(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3869074号
(P3869074)
(45)発行日　平成19年1月17日(2007.1.17)　(24)登録日　平成18年10月20日(2006.10.20)

(51)Int.Cl.　　F I
G02B 17/08 (2006.01)　　G02B 17/08　A
G02B 13/18 (2006.01)　　G02B 13/18

請求項の数 23　(全 48 頁)

(21)出願番号　特願平9-172168
(22)出願日　平成9年6月27日(1997.6.27)
(65)公開番号　特開平10-307260
(43)公開日　平成10年11月17日(1998.11.17)
審査請求日　平成14年12月3日(2002.12.3)
(31)優先権主張番号　特願平9-51488
(32)優先日　平成9年3月6日(1997.3.6)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　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】撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

撮像素子面上に物体像を形成するための撮像光学系と、前記光学系によって形成される物体像を受光するために配置され、受光した光を電気情報に変換する電子撮像素子とを有する撮像装置において、

前記撮像光学系は、瞳面を形成する絞りと、前記瞳面よりも像側に配された後側光学群と前記瞳面より物体側に配された前側光学群を有し、

前記後側光学群は、物体側から像側に向かって、第１の透過作用面と、第１の反射作用面と、第２の反射作用面と、第２の透過作用面とからなるプリズムであり、

前記第１の反射作用面と前記第２の反射作用面とが、物体中心を射出して瞳中心を通り像中心に到達する光線を軸上主光線とするとき、前記主光線に対して面全体が傾くように偏心配置された反射作用面であり、

前記反射作用面は回転非対称面形状を備え、

前記第１の反射作用面と前記第２の透過作用面が同一面にて兼用され、

前記軸上主光線が、前記後側光学群中で、前記第１の反射作用面で全反射され、その後に前記第１の反射作用面を透過することにより、前記第２の透過作用面が前記第１の反射作用面と兼用されている構成であり、

前記第１の透過作用面と前記第１の反射作用面と前記第２の反射作用面と前記第２の透過作用面とが、屈折率が１よりも大きい媒質にて形成されたプリズム部材の光学作用面を形成するものであり、

前記前側光学群は、反射作用面を含まない透過作用面のみからなる光学群であり、前記軸上主光線を屈曲させる作用を持った前記軸上主光線に対して偏心したレンズを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項２】

請求項１において、前記偏心したレンズがティルト偏心した正レンズからなることを特徴とする撮像装置。

【請求項３】

請求項１において、前記前側光学群が少なくとも１枚の正レンズを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項４】

請求項１から３の何れか１項において、前記軸上主光線が前側光学群に入射し射出する際の角度の変位量をΔθとするとき、

０．１°＜Δθ＜４５°　　・・・（２）

を満たすことを特徴とする撮像装置。

【請求項５】

請求項１から４何れか１項において、前記軸上主光線が前側光学群に入射し射出する際の位置の変位量をΔｈとし、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、前記ＮＡ’ｙｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを前記光学系のＹ方向のパワーＰｙとすると、

０＜Δｈ×Ｐｙ＜１．０　　・・・（３）

を満たすことを特徴とする撮像装置。

【請求項６】

請求項１から５の何れか１項において、前記プリズム部材は一体成形された単体のブロックからなることを特徴とする撮像装置。

【請求項７】

請求項１から６の何れか１項において、前記光学系により形成される物体像の赤外線成分をカットする作用を有する赤外線カットフィルターが前記光学系中に配置されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項８】

請求項１から６の何れか１項において、前記回転非対称面形状の反射作用面の少なくとも１面は、特定の波長を透過又は遮断する作用を有する波長選択光学部材の裏面鏡にて構成されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項９】

請求項８において、前記波長選択光学部材が赤外線カット作用を備えていることを特徴とする撮像装置。

【請求項１０】

請求項１乃至６の何れか１項において、前記プリズム部材の媒質が赤外線カット作用を備えていることを特徴とする撮像装置。

【請求項１１】

請求項１０において、前記プリズム部材の媒質が以下の条件（４）を満足することを特徴とする撮像装置。

ａ＜１　　・・・（４）

ただし、は前記プリズム部材中に含有されるＣｕＯのモル％である。

【請求項１２】

請求項１から１１の何れか１項において、前記回転非対称面形状を有する反射作用面の少なくとも１面は、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなることを特徴とする撮像装置。

【請求項１３】
請求項１２において、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記軸上主光線の前記第１の反射作用面、前記第２の反射作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをそれぞれＰｘ１、Ｐｘ２とするとき、
｜Ｐｘ１｜＜｜Ｐｘ２｜　　・・・（５）
であることを特徴とする撮像装置。
【請求項１４】
請求項１３において、
１＜｜Ｐｘ２／Ｐｘ１｜＜２０　　・・・（６）
であることを特徴とする撮像装置。
【請求項１５】
請求項１２において、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記軸上主光線の前記第２の反射作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをＰｘ２とし、前記第２の透過作用面が少なくとも対称面を１つ有する面対称曲面からなり、その対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記軸上主光線の前記第２の透過作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをＰｘ３とするとき、
｜Ｐｘ３／Ｐｘ２｜＜０．５　　・・・（７）
であることを特徴とする撮像装置。ただし、前記第２の透過作用面の対称面が複数若しくは無数にある場合は、前記第２の反射作用面の唯一の対称面とのなす角が最も小さくなる面を前記第２の透過作用面の対称面とする。
【請求項１６】
請求項１２において、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記面のＸ方向の最大画角主光線が当たる位置での面の法線のＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値と、前記軸上主光線が前記面に当たる位置での前記面の法線のＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値との差をＤＹとするとき、
０≦｜ＤＹ｜＜０．１　　・・・（８）
を満たすことを特徴とする撮像装置。
【請求項１７】
請求項１２において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、Ｙ正方向の最大画角の主光線とＹ負方向の最大画角の主光線とが前記面と当たる部分のＸ方向の曲率の差をＣｘｎ、軸上主光線が前記面と当たる部分のＸ方向のパワーをＰｘｎとするとき、
０≦｜Ｃｘｎ／Ｐｘｎ｜＜１０　　・・・（９）
を満たすことを特徴とする撮像装置。
【請求項１８】
請求項１２から１７の何れか１項において、前記光学系の有する偏心面の少なくとも１面は、その偏心方向を含む面が前記対称面と略一致するように偏心配置されていることを特徴とする撮像装置。
【請求項１９】
請求項１８において、前記光学系の有する全ての偏心面の偏心方向が全て同一面上にあり、かつ、その偏心方向を含む面が前記対称面と略一致するように形成されていることを特徴とする撮像装置。
【請求項２０】
請求項１８又は１９において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＸ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面に直交し射出した軸上主光線を含む面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｘｉ、前記ＮＡ’ｘｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｘｉ／ｄを前記光学系のＸ方向のパワーＰｘとし、前記回転非対称な面

の前記軸上主光線が当たる部分のＸ方向のパワーをＰｘｎとするとき、
　０＜｜Ｐｘｎ／Ｐｘ｜＜１００　　・・・（１０）
を満たすことを特徴とする撮像装置。
【請求項２１】
　請求項１８又は１９において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、前記ＮＡ’ｙｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを前記光学系のＹ方向のパワーＰｙとし、前記回転非対称な面の前記軸上主光線が当たる部分のＹ方向のパワーをＰｙｎとするとき、
　０＜｜Ｐｙｎ／Ｐｙ｜＜１００　　・・・（１１）
を満たすことを特徴とする撮像装置。
【請求項２２】
　請求項１８又は１９において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、前記ＮＡ’ｙｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを前記光学系のＹ方向のパワーＰｙとし、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＸ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面に直交し射出した軸上主光線を含む面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｘｉ、前記ＮＡ’ｘｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｘｉ／ｄを前記光学系のＸ方向のパワーＰｘとするとき、
　０．３＜｜Ｐｘ／Ｐｙ｜＜２　　・・・（１２）
を満たすことを特徴とする撮像装置。
【請求項２３】
　請求項１から２２の何れか１項において、前記電子撮像素子により受光した物体像を観察するための観察手段を備えていることを特徴とする撮像装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
　本発明は、撮像装置に関し、特に、形成する像が比較的小さな撮像装置に最適な、少なくとも１つの像形成に必要な結像パワーを有する反射面が偏心して配置された光学系及び撮像装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
小型の反射偏心光学系の従来の周知なものとして特開昭５９－８４２０１号のものがある。しかし、これはシリンドリカル反射面による１次元受光レンズの発明であり、２次元の撮像はできない。また、特開昭６２－１４４１２７号のものは、上記発明の球面収差を低減するために、同一シリンドリカル面を２回反射に使うものである。
【０００３】
また、特開昭６２－２０５５４７号は、反射面の形状として非球面反射面を使うことを示しているが、反射面の形状には言及していない。
さらに、米国特許第３，８１０，２２１号、米国特許第３，８３６，９３１号の２件には、何れもレフレックスカメラのファインダー光学系に回転対称非球面鏡と対称面を１面しか持たない面を持ったレンズ系を用いた例が示されている。ただし、対称面を１面しか持たない面は、観察虚像の傾きを補正する目的で利用されている。
【０００４】
また、特開平１－２５７８３４（米国特許第５，２７４，４０６号）には、背面投影型テ

レビにおいて、像歪みを補正するために対称面を１面しか持たない面を反射鏡に使用した例が示されているが、スクリーンへの投影には投影レンズ系が使われ、像歪みの補正に対称面を１面しか持たない面が使われている。また、観察光学系として、アナモルフィック面とトーリック面を使用した裏面鏡タイプの偏心光学系の例が示されている。しかし、像歪みを含め収差の補正が不十分である。
なお、上記何れの先行技術も対称面を１面しか持たない面を使い折り返し光路用に裏面鏡として使用したものではない。
【０００５】
また、特開平８－２９２３６８号、特開平８－２９２３７１号、特開平８－２９２３７２号には、何れも対称面を１面しか持たない面を反射面として用いた撮像光学系（単焦点光学系、ズーム光学系）が示されている。しかし、回転非対称面を含む光学構成要素に入射し射出するまで、若しくは、最も物体側の回転非対称面から最も像側の回転非対称面に到る光路長が長く（途中に１回結像する例有り。）、光学系が大型化するため、製造の困難な回転非対称面を用いるメリットがない。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
従来の回転対称な光学系では、屈折力を有する透過回転対称レンズに屈折力を負担させていたため、収差補正のために多くの構成要素を必要としていた。しかし、これら従来技術の偏心光学系では、結像された像の収差が良好に補正され、なおかつ、特に回転非対称なディストーションが良好に補正されていないと、結像された図形等が歪んで写ってしまい、正しい形状を記録することができなかった。
【０００７】
また、光学系を構成する屈折レンズが光軸を軸とした回転対称面で構成された回転対称光学系では、光路が直線になるために光学系全体が光軸方向に長くなってしまい、撮像装置が大型になってしまう問題があった。
【０００８】
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、広い画角においても明瞭で、歪みの少ない像を与える小型の撮像光学系及びそれを用いた撮像装置を提供することである。
【０００９】
【課題を解決するための手段】
上記目的を達成する本発明の撮像装置は、撮像素子面上に物体像を形成するための撮像光学系と、前記光学系によって形成される物体像を受光するために配置され、受光した光を電気情報に変換する電子撮像素子とを有する撮像装置において、
前記撮像光学系は、瞳面を形成する絞りと、前記瞳面よりも像側に配された後側光学群と前記瞳面より物体側に配された前側光学群を有し、
前記後側光学群は、物体側から像側に向かって、第１の透過作用面と、第１の反射作用面と、第２の反射作用面と、第２の透過作用面とからなるプリズムであり、
前記第１の反射作用面と前記第２の反射作用面とが、物体中心を射出して瞳中心を通り像中心に到達する光線を軸上主光線とするとき、前記主光線に対して面全体が傾くように偏心配置された反射作用面であり、
前記反射作用面は回転非対称面形状を備え、
前記第１の反射作用面と前記第２の透過作用面が同一面にて兼用され、
前記軸上主光線が、前記後側光学群中で、前記第１の反射作用面で全反射され、その後に前記第１の反射作用面を透過することにより、前記第２の透過作用面が前記第１の反射作用面と兼用されている構成であり、
前記第１の透過作用面と前記第１の反射作用面と前記第２の反射作用面と前記第２の透過作用面とが、屈折率が１よりも大きい媒質にて形成されたプリズム部材の光学作用面を形成するものであり、
前記前側光学群は、反射作用面を含まない透過作用面のみからなる光学群であり、前記

軸上主光線を屈曲させる作用を持った前記軸上主光線に対して偏心したレンズを有することを特徴とするものである。

【００１２】

まず、以下の説明において用いる座標系について説明する。

図２１に示すように、物点中心を通り、絞り１中心を通過し、像面８中心に到達する光線を軸上主光線２とし、光学系の第１面に交差するまでの直線によって定義される光軸をＺ軸とし、そのＺ軸と直交しかつ撮像光学系を構成する各面の偏心面内の軸をＹ軸と定義し、Ｚ軸と直交しかつＹ軸と直交する軸をＸ軸とする。

【００１３】

一般に、球面レンズのみで構成された球面レンズ系では、球面により発生する球面収差と、コマ収差、像面湾曲等の収差をいくつかの面でお互いに補正しあい、全体として収差を少なくする構成になっている。一方、少ない面数で収差を良好に補正するためには非球面等が用いられる。これは、球面で発生する各種収差自体を少なくするためである。しかし、偏心した光学系においては、偏心により発生する回転非対称な収差を回転対称光学系で補正することは不可能である。

【００１４】

以下に、本発明の構成と作用について説明する。

回転対称な光学系が偏心した場合、回転非対称な収差が発生し、これを回転対称な光学系でのみ補正することは不可能である。この偏心により発生する回転非対称な収差は、像歪、像面湾曲、さらに、軸上でも発生する非点収差、コマ収差がある。図２２は偏心して配置された凹面鏡Ｍにより発生する像面湾曲、図２３は偏心して配置された凹面鏡Ｍにより発生する非点収差、図２４は偏心して配置された凹面鏡Ｍにより発生する軸上コマ収差を示す図である。本発明は、上記のような偏心により発生する回転非対称な収差の補正のために、回転非対称な面を光学系中に配置して、その回転非対称な収差を補正している。

【００１５】

偏心して配置された凹面鏡により発生する回転非対称な収差に、回転非対称な像面湾曲がある。例えば、無限遠の物点から偏心した凹面鏡に入射した光線は、凹面鏡に当たって反射結像されるが、光線が凹面鏡に当たって以降、像面までの後側焦点距離は、光線が当たった部分の曲率の半分になる。すると、図２２に示すように、軸上主光線に対して傾いた像面を形成する。このような回転非対称な像面湾曲を補正することは、回転対称な光学系では不可能であった。この傾いた像面湾曲を補正するには、凹面鏡Ｍを回転非対称な面で構成し、この例ではＹ軸正の方向（図の上方向）に対して曲率を強く（屈折力を強く）し、Ｙ軸負の方向（（図の下方向）に対して曲率を弱く（屈折力を弱く）することにより補正することができる。また、上記構成と同様な効果を持つ回転非対称な面を凹面鏡Ｍとは別に光学系中に配置することにより、少ない構成枚数でフラットの像面を得ることが可能となる。

【００１６】

次に、回転非対称な非点収差について説明する。前記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡Ｍでは軸上光線に対しても、図２３に示すような非点収差が発生する。この非点収差を補正するためには、前記説明と同様に、回転非対称面のＸ軸方向の曲率とＹ軸方向の曲率を適切に変えることによって可能となる。

【００１７】

さらに、回転非対称なコマ収差について説明する。前記説明と同様に、偏心して配置された凹面鏡Ｍでは、軸上光線に対しても図２４に示すようなコマ収差が発生する。このコマ収差を補正するためには、回転非対称面のＸ軸の原点から離れるに従って面の傾きを変えると共に、Ｙ軸の正負によって面の傾きを適切に変えることによって可能となる。

【００１８】

さらに、本発明の撮像光学系を折り曲げ光路を有するように構成すると、反射面にパワーを持たせることが可能となり、透過型レンズを省略することが可能となる。さらに、光路を折り曲げたことにより光学系を小型に構成することが可能となる。

【００１９】
また、その反射面は、臨界角を越えて光線が入射するように、光線に対して傾いて配置された全反射面で構成することにより、高い反射率にすることが可能となり、また、反射作用と透過作用とを併せ持たすことが可能となる。また、反射面を構成する面にアルミニウム又は銀等の金属薄膜を表面に形成した反射面、又は、誘電体多層膜で形成された反射面又は半透過反射面で構成することが好ましい。金属薄膜で反射作用を有する場合は、手軽に高反射率を得ることが可能となる。また、誘電体反射膜の場合は、波長選択性や吸収の少ない反射膜を形成する場合に有利となる。
【００２０】
さらに好ましくは、反射面に回転非対称面を用いると、透過面に用いる場合と比べて、色収差は全く発生しない。また、面の傾きが少なくても光線を屈曲させることができるために、他の収差発生も少ない。つまり、同じ屈折力を得る場合に、反射面の方が屈折面に比べて収差の発生が少なくてすむ。
【００２１】
また、本発明の撮像光学系のように、形成される像が小さくなると、いわゆる係数倍の原理によって、撮像光学系も小型にすることが図面上は可能だが、実際の製造を考慮すると、撮像光学系をむやみに小型化することは、レンズの縁の厚みや、中心の厚みが薄くなったり、レンズ径が小型になりすぎ、かえって製造コストの増大を招き好ましくない。一方、製造可能な大きさを保って光学系を構成すると、従来の屈折レンズによる光学系では、光軸が直線であるために、パワーを持った屈折面同士の間隔に空間的な無駄が生じる。そこで、反射面を利用して光軸を空間的に折り返す構成にすれば、比較的小さな空間を有効に利用して、結像に必要な光路を確保することが可能となる。このとき、撮像光学系の光路長を不要に長くすると、偏心させ光軸を折り返す構成により、空間を有効に使う目的に反して大型化するばかりではなく、形成する像に比較して、光路長が長くなりすぎると、フィルムや撮像素子等、光学像を取り込む部材を配置するために必要なバックフォーカスを確保することが困難になる等の問題が生じる。
【００２２】
本発明においては、折り曲げ光路を採用すると同時に、以下の条件を満足することにより、小型の光学系を構成することに成功したものである。
【００２３】
すなわち、本発明の撮像光学系において、後側光学群が少なくとも反射作用面と対向配置された第２の反射作用面を有し、かつ、軸上主光線が光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、光学系の入射面側から軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、そのＮＡ’ｙｉを平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを光学系のＹ方向のパワーＰｙとし、軸上主光線が、光学系の最も物体側に配置された回転非対称面を有する光学系構成要素に入射してから、光学系の最も像側に配置された回転非対称面を有する光学系構成要素を射出するまでの光路長をｐとするとき、

０．１＜ｐ×Ｐｙ＜８　　・・・（１）

を満たすことが望ましい。
【００２４】
まず、本発明において光学系のパワーについて定義する。図２５に示すように、光学系の偏心方向をＹ軸方向に取った場合に、光学系に軸上主光線２と平行なＹ－Ｚ面内の微少高さｄの光線を物体側から入射させ、光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉとし、ＮＡ’ｙｉ／ｄをＹ方向の光学系全体のパワーＰｙとし、同様に、光学系に軸上主光線２と平行なＸ－Ｚ面内の微少高さｄの光線を物体側から入射させ、光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面に直交し射出した軸上主光線を含む面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｘｉとし、ＮＡ’ｘｉ／ｄをＸ方向の光学系全体のパワーＰｘとする。

【００２５】
そして、軸上主光線が、光学系の最も物体側に配置された回転非対称面を有する光学系構成要素に入射してから、光学系の最も像側に配置された回転非対称面を有する光学系構成要素を射出するまでの光路長をｐ（図２５においては、両者は同じ一つの偏心プリズム光学系４であるので、その中での軸上主光線２の光路長）とすると、上記（１）式を満たすように構成することが光学系を小型に構成する上で望ましい。
【００２６】
さらに好ましくは、
０．５＜ｐ×Ｐｙ＜５．０　　・・・（１）’
を満足するようにすると、小型なレンズ系を達成することができる。
【００２７】
さらに好ましくは、
０．５＜ｐ×Ｐｙ＜０．７　　・・・（１）”
を満足するようにすると、より小型なレンズ系を達成することができる。
【００２８】
また、本発明の撮像光学系の回転非対称面を有する光学系構成要素を第１・第２の反射作用面と第１・第２の透過作用面で構成すると、光軸を２つの反射作用面で折り曲げることができ、光学系を小型にできる。さらに、透過作用面が２つあることから、主点位置、像面湾曲に対してはより良い結果を得ることができる。
さらに、２つの反射面を裏面鏡にすることによりより良い収差性能が得られる。
【００２９】
ところで、瞳を物体側に出さないと、光学系が大型化し、上記光路長ｐが大きくなりすぎる。又は、バックフォーカスを確保することが困難になる。さらに、偏心した回転非対称面にパワーを頼りすぎると、偏心により発生する非対称収差、特に偏心コマ収差を補正することが困難になる。そこで、回転非対称面より物体側に光学系を配置してパワーを分担させることも、光学性能を向上させるために有効な手段である。
【００３０】
また、回転非対称面を有する光学系構成要素の物体側に絞りを配置した場合等は、さらにその物体側に光学部材を配置することにより、絞り部材の保護や、反射面を表面鏡で構成する場合には、防塵等の対策にも役立つ。
【００３１】
また、本発明の撮像光学系においては、偏心した回転非対称面により偏心収差の補正が可能であるが、その物体側に光学部材を配置し、偏心した回転非対称反射面と共に総合的な収差補正をするようにするとよい。そのとき、非対称収差を良好に補正するために、その光学部材を偏心させると、均一な補正が可能になり好ましい。
【００３２】
本発明の撮像光学系においては、偏心した回転非対称反射面を有する光学系構成要素の面数を減らしたり、プリズムブロックでその反射面を有する光学系構成要素を構成すると、絞りを物体側に出さないと光学系が大型化する。そのとき、パワーが全て絞りに対し像側に偏る。歪曲収差の補正のためには、負正両方のパワーが必要になるが、負のパワーを強めすぎると、光学系の大型化と、光路長の増大を招き、好ましくない。そこで、絞りの物体側に正レンズを配置し、歪曲収差を補正させるとよい。また、偏心した回転非対称反射面を有する光学系構成要素をプリズムブロックで構成した場合等は、透過面で発生する多少の色収差を補正することが困難となるが、色収差の補正作用にも効果的である。特に、非対称収差を補正するために、その正レンズを偏心させるとさらによい。
【００３３】
また、特に画角の広い広角レンズを構成するとき、焦点距離が短くなるので、バックフォーカスの確保が困難になる。そのときは、物体側から順に負正のパワーを配置するいわゆるレトロフォーカスタイプを採用するのがよい。しかも、負のパワーを強め、負群と正群の間隔をできるだけ開けるのがよい。ところが、負のパワーを偏心した回転非対称面に持

たせると、偏心収差が余りに大きくなり、補正するのが困難になり、特にコマの非対称性を補正するのが困難である。

【００３４】

そこで、物体側に凹レンズを配置し、負のパワーは通常の屈折レンズに持たせ、負群と正群の間隔を開けて配置し、かつ、光軸を折り返してコンパクトにまとめるとよい。

【００３５】

また、偏心した回転非対称反射面を有する光学系構成要素を単一ブロックで構成し、絞りを設ける場合には、ブロックより物体側に絞りを設ける方が、ブロックの大型化を招かず好ましい。このとき、絞りの保護手段を兼ねた光学パワーが略ゼロの光学部材を物体側に配置するのがよい。また、その他の効果として、電子撮像素子を用いる場合には、面内の領域を分割し、領域毎に面に微少量の傾きを付け、光の進行方向を微少量変える機能を持たせる等の方法により、光学的ローパスフィルター機能を持たせると、バックフォーカスの短縮化に効果的である。

【００３６】

ところで、偏心した回転非対称反射面を有する光学系構成要素の物体側に配置する前側光学群に軸上主光線が入射し射出する際の、その角度の変位量をΔθ、位置の変位量をΔｈとするとき、

０．１°＜Δθ＜４５°　　・・・（２）

若しくは、

０＜Δｈ×Ｐｙ＜１．０　　・・・（３）

の少なくとも一方を満たすことが望ましい。ここで、Ｐｙは光学系のＹ方向のパワーである。

【００３７】

上記（２）、（３）式共に、下限値を越えて小さな値を取ると、偏心させる意味がなくなる。また、共に上限値を越えて大きな値を取ると、各部での偏心収差が大きくなりすぎ、補正することが困難になる。

【００３８】

さらに望ましくは、

１°＜Δθ＜３０°　　・・・（２）’

若しくは、

０．００５＜Δｈ×Ｐｙ＜０．５　　・・・（３）’

の少なくとも一方を満足することが望ましい。

【００３９】

ところで、偏心した回転非対称反射面を有する光学系構成要素の第１反射作用面と第２透過作用面を同一面とすると、形成する面が３面となり、製作性が向上する。

【００４０】

また、第１反射作用面の反射に全反射を利用するように構成すると、前述のように高い反射率が得られ、光の損失を最低限に抑えられると共に、反射面と透過面を同一にする際に製造が容易となる。

【００４１】

また、前記のように、偏心した回転非対称反射面を有する光学系構成要素を単一ブロックで構成して構成部材を減らすことにより、光学系の小型化、コストダウンが期待できる。

【００４２】

また、回転非対称反射面を波長選択手段の機能を有する光学材料の裏面鏡として構成し、その波長選択手段はいわゆる赤外線カット機能を持ち、光学材料中に含有されるＣｕＯのモル％ａが、以下の条件を満足することが望ましい。

【００４３】

ａ＜１　　・・・（４）

いわゆる赤外線カットフィルター等は銅等の不純物を混ぜることにより製造できるが、不純物が増えると波長選択性の制御が困難になる等、不純物は少ない方が製造が容易になる

。また、銅等を多く含むガラスの耐性を向上させるために、フッ素燐酸系のネットワークを用いることが一般的であるが、含有量を減らすことができれば、耐性の高いネットワーク構造を採用することができ、有効である。しかし、不純物を少なくすると、波長選択性を確保するためには、フィルターの厚みを増やすしかなく、スペース確保のため、レンズ系が大型化する問題があった。

【００４４】

本発明のような光軸を折り返す光学系では、実際の厚みより長い光路長がとれるので、少ない不純物の含有量で効果的な波長選択特性を達成できる。銅の含有量は、設計された光学系の光路長に応じて調整するとよいが、特にＣｕＯのモル％をａとすると、

ａ＜１　　・・・（４）

を満足することが望ましい。

【００４５】

さらには、

$1\times10^{-5}<a<1$　　・・・（４）’

であることがより好ましい。

【００４６】

また、

$1\times10^{-5}<a<0.5$　　・・・（４）”

であればなおよい。

【００４７】

また、本発明の撮像光学系においては、偏心した回転非対称面形状を有する反射作用面の少なくとも１面は、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面を使用することが望ましい。ここで、本発明で使用する自由曲面とは、以下の式で定義されるものである。

【００４８】

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

ただし、C_m（ｍは２以上の整数）は係数である。

【００４９】

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、本発明では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。例えば、上記定義式（ａ）においては、C_4，C_6，C_9，C_{11}，C_{13}，C_{15}，C_{18}，C_{20}，C_{22}，C_{24}，C_{26}，C_{28}，C_{31}，C_{33}，C_{35}，C_{37}，・・・の各項の係数を０にすることによって可能である。

【００５０】
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。例えば、上記定義式（ａ）においては、C_3，C_6，C_8，C_{10}，C_{13}，C_{15}，C_{17}，C_{19}，C_{21}，C_{24}，C_{26}，C_{28}，C_{30}，C_{32}，C_{34}，C_{36}，・・・の各項の係数を０にすることによって可能であり、また、以上のような対称面を持つことにより製作性を向上することが可能となる。
【００５１】
上記Ｙ－Ｚ面と平行な対称面、Ｘ－Ｚ面と平行な対称面の何れか一方を対称面とすることにより、偏心により発生する回転非対称な収差を効果的に補正することが可能となる。
【００５２】
上記定義式は、１つの例として示したものであり、本発明の特徴は対称面を１面のみ有する回転非対称面で偏心により発生する回転非対称な収差を補正することが特徴であり、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。
【００５３】
また、後側光学群が、第１の透過作用面と、第１の反射作用面と、第２の反射作用面と、第２の透過作用面とを有し、第１の反射作用面と前記第２の反射作用面とが回転非対称面形状を有し、その少なくとも１面が対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなっており、かつ、第１の反射作用面は第２の透過作用面と共通の面からなる場合、この面に強いパワーを持たせると、色収差の発生が大となる。また、第１の反射作用面と第２の透過作用面として利用する領域がほぼ分離できればよいが、そうすると後側光学群を構成するプリズムブロックの大型化を招くため、第１の反射作用面と第２の透過作用面との重なりあう領域が増える。そこで、第１の反射作用面での作用と第２の透過作用面での作用を両立させるためには、強いパワーを持たせない方が、制御が容易である。すなわち、面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、軸上主光線の第１の反射作用面、第２の反射作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをそれぞれＰｘ１、Ｐｘ２とするとき、

$$|Px1|<|Px2| \qquad \cdots(5)$$

であることが望ましい。
【００５４】
さらには、

$$1<|Px2/Px1|<20 \qquad \cdots(6)$$

を満足することが望ましい。この条件の上限値２０を越えると、極度に第２の反射作用面のパワーが強くなり、バックフォーカスが確保できなくなると共に、収差補正のために面形状の複雑さが増し、好ましくない。さらには、

$$1.1<|Px2/Px1|<10 \qquad \cdots(6)'$$

を満足するとなおよい。
【００５５】
さらには、

$$2.0<|Px2/Px1|<5 \qquad \cdots(6)''$$

を満足するとさらによい。
【００５６】
また、軸上主光線の第２の透過作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをＰｘ３とするとき、

$$|Px3/Px2|<0.5 \qquad \cdots(7)$$

であることが望ましい。ただし、第２の透過作用面の対称面が複数若しくは無数にある場合は、第２の反射作用面の唯一の対称面とのなす角が最も小さくなる面を第２の透過作用面の対称面とする。すなわち、第２の透過作用面に強いパワーを持たせると、歪曲収差と色収差の発生が大となり、好ましくない。そこで、条件（７）を満足することが望ましい。
【００５７】

さらには、
｜Ｐｘ３／Ｐｘ２｜＜０．２　　・・・（７）’
を満足するとなおよい。
【００５８】
また、以上において、面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、その面のＸ方向の最大画角主光線が当たる位置での面の法線のＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値と、軸上主光線が前記面に当たる位置でのその面の法線のＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値との差をＤＹとするとき、
０≦｜ＤＹ｜＜０．１　　・・・（８）
なる条件を満足することが望ましい。
【００５９】
この条件式は、例えば水平線を写したときに弓なりに湾曲してしまう弓なりな回転非対称な像歪みに関するものである。図２６（ａ）の斜視図、同図（ｂ）のＹ－Ｚ面への投影図に示すように、Ｘ方向の最大画角の主光線が回転非対称面Ａと交差する点におけるその回転非対称面の法線ｎ’のＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値と、軸上主光線がその回転非対称面Ａと交差する点における回転非対称面の法線ｎのＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値との差をＤＹとするとき、（８）の条件を満足することが重要である。上記条件式の下限の０を越えると、弓なりな像歪みを補正することができなくなる。また、上限の０．１を越えると、弓なりな像歪みが補正過剰となり、どちらの場合も像が弓なりに歪んでしまう。
【００６０】
さらに好ましくは、
０≦｜ＤＹ｜＜０．０１　　・・・（８）’
なる条件を満足することが好ましい。
【００６１】
また、軸上主光線が光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、Ｙ正方向の最大画角の主光線とＹ負方向の最大画角の主光線とがその面と当たる部分のＸ方向の曲率の差をＣｘｎ、軸上主光線がその面と当たる部分のＸ方向のパワーをＰｘｎとするとき、
０≦｜Ｃｘｎ／Ｐｘｎ｜＜１０　　・・・（９）
の条件を満足することが重要である。この条件式は、台形に発生する像歪みに関するものである。上記条件式の上限１０を越えると、台形歪みが大きく発生し、他の面で補正することがが難しくなる。
【００６２】
さらに好ましくは、
０≦｜Ｃｘｎ／Ｐｘｎ｜＜１　　・・・（９）’
なる条件式を満足することが好ましい。
【００６３】
また、回転非対称面は偏心して構成された光学系に配置され、偏心して配置された各面の偏心面と略同一の面が対称面となるような面対称自由曲面とすることで、対称面を挟んで左右両側を対称にすることができ、収差補正と製作性を大幅に向上させることができる。
【００６４】
次に、Ｘ方向の光学系全体のパワーをＰｘとし、回転非対称な面の軸上主光線が当たる部分のＸ方向のパワーをＰｘｎとするとき、
０＜｜Ｐｘｎ／Ｐｘ｜＜１００　　・・・（１０）
なる条件式を満足することが、収差補正上好ましい。上記条件式の上限１００を越えると、回転非対称面のパワーが光学系全体のパワーに比べて強くなりすぎ、強い屈折力を回転非対称面が持ちすぎてしまい、この回転非対称な面で発生する収差を他の面で補正できなくなる。また、下限の０を越えると、回転非対称面のＸ軸方向のパワーがなくなり、別の面としてＸ軸方向のパワーを配置しなければならなくなり、必要な面数が増え、本発明で回転非対称面を用いることによって光学系の小型化を図ろうとする目的に反する。

【００６５】
さらに好ましくは、
０．０５＜｜Ｐｘｎ／Ｐｘ｜＜１０　　・・・（１０）’
なる条件を満足すると、回転非対称な収差を良好に補正でき、収差補正上好ましい。
【００６６】
また、Ｙ方向の光学系全体のパワーをＰｙとし、回転非対称な面の軸上主光線が当たる部分のＹ方向のパワーＰｙｎとするとき、
０＜｜Ｐｙｎ／Ｐｙ｜＜１００　　・・・（１１）
なる条件式を満足することが、収差補正上好ましい。上記条件式の下限０と上限１００のの意味は条件式（１０）の場合と同様である。
【００６７】
さらに好ましくは、
０＜｜Ｐｙｎ／Ｐｙ｜＜１０　　・・・（１１）’
なる条件を満足すると、回転非対称な収差を良好に補正でき、収差補正上好ましい。
【００６８】
次に、上記光学系全体のＸ方向、Ｙ方向のパワーをＰｘ、Ｐｙとするとき、
０．３＜｜Ｐｘ／Ｐｙ｜＜２　　・・・（１２）
なる条件式を満足することが、収差補正上好ましい。上記条件式の下限０．３と上限２を越えると、光学系全体の焦点距離がＸ方向とＹ方向で異なりすぎ、良好な像歪みを得ることが難しくなり、像が歪んでしまう。
【００６９】
さらに好ましくは、
０．８＜｜Ｐｘ／Ｐｙ｜＜１．２　　・・・（１２）’
なる条件を満足すると、回転非対称な収差を良好に補正でき、収差補正上好ましい。
【００７０】
また、本発明の撮像光学系において、光学系の横収差が２００μｍ以下であることが望ましい。本発明に光学系の横収差が２００μｍ以下であると、収差を十分に無視することができ、良好な結像性能を得られる
また、本発明の撮像光学系の像歪みは２０％以下であることが望ましい。本発明に光学系の像歪みが２０％以下だと、収差を十分に無視することができ、良好な結像性能を得られる
なお、さらに好ましくは、第１の透過作用面が透過光に対して正のパワーを持つレンズである場合には、第１の反射作用面の光線の広がりを抑えることが可能となり、第１の反射面を小型にすることが可能である。
【００７１】
また、光線を第１の透過作用面、第１の反射作用面、第２の透過作用面の順番に進むように構成することによって、第１の反射作用面を裏面鏡として構成することが可能となる。第１の反射作用面を裏面鏡で構成すると、表面鏡で構成するよりもさらに像面湾曲収差に対して良い結果を得られる。
【００７２】
さらに、第１の透過作用面と第２の透過作用面のどちらか又は両方に第１の反射作用面と同じ符号のパワーを持たせることにより、像面湾曲はほぼ完全に補正することが可能となる。
【００７３】
一方、第１の透過作用面と第２の透過作用面のパワーを略０にすることにより、色収差に対して良い結果を得られる。これは、第１の反射作用面では、原理上色収差の発生がないため、色収差を他の面と補正し合う必要がない。そこで、第１の透過作用面と第２の透過作用面でも色収差が発生しないようにパワーをほぼ０にすることで、全体の光学系で色収差の少ない光学系を構成することが可能となる。
【００７４】

さらに好ましくは、後側光学群を、物体側から像側に向かって、少なくとも第１の透過作用面と、第１の反射作用面と、第２の反射作用面と、第２の透過作用面とで構成し、第１の反射作用面と第２の反射作用面を回転非対称面形状にて構成する場合、２つの反射作用面のパワーを変えることが可能となり、正負又は負正の組み合わせにして、主点位置を光学系の前に出したり後ろに出したりすることができる。これは像面湾曲にも良い結果を与えることができる。

【００７５】

さらに、２つの反射作用面を裏面鏡にすることで、像面湾曲をほとんどなくすことも可能である。特に、焦点距離に比較して大きなバックフォーカスが必要な電子撮像光学系の場合には、物体側に負のパワーを配置するか、第１反射作用面を負のパワーとするのがよい。しかし、後者でパワーを強くすると、歪曲収差の悪化を招く。さらに、そのとき、第１反射作用面と第２透過作用面が同一である場合には、透過作用面も負のパワーが強くなり、色収差の悪化を招く。したがって、第１反射作用面は、反射作用面として利用する領域は負、第２透過作用面として利用する領域に近づく程パワーが弱くなり、第２透過作用面としては弱いパワーになるような形状が好ましい。なお、前者のように、物体側に負のパワーを配置する場合には、第１反射作用面は弱い正若しくは負のパワーで構成すればよい。

【００７６】

また、本発明の撮像光学系を電子撮像素子上に結像させる電子撮像装置の撮影レンズとして用いる場合には、撮像装置の処理部において、光学系の歪曲収差や倍率色収差の情報をメモリ等に予め保持しておき、その情報をもとにデジタル画像処理技術を用いて補正する機能を備え、光学系で発生する歪曲収差や倍率色収差を補正せしめると、光学系で補正すべき収差の許容量が大きくなり、光学系に対する負担が軽減され、特に本発明のような、少ないレンズ構成要素の数で光学性能を満足する小型の撮影レンズを構成する際には、効果的である。さらには、カメラの処理部として情報を保持しなくても、画像処理ソフトのデータとして、パソコン等の処理装置にインストールし、装置上で画像処理を施すように構成しても、同様の機能を持つことができることは言うまでもない。

【００７７】

なお、本発明は、以上のような撮像光学系によって形成される物体像を受光するために配置された撮像素子を有する撮像装置を含むものである。この場合、その撮像素子は、撮像素子が受光した光を電気情報に変換する作用を有する電子撮像素子にて形成することが望ましく、その電子撮像素子により受光した物体像を観察するための観察手段を備えていることが望ましい。

【００７８】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の撮像光学系の実施例１～８について説明する。この中、実施例１から４、実施例６から８は本発明の参考例である。各実施例の構成パラメータは後記するが、その各実施例の構成パラメータにおいては、図１に示すように、光学系の基準面と記載された１つの面（図１の場合は、絞り１の面）を偏心面の原点として、軸上主光線２を物体中心（図では省略）を出て、絞り１の中心を通る光線で定義し、物体中心から光学系の第１面まで軸上主光線２に沿って進む方向をＺ軸、このＺ軸と像面８中心を含む平面をＹ－Ｚ平面とし、Ｙ軸をＹ－Ｚ平面内のＺ軸に直交する方向に取り、物点から光学系第１面に向かう方向をＺ軸の正方向とし、Ｙ軸の正方向を図の上方向（第１反射面６で反射する方向）とする。そして、Ｙ軸、Ｚ軸と右手直交座標系を構成する軸をＸ軸とする。

【００７９】

実施例１～８では、このＹ－Ｚ平面内で各面の偏心を行っており、また、各回転非対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面として構成している。

そして、偏心面については、その面の面頂位置の光学系の原点の中心からのＸ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向の偏心量（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。なお、その場合、αとβの正はそれぞれの軸の正方向に対しての反時計回りを、γの正はＺ軸の正方向に対しての時計回りを意味する。

【００８０】

また、各実施例の光学系を構成する光学面の中、特定の面とそれに続く面が同軸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。

【００８１】

また、自由曲面の面の形状は前記の式（ａ）により定義し、その定義式のＺ軸が自由曲面の軸となる。

なお、データの記載されていない非球面に関する項は０である。屈折率については、ｄ線（波長５８７．５６ｎｍ）に対するものを表記してある。長さの単位はｍｍである。

【００８２】

なお、自由曲面の他の定義式としてＺｅｒｎｉｋｅ多項式がある。この面の形状は以下の式（ｂ）により定義する。その定義式のＺ軸がＺｅｒｎｉｋｅ多項式の軸となる。

$$X = R \times \cos(A)$$

$$Y = R \times \sin(A)$$

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

以下に、実施例１～８について説明する。実施例１～８の軸上主光線２を含むＹ－Ｚ断面図をそれぞれ図１～図８に示す。各図中、１は絞り、２は軸上主光線、３は絞り１より物体側の前群、４は絞り１より像側の後群を構成する偏心プリズム光学系、５は偏心プリズム光学系の第１面、６は第２面、７は第３面であり、８は像面、９は赤外線カットフィルター、光学ローパスフィルター、カバーガラス等のフィルター類である。なお、偏心プリズム光学系４の第１面５は後群の第１の透過（作用）面、第２面６は第１の反射（作用）

面と第２の透過（作用）面、第３面７は第２の反射（作用）面を構成している。
【００８３】
そして、図示しない物体から出た光線は、前群３を有する場合（実施例４～６）は前群３を経て絞り１の開口を通り、後群の偏心プリズム光学系４の第１面５を透過して内部に入り、第２面６で反射され、次いで第３面７で反射され、今度は第２面６透過して偏心プリズム光学系４の外へ出て、フィルター類９を介して像面８に物体像を結像する。
【００８４】
なお、実施例１～８は像の大きさは約４×３ｍｍの１／４インチサイズを想定して最適化したものであるが、もちろんその他のサイズ等の場合も、全体を係数倍することにより適用できることは言うまでもない。
また、本発明は撮像光学系のみならず、その光学系を組み込んだ撮像装置も含むものである。
【００８５】
実施例１
この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図１に示す。実施例１の仕様は、水平半画角２１．３２°、垂直半画角１６．３１°、入射瞳径１．７８５ｍｍ、像の大きさ３．８３×２．９３ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に前群を有せず、撮像光学系を偏心プリズム光学系４だけで構成した実施例である。
【００８６】
本実施例は、１つの対称面を有する回転非対称自由曲面を３面使用して構成した例であり、物体側から、絞り１と、第１透過面５、第１反射面６、第２反射面７、第２透過面６からなり、第１反射面と第２透過面は同一の面６でなり、第１反射面は全反射を利用しているため、全体が３面と少ない面で構成されている。
【００８７】
なお、構成パラメータは後記するが、偏心量は、第１面からの偏心量として表しており、また、第６面は仮想面である。第７面以降は赤外線カットフィルターや光学ローパスフィルター、カバーガラス等の各種光学部材（フィルター類９）を表している。
【００８８】
そして、軸上主光線が各面と交差する点の近傍でのパワーは、偏心面内（Ｙ）が、第１透過面から順に、0.183 、-1.497、2.654 、-0.275、それと直交する方向（Ｘ）が、順に、-0.483、-1.057、2.426 、-0.241であり、透過面のパワーを小さく、反射面のパワーを大きくとって、反射面で発生する収差が小さくなる点を有効に利用すると共に、透過面で発生する色収差の低減を図っている。また、巨視的に見れば、物体側から負正のレトロフォーカスタイプのパワー配置になっており、また、本実施例では、他の実施例と比較して、第１透過面のパワーを負に、若しくは、小さな正とし、第１反射面の負のパワー及び第２反射面の正のパワーを強めることにより、長いバックフォーカスを確保している。
【００８９】
本実施例の各画角に対する横収差状況を図９に、歪曲収差の状況を図１５に示す。横収差を表す図９において、括弧内に示された数字は（水平（Ｘ方向）画角，垂直（Ｙ方向）画角）を表し、その画角における横収差図を示す（以下、同じ。）。図１の断面図や図９、図１５の収差図からも明らかなように、本実施例は、水平画角が４２．６°と広いにもかかわらず、大きさが約８×６×６ｍｍと小さな１ブロックからなる簡単な構成で、しかも良好な光学性能を達成し得ている。
【００９０】
実施例２
この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図２に示す。実施例２の仕様は、水平半画角２１．３２°、垂直半画角１６．３１°、入射瞳径１．７８５ｍｍ、像の大きさ３．９０×２．８９ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に前群を有せず、撮像光学系を偏心プリズム光学系４だけで構成した実施例である。
【００９１】

なお、構成パラメータは後記するが、偏心量は、第１面からの偏心量として表しており、また、第６面は仮想面である。本実施例は実施例１と同様の構成であるが、第１透過面５のパワーを正に、また、第２反射面７の正のパワーを弱めることにより、歪曲収差の補正に重点を置いて設計した例である。本実施例の歪曲収差の状況を図１６に示す。

【００９２】

実施例３

この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図３に示す。実施例３の仕様は、水平半画角２９．１２°、垂直半画角２２．３６°、入射瞳径１．３５０ｍｍ、像の大きさ４．０２×３．０２ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に前群を有せず、撮像光学系を偏心プリズム光学系４だけで構成した実施例である。

【００９３】

なお、構成パラメータは後記するが、偏心量は、第１面からの偏心量として表しており、また、第６面は仮想面である。本実施例は実施例２と同様の構成であるが、各面のパワー配置を工夫することにより、３５ｍｍカメラ用に換算すれば、焦点距離約３２ｍｍと広画角を満足するように構成した例である。実施例２と比較して、各面のパワーを弱くし、収差の発生を抑制すると共に、自由曲面の高次項を導入することにより、収差補正の自由度を高めている。本実施例の各画角に対する横収差状況を図１０に示す。この収差図からも明らかなように、わずか１つの光学系構成要素からなり、大きさが約８×８×６ｍｍと小型でありながらも、高い光学性能を有する広画角レンズを達成している。

【００９４】

実施例４

この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図４に示す。実施例４の仕様は、水平半画角２１．３２°、垂直半画角１６．３１°、入射瞳径１．７８５ｍｍ、像の大きさ３．９０×２．８９ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に平行平面板からなる前群３を配置し、絞り１の後群として偏心プリズム光学系４を配置した実施例である。

【００９５】

なお、構成パラメータは後記するが、偏心量は、第３面からの偏心量として表しており、また、第８面は仮想面である。この実施例では、偏心した回転非対称反射面を含む偏心プリズム光学系４の物体側に、絞り１と、さらに、保護ガラスを構成する前群３を設けている。前群３を単に保護ガラスとしてだけではなく、光学ローパス機能や波長選択機能、あるいは、ＮＤフィルターを配置することにより光量を制御する機能等、様々な機能を付加することにより、空間の効率的な利用が可能である。

【００９６】

実施例５

この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図５に示す。実施例５の仕様は、水平半画角２１．３２°、垂直半画角１６．３１°、入射瞳径１．７８５ｍｍ、像の大きさ３．８９×２．９１ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に偏心した正レンズからなる前群３を配置し、絞り１の後群として偏心プリズム光学系４を配置した実施例である。

【００９７】

なお、構成パラメータは後記するが、第２面以降の偏心量は、第１面からの偏心量として表わしている。第１面、第９面は仮想面である。本実施例は、偏心した回転非対称反射面を含む偏心プリズム光学系４の物体側に、絞り１と正レンズからなる前群３を配置して、歪曲収差及び倍率色収差の低減を図ったものである。さらに、絞り１に対して正レンズ３を偏心させ、画面内における収差の非対称性の低減も図っている。本実施例の各画角に対する横収差の状況を図１１に、また歪曲収差の状況を図１７に示す。これら収差図からも明らかなように、正レンズを配置して２つのレンズブロック３、４からなり、歪曲収差、倍率色収差の小さな小型の光学系が達成できる。

【００９８】

実施例６

この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図６に示す。実施例６の仕様は、水平半画角２９

．１２°、垂直半画角２２．３６°、入射瞳径１．３５０ｍｍ、像の大きさ４．０３×３．０４ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に負レンズからなる前群３を配置し、絞り１の後群として偏心プリズム光学系４を配置した実施例である。

【００９９】

なお、構成パラメータは後記するが、第４面以降の偏心量は、第３面からの偏心量として表わしている。第８面は仮想面である。本実施例は、偏心した回転非対称反射面の物体側に負レンズを配置して、レトロフォーカスタイプの負のパワーを物体側に出し、正のパワーとの間隔を開けることにより、回転非対称反射面のパワーの低減を図り、収差の非対称性を悪化させずに、広角化を達成した例である。本実施例の各画角に対する横収差の状況を図１２に示す。この収差図からも明らかなように、実施例３と比較して、構成要素の数が増え、レンズが大型化する問題はあるものの、画面内の収差非対称性が改善されており、２つの光学系構成要素からなる簡単な構成でありながも、３５ｍｍカメラに換算して、焦点距離約３２ｍｍと広画角を達成し、良好な光学性能を達成している。

実施例７

この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図７に示す。実施例７の仕様は、水平半画角２１．３２°、垂直半画角１６．３１°、入射瞳径１．７８５ｍｍ、像の大きさ３．９０×２．９３ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に前群を有せず、撮像光学系を偏心プリズム光学系４だけで構成した実施例である。

【０１００】

なお、構成パラメータは後記するが、偏心量は、第１面からの偏心量として表しており、また、第６面は仮想面である。本実施例の各画角に対する横収差状況を図１３に、歪曲収差の状況を図１８に示す。

【０１０１】

実施例８

この実施例の光軸を含むＹ－Ｚ断面図を図８に示す。実施例８の仕様は、水平半画角２１．３２°、垂直半画角１６．３１°、入射瞳径１．７８５ｍｍ、像の大きさ３．９０×２．９３ｍｍである。この実施例は、絞り１より物体側に前群を有せず、撮像光学系を偏心プリズム光学系４だけで構成した実施例である。

【０１０２】

なお、構成パラメータは後記するが、偏心量は、第１面からの偏心量として表しており、また、第６面は仮想面である。本実施例の各画角に対する横収差状況を図１４に、歪曲収差の状況を図１９に示す。

【０１０３】

以下、上記実施例１～８の構成パラメータを示す。

【０１０４】

実施例１

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り)				
	(基準面)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.8061	40.9
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.8061	40.9
4	自由曲面[3]		偏心(3)	1.8061	40.9
5	自由曲面[2]		偏心(2)		
6	∞	0.00	偏心(4)		
7	∞	1.00		1.5163	64.1
8	∞	0.40		1.5163	64.1
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5 1.3831×10^{-2}　C_7 -3.6090×10^{-2}　C_8 -7.3679×10^{-3}
C_{10} 1.5720×10^{-3}

自由曲面[2]

C_5 2.5299×10^{-2}　C_7 1.7622×10^{-2}　C_8 -8.4559×10^{-4}
C_{10} 2.4760×10^{-4}

自由曲面[3]

C_5 -4.4848×10^{-2}　C_7 -4.0459×10^{-2}　C_8 5.2867×10^{-4}
C_{10} 4.0114×10^{-4}　C_{12} -1.0522×10^{-4}　C_{14} -2.5073×10^{-4}
C_{16} -1.0204×10^{-4}　C_{17} 1.2722×10^{-5}　C_{19} 2.1529×10^{-5}
C_{21} 4.3005×10^{-6}

偏心(1)

x 0.000　y 0.000　z 0.803
α 15.34　β 0.00　γ 0.00

偏心(2)

x 0.000　y 0.333　z 3.551

α	-40.74	β	0.00	γ	0.00
		偏心(3)			
x	0.000	y	3.101	z	3.473
α	109.99	β	0.00	γ	0.00
		偏心(4)			
x	0.000	y	-2.637	z	7.430
α	-56.89	β	0.00	γ	0.00

。

【０１０５】

実施例２

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り)				
	(基準面)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.5400	59.4
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.5400	59.4
4	自由曲面[3]		偏心(3)	1.5400	59.4
5	自由曲面[2]		偏心(2)		
6	∞	0.00	偏心(4)		
7	∞	1.50		1.5163	64.1
8	∞	0.75		1.5163	64.1
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5 5.8068×10^{-2}　C_7 7.5553×10^{-2}　C_8 -1.9541×10^{-3}
C_{10} -8.6638×10^{-3}

自由曲面[2]

C_5 6.1572×10^{-5}　C_7 1.3306×10^{-2}　C_8 -2.7595×10^{-4}
C_{10} -3.0763×10^{-3}

自由曲面[3]

C_5 -2.3482×10^{-2}　C_7 -3.5660×10^{-2}　C_8 8.8353×10^{-4}
C_{10} -1.8668×10^{-4}　C_{12} 2.6198×10^{-4}　C_{14} 1.0252×10^{-3}
C_{16} 1.5324×10^{-4}　C_{17} 2.1707×10^{-5}　C_{19} 9.1571×10^{-5}
C_{21} 5.3976×10^{-5}

偏心(1)

x　0.000　y　0.000　z　0.807
α　22.84　β　0.00　γ　0.00

偏心(2)

x　0.000　y　0.437　z　3.825

α	-37.89	β	0.00	γ	0.00
		偏心(3)			
x	0.000	y	3.630	z	3.491
α	116.17	β	0.00	γ	0.00
		偏心(4)			
x	0.000	y	1.358	z	5.791
α	-46.87	β	0.00	γ	0.00

。

【０１０６】

実施例３

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り)				
	(基準面)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.8061	40.9
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.8061	40.9
4	自由曲面[3]		偏心(3)	1.8061	40.9
5	自由曲面[2]		偏心(2)		
6	∞	0.00	偏心(4)		
7	∞	1.00		1.5163	64.1
8	∞	0.40		1.5163	64.1
9	∞	0.50			
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5 3.7924×10^{-2}　C_7 5.4447×10^{-2}　C_8 -2.0761×10^{-3}

C_{10} -1.3115×10^{-2}　C_{12} 1.5630×10^{-3}　C_{14} -2.5577×10^{-3}

C_{16} 3.8112×10^{-3}　C_{17} -4.8199×10^{-4}　C_{19} 1.9456×10^{-3}

自由曲面[2]

C_5 6.4342×10^{-3}　C_7 2.6055×10^{-2}　C_8 -1.0043×10^{-3}

C_{10} -6.9334×10^{-3}　C_{12} 3.6671×10^{-4}　C_{14} -3.8133×10^{-3}

C_{16} 2.3354×10^{-3}　C_{17} -8.2425×10^{-5}　C_{19} 7.3303×10^{-4}

自由曲面[3]

C_5 -3.4481×10^{-2}　C_7 -4.4610×10^{-2}　C_8 1.7095×10^{-4}

C_{10} -2.9202×10^{-3}　C_{12} -1.8844×10^{-5}　C_{14} 2.5151×10^{-3}

C_{16} -5.8488×10^{-4}　C_{17} -4.4293×10^{-5}　C_{19} 2.3318×10^{-5}

C_{21} 1.8061×10^{-4}

偏心(1)

x　0.000　y　0.248　z　0.625

α	12.51	β	0.00	γ	0.00
		偏心(2)			
x	0.000	y	0.258	z	3.077
α	-39.02	β	0.00	γ	0.00
		偏心(3)			
x	0.000	y	2.987	z	2.798
α	117.39	β	0.00	γ	0.00
		偏心(4)			
x	0.000	y	0.939	z	5.127
α	-41.84	β	0.00	γ	0.00

。

【０１０７】

実施例４

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞	1.50		1.5163	64.2
2	∞	0.75			
3	∞ (絞り)				
	(基準面)				
4	自由曲面[1]		偏心(1)	1.5400	59.4
5	自由曲面[2]		偏心(2)	1.5400	59.4
6	自由曲面[3]		偏心(3)	1.5400	59.4
7	自由曲面[2]		偏心(2)		
8	∞	0.00	偏心(4)		
9	∞	1.50		1.5163	64.2
10	∞	0.75		1.5163	64.2
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5 5.5611×10^{-2}　C_7 7.3954×10^{-2}　C_8 -2.2062×10^{-3}
C_{10} -9.3451×10^{-3}

自由曲面[2]

C_5 7.1877×10^{-4}　C_7 1.4712×10^{-2}　C_8 -3.4549×10^{-4}
C_{10} -3.3241×10^{-3}

自由曲面[3]

C_5 -2.4606×10^{-2}　C_7 -3.6544×10^{-2}　C_8 7.8613×10^{-4}
C_{10} -2.4000×10^{-4}　C_{12} 2.2952×10^{-4}　C_{14} 9.1669×10^{-4}
C_{16} 1.2169×10^{-4}　C_{17} 1.8425×10^{-5}　C_{19} 7.3383×10^{-5}
C_{21} 4.7013×10^{-5}

偏心(1)

x　0.000　y　0.000　z　0.815
α　23.06　β　0.00　γ　0.00

		偏心(2)			
x	0.000	y	0.433	z	3.776
α	-36.70	β	0.00	γ	0.00
		偏心(3)			
x	0.000	y	3.776	z	3.290
α	118.34	β	0.00	γ	0.00
		偏心(4)			
x	0.000	y	1.487	z	5.797
α	-44.31	β	0.00	γ	0.00

。

【０１０８】

実施例５

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞				
	(基準面)				
2	4.056		偏心(1)	1.5163	64.1
3	7.976		偏心(2)		
4	∞ (絞り)		偏心(3)		
5	自由曲面[1]		偏心(4)	1.5400	59.4
6	自由曲面[2]		偏心(5)	1.5400	59.4
7	自由曲面[3]		偏心(6)	1.5400	59.4
8	自由曲面[2]		偏心(5)		
9	∞	0.00	偏心(7)		
10	∞	1.50		1.5163	64.1
11	∞	0.75		1.5163	64.1
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5 7.5879×10^{-2}　C_7 9.6598×10^{-2}　C_8 -6.2172×10^{-3}
C_{10} -6.4546×10^{-3}

自由曲面[2]

C_5 3.9221×10^{-3}　C_7 1.6474×10^{-2}　C_8 -8.3043×10^{-4}
C_{10} -8.6373×10^{-4}

自由曲面[3]

C_5 -2.1565×10^{-2}　C_7 -2.8660×10^{-2}　C_8 -4.4079×10^{-4}
C_{10} 5.4262×10^{-4}　C_{12} 5.6440×10^{-4}　C_{14} 1.2660×10^{-3}
C_{16} 1.1026×10^{-3}　C_{17} -2.4581×10^{-5}　C_{19} 1.3297×10^{-4}
C_{21} -5.9604×10^{-5}

偏心(1)

x　0.000　y　0.780　z　0.409

α	-19.47	β	0.00	γ	0.00
		偏心(2)			
x	0.000	y	0.470	z	1.210
α	-19.47	β	0.00	γ	0.00
		偏心(3)			
x	0.000	y	0.019	z	1.879
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
		偏心(4)			
x	0.000	y	0.051	z	2.322
α	-4.32	β	0.00	γ	0.00
		偏心(5)			
x	0.000	y	0.084	z	4.000
α	-47.79	β	0.00	γ	0.00
		偏心(6)			
x	0.000	y	2.040	z	4.230
α	109.78	β	0.00	γ	0.00
		偏心(7)			
x	0.000	y	0.820	z	5.534
α	-41.33	β	0.00	γ	0.00

。

【０１０９】

実施例６

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	6.318	1.00		1.4875	70.2
2	3.184	3.00			
3	∞ (絞り)				
	(基準面)				
4	自由曲面[1]		偏心(1)	1.5400	59.4
5	自由曲面[2]		偏心(2)	1.5400	59.4
6	自由曲面[3]		偏心(3)	1.5400	59.4
7	自由曲面[2]		偏心(2)		
8	∞	0.00	偏心(4)		
9	∞	1.50		1.5163	64.1
10	∞	0.75		1.5163	64.1
11	∞	0.50			
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5	2.1413×10^{-2}	C_7	3.7356×10^{-2}	C_8	2.0784×10^{-4}
C_{10}	-7.8354×10^{-3}	C_{12}	1.5668×10^{-5}	C_{14}	-1.3047×10^{-3}
C_{16}	1.2548×10^{-4}	C_{17}	-1.5018×10^{-4}	C_{19}	5.4717×10^{-4}

自由曲面[2]

C_5	8.8826×10^{-5}	C_7	8.7982×10^{-3}	C_8	3.7903×10^{-4}
C_{10}	-1.8466×10^{-3}	C_{12}	3.0293×10^{-5}	C_{14}	-3.2298×10^{-4}
C_{16}	2.6623×10^{-4}	C_{17}	-3.3556×10^{-6}	C_{19}	3.0087×10^{-5}

自由曲面[3]

C_5	-2.8297×10^{-2}	C_7	-3.6681×10^{-2}	C_8	6.7550×10^{-4}
C_{10}	-3.4843×10^{-4}	C_{12}	-2.7812×10^{-5}	C_{14}	4.3994×10^{-4}
C_{16}	-8.2182×10^{-5}	C_{17}	7.2013×10^{-6}	C_{19}	1.2980×10^{-6}
C_{21}	1.8223×10^{-5}				

偏心(1)

x	0.000	y	0.000	z	0.981
α	27.55	β	0.00	γ	0.00

偏心(2)

x	0.000	y	0.737	z	5.130
α	-40.27	β	0.00	γ	0.00

偏心(3)

x	0.000	y	5.080	z	5.176
α	106.77	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

x	0.000	y	0.936	z	7.637
α	-64.38	β	0.00	γ	0.00

。

【０１１０】

実施例７

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り)				
	(基準面)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.5638	60.7
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.5638	60.7
4	自由曲面[3]		偏心(3)	1.5638	60.7
5	自由曲面[2]		偏心(2)		
6	∞	0.00	偏心(4)		
7	∞	1.00		1.5163	64.1
8	∞	0.40		1.5163	64.1
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5 5.8550×10^{-2}　C_7 9.6408×10^{-2}　C_{10} -7.7195×10^{-3}

C_{14} -2.0262×10^{-3}　C_{19} -1.6058×10^{-3}　C_{21} -6.5159×10^{-4}

C_{25} -1.8786×10^{-3}　C_{27} 1.8236×10^{-3}

自由曲面[2]

C_5 -1.0191×10^{-2}　C_7 5.7259×10^{-3}　C_8 -2.5994×10^{-4}

C_{10} -2.8707×10^{-3}　C_{12} -2.0828×10^{-4}　C_{14} -8.9923×10^{-4}

C_{16} -1.3406×10^{-4}　C_{19} 2.9458×10^{-5}　C_{21} -1.9774×10^{-4}

C_{25} -6.7794×10^{-6}　C_{27} 1.2814×10^{-5}

自由曲面[3]

C_5 -6.7777×10^{-3}　C_7 -2.7240×10^{-2}　C_8 1.1060×10^{-4}

C_{10} -4.6180×10^{-4}　C_{12} 1.0032×10^{-3}　C_{14} 2.3164×10^{-3}

C_{16} 4.9903×10^{-4}　C_{17} 4.9167×10^{-5}　C_{19} 7.7573×10^{-5}

C_{21} -4.3921×10^{-5}　C_{23} 2.6022×10^{-5}　C_{25} 2.2066×10^{-4}

C_{27} 1.3540×10^{-4}　C_{29} 3.4703×10^{-5}

偏心(1)

x	0.000	y	0.000	z	0.294
α	18.01	β	0.00	γ	0.00
		偏心(2)			
x	0.000	y	0.368	z	3.470
α	-37.18	β	0.00	γ	0.00
		偏心(3)			
x	0.000	y	2.894	z	3.068
α	113.64	β	0.00	γ	0.00
		偏心(4)			
x	0.000	y	0.396	z	4.611
α	-51.68	β	0.00	γ	0.00

。

【０１１１】

実施例８

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り)				
	(基準面)				
2	自由曲面[1]		偏心(1)	1.8061	40.9
3	自由曲面[2]		偏心(2)	1.8061	40.9
4	自由曲面[3]		偏心(3)	1.8061	40.9
5	自由曲面[2]		偏心(2)		
6	∞	0.00	偏心(4)		
7	∞	1.00		1.5163	64.1
8	∞	0.40		1.5163	64.1
像　面	∞				

自由曲面[1]

C_5	-5.4098×10^{-4}	C_7	-3.6662×10^{-2}	C_8	-3.9919×10^{-3}
C_{10}	4.2812×10^{-3}	C_{12}	-2.8547×10^{-4}	C_{14}	-9.5475×10^{-3}
C_{16}	-7.2133×10^{-4}	C_{19}	2.0159×10^{-3}	C_{21}	-1.2098×10^{-5}
C_{25}	6.1544×10^{-3}	C_{27}	5.3401×10^{-3}		

自由曲面[2]

C_5	2.3890×10^{-2}	C_7	1.3102×10^{-2}	C_8	-1.4977×10^{-4}
C_{10}	2.0852×10^{-3}	C_{12}	3.4984×10^{-5}	C_{14}	-1.2395×10^{-3}
C_{16}	6.2888×10^{-5}	C_{19}	3.1597×10^{-4}	C_{21}	-4.5153×10^{-5}
C_{25}	1.0390×10^{-5}	C_{27}	1.7082×10^{-5}		

自由曲面[3]

C_5	-4.5072×10^{-2}	C_7	-3.8407×10^{-2}	C_8	6.5075×10^{-4}
C_{10}	8.0919×10^{-4}	C_{12}	-1.4449×10^{-4}	C_{14}	5.5189×10^{-5}
C_{16}	-9.4637×10^{-5}	C_{17}	1.9342×10^{-5}	C_{19}	1.0230×10^{-4}
C_{21}	7.0738×10^{-6}	C_{25}	-1.7986×10^{-5}	C_{27}	-1.4899×10^{-6}

偏心(1)

x	0.000	y	0.000	z	0.484
α	14.26	β	0.00	γ	0.00
		偏心(2)			
x	0.000	y	0.310	z	3.235
α	-34.47	β	0.00	γ	0.00
		偏心(3)			
x	0.000	y	2.988	z	2.536
α	119.43	β	0.00	γ	0.00
		偏心(4)			
x	0.000	y	-2.312	z	6.945
α	-50.07	β	0.00	γ	0.00

。

【０１１２】

なお、各実施例の各条件式（１）～（３）、（５）～（１２）に対する値は以下の表の通りである。ただし、ＤＹ１、ＤＹ２は第１反射面６、第２反射面７のＤＹ、Ｐｘ１、Ｐｘ２は第１反射面６、第２反射面７のＰｘｎ、Ｐｙ１、Ｐｙ２は第１反射面６、第２反射面７のＰｙｎ、Ｃｘ１、Ｃｘ２は第１反射面６、第２反射面７のＣｘｎである。また、ＤＴｘ、ＤＴｙはそれぞれＸ方向、Ｙ方向の歪曲収差の最大値（％）である。

【０１１３】

	実施例１	実施例２	実施例３	実施例４	実施例５
ｐ×Ｐｙ	1.65	1.65	3.21	1.71	0.95
Δθ	－	－	－	－	4.0880
Δｈ×Ｐｙ	－	－	－	－	0.0050
｜Px2/Px1 ｜	2.2959	2.6800	1.7121	2.4840	1.7397
｜Px3/Px2 ｜	0.0992	0.0338	0.0223	0.0357	0.0924
DY1	0.0025	-0.0031	-0.0068	-0.0032	-0.0002
DY2	0.0079	0.0027	-0.0038	0.0028	0.0019
｜Cx1/Px1 ｜	0.0078	0.1694	0.1886	0.1607	0.0286
｜Cx2/Px2 ｜	0.0087	0.0059	0.0645	0.0074	0.0093
｜Px1/Px｜	1.0565	0.6552	0.7661	0.7250	0.8177
｜Px2/Px｜	2.4257	1.7559	1.3117	1.8008	1.4226
｜Py1/Py｜	1.4969	0.0030	0.1858	0.0351	0.1930
｜Py2/Py｜	2.6536	1.1452	0.9956	1.2001	1.0610

|Px/Py |	0.9869	0.9905	0.9820	0.9897	0.9912
|DTx |max	10.46	6.15	11.35	6.22	3.11
|DTy |max	10.58	5.54	8.93	5.54	2.91

	実施例６	実施例７	実施例８
p×Py	4.36	0.64	0.53
Δθ	－	－	－
Δh×Py	－	－	－
|Px2/Px1 |	4.1691	4.7573	2.9314
|Px3/Px2 |	0.0116	0.1533	0.1346
DY1	-0.0053	-0.0022	0.0013
DY2	0.0052	-0.0002	0.0001
|Cx1/Px1 |	0.3098	0.3204	0.0656
|Cx2/Px2 |	0.0219	0.0162	0.0166
|Px1/Px|	0.2202	0.1823	0.5057

|Px2/Px|	0.9181	0.8672	1.4823
|Py1/Py|	0.0022	0.3162	0.896
|Py2/Py|	0.7040	0.2103	1.6904
|Px/Py |	0.9939	0.9744	0.9718
|DTx |max	11.20	3.65	8.80
|DTy |max	10.31	2.68	7.49

【０１１４】
さて、以上のような本発明の撮像光学系は、例えばＣＣＤを撮像素子とする小型ＴＶカメラのような撮像装置に用いられる。図２０に本発明の撮像光学系１０を、電子撮像素子としてＣＣＤ１１を用いた撮像装置に組み込んだ構成の概念図を示す。この撮像装置において、物体像は撮像光学系１０により赤外線カットフィルター、光学ローパスフィルター等のフィルター類９を介して像面に配置されたＣＣＤ１１上に結像され、その物体像はＣＣＤ１１によって映像信号に変換され、その映像信号は処理手段１２により電子ファインダーとして作用するＣＲＴ１３上に直接表示されると共に、撮像装置に内蔵した記録媒体１４中に記録される。また、撮像装置はマイク１５を備え、映像信号記録と同時に音声情報記録も同様に行う。また、前記したように、処理手段１２において、撮像光学系１０の歪曲収差や倍率色収差の情報を記録媒体１４あるいは処理手段１２に付属したメモリ等に予め保持しておき、その情報をもとにデジタル画像処理技術を用いて光学系１０で発生する歪曲収差や倍率色収差を補正するようにするともできる。
【０１１５】
このような撮像装置において、本発明に基づき撮像光学系１０の構成要素数の低減、小型化により、装置としての小型化やコストダウンが達成できる。
【０１１６】
以上の本発明の撮像光学系及びそれを用いた撮像装置は例えば次のように構成することができる。
〔１〕　撮像素子面上に物体像を形成するための撮像光学系において、
少なくとも瞳面よりも像側に後側光学群を有し、
前記後側光学群は、物体中心を射出して瞳中心を通り像中心に到達する光線を軸上主光線とするとき、前記主光線に対して面全体が傾くように偏心配置された少なくとも１つの反射作用面を有し、
前記反射作用面は、偏心により発生する回転非対称な偏心収差を補正する回転非対称面形状を備え、前記物体像の回転非対称な収差を緩和させることを特徴とする撮像光学系。
【０１１７】
〔２〕　上記〔１〕において、前記反射作用面が全反射面又は半透過反射面にて形成され、透過作用と反射作用とを併せ持つことを特徴とする撮像光学系。
【０１１８】
〔３〕　上記〔１〕において、前記反射作用面がコーティングされたミラー面にて形成されていることを特徴とする撮像光学系。

【０１１９】
〔４〕　上記〔１〕において、前記後側光学群が少なくとも前記反射作用面と対向配置された第２の反射作用面を有し、かつ、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、前記ＮＡ’ｙｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを前記光学系のＹ方向のパワーＰｙとし、前記軸上主光線が、前記光学系の最も物体側に配置された前記回転非対称面を有する光学系構成要素に入射してから、前記光学系の最も像側に配置された前記回転非対称面を有する光学系構成要素を射出するまでの光路長をｐとするとき、
０．１＜ｐ×Ｐｙ＜８　　・・・（１）
を満たすことを特徴とする撮像光学系。
【０１２０】
〔５〕　上記〔１〕から〔４〕の何れか１項において、前記後側光学群が、物体側から像側に向かって、少なくとも第１の透過作用面と、第１の反射作用面と、第２の反射作用面と、第２の透過作用面とを有し、かつ、前記第１の反射作用面と前記第２の反射作用面とが偏心により発生する回転非対称な偏心収差を補正する回転非対称面形状にて構成されていることを特徴とする撮像光学系。
【０１２１】
〔６〕　上記〔５〕において、前記瞳より物体側に光学作用面を有する前側光学群を備えていることを特徴とする撮像光学系。
【０１２２】
〔７〕　上記〔６〕において、前記前側光学群が反射作用面を含まない透過作用面のみからなる光学群であることを特徴とする撮像光学系。
【０１２３】
〔８〕　上記〔７〕において、前記前側光学群が前記軸上主光線を屈曲させる作用を持った光学素子を含んでいることを特徴とする撮像光学系。
【０１２４】
〔９〕　上記〔８〕において、前記光学素子が前記軸上主光線に対して偏心したレンズを含むことを特徴とする撮像光学系。
【０１２５】
〔１０〕　上記〔９〕において、前記偏心したレンズがティルト偏心した正レンズからなることを特徴とする撮像光学系。
【０１２６】
〔１１〕　上記〔６〕又は〔７〕において、前記前側光学群が少なくとも１枚の正レンズを有することを特徴とする撮像光学系。
【０１２７】
〔１２〕　上記〔６〕、〔７〕又は〔１１〕において、前記前側光学群が少なくとも１枚の負レンズを有することを特徴とする撮像光学系。
【０１２８】
〔１３〕　上記〔６〕、〔７〕、〔１１〕又は〔１２〕において、前記前側光学群が少なくとも１枚の全体の光学パワーが略ゼロの光学素子（パワーレスレンズを含む）を有することを特徴とする撮像光学系。
【０１２９】
〔１４〕　上記〔８〕から〔１０〕の何れか１項において、前記軸上主光線が前側光学群に入射し射出する際の角度の変位量をΔθとするとき、
０．１°＜Δθ＜４５°　　・・・（２）
を満たすことを特徴とする撮像光学系。
【０１３０】

〔１５〕　上記〔８〕から〔１０〕又は〔１４〕の何れか１項において、前記軸上主光線が前側光学群に入射し射出する際の位置の変位量をΔｈとし、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、前記ＮＡ’ｙｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを前記光学系のＹ方向のパワーＰｙとすると、

０＜Δｈ×Ｐｙ＜１．０　　・・・（３）

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１３１】

〔１６〕　上記〔５〕において、前記第１の反射作用面と前記第２の透過作用面が同一面にて兼用されている構成であることを特徴とする撮像光学系。

【０１３２】

〔１７〕　上記〔１６〕において、前記軸上主光線が、前記後側光学群中で、前記第１の反射作用面で全反射され、その後に前記第１の反射作用面を透過することにより、前記第２の透過作用面が前記第１の反射作用面と兼用されている構成であることを特徴とする撮像光学系。

【０１３３】

〔１８〕　上記〔５〕、〔１６〕又は〔１７〕において、前記第１の透過作用面と前記第１の反射作用面と前記第２の反射作用面と前記第２の透過作用面とが、屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質にて形成されたプリズム部材の光学作用面を形成していることを特徴とする撮像光学系。

【０１３４】

〔１９〕　上記〔１８〕において、前記プリズム部材は一体成形された単体のブロックからなることを特徴とする撮像光学系。

【０１３５】

〔２０〕　上記〔１〕から〔１９〕の何れか１項において、前記光学系により形成される物体像の赤外線成分をカットする作用を有する赤外線カットフィルターが前記光学系中に配置されていることを特徴とする撮像光学系。

【０１３６】

〔２１〕　上記〔１〕から〔１９〕の何れか１項において、前記回転非対称面形状の反射作用面の少なくとも１面は、特定の波長を透過又は遮断する作用を有する波長選択光学部材の裏面鏡にて構成されていることを特徴とする撮像光学系。

【０１３７】

〔２２〕　上記〔２１〕において、前記波長選択光学部材が赤外線カット作用を備えていることを特徴とする撮像光学系。

【０１３８】

〔２３〕　上記〔１８〕又は〔１９〕において、前記プリズム部材の媒質が赤外線カット作用を備えていることを特徴とする撮像光学系。

【０１３９】

〔２４〕　上記〔２３〕において、前記プリズム部材の媒質が以下の条件（４）を満足することを特徴とする撮像光学系。

ａ＜１　　・・・（４）

ただし、は前記プリズム部材中に含有されるＣｕＯのモル％である。

【０１４０】

〔２５〕　上記〔２４〕において、以下の条件（４）’を満足することを特徴とする撮像光学系。

【０１４１】

$1\times10^{-5}<a<1$　　・・・（４）’

〔２６〕　上記〔１〕から〔２５〕の何れか１項において、前記回転非対称面形状を有す

る反射作用面の少なくとも１面は、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなることを特徴とする撮像光学系。

【０１４２】

〔２７〕　上記〔２６〕において、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記軸上主光線の前記第１の反射作用面、前記第２の反射作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをそれぞれＰｘ１、Ｐｘ２とするとき、

｜Ｐｘ１｜＜｜Ｐｘ２｜　　・・・（５）

であることを特徴とする撮像光学系。

【０１４３】

〔２８〕　上記〔２７〕において、

１＜｜Ｐｘ２／Ｐｘ１｜＜２０　　・・・（６）

であることを特徴とする撮像光学系。

【０１４４】

〔２９〕　上記〔２６〕において、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記軸上主光線の前記第２の反射作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをＰｘ２とし、前記第２の透過作用面が少なくとも対称面を１つ有する面対称曲面からなり、その対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記軸上主光線の前記第２の透過作用面との交点近傍のＸ方向のパワーをＰｘ３とするとき、

｜Ｐｘ３／Ｐｘ２｜＜０．５　　・・・（７）

であることを特徴とする撮像光学系。ただし、前記第２の透過作用面の対称面が複数若しくは無数にある場合は、前記第２の反射作用面の唯一の対称面とのなす角が最も小さくなる面を前記第２の透過作用面の対称面とする。

【０１４５】

〔３０〕　上記〔２６〕において、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、前記面のＸ方向の最大画角主光線が当たる位置での面の法線のＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値と、前記軸上主光線が前記面に当たる位置での前記面の法線のＹ－Ｚ面内でのｔａｎの値との差をＤＹとするとき、

０≦｜ＤＹ｜＜０．１　　・・・（８）

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１４６】

〔３１〕　上記〔２６〕において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、前記面対称自由曲面の唯一の対称面をＹ－Ｚ面とし、その面に直交する方向をＸ軸とし、Ｙ正方向の最大画角の主光線とＹ負方向の最大画角の主光線とが前記面と当たる部分のＸ方向の曲率の差をＣｘｎ、軸上主光線が前記面と当たる部分のＸ方向のパワーをＰｘｎとするとき、

０≦｜Ｃｘｎ／Ｐｘｎ｜＜１０　　・・・（９）

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１４７】

〔３２〕　上記〔２６〕から〔３１〕の何れか１項において、前記光学系の有する偏心面の少なくとも１面は、その偏心方向を含む面が前記対称面と略一致するように偏心配置されていることを特徴とする撮像光学系。

【０１４８】

〔３３〕　上記〔３２〕において、前記光学系の有する全ての偏心面の偏心方向が全て同一面上にあり、かつ、その偏心方向を含む面が前記対称面と略一致するように形成されていることを特徴とする撮像光学系。

【０１４９】

〔３４〕　上記〔３２〕又は〔３３〕において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＸ方向に微少量ｄ離

れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面に直交し射出した軸上主光線を含む面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｘｉ、前記ＮＡ’ｘｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｘｉ／ｄを前記光学系のＸ方向のパワーＰｘとし、前記回転非対称な面の前記軸上主光線が当たる部分のＸ方向のパワーをＰｘｎとするとき、

０＜｜Ｐｘｎ／Ｐｘ｜＜１００　　・・・（１０）

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１５０】

〔３５〕　上記〔３４〕において、

０．０５＜｜Ｐｘｎ／Ｐｘ｜＜１０　　・・・（１０）’

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１５１】

〔３６〕　上記〔３２〕又は〔３３〕において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、前記ＮＡ’ｙｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを前記光学系のＹ方向のパワーＰｙとし、前記回転非対称な面の前記軸上主光線が当たる部分のＹ方向のパワーをＰｙｎとするとき、

０＜｜Ｐｙｎ／Ｐｙ｜＜１００　　・・・（１１）

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１５２】

〔３７〕　上記〔３６〕において、

０＜｜Ｐｙｎ／Ｐｙ｜＜１０　　・・・（１１）’を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１５３】

〔３８〕　上記〔３２〕又は〔３３〕において、前記軸上主光線が前記光学系の第１面に到るまでの方向をＺ軸方向、面の偏心面内をＹ軸方向、Ｙ軸、Ｚ軸と直交座標系を構成する軸をＸ軸とするとき、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＹ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｙｉ、前記ＮＡ’ｙｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｙｉ／ｄを前記光学系のＹ方向のパワーＰｙとし、前記光学系の入射面側から前記軸上主光線とＸ方向に微少量ｄ離れた平行光束を入射させ、前記光学系から射出する側でその２つの光線のＹ－Ｚ面に直交し射出した軸上主光線を含む面内でなす角のｓｉｎをＮＡ’ｘｉ、前記ＮＡ’ｘｉを前記平行光束の幅ｄで割った値ＮＡ’ｘｉ／ｄを前記光学系のＸ方向のパワーＰｘとするとき、

０．３＜｜Ｐｘ／Ｐｙ｜＜２　　・・・（１２）

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１５４】

〔３９〕　上記〔３８〕において、

０．８＜｜Ｐｘ／Ｐｙ｜＜１．２　　・・・（１２）’

を満たすことを特徴とする撮像光学系。

【０１５５】

〔４０〕　上記〔１〕から〔３９〕の何れか１項において、前記光学系の横収差が２００μｍ以下であることを特徴とする撮像光学系。

【０１５６】

〔４１〕　上記〔１〕から〔３９〕の何れか１項において、前記光学系の像歪みが２０％以下であることを特徴とする撮像光学系。

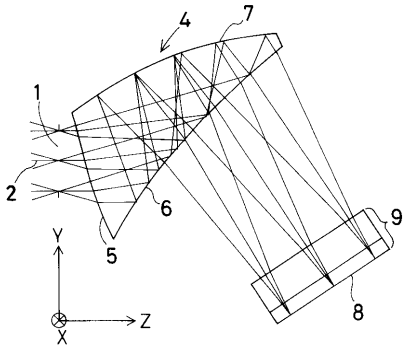
【０１５７】

〔４２〕　上記〔１〕から〔４１〕の何れか１項において、前記光学系によって形成される物体像を受光するために配置された撮像素子を有することを特徴とする撮像装置。

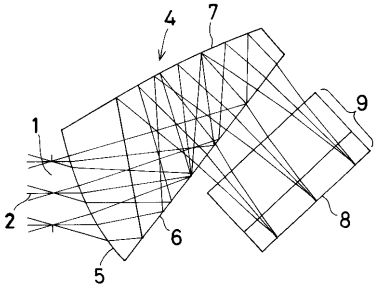
【０１５８】
〔４３〕　上記〔４２〕において、前記撮像素子が受光した光を電気情報に変換する作用を有する電子撮像素子にて形成されていることを特徴とする撮像装置。
【０１５９】
〔４４〕　上記〔４３〕において、前記電子撮像素子により受光した物体像を観察するための観察手段を備えていることを特徴とする撮像装置。
【０１６０】
【発明の効果】
以上の説明から明らかなように、本発明によると、回転対称な透過光学系に比べて小型で収差の発生が少ない撮像光学系を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施例１の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図２】本発明の実施例２の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図３】本発明の実施例３の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図４】本発明の実施例４の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図５】本発明の実施例５の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図６】本発明の実施例６の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図７】本発明の実施例７の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図８】本発明の実施例８の撮像光学系の光軸を含む断面図である。
【図９】実施例１の横収差図である。
【図１０】実施例３の横収差図である。
【図１１】実施例５の横収差図である。
【図１２】実施例６の横収差図である。
【図１３】実施例７の横収差図である。
【図１４】実施例８の横収差図である。
【図１５】実施例１の歪曲収差図である。
【図１６】実施例２の歪曲収差図である。
【図１７】実施例５の歪曲収差図である。
【図１８】実施例７の歪曲収差図である。
【図１９】実施例８の歪曲収差図である。
【図２０】本発明の撮像光学系を撮像装置に組み込んだ構成の概念図である。
【図２１】本発明における軸上主光線と座標系を説明するための図である。
【図２２】偏心した反射面により発生する像面湾曲を説明するための概念図である。
【図２３】偏心した反射面により発生する非点収差を説明するための概念図である。
【図２４】偏心した反射面により発生するコマ収差を説明するための概念図である。
【図２５】本発明の撮像光学系のパワーを説明するための図である。
【図２６】本発明において用いるパラメータＤＹを説明するための図である。
【符号の説明】
１…絞り
２…軸上主光線
３…前群
４…後群（偏心プリズム光学系）
５…偏心プリズム光学系の第１面
６…偏心プリズム光学系の第２面
７…偏心プリズム光学系の第３面
８…像面
９…フィルター類
１０…撮像光学系
１１…ＣＣＤ
１２…処理手段

１３…ＣＲＴ
１４…記録媒体
１５…マイク

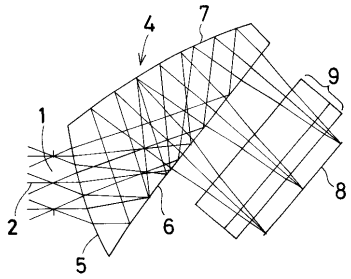
【図１】



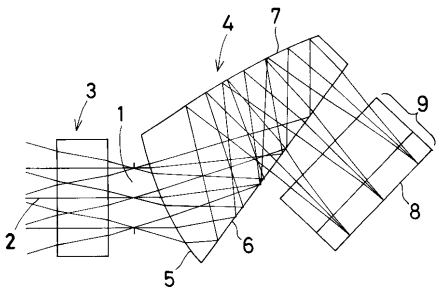
【図２】



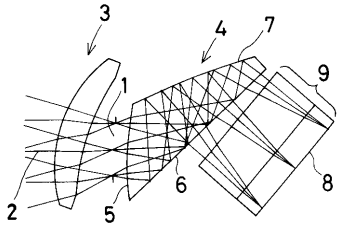
【図３】



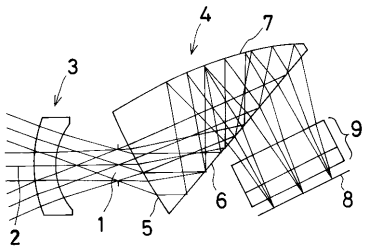
【図４】



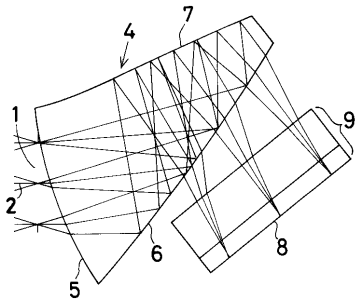
【図５】



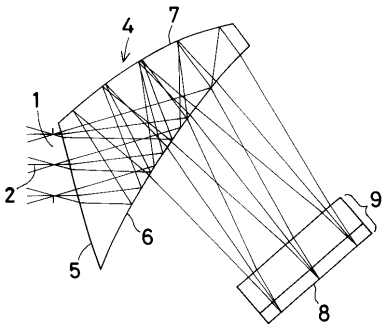
【図６】



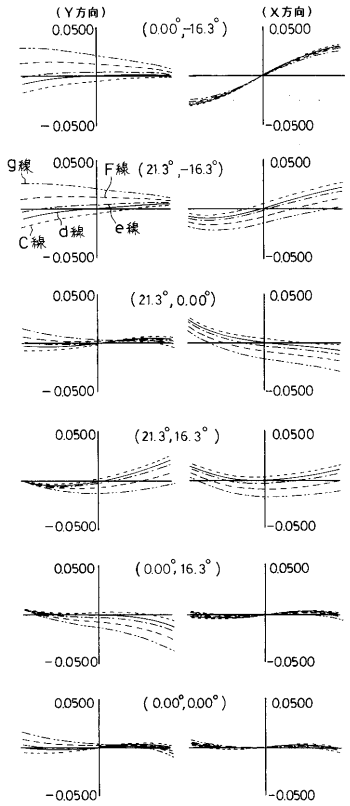
【図７】



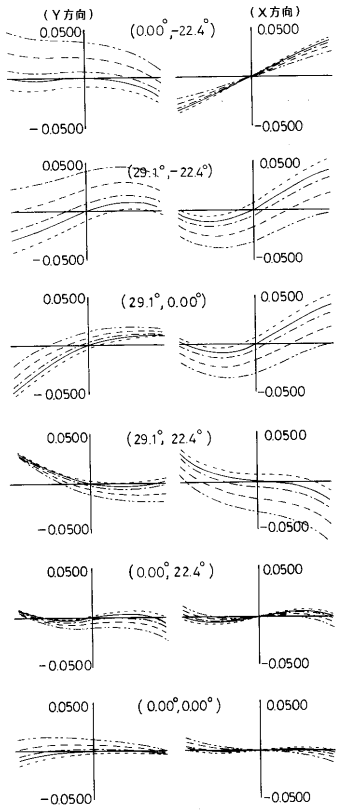
【図８】



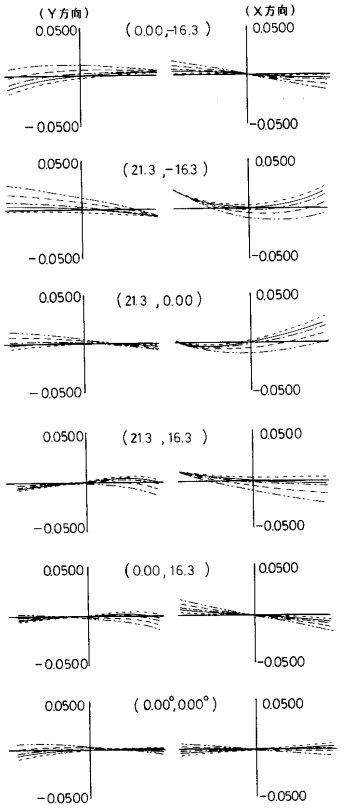
【図９】



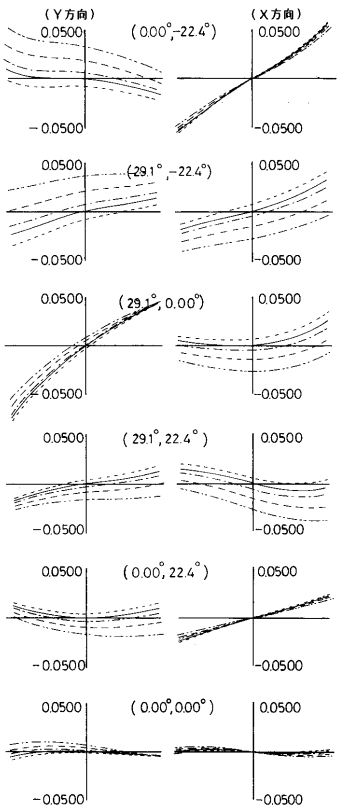
【図１０】



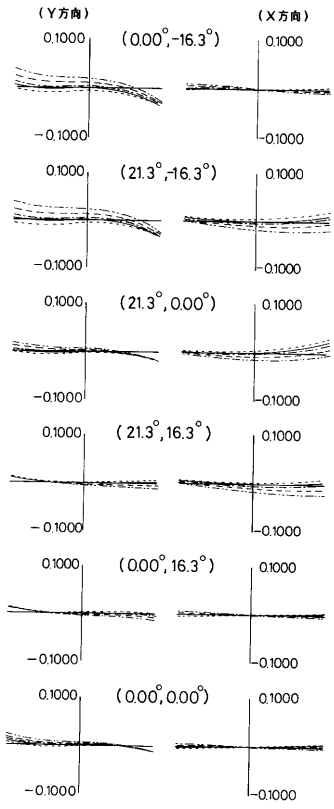
【図１１】



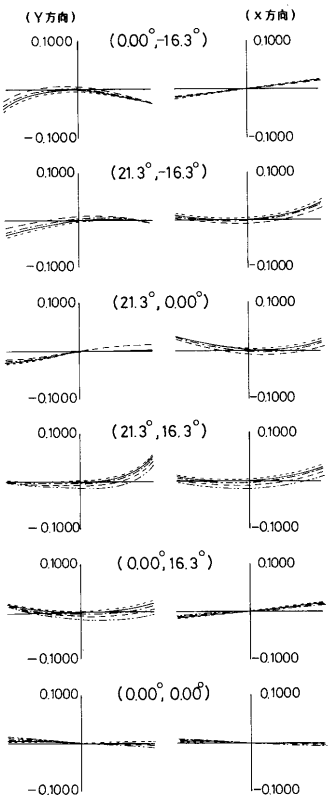
【図１２】



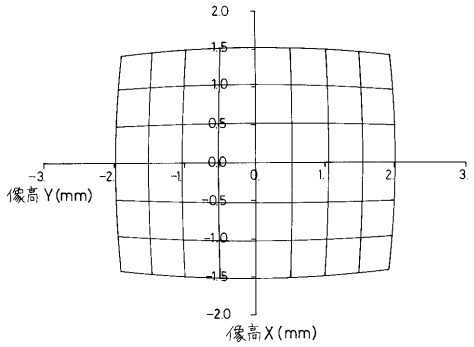
【図１３】



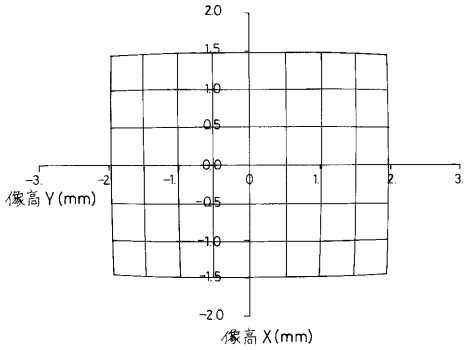
【図１４】



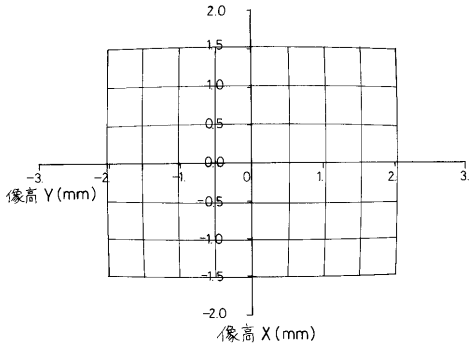
【図１５】



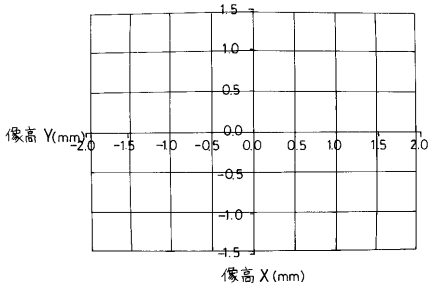
【図１６】



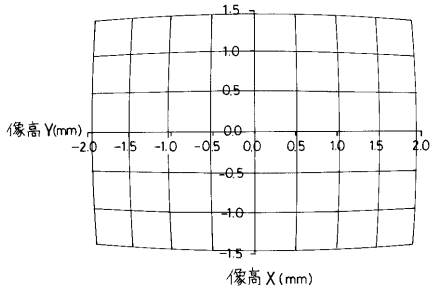
【図１７】



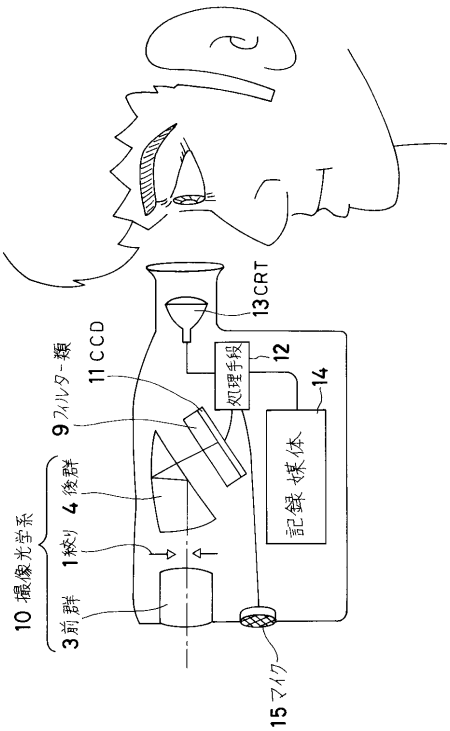
【図１８】



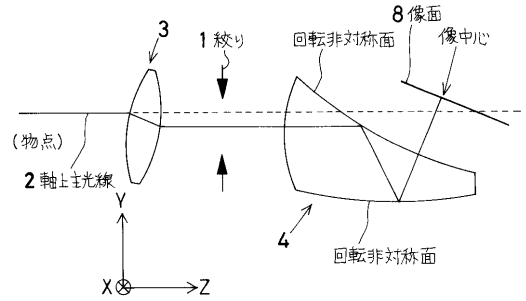
【図１９】



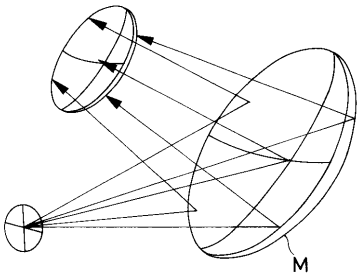
【図２０】



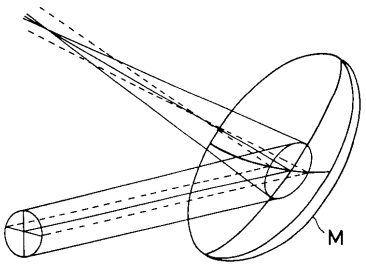
【図２１】



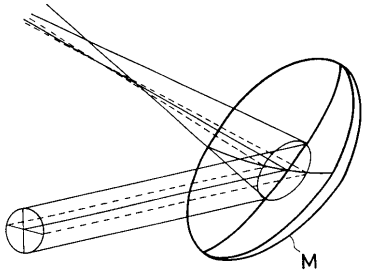
【図２２】



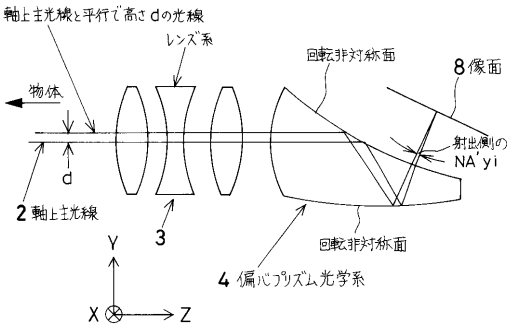
【図２３】



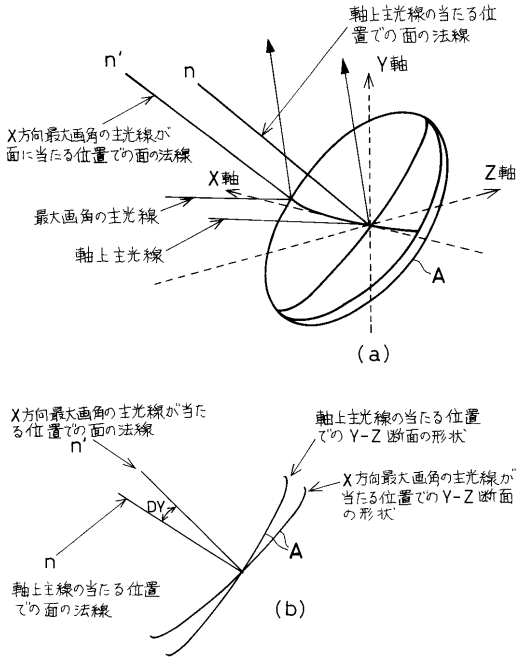
【図２４】



【図２５】



【図２６】



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 研野孝吉
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号オリンパス光学工業株式会社内
(72)発明者 高田勝啓
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号オリンパス光学工業株式会社内

審査官 森内 正明

(56)参考文献 特開平 ８－３２０４５２（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－２３４１３７（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－１２２６７０（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－２９２３７１（ＪＰ，Ａ）
特開平 ９－ ５６５０（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－１６６５４１（ＪＰ，Ａ）
特開平 ７－ ４３５０７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２２１６０３（ＪＰ，Ａ）
特開平 ９－２２２５６１（ＪＰ，Ａ）
特開平 ９－２１１３３１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04