	-1.2258×10^{-4}	C_{13}	-9.3727×10^{-3}
C_{14}	1.3003×10^{-3}	C_{15}	-2.2055×10^{-4}		

偏心(1)

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

X	0.00	Y	0.00	Z	0.50

α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(3)
X 0.00 Y 0.00 Z 0.70
α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(4)
X 0.00 Y 0.00 Z 2.70
α -45.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(5)
X 0.00 Y 4.16 Z 2.70
α -90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(6)
X 0.00 Y 4.67 Z 2.70
α -90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(7)
X 0.00 Y 4.89 Z 2.70
α -90.00 β 0.00 γ -90.00
偏心(8)
X 0.00 Y 12.18 Z 2.70
α -90.00 β 18.30 γ -90.00
偏心(9)
X -2.85 Y 8.34 Z 2.70
α -90.00 β 63.70 γ -90.00
偏心(10)
X 3.24 Y 8.26 Z 2.70
α 90.00 β 88.34 γ 90.00
偏心(11)
X 3.72 Y 8.25 Z 2.70
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(12)
X 4.02 Y 8.25 Z 2.70
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(13)
X 4.65 Y 8.25 Z 2.70
α 0.00 β -90.00 γ 0.00 。

【０１５７】

実施例４

入射瞳径 ： 1.27mm
入射半画角[X] ：26.6°
入射半画角[Y] ：20.6°
焦点距離[X] ： 4.1mm
焦点距離[Y] ： 4.4mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5256	56.4
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5256	56.4
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		

7	FFS[4]		偏心(7)	1.5256 56.4
8	FFS[5] (RE)		偏心(8)	1.5256 56.4
9	FFS[6]		偏心(9)	
10	∞		偏心(10)	1.5163 64.1
11	∞		偏心(11)	
像面	∞		偏心(12)	

FFS[1]

C_4 3.9616 ×10^{-2} C_6 -4.2054 ×10^{-2} C_8 1.3727 ×10^{-3}
C_{10} 6.4585 ×10^{-3} C_{11} -9.5394 ×10^{-4} C_{13} -5.3679 ×10^{-3}
C_{15} -4.4338 ×10^{-3}

FFS[2]

C_4 -3.3462 ×10^{-5} C_6 -9.0793 ×10^{-3} C_8 3.9190 ×10^{-4}
C_{10} 1.6208 ×10^{-4} C_{11} -3.4593 ×10^{-6} C_{13} -1.7121 ×10^{-5}
C_{15} -3.1413 ×10^{-5}

FFS[3]

C_4 3.3987 ×10^{-2} C_6 1.1125 ×10^{-1} C_8 9.4059 ×10^{-4}
C_{10} -3.4179 ×10^{-3} C_{11} -3.3500 ×10^{-3} C_{13} -7.0494 ×10^{-4}
C_{15} -2.1413 ×10^{-3}

FFS[4]

C_4 -7.4417 ×10^{-2} C_6 -5.8730 ×10^{-2} C_8 2.5042 ×10^{-3}
C_{10} -2.1917 ×10^{-2} C_{11} -4.9969 ×10^{-3} C_{13} -9.1821 ×10^{-3}
C_{15} 7.0674 ×10^{-4}

FFS[5]

C_4 3.6834 ×10^{-3} C_6 2.5557 ×10^{-2} C_8 1.0064 ×10^{-3}
C_{10} 1.3099 ×10^{-4} C_{11} -4.2399 ×10^{-4} C_{13} -9.6762 ×10^{-4}
C_{15} 4.3159 ×10^{-4}

FFS[6]

C_4 2.3016 ×10^{-2} C_6 5.3844 ×10^{-2} C_8 4.2404 ×10^{-3}
C_{10} 2.0380 ×10^{-2} C_{11} -6.8972 ×10^{-3} C_{13} -5.4397 ×10^{-3}
C_{15} 7.2070 ×10^{-3}

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.96
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 0.00 Z 3.82
α -45.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(5)

X 0.00 Y 2.39 Z 3.82
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(6)

X 0.00 Y 3.40 Z 3.82
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X 0.00 Y 3.60 Z 3.82

α -90.00 β 0.00 γ -90.00
偏心(8)
X 0.00 Y 5.35 Z 3.82
α -90.00 β -46.03 γ -90.00
偏心(9)
X 1.93 Y 5.41 Z 3.82
α 90.00 β -83.95 γ 90.00
偏心(10)
X 2.32 Y 5.41 Z 3.82
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(11)
X 2.62 Y 5.41 Z 3.82
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(12)
X 3.24 Y 5.41 Z 3.82
α 0.00 β -90.00 γ 0.00 。

【０１５８】

実施例５

入射瞳径 ： 1.27mm
入射半画角[X] ：26.6°
入射半画角[Y] ：20.6°
焦点距離[X] ： 4.0mm
焦点距離[Y] ： 4.3mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5256	56.4
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5256	56.4
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]		偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]		偏心(9)		
10	∞		偏心(10)	1.5163	64.1
11	∞		偏心(11)		
像 面	∞		偏心(12)		

ＦＦＳ[1]

C_4 4.2266 $\times 10^{-2}$ C_6 -4.4799 $\times 10^{-2}$ C_8 8.7203 $\times 10^{-4}$
C_{10} 7.0054 $\times 10^{-3}$ C_{11} -1.3889 $\times 10^{-3}$ C_{13} -7.2215 $\times 10^{-3}$
C_{15} -5.8584 $\times 10^{-3}$

ＦＦＳ[2]

C_4 3.0582 $\times 10^{-5}$ C_6 -8.6401 $\times 10^{-3}$ C_8 1.9951 $\times 10^{-4}$
C_{10} 1.7849 $\times 10^{-4}$ C_{11} -1.1989 $\times 10^{-5}$ C_{13} -5.6367 $\times 10^{-5}$
C_{15} -6.8646 $\times 10^{-5}$

ＦＦＳ[3]

C_4 3.7482 $\times 10^{-2}$ C_6 1.1994 $\times 10^{-1}$ C_8 4.4719 $\times 10^{-4}$
C_{10} -3.9973 $\times 10^{-3}$ C_{11} -3.2342 $\times 10^{-3}$ C_{13} 2.8310 $\times 10^{-4}$
C_{15} -2.0528 $\times 10^{-3}$

FFS[4]

C_4 -7.6534×10^{-2} C_6 -5.2456×10^{-2} C_8 2.7445×10^{-3}
C_{10} -2.2625×10^{-2} C_{11} -5.4339×10^{-3} C_{13} -8.8405×10^{-3}
C_{15} 5.1742×10^{-4}

FFS[5]

C_4 4.0645×10^{-3} C_6 2.6032×10^{-2} C_8 1.2188×10^{-3}
C_{10} 1.8484×10^{-4} C_{11} -5.6907×10^{-4} C_{13} -9.9903×10^{-4}
C_{15} 4.3353×10^{-4}

FFS[6]

C_4 2.1603×10^{-2} C_6 5.8156×10^{-2} C_8 6.0968×10^{-3}
C_{10} 2.2412×10^{-2} C_{11} -3.7661×10^{-3} C_{13} -3.0283×10^{-3}
C_{15} 8.1590×10^{-3}

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.94
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 0.00 Z 3.01
α -45.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(5)

X 0.00 Y 2.33 Z 3.01
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(6)

X 0.00 Y 3.28 Z 3.01
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X 0.00 Y 3.48 Z 3.01
α -90.00 β 0.00 γ -90.00

偏心(8)

X 0.00 Y 5.19 Z 3.01
α -90.00 β -46.10 γ -90.00

偏心(9)

X 1.89 Y 5.26 Z 3.01
α 90.00 β -83.63 γ 90.00

偏心(10)

X 2.29 Y 5.29 Z 3.01
α 0.00 β -90.00 γ 0.00

偏心(11)

X 2.59 Y 5.29 Z 3.01
α 0.00 β -90.00 γ 0.00

偏心(12)

X 3.21 Y 5.29 Z 3.01
α 0.00 β -90.00 γ 0.00

。

【0159】

実施例６

入射瞳径　　：１.27mm
入射半画角[X]：26.6°
入射半画角[Y]：20.6°
焦点距離[X]　：４.0mm
焦点距離[Y]　：４.0mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.6069	27.0
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.6069	27.0
5	ＦＦＳ[3]（ＲＥ）		偏心(5)	1.6069	27.0
6	ＦＦＳ[4]		偏心(6)		
7	∞（絞り面）		偏心(7)		
8	ＦＦＳ[5]		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]（ＲＥ）		偏心(9)	1.5256	56.4
10	ＦＦＳ[7]（ＲＥ）		偏心(10)	1.5256	56.4
11	ＦＦＳ[8]		偏心(11)		
12	∞		偏心(12)	1.5163	64.1
13	∞		偏心(13)		
像　面	∞		偏心(14)		

ＦＦＳ[1]

C_4 1.6091 $\times 10^{-2}$　C_6 1.7007 $\times 10^{-2}$　C_8 8.5578 $\times 10^{-5}$
C_{10} 5.6459 $\times 10^{-5}$　C_{11} 2.1816 $\times 10^{-5}$　C_{13} 2.9986 $\times 10^{-4}$
C_{15} -2.5255 $\times 10^{-4}$

ＦＦＳ[2]

C_4 1.2306 $\times 10^{-2}$　C_6 4.4210 $\times 10^{-2}$　C_8 -3.3468 $\times 10^{-4}$
C_{10} -2.3918 $\times 10^{-3}$　C_{11} 3.2048 $\times 10^{-5}$　C_{13} -2.0511 $\times 10^{-5}$
C_{15} 1.3173 $\times 10^{-4}$

ＦＦＳ[3]

C_4 -1.8468 $\times 10^{-2}$　C_6 1.7145 $\times 10^{-2}$　C_8 -1.9670 $\times 10^{-4}$
C_{10} -1.2147 $\times 10^{-3}$　C_{11} -1.0462 $\times 10^{-4}$　C_{13} -5.6839 $\times 10^{-4}$
C_{15} 2.3997 $\times 10^{-5}$

ＦＦＳ[4]

C_4 -4.6313 $\times 10^{-4}$　C_6 4.7743 $\times 10^{-3}$　C_8 -8.6361 $\times 10^{-4}$
C_{10} -2.6606 $\times 10^{-4}$

ＦＦＳ[5]

C_4 1.7539 $\times 10^{-2}$　C_6 2.4793 $\times 10^{-2}$　C_8 1.8102 $\times 10^{-4}$
C_{10} 3.3830 $\times 10^{-3}$　C_{11} -4.7712 $\times 10^{-5}$　C_{13} 7.9555 $\times 10^{-4}$
C_{15} -7.5888 $\times 10^{-4}$

ＦＦＳ[6]

C_4 -1.4471 $\times 10^{-2}$　C_6 -1.7526 $\times 10^{-2}$　C_8 -1.3089 $\times 10^{-4}$
C_{10} 4.3751 $\times 10^{-4}$　C_{11} -9.2316 $\times 10^{-6}$　C_{13} 3.4973 $\times 10^{-5}$
C_{15} -4.9484 $\times 10^{-5}$

ＦＦＳ[7]

C_4 1.5531 $\times 10^{-2}$　C_6 1.1525 $\times 10^{-2}$　C_8 -5.9797 $\times 10^{-4}$
C_{10} -1.4998 $\times 10^{-6}$　C_{11} 1.3856 $\times 10^{-6}$　C_{13} 3.5283 $\times 10^{-5}$
C_{15} -5.4624 $\times 10^{-5}$

ＦＦＳ[8]

C_4 4.9833 $\times 10^{-2}$ C_6 3.3573 $\times 10^{-2}$ C_8 -2.2342 $\times 10^{-3}$
C_{10} 1.1149 $\times 10^{-4}$ C_{11} 3.6664 $\times 10^{-4}$ C_{13} 2.0997 $\times 10^{-3}$
C_{15} -6.9195 $\times 10^{-4}$

偏心(1)
X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(2)
X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(3)
X 0.00 Y 0.00 Z 0.71
α 0.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(4)
X 0.00 Y 0.00 Z 6.31
α 28.01 β 0.00 γ 0.00
偏心(5)
X 0.00 Y -3.71 Z 3.81
α 73.01 β 0.00 γ 0.00
偏心(6)
X 0.00 Y 2.90 Z 3.81
α 90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(7)
X 0.00 Y 3.11 Z 3.81
α -90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(8)
X 0.00 Y 3.21 Z 3.81
α 90.00 β 0.00 γ 90.00
偏心(9)
X -0.00 Y 9.03 Z 3.81
α 90.00 β -21.10 γ 90.00
偏心(10)
X -2.93 Y 5.80 Z 3.81
α 90.00 β -66.19 γ 90.00
偏心(11)
X 2.31 Y 5.78 Z 3.81
α -90.00 β -89.56 γ -90.00
偏心(12)
X 5.01 Y 5.79 Z 3.81
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(13)
X 5.31 Y 5.79 Z 3.81
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(14)
X 5.94 Y 5.79 Z 3.81
α 0.00 β -90.00 γ 0.00 。

【０１６０】

実施例７
入射瞳径 ： 1.27mm
入射半画角[X] ：26.6°

入射半画角[Y] ：20.6°
焦点距離[X] ： 4.3mm
焦点距離[Y] ： 4.0mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5256	56.4
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5256	56.4
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]		偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]		偏心(9)		
10	∞		偏心(10)	1.5163	64.1
11	∞		偏心(11)		
像　面	∞		偏心(12)		

ＦＦＳ[1]

C_4 4.3629 ×10^{-2} C_6 -3.5958 ×10^{-2} C_8 1.2045 ×10^{-4}
C_{10} 5.4092 ×10^{-3} C_{11} -1.5101 ×10^{-3} C_{13} -7.0489 ×10^{-3}
C_{15} -5.3215 ×10^{-3}

ＦＦＳ[2]

C_6 -8.1441 ×10^{-3} C_{10} 2.2177 ×10^{-5} C_{15} -3.9365 ×10^{-5}

ＦＦＳ[3]

C_4 3.9640 ×10^{-2} C_6 1.1831 ×10^{-1} C_8 -1.9797 ×10^{-4}
C_{10} -4.5637 ×10^{-3} C_{11} -3.7810 ×10^{-3} C_{13} 2.4290 ×10^{-4}
C_{15} -2.2506 ×10^{-3}

ＦＦＳ[4]

C_4 -7.4882 ×10^{-2} C_6 -4.4540 ×10^{-2} C_8 2.5029 ×10^{-3}
C_{10} -2.3411 ×10^{-2} C_{11} -5.7378 ×10^{-3} C_{13} -8.7523 ×10^{-3}
C_{15} -1.4576 ×10^{-4}

ＦＦＳ[5]

C_4 4.2957 ×10^{-3} C_6 2.6698 ×10^{-2} C_8 1.1585 ×10^{-3}
C_{10} 1.9793 ×10^{-4} C_{11} -6.6443 ×10^{-4} C_{13} -9.6415 ×10^{-4}
C_{15} 4.2278 ×10^{-4}

ＦＦＳ[6]

C_4 1.1685 ×10^{-2} C_6 6.1242 ×10^{-2} C_8 6.5990 ×10^{-3}
C_{10} 2.3694 ×10^{-2} C_{11} -1.0188 ×10^{-3} C_{13} -2.2547 ×10^{-3}
C_{15} 7.7475 ×10^{-3}

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.89
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 0.00 Z 3.01

α -45.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(5)
X 0.00 Y 2.18 Z 3.01
α -90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(6)
X 0.00 Y 3.01 Z 3.01
α -90.00 β 0.00 γ 0.00
偏心(7)
X 0.00 Y 3.21 Z 3.01
α -90.00 β 0.00 γ -90.00
偏心(8)
X 0.00 Y 4.93 Z 3.01
α -90.00 β -46.16 γ -90.00
偏心(9)
X 1.90 Y 5.00 Z 3.01
α 90.00 β -83.35 γ 90.00
偏心(10)
X 2.30 Y 5.02 Z 3.01
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(11)
X 2.60 Y 5.02 Z 3.01
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(12)
X 3.22 Y 5.02 Z 3.01
α 0.00 β -90.00 γ 0.00 。

【０１６１】

実施例８

入射瞳径 ： 1.27mm
入射半画角[X] ：26.6°
入射半画角[Y] ：20.6°
焦点距離[X] ： 4.0mm
焦点距離[Y] ： 3.6mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5842	30.5
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5842	30.5
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]		偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]（ＲＥ）		偏心(9)	1.5256	56.4
10	ＦＦＳ[7]		偏心(10)		
11	∞		偏心(11)	1.5163	64.1
12	∞		偏心(12)		
像 面	∞		偏心(13)		

ＦＦＳ[1]

C_4 2.0546 $\times 10^{-2}$ C_6 6.0876 $\times 10^{-2}$ C_8 -1.6941 $\times 10^{-3}$

C_{10} -3.7164 $\times 10^{-3}$ C_{11} 5.8505 $\times 10^{-4}$ C_{13} 5.1260 $\times 10^{-4}$
C_{15} 2.7272 $\times 10^{-4}$

FFS[2]

C_4 2.3414 $\times 10^{-4}$ C_6 2.7979 $\times 10^{-2}$ C_8 -6.0094 $\times 10^{-4}$
C_{10} 9.5370 $\times 10^{-4}$ C_{11} -3.8800 $\times 10^{-5}$ C_{13} -1.6408 $\times 10^{-4}$
C_{15} -4.0821 $\times 10^{-5}$

FFS[3]

C_4 -1.0188 $\times 10^{-2}$ C_6 4.8395 $\times 10^{-3}$ C_8 -8.2611 $\times 10^{-4}$
C_{10} 6.8637 $\times 10^{-3}$ C_{11} 6.3207 $\times 10^{-3}$ C_{13} -1.9246 $\times 10^{-2}$
C_{15} -2.0395 $\times 10^{-3}$

FFS[4]

C_4 -4.0932 $\times 10^{-2}$ C_6 2.3444 $\times 10^{-1}$ C_8 -2.7353 $\times 10^{-3}$
C_{10} 3.3573 $\times 10^{-3}$ C_{11} -1.2551 $\times 10^{-3}$ C_{13} -1.9912 $\times 10^{-2}$
C_{15} 1.3156 $\times 10^{-2}$

FFS[5]

C_4 2.0899 $\times 10^{-2}$ C_6 3.0111 $\times 10^{-2}$ C_8 -8.0779 $\times 10^{-4}$
C_{10} 2.2131 $\times 10^{-5}$ C_{11} -3.9723 $\times 10^{-5}$ C_{13} 4.6809 $\times 10^{-5}$
C_{15} 1.8799 $\times 10^{-5}$

FFS[6]

C_4 -1.7704 $\times 10^{-2}$ C_6 -1.2732 $\times 10^{-2}$ C_8 -1.6848 $\times 10^{-3}$
C_{10} -8.4758 $\times 10^{-4}$ C_{11} -2.0887 $\times 10^{-5}$ C_{13} -8.1105 $\times 10^{-5}$
C_{15} -4.0256 $\times 10^{-5}$

FFS[7]

C_4 2.5400 $\times 10^{-2}$ C_6 -9.4522 $\times 10^{-2}$ C_8 -1.1009 $\times 10^{-2}$
C_{10} -7.0438 $\times 10^{-3}$ C_{11} -3.1848 $\times 10^{-3}$ C_{13} -7.4213 $\times 10^{-3}$
C_{15} 1.1954 $\times 10^{-3}$

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y (可変) Z 0.70
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y (可変) Z 2.69
α -45.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(5)

X 0.00 Y (可変) Z 2.69
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(6)

X 0.00 Y 4.53 Z 2.69
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X 0.00 Y 4.74 Z 2.69
α -90.00 β 0.00 γ -90.00

偏心(8)

X 0.00 Y 11.92 Z 2.69
α -90.00 β 18.46 γ -90.00

偏心(9)
X -2.82 Y 8.17 Z 2.69
α -90.00 β 63.92 γ -90.00
偏心(10)
X 3.15 Y 8.07 Z 2.69
α 90.00 β 87.84 γ 90.00
偏心(11)
X 3.65 Y 8.07 Z 2.69
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(12)
X 3.95 Y 8.07 Z 2.69
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(13)
X 4.58 Y 8.07 Z 2.69
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
（可変偏心量）

	無限遠	300mm
偏心(3) Y	0.00	-0.11
偏心(4) Y	0.00	-0.11
偏心(5) Y	4.06	3.96

。

【０１６２】

実施例９
入射瞳径 ： 1.27mm
入射半画角[X] ：26.6°
入射半画角[Y] ：20.6°
焦点距離[X] ： 3.8mm
焦点距離[Y] ： 3.8mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5842	30.5
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5842	30.5
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]		偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]（ＲＥ）		偏心(9)	1.5256	56.4
10	ＦＦＳ[7]		偏心(10)		
11	∞		偏心(11)	1.5163	64.1
12	∞		偏心(12)		
像 面	∞		偏心(13)		

ＦＦＳ[1]

C_4	2.7963×10^{-2}	C_6	3.3427×10^{-2}	C_8	-5.1888×10^{-4}
C_{10}	-3.8534×10^{-3}	C_{11}	8.9830×10^{-4}	C_{13}	2.2239×10^{-4}
C_{15}	-3.3038×10^{-4}				

ＦＦＳ[2]

C_4	3.4437×10^{-4}	C_6	2.4673×10^{-2}	C_8	-2.5128×10^{-4}
C_{10}	7.5584×10^{-4}	C_{11}	-2.9278×10^{-5}	C_{13}	-8.4864×10^{-5}

C_{15} -1.6528 $\times 10^{-5}$

FFS[3]

C_4 -6.8275 $\times 10^{-2}$ C_6 5.8499 $\times 10^{-2}$ C_8 -9.3924 $\times 10^{-4}$
C_{10} 7.6517 $\times 10^{-3}$ C_{11} -5.0871 $\times 10^{-3}$ C_{13} -4.5720 $\times 10^{-3}$
C_{15} -2.0754 $\times 10^{-4}$

FFS[4]

C_4 -4.5663 $\times 10^{-3}$ C_6 1.8783 $\times 10^{-1}$ C_8 -2.2943 $\times 10^{-3}$
C_{10} 6.8410 $\times 10^{-3}$ C_{11} -3.8661 $\times 10^{-4}$ C_{13} -1.6654 $\times 10^{-3}$
C_{15} 3.5034 $\times 10^{-3}$

FFS[5]

C_4 2.0397 $\times 10^{-2}$ C_6 3.1101 $\times 10^{-2}$ C_8 -7.8656 $\times 10^{-4}$
C_{10} 2.0294 $\times 10^{-4}$ C_{11} 4.2526 $\times 10^{-6}$ C_{13} 2.1295 $\times 10^{-5}$
C_{15} 3.1019 $\times 10^{-5}$

FFS[6]

C_4 -1.7760 $\times 10^{-2}$ C_6 -1.2882 $\times 10^{-2}$ C_8 -1.6580 $\times 10^{-3}$
C_{10} -6.1565 $\times 10^{-4}$ C_{11} -1.4850 $\times 10^{-6}$ C_{13} -1.0825 $\times 10^{-4}$
C_{15} -1.7420 $\times 10^{-5}$

FFS[7]

C_4 -1.1625 $\times 10^{-2}$ C_6 -8.6638 $\times 10^{-2}$ C_8 -1.0966 $\times 10^{-2}$
C_{10} -2.7272 $\times 10^{-3}$ C_{11} -2.0328 $\times 10^{-3}$ C_{13} -3.4369 $\times 10^{-3}$
C_{15} -1.3695 $\times 10^{-3}$

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.70
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 0.00 Z 2.80
α -45.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(5)

X 0.00 Y 3.41 Z 2.80
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(6)

X 0.00 Y 4.75 Z 2.80
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X (可変) Y (可変) Z 2.80
α -90.00 β 0.00 γ -90.00

偏心(8)

X (可変) Y (可変) Z 2.80
α -90.00 β 18.37 γ -90.00

偏心(9)

X (可変) Y (可変) Z 2.80
α -90.00 β 63.91 γ -90.00

偏心(10)

X (可変) Y (可変) Z 2.80

α 90.00 β 87.14 γ 90.00
偏心(11)
X 3.56 Y 8.12 Z 2.80
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(12)
X 3.86 Y 8.12 Z 2.80
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
偏心(13)
X 4.48 Y 8.12 Z 2.80
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
（可変偏心量）

物体距離	無限遠	100mm
偏心(7) X	0.00	-0.11
偏心(7) Y	4.97	5.26
偏心(8) X	0.00	-0.11
偏心(8) Y	11.87	12.16
偏心(9) X	-2.71	2.82
偏心(9) Y	8.24	8.53
偏心(10) X	2.98	2.87
偏心(10) Y	8.13	8.42

。

【０１６３】

実施例１０
入射瞳径 ： 1.27mm
入射半画角[X] ：26.6°
入射半画角[Y] ：20.6°
焦点距離[X] ： 3.9mm
焦点距離[Y] ： 4.3mm

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞		偏心(1)	1.4950	65.0
2	∞		偏心(2)		
3	ＦＦＳ[1]		偏心(3)	1.5256	56.4
4	ＦＦＳ[2]（ＲＥ）		偏心(4)	1.5256	56.4
5	ＦＦＳ[3]		偏心(5)		
6	∞（絞り面）		偏心(6)		
7	ＦＦＳ[4]		偏心(7)	1.5256	56.4
8	ＦＦＳ[5]（ＲＥ）		偏心(8)	1.5256	56.4
9	ＦＦＳ[6]		偏心(9)		
10	∞		偏心(10)	1.5163	64.1
11	∞		偏心(11)		
像 面	∞		偏心(12)		

ＦＦＳ[1]
C_4 4.4756 $\times 10^{-2}$ C_6 -3.9937 $\times 10^{-2}$ C_8 1.9063 $\times 10^{-3}$
C_{10} 9.4431 $\times 10^{-3}$ C_{11} -2.3508 $\times 10^{-3}$ C_{13} -9.4210 $\times 10^{-3}$
C_{15} -7.1779 $\times 10^{-3}$
ＦＦＳ[2]
C_4 3.9507 $\times 10^{-5}$ C_6 -1.0580 $\times 10^{-2}$ C_8 5.2588 $\times 10^{-4}$
C_{10} 2.3911 $\times 10^{-4}$ C_{11} -2.0456 $\times 10^{-5}$ C_{13} -5.9896 $\times 10^{-5}$
C_{15} -8.4142 $\times 10^{-5}$

FFS[3]

C_4 7.5781 $\times 10^{-2}$ C_6 1.2914 $\times 10^{-1}$ C_8 1.2875 $\times 10^{-3}$
C_{10} -5.0020 $\times 10^{-3}$ C_{11} -3.5006 $\times 10^{-3}$ C_{13} -4.4055 $\times 10^{-3}$
C_{15} -3.5110 $\times 10^{-3}$

FFS[4]

C_4 -4.9123 $\times 10^{-2}$ C_6 -1.6509 $\times 10^{-2}$ C_8 1.1555 $\times 10^{-3}$
C_{10} -2.2120 $\times 10^{-2}$ C_{11} -7.1237 $\times 10^{-3}$ C_{13} -1.7782 $\times 10^{-2}$
C_{15} -2.0575 $\times 10^{-3}$

FFS[5]

C_4 4.0778 $\times 10^{-3}$ C_6 2.3644 $\times 10^{-2}$ C_8 6.0815 $\times 10^{-4}$
C_{10} -1.8396 $\times 10^{-4}$ C_{11} -5.7542 $\times 10^{-4}$ C_{13} -1.1029 $\times 10^{-3}$
C_{15} 3.6481 $\times 10^{-4}$

FFS[6]

C_4 2.8735 $\times 10^{-2}$ C_6 2.1049 $\times 10^{-2}$ C_8 2.8137 $\times 10^{-3}$
C_{10} 1.9066 $\times 10^{-2}$ C_{11} -4.4282 $\times 10^{-3}$ C_{13} -7.5164 $\times 10^{-3}$
C_{15} 8.9010 $\times 10^{-4}$

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.50
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y （可変） Z 0.90
α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y （可変） Z 3.02
α -45.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(5)

X 0.00 Y （可変） Z 3.02
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(6)

X 0.00 Y 2.66 Z 3.02
α -90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X 0.00 Y 2.86 Z 3.02
α -90.00 β 0.00 γ -90.00

偏心(8)

X 0.00 Y 4.54 Z 3.02
α -90.00 β -46.11 γ -90.00

偏心(9)

X 1.98 Y 4.62 Z 3.02
α 90.00 β -84.31 γ 90.00

偏心(10)

X 2.30 Y 4.63 Z 3.02
α 0.00 β -90.00 γ 0.00

偏心(11)

X 2.60 Y 4.63 Z 3.02
α 0.00 β -90.00 γ 0.00

偏心(12)

X 3.22 Y 4.63 Z 3.02
α 0.00 β -90.00 γ 0.00
（可変偏心量）

物体距離	無限遠	300mm
偏心(3) Y	0.00	-0.07
偏心(4) Y	0.00	-0.07
偏心(5) Y	2.06	2.00

。

【０１６４】

次に、上記各実施例における条件式（１）～（４）の値を示す。

条件式	実施例１	実施例２	実施例３	実施例４	実施例５	実施例６	実施例７
（１）	－	－	－	-0.37	-0.39	－	-0.31
（２）	0.01	0.03	0.03	0.00	0.00	0.28	0.00
	0.68	0.69	0.69	0.14	0.16	-1.08	0.16
	1.46	1.48	1.53			0.83	
						1.35	
（３）	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.10	0.00
（４）	3	3	3	2	2	4	2

条件式	実施例８	実施例９	実施例10
（１）	－	－	-0.34
（２）	0.01	0.01	0.00
	0.69	0.66	0.17
	1.39	1.38	
（３）	0.00	0.00	0.00
（４）	3	3	2

。

【０１６５】

以上の実施例では、絞りの前後にそれぞれ１個の光学素子（偏心プリズム）を配置していたが、何れか一方あるいは両方に複数の光学素子（偏心プリズム）を配置してもよい。また、光学素子が偏心プリズムである場合、偏心プリズムとしては、図２～図１１に示したような、内部反射回数が１回又は２回の偏心プリズムに限定されない。例えば、内部反射回数が１回以上の種々の偏心プリズムを用いることができる。

【０１６６】

光学素子として利用できる偏心プリズムの例を、以下に示す。なお、何れも、順光線追跡を行った場合として説明する。すなわち、偏心プリズムＰは、遠方に位置する物体を、瞳１３１を経て像面１３６に結像するプリズムとして説明する。しかしながら、これらの偏心プリズムＰは、像面１３６側から光線が入射し、瞳１３１側に結像する偏心プリズムＰとしても使用することができる。

【０１６７】

図３８の場合は、偏心プリズムＰは第１面１３２、第２面１３３、第３面１３４、第４面１３５からなる。入射瞳１３１を通って入射した光は、第１面１３２で屈折して偏心プリズムＰに入射する。偏心プリズムＰに入射した光は、第２面１３３で内部反射し、第３面１３４でＺ字型の光路を形成するように内部反射する。更に、この光は、第４面１３５に入射して屈折されて、像面１３６に結像する。

【０１６８】

図３９の場合は、偏心プリズムＰは第１面１３２、第２面１３３、第３面１３４、第４面１３５からなる。入射瞳１３１を通って入射した光は、第１面１３２で屈折して偏心プリズムＰに入射する。偏心プリズムＰに入射した光は、第２面１３３で内部反射し、第３面１３４に入射して全反射し、第４面１３５に入射して内部反射する。更に、この光は、再び第３面１３４に入射して今度は屈折されて、像面１３６に結像する。

【０１６９】
図４０の場合は、偏心プリズムＰは第１面１３２、第２面１３３、第３面１３４、第４面１３５からなる。入射瞳１３１を通って入射した光は、第１面１３２で屈折して偏心プリズムＰに入射する。偏心プリズムＰに入射した光は、第２面１３３で内部反射し、第３面１３４に入射して内部反射し、第２面１３３に再度入射して内部反射する。更に、この光は、第４面１３５に入射して屈折されて、像面１３６に結像する。
【０１７０】
図４１の場合は、偏心プリズムＰは第１面１３２、第２面１３３、第３面１３４、第４面１３５からなる。入射瞳１３１を通って入射した光は、第１面１３２で屈折して偏心プリズムＰに入射する。偏心プリズムＰに入射した光は、第２面１３３で内部反射し、第３面１３４に入射して内部反射する。続いて、この光は、第２面１３３に再度入射して内部反射し、第４面１３５に入射して内部反射する。更に、この光は、第２面１３３に再度入射して今度は屈折されて、像面１３６に結像する。
【０１７１】
図４２の場合は、偏心プリズムＰは第１面１３２、第２面１３３、第３面１３４からなる。入射瞳１３１を通って入射した光は、第１面１３２で屈折して偏心プリズムＰに入射する。偏心プリズムＰに入射した光は、第２面１３３で内部反射し、再び第１面１３２に入射して今度は全反射する。続いて、この光は、第３面１３４で内部反射し、三たび第１面１３２に入射して全反射する。更に、この光は、第３面１３４に再度入射して今度は屈折されて、像面１３６に結像する。
【０１７２】
図４３の場合は、偏心プリズムＰは第１面１３２、第２面１３３、第３面１３４からなる。入射瞳１３１を通って入射した光は、第１面１３２で屈折して偏心プリズムＰに入射する。偏心プリズムＰに入射した光は、第２面１３３で内部反射し、再び第１面１３２に入射して今度は全反射する。続いて、この光は、第３面１３４で内部反射し、三たび第１面１３２に入射して全反射する。更に、この光は、再び第３面１３４に入射して内部反射し、四たび第１面１３２に入射して今度は屈折されて、像面１３６に結像する。
【０１７３】
さらには、後記の図４４の偏心プリズム２０のように、第１面２１乃至第４面２４からなり、プリズム内で３回の反射をするものであってもよい。あるいは、後記の図４５の偏心プリズム２０のように、第１面２１乃至第３面２３からなり、その第２面２２が全反射面と射出面を兼用するプリズム内で２回の反射をするものであってもよい。あるいは、後記の図４６の偏心プリズム２０のように、第１面２１乃至第３面２３からなり、その第１面２１が入射面と全反射面を兼用し、プリズム内で２回の反射をするものであってもよい。これらを、前群の光学素子（偏心プリズム）あるいは、後群の光学素子（偏心プリズム）として用いるようにすることもできる。
【０１７４】
以下の図４４～図４７に、前記実施例１～１０の場合とは異なる光学素子（偏心プリズム）の組み合わせの本発明の光学系の例を示す。ただし、数値データは省く。また、偏心プリズムを、単にプリズムと記載する。なお、図４４～図４７の構成では、本来は、絞り２より物体側のプリズムに対して絞り２より像側のプリズムは、軸上主光線１の周りで略９０°回転して配置されるが、分かりやすくするために、その回転を行っていない状態で図示してある。
【０１７５】
図４４の場合は、プリズム１０は図７の場合と同じである。また、プリズム２０は、光学機能面として、第１面２１乃至第４面２４を有する。その第１面２１は、入射面と第２反射面を兼用する兼用面、第２面２２は第１反射面、第３面２３は第３反射面、第４面２４は射出面である。プリズム１０及び絞り２を経た光は、入射面２１を透過し、第１反射面２２で反射され、今度は第１面２１で全反射される。続いて、この光は、第３反射面２３で内面反射され、射出面２４を透過して像面３上に結像する。このプリズム２０におい

ては、プリズム中で、光線はM字型の光路を形成するように内部反射する。

【０１７６】

図４５の場合は、プリズム１０は図２の場合と同じである。また、プリズム２０は、光学機能面として、第１面２１乃至第３面２３を有する。その第１面２１は入射面、第２面２２は第１反射面と射出面を兼用する兼用面、第３面２３は第２反射面である。プリズム１０及び絞り２を経た光線は、入射面２１を透過し、第１反射面２２で全反射され、第２反射面２３で内面反射され、今度は第２面２２を透過して像面３上に結像する。

【０１７７】

図４６の場合は、プリズム１０は図２の場合と同じである。また、プリズム２０は、光学機能面として、第１面２１乃至第３面２３を有する。その第１面２１は入射面と第２反射面を兼用する兼用面、第２面２２は第１反射面、第３面２３は射出面である。前群のプリズム１０及び絞り２を経た光線は、入射面２１を透過し、第１反射面２２で反射され、今度は第１面２１で全反射され、射出面２３を透過して像面３上に結像する。

【０１７８】

図４７は、本発明の光学系を構成する場合を示す図である。図４７では、絞り２より前側に１つのプリズム１０を、絞り２より後側に２つのプリズム２０、２０’を配置している。何れのプリズム１０、２０、２０’も、プリズム内で１回の反射をするプリズムである。

【０１７９】

また、実施例１～１０では光学素子の材料として樹脂材料を用いているが、代わりに有機無機複合材料を用いてもよい。本発明で利用可能な有機無機複合体について説明する。

【０１８０】

有機無機複合体は、有機成分と無機成分とが分子レベル、若しくはナノスケールで混合複合化されたものである。その形態は、(1) 有機骨格からなる高分子マトリックスと無機骨格からなるマトリックスが相互に絡み合い、互いのマトリックスへ貫入された構造のもの、(2) 有機骨格からなる高分子マトリックス中に、ナノスケールの光の波長より十分小さな無機微粒子（いわゆるナノ粒子）が均一分散したもの、及び、(3) これらの複合構造になったものがある。有機成分と無機成分との間には、水素結合や分散力、クーロン力等の分子間力や、共有結合、イオン結合、π電子雲の相互作用による引力等、何らかの相互作用が働いている。有機無機複合体では、前述のように有機成分と無機成分が分子レベル、若しくは光の波長より小さなスケール領域で混合されている。このため、光の散乱に対する影響がほとんどなくなっており、透明体が得られる。また、マックスウェル方程式からも導かれるように、有機成分、無機成分それぞれの光学特性を反映した材料となる。よって、有機成分、無機成分の種類と存在量比率に応じて、種々の光学特性（屈折率、波長分散性）を発現するようになる。このことから、 有機成分と無機成分を任意の比率で配合することで、 種々の光学特性が得られるようになる。

【０１８１】

以下の表１は、アクリレート樹脂（紫外線硬化型）とジルコニア（ZrO_2）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。表２は、アクリレート樹脂とジルコニア（ZrO_2）／アルミナ（Al_2O_3）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。表３は、アクリレート系樹脂とニオブ酸化物（Nb_2O_5）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。表４は、アクリレート樹脂とジルコニウムアルコキシドとアルミナ（Al_2O_3）ナノ粒子の有機無機複合体の組成例を示す。

【０１８２】

表１

ジルコニア含有量	n_d	ν_d	n_C	n_F	n_g	備考

0	1.49236	57.85664	1.48981	1.49832	1.50309	アクリル100 %
0.1	1.579526	54.85037	1.57579	1.586355	1.59311	
0.2	1.662128	53.223	1.657315	1.669756	1.678308	
0.3	1.740814	52.27971	1.735014	1.749184	1.759385	
0.4	1.816094	51.71726	1.809379	1.825159	1.836887	
0.5	1.888376	51.3837	1.880807	1.898096	1.911249	

。

【０１８３】

表２

Al_2O_3存在率	ZrO_2存在率	n_d	ν_d	n_C	n_F	n_g	備考
0.1	0.4	1.831515	53.56672	1.824851	1.840374	1.851956	アクリレート50%
0.2	0.3	1.772832	56.58516	1.767125	1.780783	1.790701	
0.3	0.2	1.712138	60.97687	1.707449	1.719127	1.727275	
0.4	0.1	1.649213	67.85669	1.645609	1.655177	1.661429	
0.2	0.2	1.695632	58.32581	1.690903	1.702829	1.774891	

。

【０１８４】

表３

Nb_2O_5含有量	Al_2O_3含有量	n_d	ν_d	n_C	n_F	n_g
0.1	0	1.589861	29.55772	1.584508	1.604464	1.617565
0.2	0	1.681719	22.6091	1.673857	1.70401	1.724457
0.3	0	1.768813	19.52321	1.758673	1.798053	1.8251
0.4	0	1.851815	17.80818	1.839583	1.887415	1.920475
0.5	0	1.931253	16.73291	1.91708	1.972734	2.011334

。

【０１８５】

表４

Al_2O_3(膜)含有量	ジルコニアアルコキシド	n_d	ν_d	n_C	n_F
0	0.3	1.533113	58.39837	1.530205	1.539334
0.1	0.27	1.54737	62.10192	1.544525	1.553339
0.2	0.24	1.561498	66.01481	1.558713	1.567219
0.3	0.21	1.575498	70.15415	1.572774	1.580977
0.4	0.18	1.589376	74.53905	1.586709	1.594616

。

【０１８６】

さて、以上のような本発明の光学系を備えた電子機器について説明する。この電子機器には、撮影ユニットが用いられている。この撮影ユニットでは、上記光学系で物体像を形成し、その像をＣＣＤや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影が行われる。この撮像ユニットは、小型の撮像素子を用いた光学装置、例えば内視鏡のの撮像光学系としても用いることができる。また、この撮像ユニットは、物体像を接眼レンズを通して観察する観察装置、とりわけカメラの撮像光学系として用いることができる。

【０１８７】

そして、電子機器には、デジタルカメラやビデオカメラ、デジタルビデオユニット、情報処理装置の例であるパーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話、情報携帯端末、電子内視鏡等がある。以下に、その実施形態を例示する。

【０１８８】

図４８～図５０は、電子カメラの撮影用対物光学系に、本発明の光学系を組み込んだ構成の概念図を示す。図４８は電子カメラ４０の外観を示す前方斜視図、図４９は同後方斜視図、図５０は電子カメラ４０の構成を示す断面図である。

【０１８９】

電子カメラ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。このような構成において、使用者が、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用対物光学系４８を通して撮影が行われる。

【０１９０】

撮影用光路４２上には、撮影用対物光学系４８が配置されている。この撮影用対物光学系４８は、カバーガラスＣＧ１、前群のプリズム１０、開口絞り２、後群のプリズム２０からなる。ここでは、カバーガラスＣＧ１あるいは第１プリズム１０から第２プリズム２０までの光学系に、本発明による光学系を用いている。撮影用対物光学系４８によって形成された物体像は、図示しないローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルターを介して、ＣＣＤ４９の撮像面上に形成される。このＣＣＤ４９で受光された物体像は、処理手段５２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５２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５２と別体に設けらてもよいし、フロッピー（登録商標）ディスク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。また、ＣＣＤ４９に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【０１９１】

さらに、ファインダー用光路４４上には、カバー部材５４を介して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によって結像面６７上に形成された物体像は、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。なお、視野枠５７は、ポロプリズム５５の第１反射面５６と第２反射面５８との間を分離し、その間に配置されている。このポリプリズム５５の後方には、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。

【０１９２】

このように構成されたカメラ４０は、撮影用対物光学系４８を少ない光学部材で小型薄型に構成できる。そのため、カメラ自身も小型薄型できると共に、カメラ内部での配置の自由度が増し、設計上有利となる。

【０１９３】

次に、図５１は、電子カメラ４０の撮影部の対物光学系４８に、本発明の光学系を組み込んだ別の構成の概念図を示す。この場合は、撮影用光路４２上に配置された撮影用対物光学系４８に、カバーガラスＣＧ１、前群のプリズム１０、開口絞り２、後群のプリズム２０からなる本発明による光学系を用いている。

【０１９４】

この撮影用対物光学系４８により形成された物体像は、図示しないローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルターを介して、ＣＣＤ４９の撮像面上に形成される。このＣＣＤ４９で受光された物体像は、処理手段５２を介し、液晶表示素子（ＬＣＤ）６０上に電子像として表示される。また、この処理手段５２は、記録手段６１の制御も行う。なお、記録手段６１は、ＣＣＤ４９で撮影された物体像を電子情報として記録するためのものである。ＬＣＤ６０に表示された画像は、接眼光学系５９を介して観察者眼球Ｅに導かれる。

【０１９５】

この接眼光学系５９は偏心プリズムからなり、この例では、入射面６２と、反射面６３と、反射と屈折の兼用面６４の３面から構成されている。また、２つの反射作用を持った面６３、６４のうち、少なくとも一方の面、望ましくは両方の面が、光束にパワーを与え、かつ、偏心収差を補正する唯一の対称面を持つ面対称自由曲面にて構成されている。また、この撮影用対物光学系４８は他のレンズ（正レンズ、負レンズ）をプリズム１０、２０の物体側、プリズム間あるいは像側にその構成要素として含んでいてもよい。

【０１９６】

このように構成されたカメラ４０は、撮影用対物光学系４８を少ない光学部材で小型薄型に構成できる。そのため、カメラ自身も小型薄型できると共に、カメラ内部での配置の自由度が増し、設計上有利となる。

【０１９７】

次に、図５２～図５４は、情報処理装置の一例であるパソコンに、本発明の光学系を内蔵した構成を示す概念図である。

【０１９８】

図５２はパソコン３００のカバーを開いた前方斜視図、図５３はパソコン３００の撮影光学系３０３の側面図、図５４は図５２の状態の側面図である。図５２～図５４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。

【０１９９】

ここで、キーボード３０１は、外部から繰作者が情報を入力するためのものである。また、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。また、モニター３０２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や、ＣＲＴディスプレイ等であってよい。また、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。なお、撮影光学系３０３は、図中、モニター３０２の右上に内蔵されているが、その場所に限られない。撮影光学系３０３は、例えば、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もよい。

【０２００】

この撮影光学系３０３は、撮影光路３０４上に、本発明の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。撮像素子チップ１６２で受光された物体像は、端子を介してパソコン３００の処理手段に入力され、電子画像としてモニター３０２に表示される、図５２には、その一例として、操作者の撮影された画像３０５が示されている。また、この画像３０５は、処理手段を経て外部に送信可能となる。よって、インターネットや電話を介して、遠隔地にいる通信相手に送信できる。これにより、通信相手のパソコンに、画像３０５を表示させることも可能である。

【０２０１】

次に、情報処理装置の他の例として電話、特に、その中でも持ち運びに便利な携帯電話に本発明の光学系を内蔵した例を図２９に示す。

【０２０２】

図５５（ａ）は携帯電話４００の正面図、図５５（ｂ）は側面図、図５５（ｃ）は撮影光学系４０５の断面図である。図５５（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、入力ダイアル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（図示せず）とを有している。

【０２０３】

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。入力ダイアル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影像や、電話番号等の情報を表示するためのものである。また、モニター４０４は液晶表示素子である。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。処理手段は、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行うためのものである。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。

【０２０４】

この撮影光学系４０５は、本発明の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。ここで、対物光学系１００は本発明の光学系が用いられており、撮影光路４０７上に配置されている。これらは、携帯電話４００に内蔵されている。撮像素子チップ１６２で受光された物体像は、端子を介して図示していない処理手段に入力され、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、通信相手に画像を送信する場合、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信号処理機能が処理手段には含まれている。

【０２０５】

次に、図５６は、電子内視鏡の観察系の対物光学系８２に、本発明による光学系を組み込んだ構成の概念図を示す。

【０２０６】

この電子内視鏡は、図５６（ａ）に示すように、電子内視鏡７１と、照明光を供給する光源装置７２と、ビデオプロセッサ７３と、モニター７４と、ＶＴＲデッキ７５、及び、ビデオディスク７６と、ビデオプリンタ７７と、頭部装着型画像表示装置（ＨＭＤ）７８と共に構成されている。ここで、ビデオプロセッサ７３は、電子内視鏡７１に対応する信号処理を行うためのものである。モニター７４は、ビデオプロセッサ７３から出力される映像信号を表示するためのものである。ＶＴＲデッキ７５及びビデオディスク７６は、ビデオブロセッサ７３と接続され、映像信号等を記録するためのものである。ビデオプリン

タ７７は、映像信号を映像としてプリントアウトするためのものである。

【０２０７】

電子内視鏡７１の挿入部７９の先端部８０と、その接眼部８１は、図５６（ｂ）に示すように構成されている。光源装置７２から照明された光束は、ライトガイドファイバー束８８を通って照明用対物光学系８９により、観察部位を照明する。そして、この観察部位からの光が、カバーガラスＣＧ１を介して、本発明の光学系からなる観察用対物光学系８２によって物体像として形成される。この物体像は、図示しないローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルターを介してＣＣＤ８４の撮像面上に形成される。さらに、この物体像は、ＣＣＤ８４によって映像信号に変換され、その映像信号は、図５６（ａ）に示すビデオプロセッサ７３により、モニター７４上に直接表示される。

【０２０８】

また、映像信号は、ＶＴＲデッキ７５、ビデオディスク７６中に記録される。あるいは、映像として、ビデオプリンタ７７からプリントアウトされる。また、映像信号はＨＭＤ７８の画像表示素子に表示され、ＨＭＤ７８の装着者に表示される。また、同時に、ＣＣＤ８４によって変換された映像信号は、接眼部８１の液晶表示素子（ＬＣＤ）８６上に電子像として表示される。そして、その表示像は接眼光学系８７を経て観察者眼球Ｅに導かれる。

【０２０９】

このように構成された内視鏡は、少ない光学部材で構成でき、高性能・低コスト化が実現できる。

【０２１０】

また、本発明の光学系は投影光学系としても用いることができる。図５７に、パソコン９０と液晶プロジェクタ９１とを組み合わせたプレゼンテーションシステムの概念図を示す。この図５７において、液晶プロジェクタ９１の投影光学系９６に、本発明による光学系を用いられている。この例の場合は、投影光学系９６に、第１プリズム１０、開口絞り２、第２プリズム２０からなる本発明による光学系を用いている。なお、図５７では、本来は、絞り２より液晶パネル（ＬＣＰ）９３側のプリズム１０に対して絞り２より投影側のプリズム２０は、軸上主光線１の周りで略９０°回転して配置されるが、分かりやすくするために、その回転を行っていない状態で図示してある。したがって、本来は、スクリーン９７は図の面の前方あるいは背後に略平行に配置されることになる。

【０２１１】

図５７において、パソコン９０上で作成された画像・原稿データは、モニター出力から分岐して液晶プロジェクタ９１の処理制御部９８に出力される。液晶プロジェクタ９１の処理制御部９８では、この入力されたデータが処理され、液晶パネル（ＬＣＰ）９３に出力される。液晶パネル９３では、この入力画像データに応じた画像が表示される。そして、光源９２からの光は、液晶パネル９３に表示した画像の階調によってその透過量が決定された後、液晶パネル９３直前に配置したフィールドレンズ９５と、本発明の光学系を構成する第１プリズム１０、開口絞り２及び第２プリズム２０と、正レンズのカバーレンズ９４とからなる投影光学系９６を介してスクリーン９７に投影される。

【０２１２】

このように構成されたプロジェクタは、少ない光学部材で構成でき、高性能・低コスト化が実現できると共に、小型化が可能である。

【０２１３】

以上の本発明の光学系及びそれを用いた電子機器は、例えば次のように構成することができる。

【０２１４】

〔１〕　絞りと、光軸から傾いた少なくとも２面の反射面と、少なくとも１面の回転非対称な非球面屈折面と、撮像素子とを少なくとも有する光学系において、

物体中心から絞り中心を通り像中心に至る光線を軸上主光線とし、光学系内の全ての光軸から傾いた反射面について、各々の反射面への入射側軸上主光線と反射側軸上主光線と

によって規定される平面を各々の反射面の基準面としたとき、
少なくとも何れか２面の前記反射面が回転非対称な非球面形状を有し、かつ、前記反射面の一方の反射面の基準面と他方の反射面の基準面とが任意の角度で交差し、
前記回転非対称な非球面屈折面の中の最も物体側の屈折面を物体側屈折面とし、前記物体側屈折面と前記反射面の中の最も物体側の反射面の基準面との交線を物体側屈折面交線とすると、前記物体側屈折面が、下記の条件式を満たすことを特徴とする光学系。
【０２１５】
－３＜１／（Ｒｔ１ｙ・Ｐ２ｙ）＜０　・・・（１）
ただし、Ｒｔ１ｙ：前記物体側屈折面における前記物体側屈折面交線方向の曲率半径、
Ｐ２ｙ：前記物体側屈折面交線方向の全系のパワー、
である。
【０２１６】
〔２〕 前記一方の反射面は前記絞りより物体側に配置され、前記他方の反射面は前記絞りより像側に配置されていることを特徴とする上記１記載の光学系。
【０２１７】
〔３〕 前記反射面とその基準面との交線を各々の反射面の交線とするとき、前記反射面の中の回転非対称な非球面形状を有する全ての反射面が、下記の条件式を満たすことを特徴とする上記１又は２記載の光学系。
【０２１８】
－５＜Ｒｒｙ／Ｒｒｘ＜５　・・・（２）
ただし、Ｒｒｙ：各反射面の交線方向の曲率半径、
Ｒｒｘ：各反射面の交線方向と垂直方向の曲率半径、
である。
【０２１９】
〔４〕 前記最も物体側の反射面が回転非対称な非球面形状を有し、前記最も物体側に配置された反射面が、下記の条件式を満たすことを特徴とする上記１から３の何れか１項記載の光学系。
【０２２０】
－０．５＜１／（Ｒｒ１ｘ・Ｐ１ｙ）＜０．５　・・・（３）
ただし、Ｒｒ１ｘ：前記最も物体側に配置された反射面の交線方向と垂直方向の曲率半径、
Ｐ１ｙ：前記最も物体側に配置された反射面の交線方向の全系のパワー、
である。
【０２２１】
〔５〕 全ての反射面及び屈折面が回転非対称な非球面形状を有することを特徴とする上記１から４の何れか１項記載の光学系。
【０２２２】
〔６〕 前記絞りより物体側に配置された少なくとも１つの光学素子が、少なくとも１面の反射面と少なくとも２面の屈折面とを有するものであることを特徴とする上記１から５の何れか１項記載の光学系。
【０２２３】
〔７〕 前記絞りより像側に配置された少なくとも１つの光学素子が、少なくとも１面の反射面と少なくとも２面の屈折面とを有するものであることを特徴とする上記１から６の何れか１項記載の光学系。
【０２２４】
〔８〕 少なくとも１つの前記光学素子が移動することによって合焦を行うことを特徴とする上記６又は７記載の光学系。
【０２２５】
〔９〕 少なくとも前記撮像素子が移動することによって合焦を行うことを特徴とする上記１から８の何れか１項記載の光学系。

【０２２６】
〔１０〕　前記絞りが前記撮像素子の撮像面と略垂直に配置されることを特徴とする上記１から９の何れか１項記載の光学系。
【０２２７】
〔１１〕　前記撮像素子の撮像面の法線ベクトルが、光学系の入射光線ベクトルと略垂直であることを特徴とする上記１から１０の何れか１項記載の光学系。
【０２２８】
〔１２〕　前記反射面の中、最も物体側に配置された物体側反射面と、その物体側反射面の基準面との交線上で反射した光線束が、前記撮像素子の略短辺方向に結像し、前記反射面の中、最も像側に配置された像側反射面と、その像側反射面の基準面との交線上で反射した光線束が、前記撮像素子の略長辺方向に結像するように配置されていることを特徴とする上記１から１１の何れか１項記載の光学系。
【０２２９】
〔１３〕　全反射回数が以下の条件式を満たすことを特徴とする上記１から１２の何れか１項記載の光学系。
【０２３０】
$$2 \leqq R_{all} \leqq 4 \qquad \cdots (4)$$
ただし、R_{all}：全反射回数、
である。
【０２３１】
〔１４〕　前記反射面間に遮光部材を有することを特徴とする上記１から１３の何れか１項記載の光学系。
【０２３２】
〔１５〕　前記遮光部材が前記絞りと一体に形成されていることを特徴とする上記１４記載の光学系。
【０２３３】
〔１６〕　少なくとも１枚のレンズを有することを特徴とする上記１から１５の何れか１項記載の光学系。
【０２３４】
〔１７〕　少なくとも１枚の前記レンズが、全ての前記反射面よりも像側に配置されていることを特徴とする上記１６記載の光学系。
【０２３５】
〔１８〕　少なくとも１枚の前記レンズを移動することによって合焦を行うことを特徴とする上記１６又は１７記載の光学系。
【０２３６】
〔１９〕　撮影時に、全ての前記反射面よりも物体側に少なくとも１枚の前記レンズが取り付けられることを特徴とする上記１６記載の光学系。
【０２３７】
〔２０〕　前記レンズの取り付けにより変倍効果を得ることを特徴とする上記１９記載の光学系。
【０２３８】
〔２１〕　光学系を構成する少なくとも１つの光学素子の光学材料として有機無機複合材料を用いることを特徴とする上記１から２０の何れか１項記載の光学系。
【０２３９】
〔２２〕　前記有機無機複合体は、ジルコニアのナノ粒子を含むことを特徴とする上記２１記載の光学系。
【０２４０】
〔２３〕　前記有機無機複合体は、ジルコニアとアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とする上記２１記載の光学系。
【０２４１】

〔２４〕　前記有機無機複合体は、ニオブ酸化物のナノ粒子を含むことを特徴とする上記２１記載の光学系。

【０２４２】

〔２５〕　前記有機無機複合体は、ジルコニウムアルコキシドの加水分解物とアルミナのナノ粒子を含むことを特徴とする上記２１記載の光学系。

【０２４３】

〔２６〕　上記１から２５の何れか１項記載の光学系と、その像側に配置された撮像素子とを備えていることを特徴とする電子機器。

【０２４４】

〔２７〕　前記光学系で形成された像の形状を電気的に補正する手段を備えていることを特徴とする上記２６記載の電子機器。

【０２４５】

〔２８〕　前記補正は波長領域毎に異なるパラメータを用いることを特徴とする上記２７記載の電子機器。

【０２４６】

〔２９〕　上記１６から２０の何れか１項記載の光学系と、その像側に配置された撮像素子とを備えている電子機器において、前記レンズは未使用時は電子機器内に収納されていることを特徴とする電子機器。

【図面の簡単な説明】

【０２４７】

【図１】偏心配置の非球面反射面に入射する光束と子午方向及び球欠方向を説明するための図である。

【図２】本発明の実施例１に係る光学系の配置と光路を示す光軸に沿う断面図であり、（ａ）は光軸に沿うＹ－Ｚ断面図、（ｂ）は（ａ）におけるＡ－Ａ’断面図である。

【図３】本発明の実施例２に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図４】本発明の実施例３に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図５】本発明の実施例４に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図６】本発明の実施例５に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図７】本発明の実施例６に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図８】本発明の実施例７に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図９】本発明の実施例８に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図１０】本発明の実施例９に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図１１】本発明の実施例１０に係る光学系の配置と光路を示す図２と同様の図である。

【図１２】実施例１の光学系の横収差図の一部である。

【図１３】実施例１の光学系の横収差図の残部である。

【図１４】実施例２の光学系の横収差図の一部である。

【図１５】実施例２の光学系の横収差図の残部である。

【図１６】実施例３の光学系の横収差図の一部である。

【図１７】実施例３の光学系の横収差図の残部である。

【図１８】実施例４の光学系の横収差図の一部である。

【図１９】実施例４の光学系の横収差図の残部である。

【図２０】実施例５の光学系の横収差図の一部である。

【図２１】実施例５の光学系の横収差図の残部である。

【図２２】実施例６の光学系の横収差図の一部である。

【図２３】実施例６の光学系の横収差図の残部である。

【図２４】実施例７の光学系の横収差図の一部である。

【図２５】実施例７の光学系の横収差図の残部である。

【図２６】実施例８の光学系の無限遠合焦時の横収差図の一部である。

【図２７】実施例８の光学系の無限遠合焦時の横収差図の残部である。

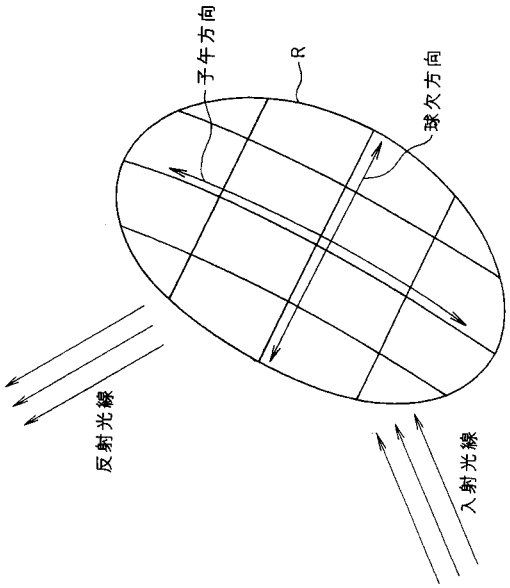
【図２８】実施例８の光学系の至近合焦時の横収差図の一部である。

【図２９】実施例８の光学系の至近合焦時の横収差図の残部である。
【図３０】実施例９の光学系の無限遠合焦時の横収差図の一部である。
【図３１】実施例９の光学系の無限遠合焦時の横収差図の残部である。
【図３２】実施例９の光学系の至近合焦時の横収差図の一部である。
【図３３】実施例９の光学系の至近合焦時の横収差図の残部である。
【図３４】実施例１０の光学系の無限遠合焦時の横収差図の一部である。
【図３５】実施例１０の光学系の無限遠合焦時の横収差図の残部である。
【図３６】実施例１０の光学系の至近合焦時の横収差図の一部である。
【図３７】実施例１０の光学系の至近合焦時の横収差図の残部である。
【図３８】偏心プリズムの別の変形例を示す図である。
【図３９】偏心プリズムの別の変形例を示す図である。
【図４０】偏心プリズムの別の変形例を示す図である。
【図４１】偏心プリズムの別の変形例を示す図である。
【図４２】偏心プリズムの別の変形例を示す図である。
【図４３】偏心プリズムの別の変形例を示す図である。
【図４４】実施例１～１０とは異なるプリズムの組み合わせからなる本発明の光学系の別の例を示す図である。
【図４５】実施例１～１０とは異なるプリズムの組み合わせからなる本発明の光学系の別の例を示す図である。
【図４６】実施例１～１０とは異なるプリズムの組み合わせからなる本発明の光学系の別の例を示す図である。
【図４７】実施例１～１０とは異なるプリズムの組み合わせからなる本発明の光学系の別の例を示す図である。
【図４８】本発明の光学系を適用した電子カメラの外観を示す前方斜視図である。
【図４９】図４８の電子カメラの後方斜視図である。
【図５０】図４８の電子カメラの構成を示す断面図である。
【図５１】本発明の光学系を適用した別の電子カメラの概念図である。
【図５２】本発明の光学系が対物光学系として組み込れたパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。
【図５３】パソコンの撮影光学系の断面図である。
【図５４】図５２の状態の側面図である。
【図５５】本発明の光学系が対物光学系として組み込れた携帯電話の正面図（ａ）、側面図（ｂ）、その撮影光学系の断面図（ｃ）である。
【図５６】本発明の光学系を適用した電子内視鏡のシステム構成図（ａ）と光学系の概念図（ｂ）である。
【図５７】本発明の光学系を適用したプレゼンテーションシステムの概念図である。
【符号の説明】
【０２４８】
ＣＧ１…カバーガラス
ＣＧ１ａ…カバーガラスの第１面
ＣＧ１ｂ…カバーガラスの第２面
ＣＧ２…カバーガラス
ＣＧ２ａ…カバーガラスの第１面
ＣＧ２ｂ…カバーガラスの第２面
Ｅ…観察者眼球
Ｐ…偏心プリズム
１…軸上主光線
２…開口絞り
３…像面
１０…光学素子（偏心プリズム、前群のプリズム）

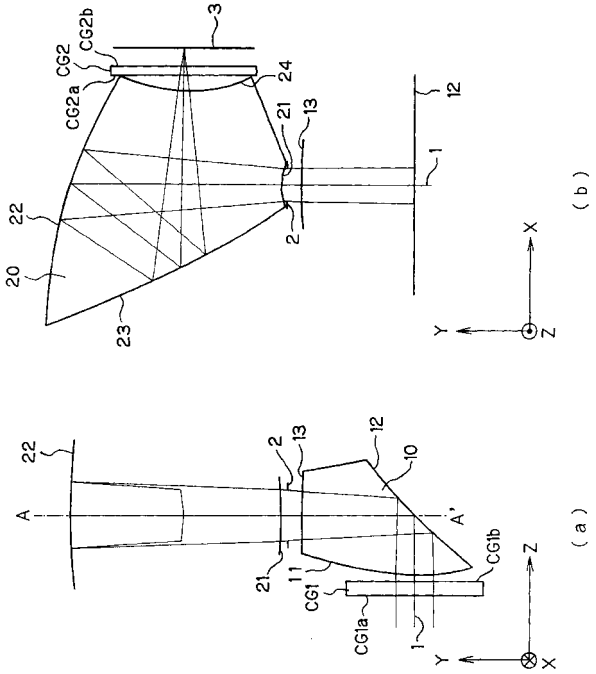
１１…光学機能面（第１面）
１２…光学機能面（第２面）
１３…光学機能面（第３面）
１４…光学機能面（第４面）
２０…光学素子（偏心プリズム、後群のプリズム）
２０’…光学素子（偏心プリズム）
２１…光学機能面（第１面）
２２…光学機能面（第２面）
２３…光学機能面（第３面）
２４…光学機能面（第４面）
４０…電子カメラ
４１…撮影光学系
４２…撮影用光路
４３…ファインダー光学系
４４…ファインダー用光路
４５…シャッター
４６…フラッシュ
４７…液晶表示モニター
４８…撮影用対物光学系
４９…ＣＣＤ
５２…処理手段
５３…ファインダー用対物光学系
５４…カバー部材
５５…ポロプリズム
５６…第１反射面
５７…視野枠
５８…第２反射面
５９…接眼光学系
６７…結像面
６０…液晶表示素子（ＬＣＤ）
６１…記録手段
６２…入射面
６３…反射面
６４…反射と屈折の兼用面
７１…電子内視鏡
７２…光源装置
７３…ビデオプロセッサ
７４…モニター
７５…ＶＴＲデッキ
７６…ビデオディスク
７７…ビデオプリンタ
７８…頭部装着型画像表示装置（ＨＭＤ）
７９…挿入部
８０…先端部
８１…接眼部
８２…観察用対物光学系
８４…ＣＣＤ
８６…液晶表示素子（ＬＣＤ）
８７…接眼光学系
８８…ライトガイドファイバー束

８９…照明用対物光学系
９０…パソコン
９１…液晶プロジェクタ
９２…光源
９３…ＬＣＰ（液晶パネル）
９４…カバーレンズ
９５…フィールドレンズ
９６…投影光学系
９７…スクリーン
９８…処理制御部
１００…対物光学系
１３１…入射瞳
１３２…第１面
１３３…第２面
１３４…第３面
１３５…第４面
１３６…像面
１６２…撮像素子チップ
３００…パソコン
３０１…キーボード
３０２…モニター
３０３…撮影光学系
３０４…撮影光路
３０５…画像
４００…携帯電話
４０１…マイク部
４０２…スピーカ部
４０３…入力ダイアル
４０４…モニター
４０５…撮影光学系
４０６…アンテナ
４０７…撮影光路

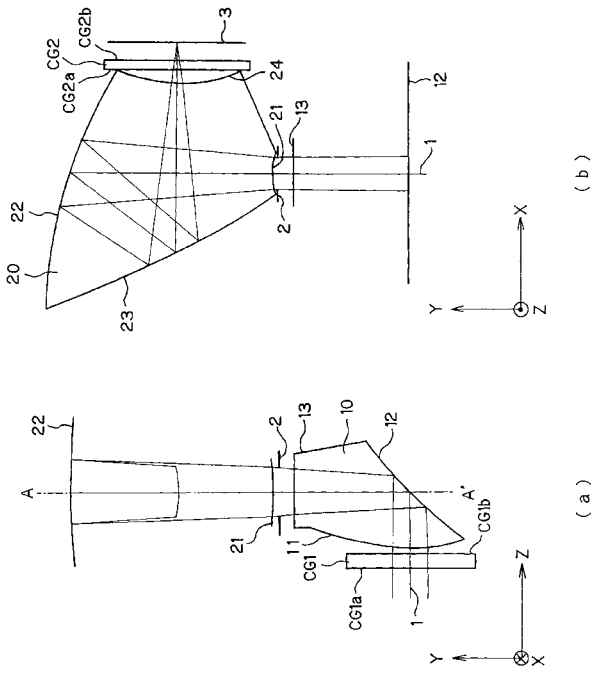
【図１】


子午方向
R
球欠方向
反射光線
入射光線

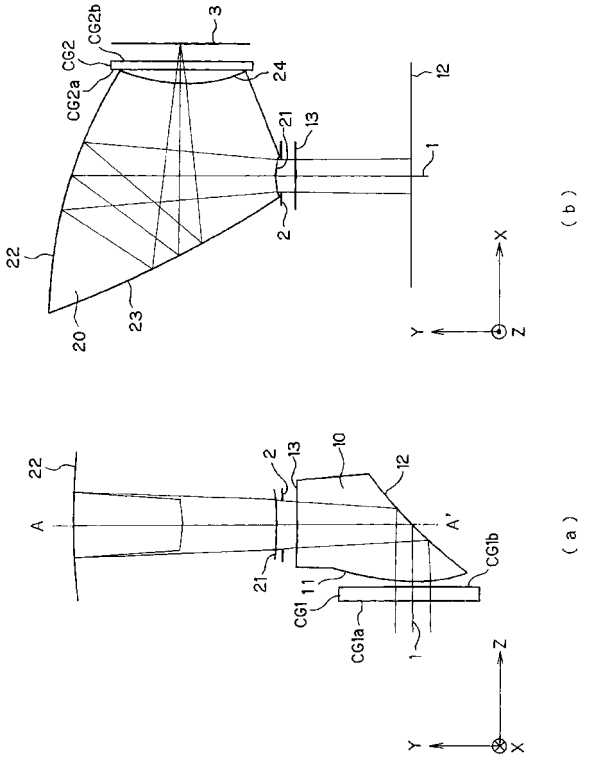
【図２】


3
CG2
CG2b
CG2a
24
21
13
12
1
22
2
20
23
X
Y
Z
(b)
22
2
13
12
10
A
A'
21
11
CG1
CG1b
CG1a
1
Z
Y
X
(a)

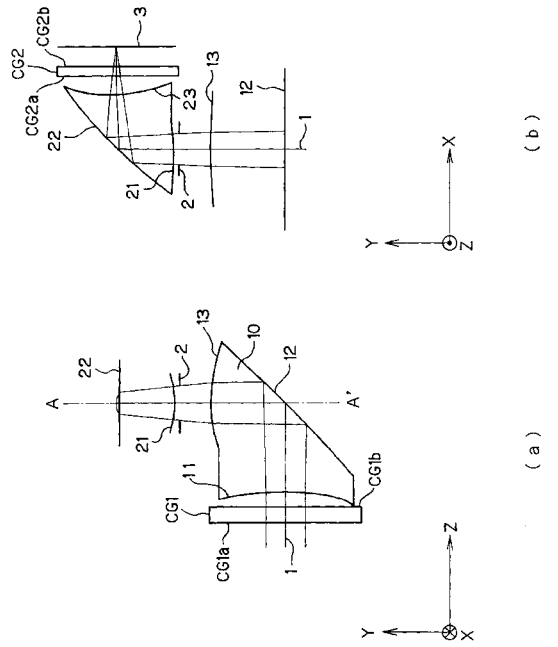
【図３】


3
CG2
CG2b
CG2a
24
21
13
12
1
22
2
20
23
X
Y
Z
(b)
22
2
13
10
12
A
A'
21
11
CG1
CG1b
CG1a
1
Z
Y
X
(a)

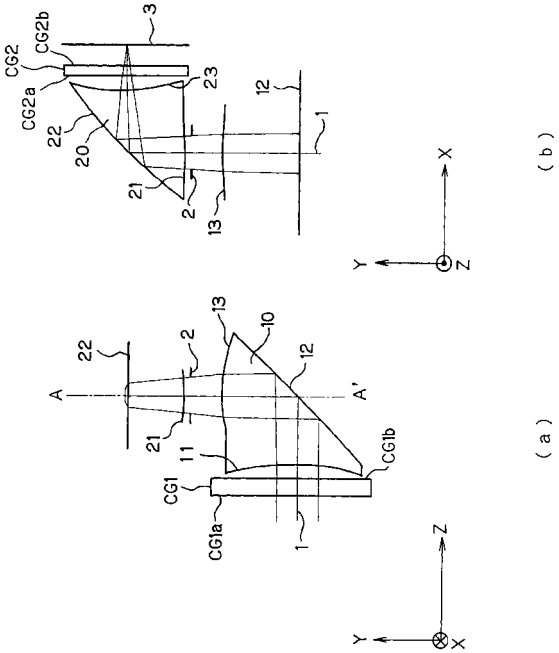
【図４】


3
CG2
CG2b
CG2a
24
21
13
12
1
22
2
20
23
X
Y
Z
(b)
22
2
13
10
12
A
A'
21
11
CG1
CG1b
CG1a
1
Z
Y
X
(a)

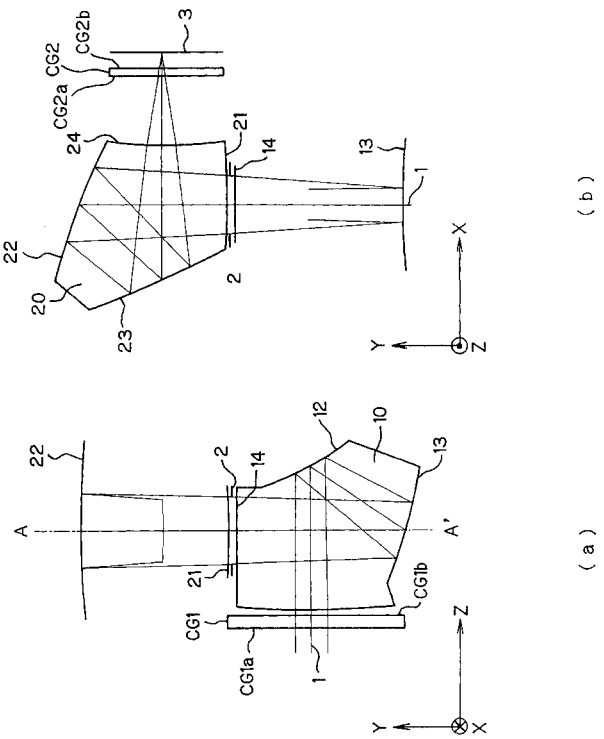
【図５】


CG2
CG2b
3
CG2a
13
12
23
22
1
21
2
X
Y
Z
(b)
13
10
2
22
12
A
A'
21
11
CG1b
CG1
CG1a
1
Z
Y
X
(a)

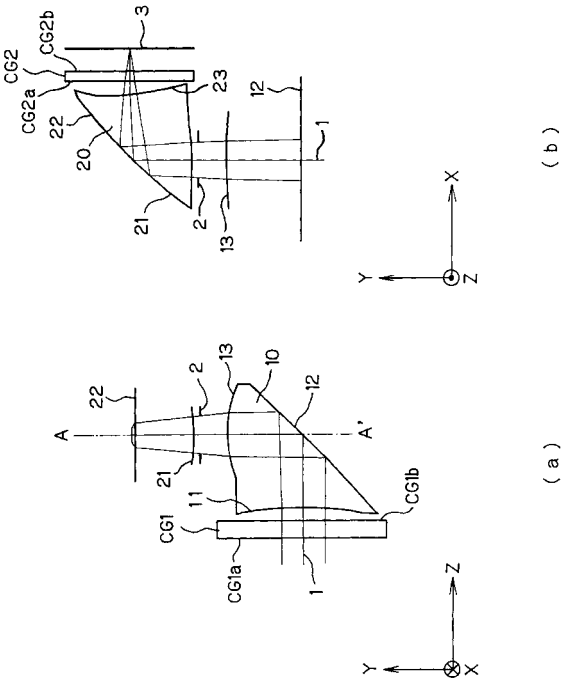
【図６】


CG2
CG2b
3
CG2a
23
12
22
20
1
21
2
13
X
Y
Z
(b)
13
2
10
22
12
A
A'
21
11
CG1b
CG1
CG1a
1
Z
Y
X
(a)

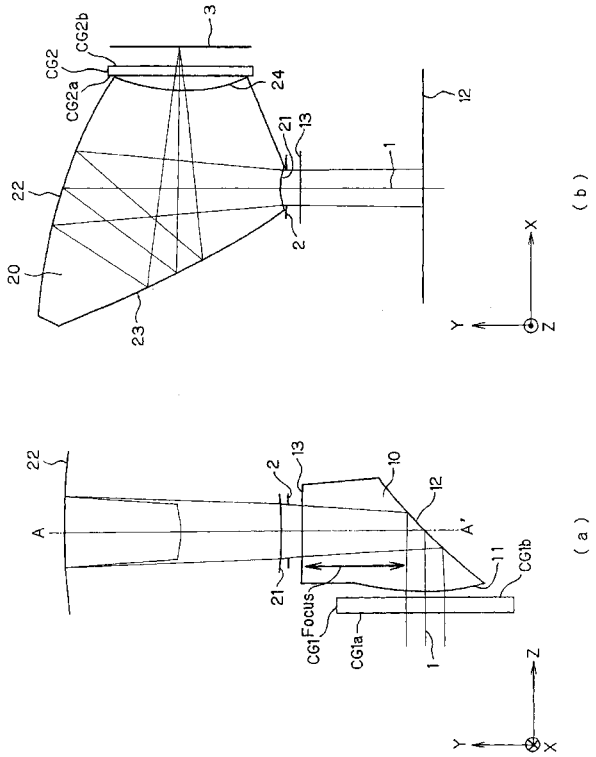
【図７】


CG2
CG2b
3
CG2a
24
21
14
13
1
22
20
2
23
X
Y
Z
(b)
12
10
22
2
14
13
A
A'
21
CG1b
CG1
CG1a
1
Z
Y
X
(a)

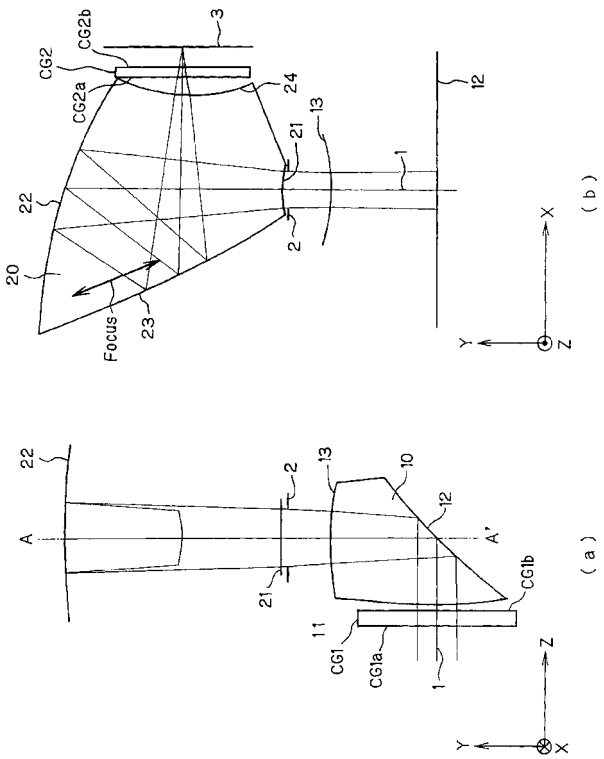
【図８】


CG2
CG2b
3
CG2a
23
12
22
20
1
21
2
13
X
Y
Z
(b)
13
2
10
22
12
A
A'
21
11
CG1b
CG1
CG1a
1
Z
Y
X
(a)

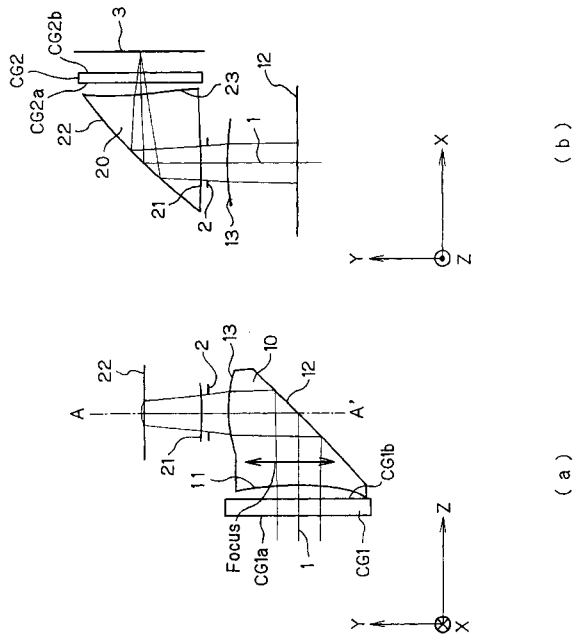
【図９】



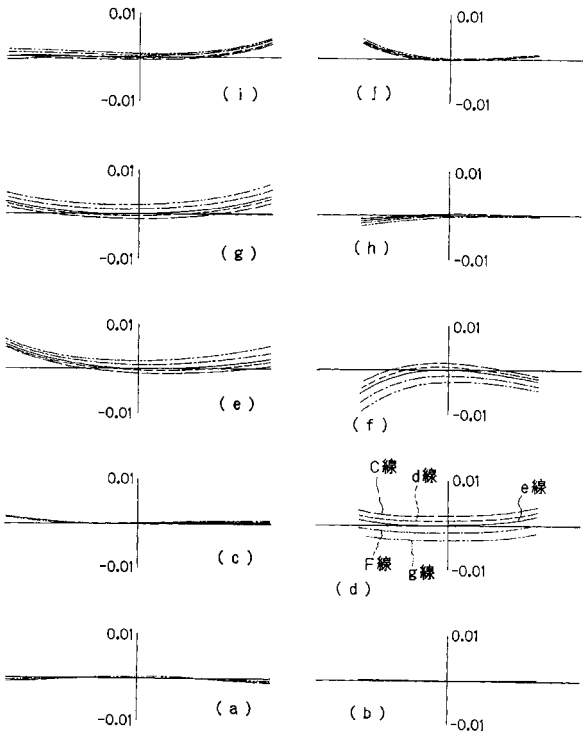
【図１０】



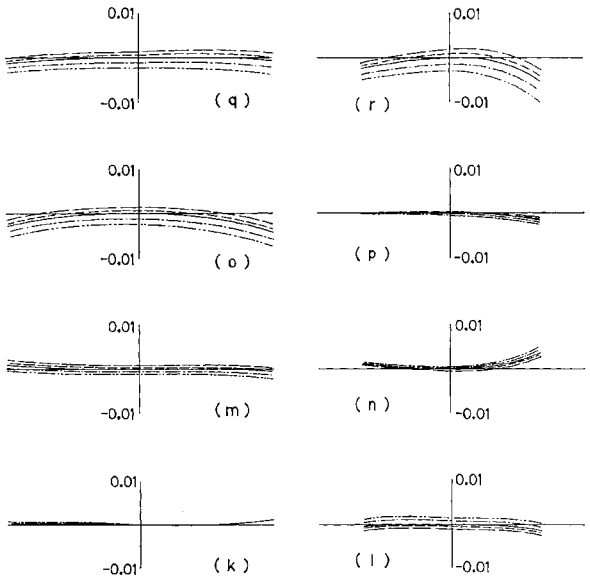
【図１１】



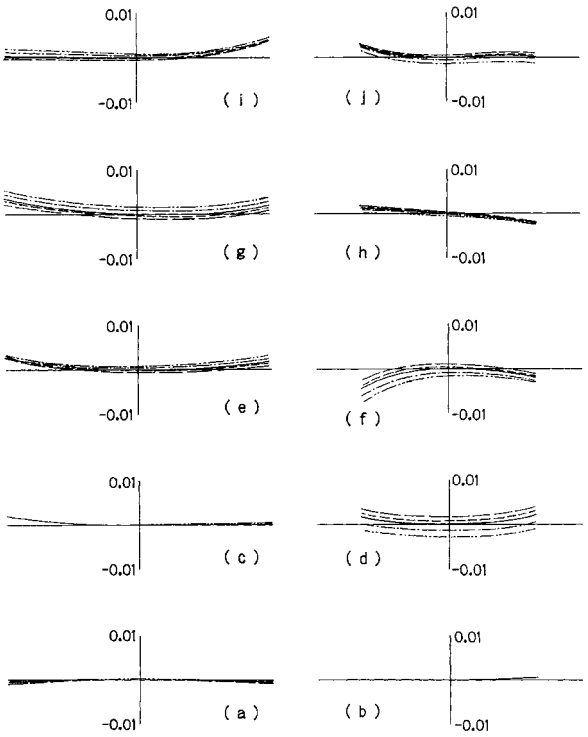
【図１２】



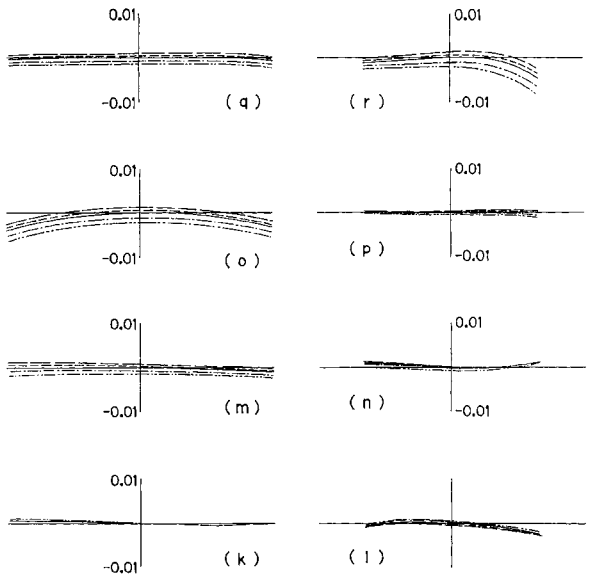
【図１３】



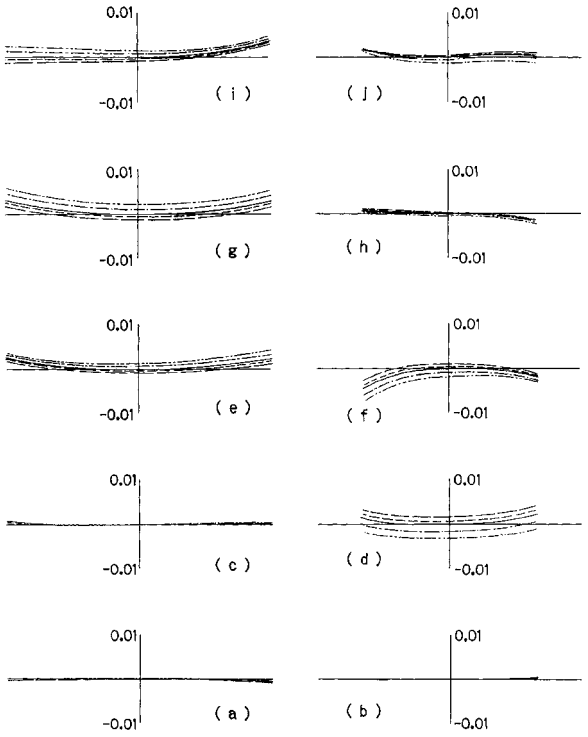
【図１４】



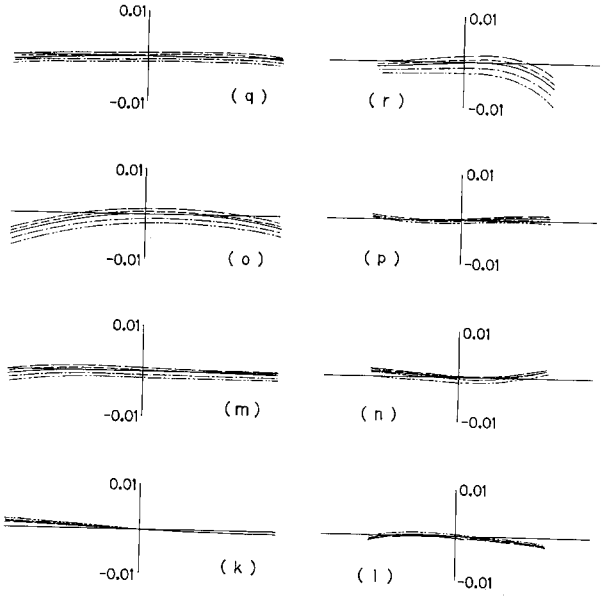
【図１５】



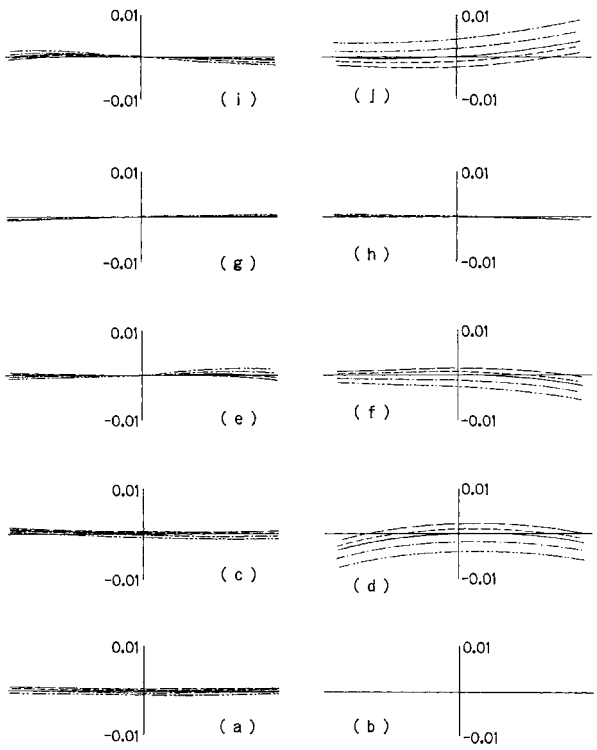
【図１６】



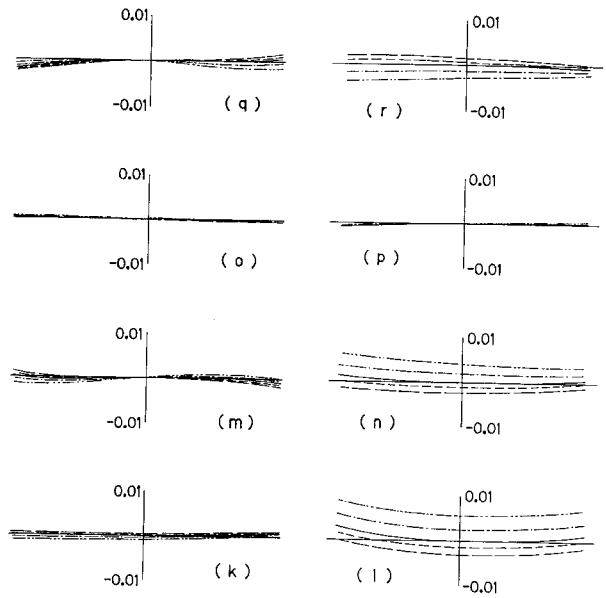
【図１７】



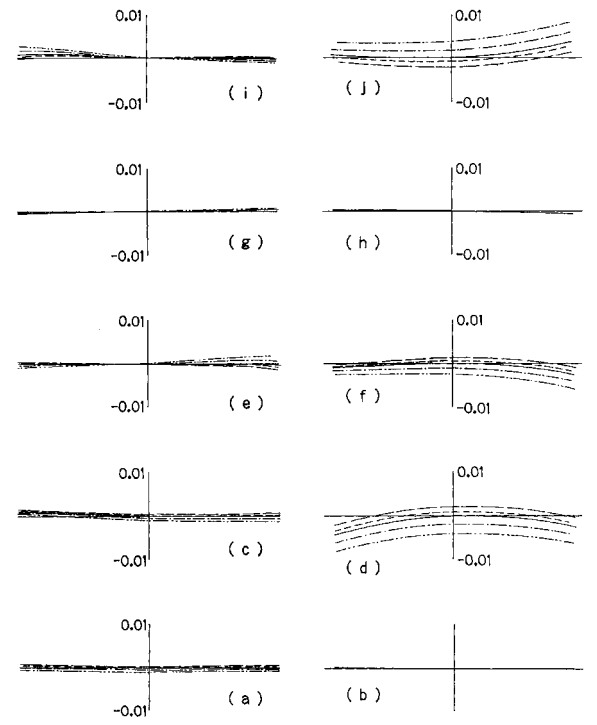
【図１８】



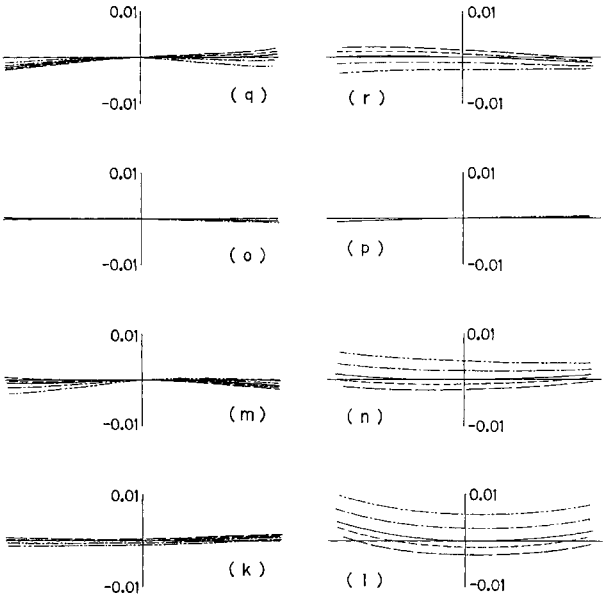
【図１９】



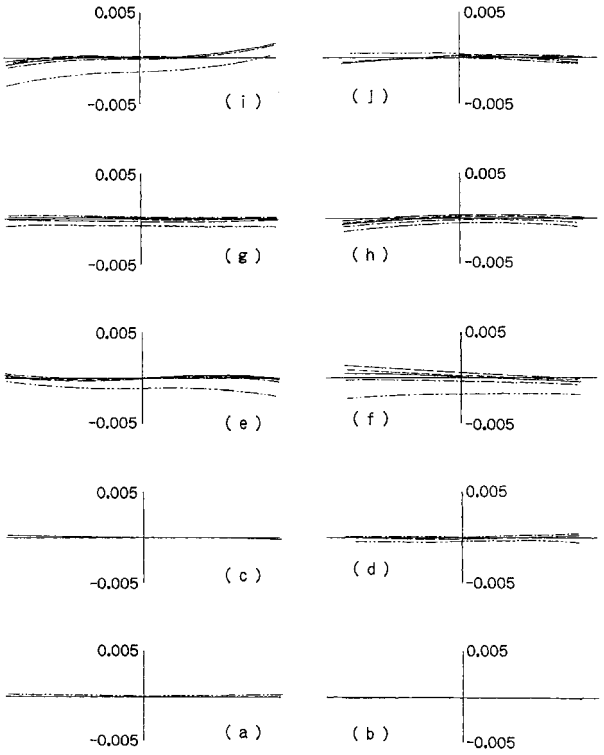
【図２０】



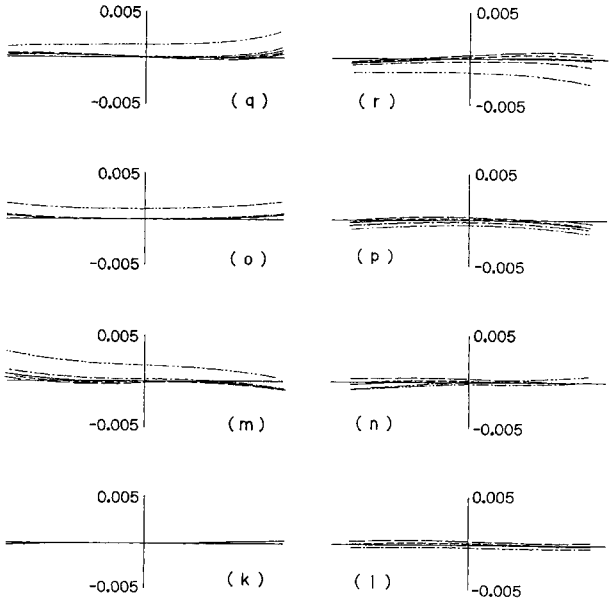
【図２１】



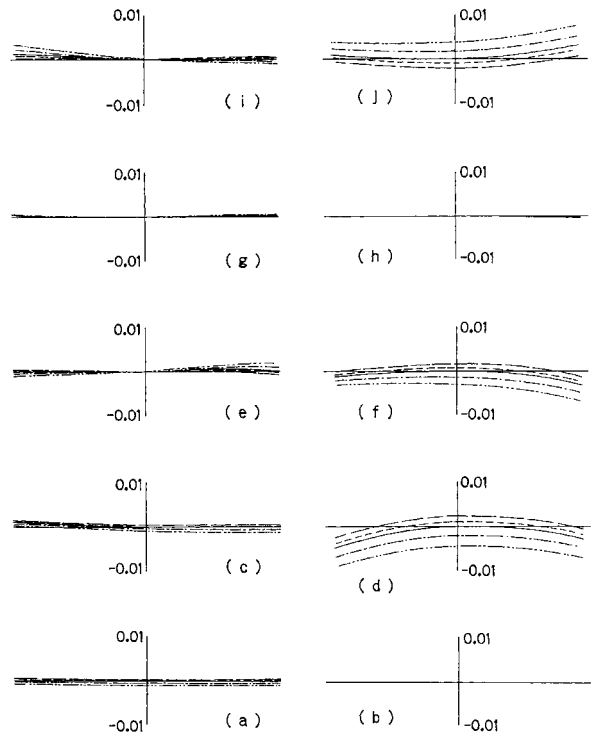
【図２２】



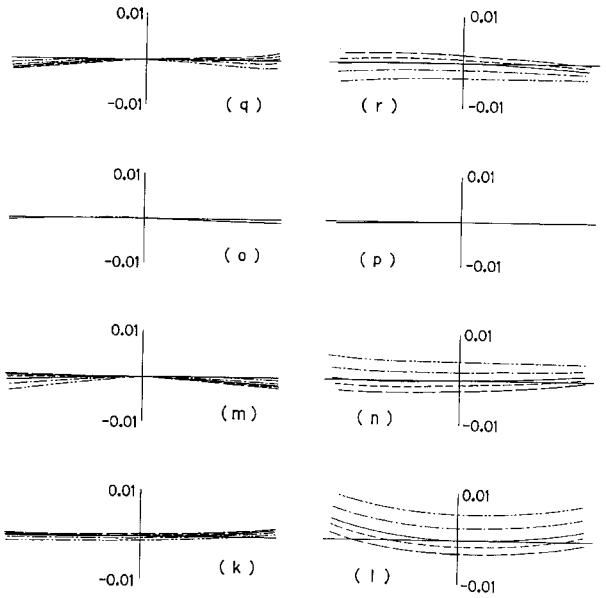
【図２３】



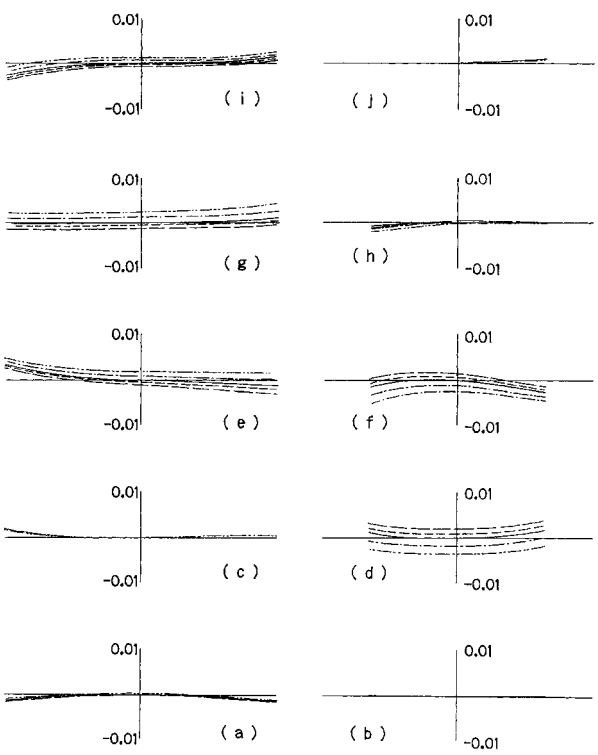
【図２４】



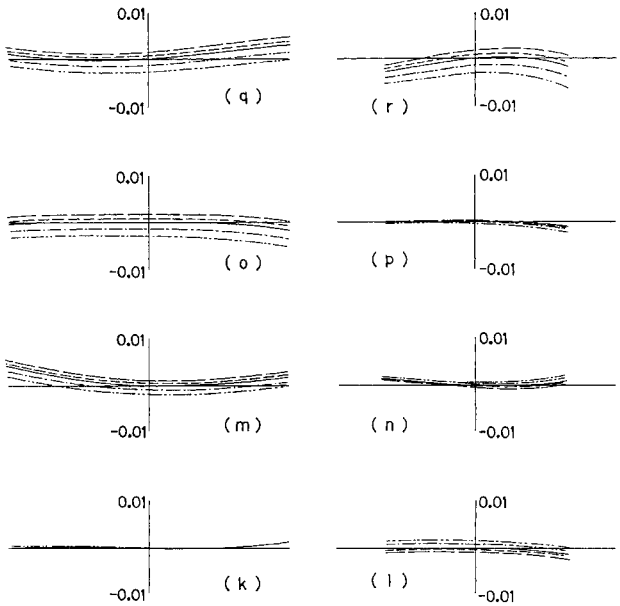
【図２５】



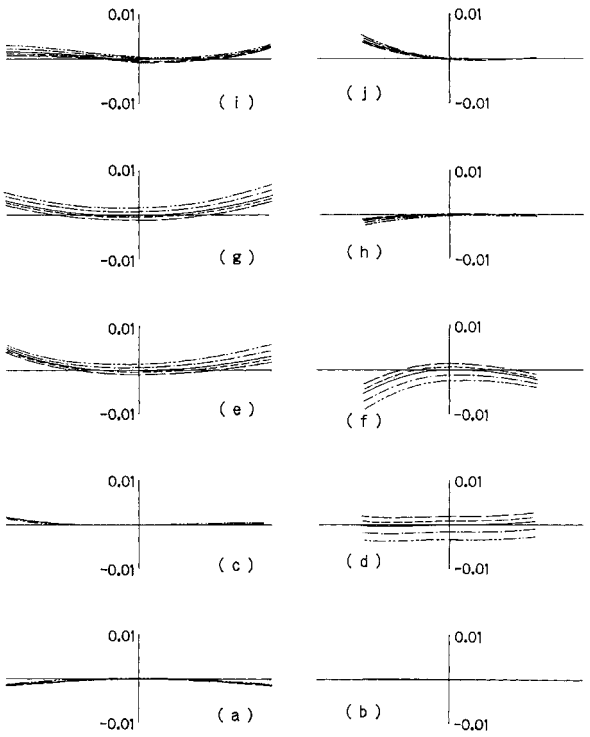
【図２６】



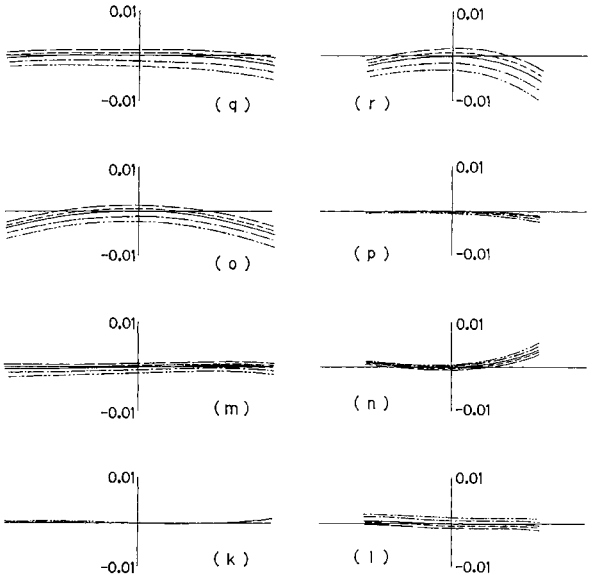
【図２７】



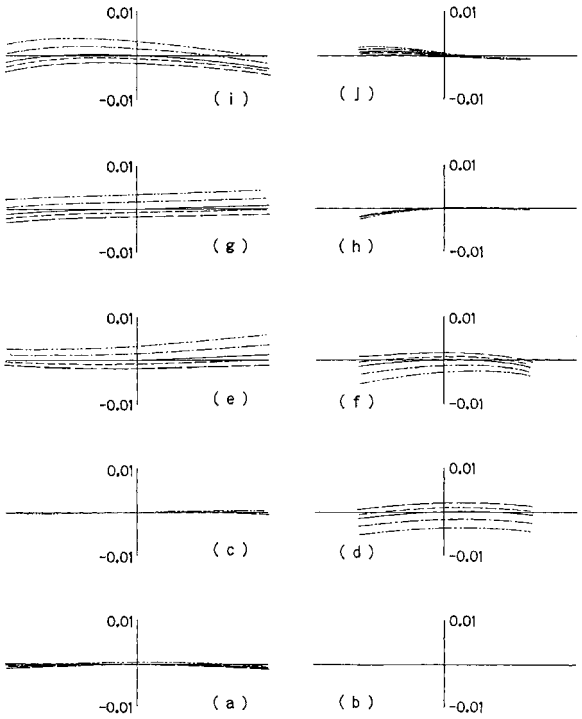
【図２８】



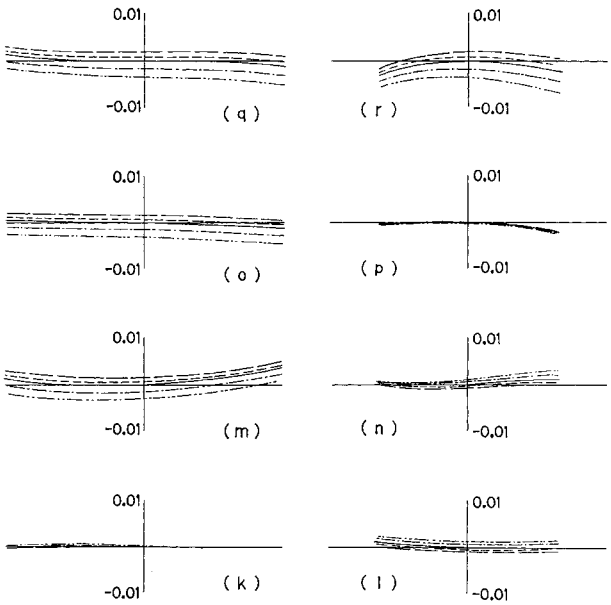
【図２９】



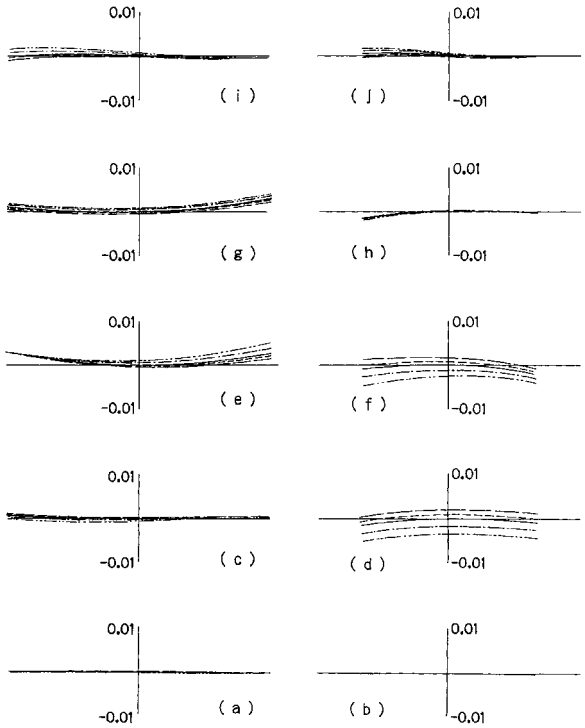
【図３０】



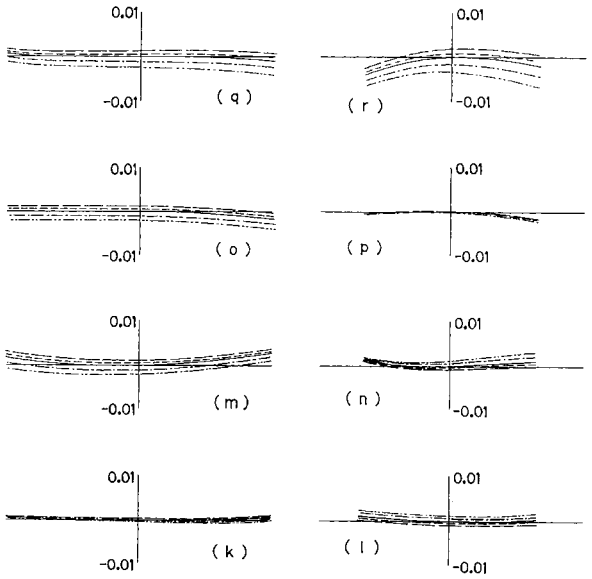
【図３１】



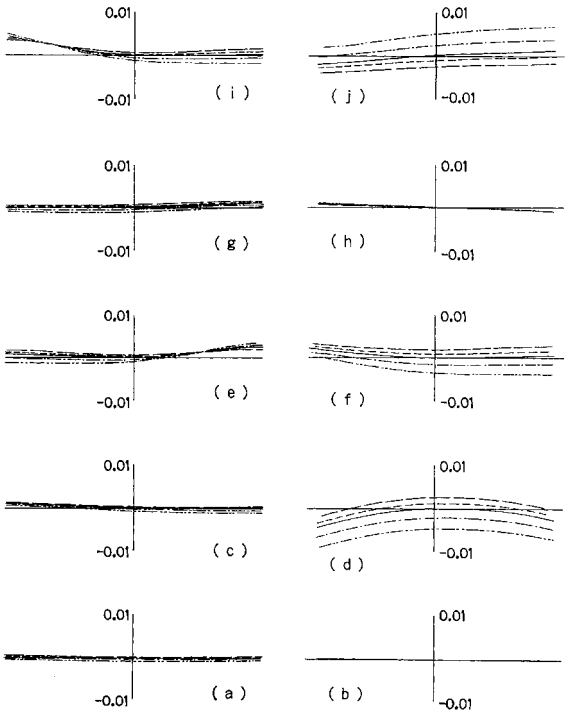
【図３２】



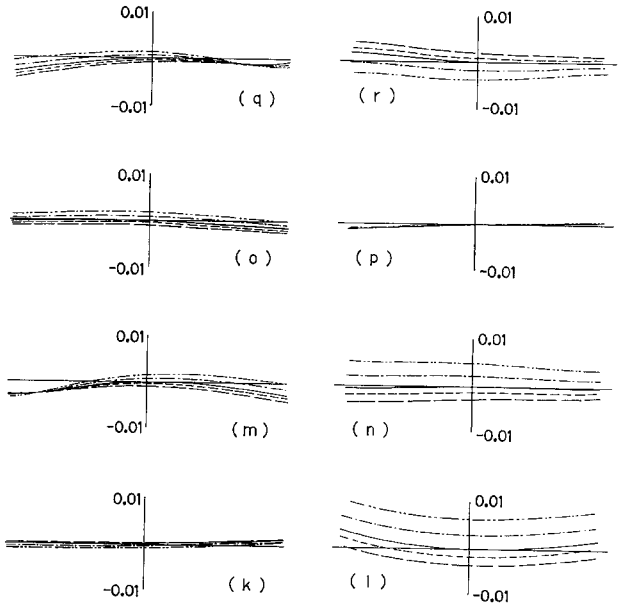
【図３３】



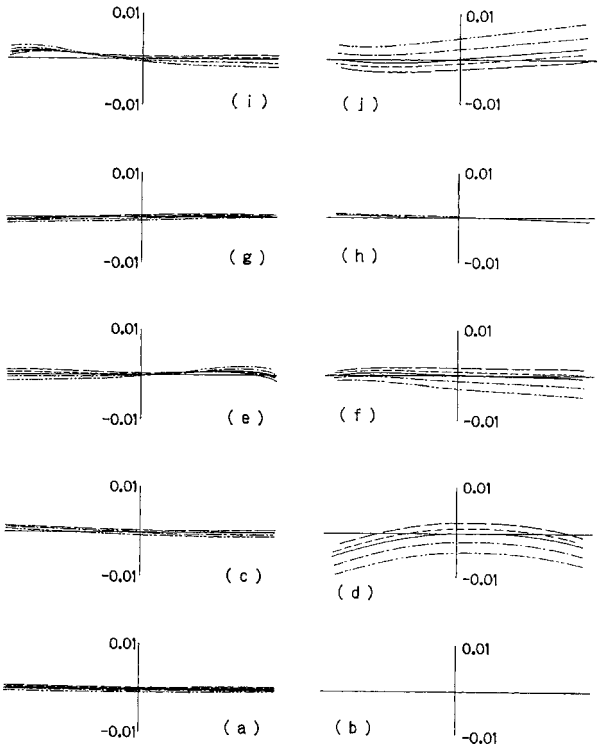
【図３４】



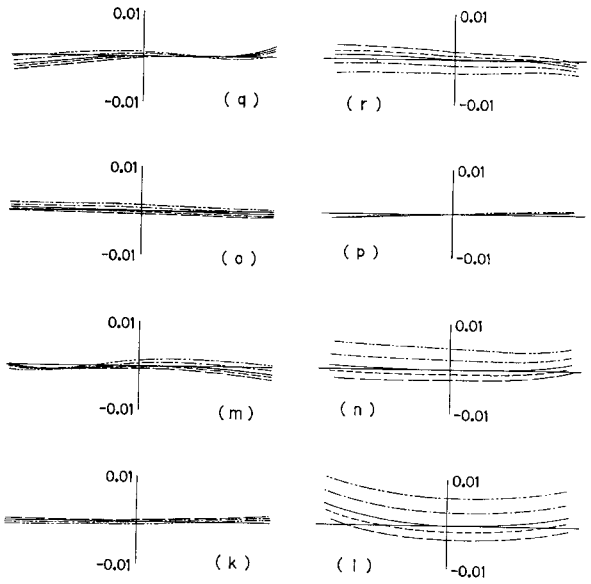
【図３５】



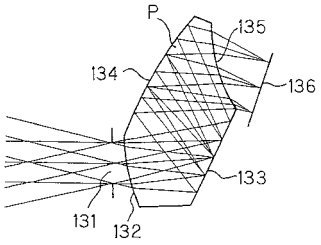
【図３６】



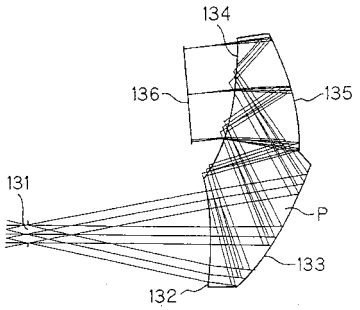
【図３７】



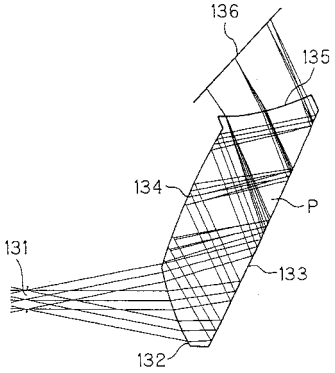
【図３８】



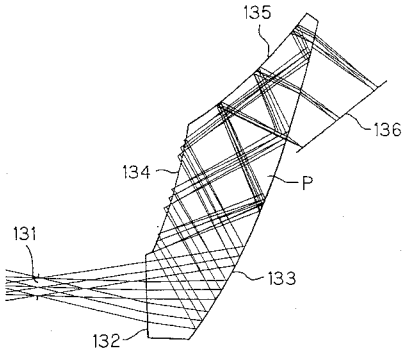
【図３９】



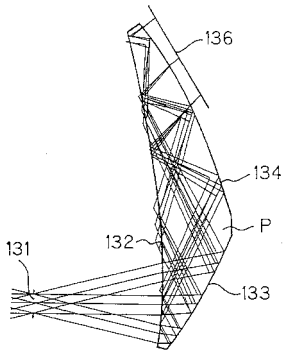
【図４０】



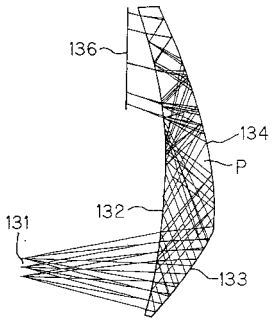
【図４１】



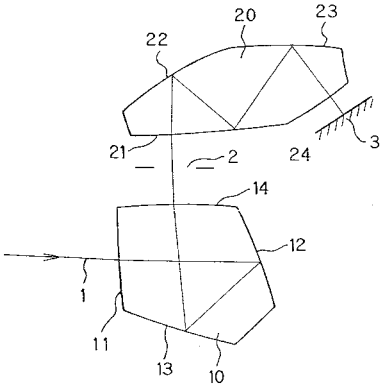
【図４２】



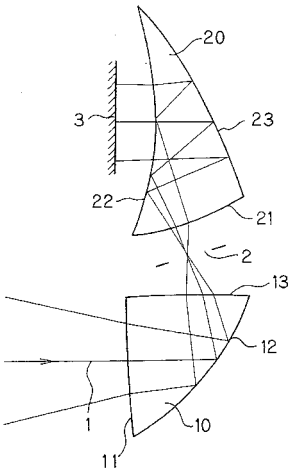
【図４３】



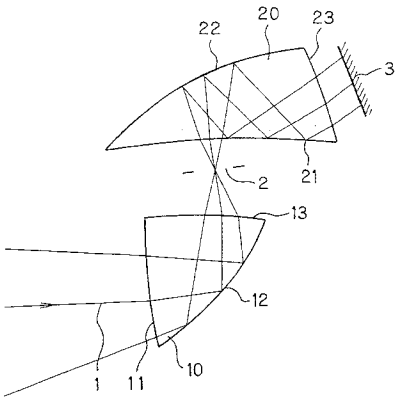
【図４４】



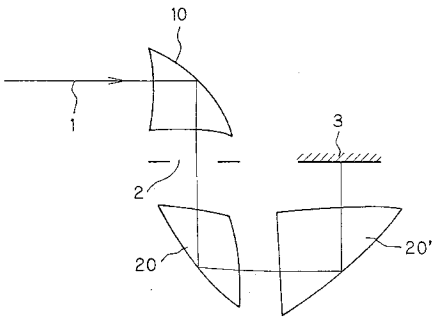
【図４５】



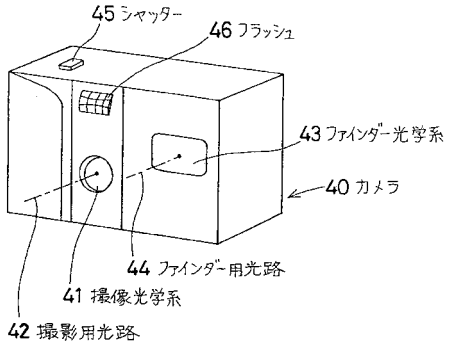
【図４６】



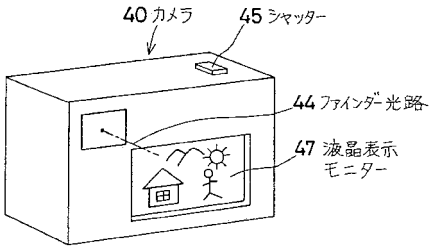
【図４７】



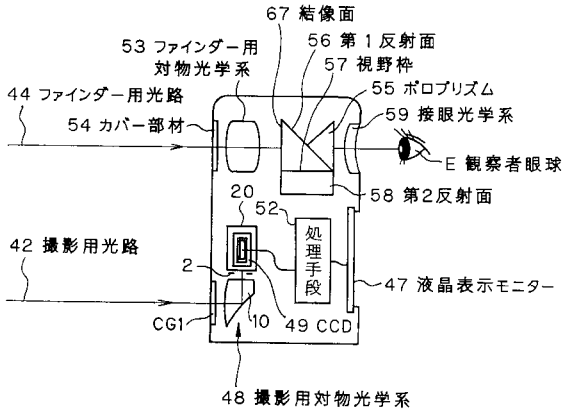
【図４８】



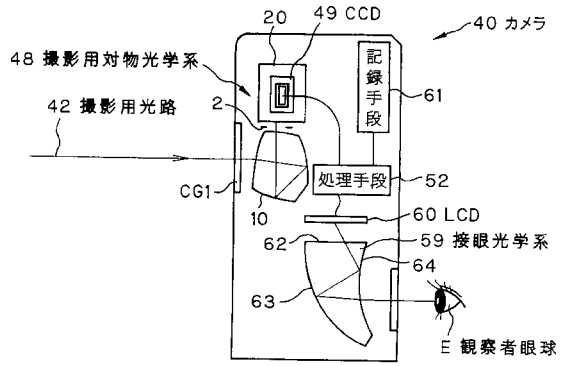
【図４９】



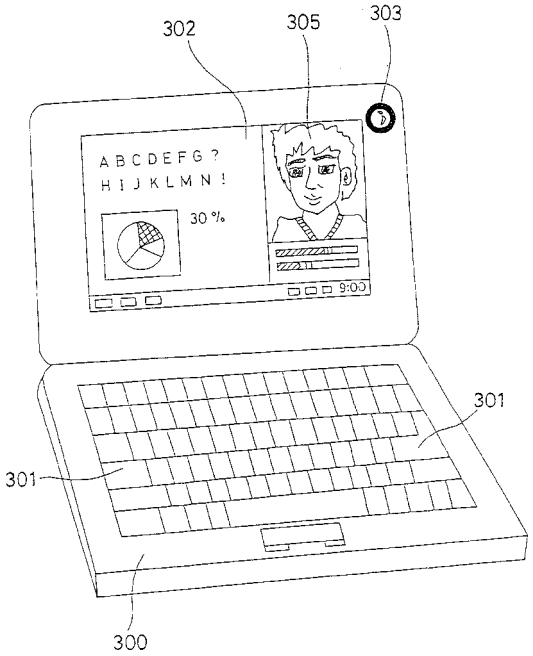
【図５０】



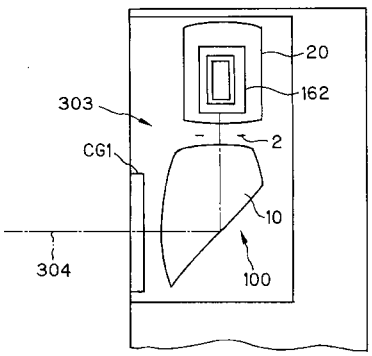
【図５１】



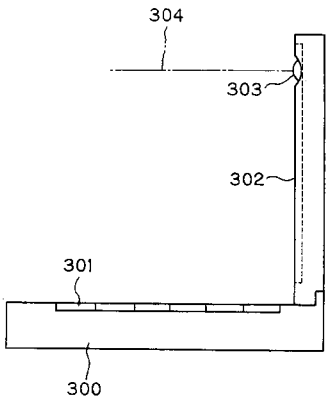
【図５２】



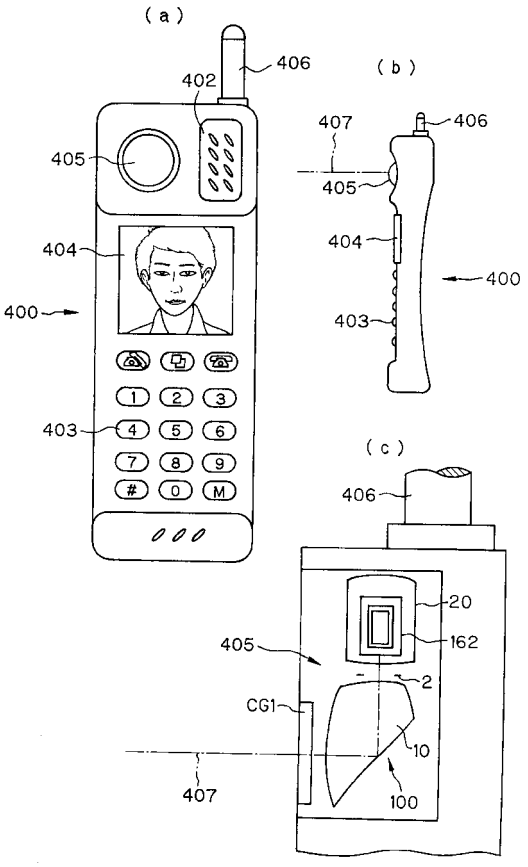
【図５３】



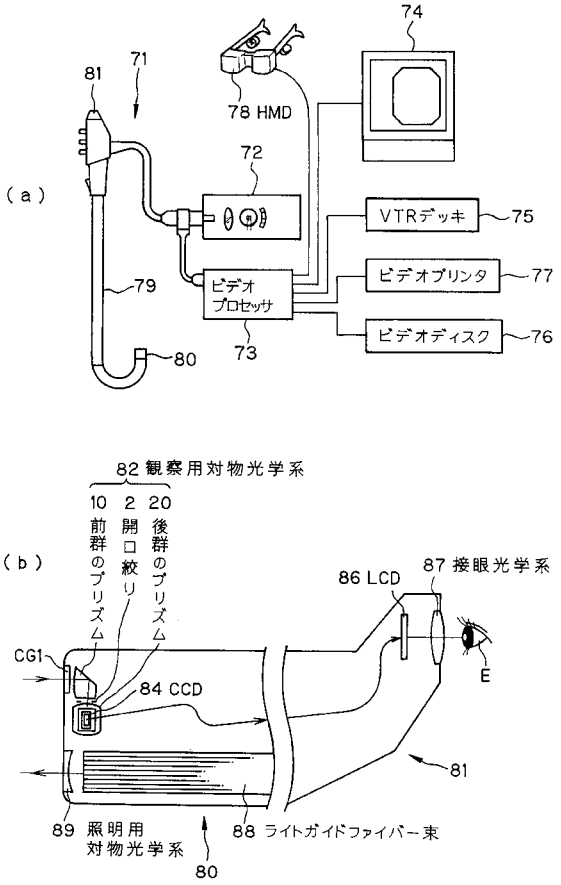
【図５４】



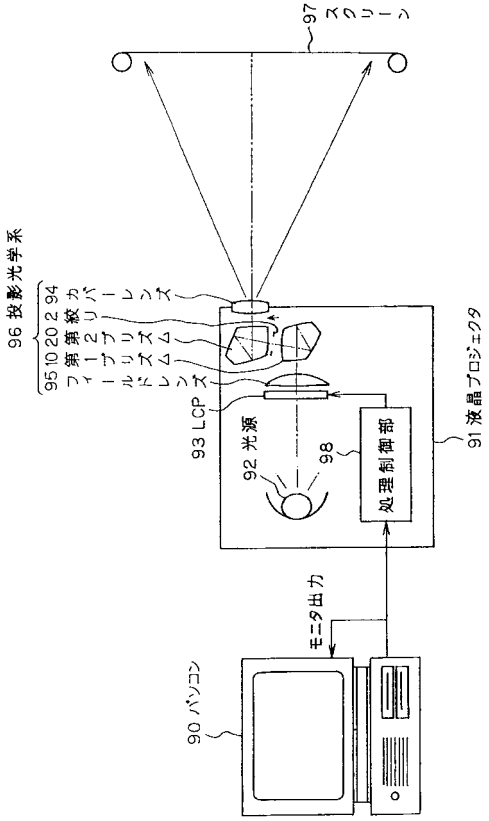
【図５５】



【図５６】


(a)
81
71
78 HMD
74
72
VTRデッキ
75
ビデオプリンタ
77
ビデオディスク
76
ビデオ
プロセッサ
73
79
80
(b)
82 観察用対物光学系
10 前群のプリズム
2 開口絞り
20 後群のプリズム
CG1
84 CCD
86 LCD
87 接眼光学系
E
81
89 照明用
対物光学系
88 ライトガイドファイバー束
80

【図５７】


97 スクリーン
96 投影光学系
95 10 20 2 94
フィールドレンズ
第1プリズム
第2プリズム
絞り
バーレンズ
93 LCP
92 光源
98
処理制御部
91 液晶プロジェクタ
モニタ出力
90 パソコン

フロントページの続き

(74)代理人 100091971
弁理士 米澤 明
(72)発明者 南方 寛之
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号 オリンパス株式会社内

Ｆターム(参考) 2H087 KA02 KA03 PA01 PA02 PA17 PB01 PB02 RA06 RA07 RA08
RA32 RA42 RA43 RA44 TA02 TA03 TA04 TA05 TA06
5C122 DA03 DA04 DA09 EA54 FB03 FB15 HB06 HB09 HB10