(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3683338号
(P3683338)
(45)発行日　平成17年8月17日(2005.8.17)　(24)登録日　平成17年6月3日(2005.6.3)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G02B 27/02	G02B	27/02	Z
G02B 17/00	G02B	17/00	A
H04N 5/64	H04N	5/64	511A

請求項の数 18　(全 49 頁)

(21)出願番号　特願平8-92300
(22)出願日　平成8年4月15日(1996.4.15)
(65)公開番号　特開平9-281430
(43)公開日　平成9年10月31日(1997.10.31)
審査請求日　平成14年3月18日(2002.3.18)

(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】頭部装着型画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、

前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする頭部装着型画像表示装置。

$$-0.005 < D^2XY_{max1} < 0.01 \quad (1/mm) \cdots (8-3)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2Y2、D^2Y1、D^2Y4、D^2Y5、D^2Y6、D^2Y3とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分

した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とし、D^2 Ｘ２－D^2 Ｙ２をD^2 ＸＹとするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2 ＸＹの絶対値の最大のもののD^2 ＸＹの値をD^2 ＸＹ$_{max1}$とする。

【請求項２】

画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、

前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする頭部装着型画像表示装置。

$$-0.005 < D^2 X_{max5} < 0.005 \quad (1/mm) \cdots (14-5)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2 Ｘ１－D^2 Ｘ３、D^2 Ｘ４－D^2 Ｘ６の値をD^2 Ｘ$_{max5}$とする。

【請求項３】

画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、

前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする頭部装着型画像表示装置。

$$-0.01 < D^2 XY_{max7} < 0.01 \quad (1/mm) \cdots (16-4)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2 Ｘｎ－D^2 Ｙｎ（ｎは１～６）の値全てをD^2 ＸＹ$_{max7}$とする。

【請求項４】

画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、

前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする頭部装着型画像表示装置。

$$0.14 < D^2\ Y10 < 5 \qquad \cdots (19-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値$D^2\ Y2$、$D^2\ Y1$、$D^2\ Y4$、$D^2\ Y5$、$D^2\ Y6$、$D^2\ Y3$とするとき、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の最後の反射面の$D^2\ Y2$／前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面の$D^2\ Y2$の値を$D^2\ Y10$とする。

【請求項５】

画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、

前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の最後の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする頭部装着型画像表示装置。

$$0.55 < DDXY11 < 4.0 \qquad \cdots (20-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値$D^2\ Y2$、$D^2\ Y1$、$D^2\ Y4$、$D^2\ Y5$、$D^2\ Y6$、$D^2\ Y3$とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値$D^2\ X2$、$D^2\ X1$、$D^2\ X4$、$D^2\ X5$、$D^2\ X6$、$D^2\ X3$とするとき、$D^2\ X2$／$D^2\ Y2$の値をＤＤＸＹ１１とする。

【請求項６】

前記面対称自由曲面の対称面が、前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、Ｙ－Ｚ面若しくはそれと平行な面上に存在することを特徴とする請求項１から５の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項７】

前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面内の反射屈折力、及び、Ｙ

－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力の少なくとも一方が正であることを特徴とする請求項６記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項８】

前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面内の反射屈折力、及び、Ｙ－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力が共に正であることを特徴とする請求項６記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項９】

前記反射面が屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質を有する裏面反射鏡から構成されていることを特徴とする請求項１から６の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１０】

前記接眼光学系が少なくとも第１面から第３面の３つの面を有し、前記３つの面の中少なくとも１つの面が前記裏面反射鏡から構成されていることを特徴とする請求項９記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１１】

前記接眼光学系が、少なくとも、前記画像表示素子に対向配置された第３面と、観察者眼球位置と対向配置された第１面と、前記第１面及び第３面に対して屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質を挟んで第２面とを有するプリズム部材を備え、前記第２面が前記反射面にて構成されていることを特徴とする上記請求項１から６の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１２】

前記接眼光学系が、少なくとも、前記画像表示素子に対向配置された第３面と、観察者眼球位置と対向配置された第１面と、前記第１面及び第３面に対して屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質を挟んで第２面とを有するプリズム部材を備え、前記画像表示素子から射出された軸上主光線が、少なくとも前記第１面で反射された後、前記第２面で反射され、最終的に第１面を透過して射出するように構成され、少なくとも前記第１面での反射作用を有する領域での面形状が前記面対称自由曲面にて構成されていることを特徴とする請求項１から６の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１３】

前記第１面での反射作用は、少なくとも軸上主光線に関して全反射するように、前記プリズム部材が構成されかつ前記画像表示素子が配置されていることを特徴とする請求項１２記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１４】

前記第１面と前記第２面は共に観察者眼球位置側に凹面を向けて形成されていることを特徴とする請求項１１、１２又は１３記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１５】

前記第１面が回転対称球面形状を有することを特徴とする請求項１１記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１６】

前記第１面が平面形状を有することを特徴とする請求項１１記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１７】

前記第２面が前記観察者眼球位置に凹面を向けた形状を有することを特徴とする請求項１５又は１６記載の頭部装着型画像表示装置。

【請求項１８】

前記プリズム部材が、前記画像表示素子に対向配置された第３面と、第３面を入射した軸上主光線を観察者眼球位置に近づく方向に反射する第４面と、第４面で反射された軸上主光線を観察眼球位置から離れた方向に反射させる第１面と、第１面で反射された軸上主光線を観察者眼球位置に近づく方向に反射させる第２面とからなることを特徴とする請求項１１から１７の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、画像表示装置に関し、特に、観察者の頭部又は顔面に保持することを可能にする頭部又は顔面装着型画像表示装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
頭部又は顔面装着型画像表示装置の従来の周知なものとして、特開平３－１０１７０９号のものがある。図１７（ａ）に全体の光学系を、図１７（ｂ）にその接眼光学系の部分を示すように、この画像表示装置は、画像表示素子の表示画像を正レンズよりなるリレー光学系にて空中像として伝達し、凹面反射鏡からなる接眼光学系でこの空中像を拡大して観察者の眼球内に投影するものである。
【０００３】
また、従来の他のタイプのものとして、米国特許第４，６６９，８１０号のものがある。この装置は、図１８に示すように、ＣＲＴの画像をリレー光学系を介して中間像を形成し、反射ホログラフィック素子とホログラム面を有するコンバイナによって観察者の眼に投影するものである。
【０００４】
また、従来の他のタイプの画像表示装置として、特開昭６２－２１４７８２号のものがある。この装置は、図１９（ａ）、（ｂ）に示すように、画像表示素子を接眼レンズで拡大して直接観察できるようにしたものである。
【０００５】
さらに、従来の他のタイプの画像表示装置として、米国特許第４，０２６，６４１号のものがある。この装置は、図２０に示すように、画像表示素子の像を伝達素子で湾曲した物体面に伝達し、その物体面をトーリック反射面で空中に投影するようにしたものである。
【０００６】
また、従来の他のタイプの画像表示素子として、米国再発行特許第２７，３５６号のものがある。この装置は、図２１に示すように、半透過凹面鏡と半透過平面鏡によって物体面を射出瞳に投影する接眼光学系である。
【０００７】
その他、米国特許第４，３２２，１３５号、米国特許第４，９６９，７２４号、欧州特許第０，５８３，１１６Ａ２号、特開平７－３３３５５１号のものも知られている。
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、これら従来技術では、光学系を構成する反射面と透過面が球面や回転対称非球面、トーリック面、アナモルフィック面等で構成されていたために、光線収差とディストーションを同時に良好に補正することが不可能であった。
【０００９】
観察画像の収差が良好に補正され、なおかつ、ディストーションが良好に補正されていないと、観察者に観察像が歪んで観察されてしまい、左右眼で対称でない歪みが生じた場合には、融像できなくなったり、図形等を表示する場合には、その図形等が歪んで観察され、正しい形状を認識することができなくなってしまう。
【００１０】
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、歪みの少ない観察像を与える頭部装着型画像表示装置を提供することである。
【００１１】
【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第１の頭部装着型画像表示装置は、画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間

像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、
前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、
前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とするものである。

$$-0.005 < D^2XY_{max1} < 0.01 \quad (1/mm) \cdots (8-3)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2Y2、D^2Y1、D^2Y4、D^2Y5、D^2Y6、D^2Y3とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2X2、D^2X1、D^2X4、D^2X5、D^2X6、D^2X3とし、D^2X2-D^2Y2をD^2XYとするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2XYの絶対値の最大のものののD^2XYの値をD^2XY_{max1}とする。

【００１２】
本発明の第２の頭部装着型画像表示装置は、画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、
前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、
前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とするものである。

$$-0.005 < D^2X_{max5} < 0.005 \quad (1/mm) \cdots (14-5)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2X2、D^2X1、D^2X4、D^2X5、D^2X6、D^2X3とするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2X1-D^2X3、D^2X4-D^2X6の値をD^2X_{max5}とする。
【００１３】
本発明の第３の頭部装着型画像表示装置は、画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、
前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、
前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とするものである。

$$-0.01 < D^2XY_{max7} < 0.01 \quad (1/mm) \cdots (16-4)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2 Ｘｎ－D^2 Ｙｎ（ｎは１～６）の値全てをD^2 XY_{max7}とする。

【００１４】

本発明の第４の頭部装着型画像表示装置は、画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、

前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とするものである。

$$0.14 < D^2\ Y10 < 5 \quad \cdots (19-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とするとき、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の最後の反射面のD^2 Ｙ２／前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面のD^2 Ｙ２の値をD^2 Ｙ１０とする。

【００１５】

本発明の第５の頭部装着型画像表示装置は、画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面からなり、

前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の最後の反射面において、次の条件を満足することを特徴とするものである。

$$0.55 < DDXY11 < 4.0 \quad \cdots (20-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分

した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、D^2 Ｘ２／D^2 Ｙ２の値をＤＤＸＹ１１とする。

【００１６】

以下に、本発明において、上記のような構成、特に、頭部装着型画像表示装置の接眼光学系において面対称自由曲面を利用した構成をとる理由と作用について説明する。

まず、最初に、説明の便のため、本発明の頭部装着型画像表示装置に用いる接眼光学系の代表的なものを図８～図１５に例示する。

【００１７】

図８の場合は、接眼光学系７は第１面３、第２面４、第３面５からなり、画像表示素子６から発した光線束は、第３面５で屈折して接眼光学系７に入射し、第１面３で内部反射し、第２面４で反射されて、再び第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００１８】

図９の場合は、接眼光学系７は第１面３、第２面４、第３面５、第４面９からなり、画像表示素子６から発した光線束は、第３面５で屈折して接眼光学系７に入射し、第４面９で内部反射し、第２面４に入射して内部反射し、第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００１９】

図１０の場合は、接眼光学系７は第１面３、第２面４、第３面５、第４面９からなり、画像表示素子６から発した光線束は、第３面５で屈折して接眼光学系７に入射し、第４面９で内部反射し、第３面５に入射して今度は内部反射し、第２面４に入射して内部反射し、第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００２０】

図１１の場合は、接眼光学系７は第１面３、第２面４、第３面５、第４面９からなり、画像表示素子６から発した光線束は、第３面５で屈折して接眼光学系７に入射し、第２面４で内部反射し、第４面９に入射して内部反射し、第２面４に再度入射して内部反射し、第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００２１】

図１２の場合は、接眼光学系７は第１面３、第２面４、第３面５、第４面９からなり、画像表示素子６から発した光線束は、第２面４で屈折して接眼光学系７に入射し、第３面５で内部反射し、第２面４に入射して内部反射し、第４面９で内部反射し、第２面４に再度入射して内部反射し、第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００２２】

図１３の場合は、画像表示素子６から発した光線束は、第３面５で屈折して接眼光学系７に入射し、第１面３で内部反射し、再び第３面５に入射して今度は内部反射し、第１面３で内部反射し、第２面４で反射されて、三たび第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００２３】

図１４の場合は、画像表示素子６から発した光線束は、第１面３で屈折して接眼光学系７に入射し、第３面５で内部反射し、再び第１面３に入射して今度は内部反射し、第３面５で再度内部反射し、三たび第１面３に入射して内部反射し、第２面４で反射されて、四たび第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００２４】

図１５の場合は、接眼光学系７は第１面３、第２面４、第３面５からなり、画像表示素子６から発した光線束は、第３面５で屈折して接眼光学系７に入射し、第２面４で内部反射

し、第１面３で内部反射し、第２面４で再度反射されて、再び第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００２５】

このように、本発明において、接眼光学系の面番号は、原則として射出瞳１から画像表示素子６に到る逆光線追跡の順に付してあり、また、典型的には、図８の接眼光学系７を前提にして説明するが、もちろん、本発明は図８の光学系に限定されるものではなく、図９～図１５の光学系、及び、公知のその他の光学系に適用できるものである。

【００２６】

次に、以下の説明において用いる座標系について説明する。図８に示すように、射出瞳１中心を通り、被観察像を形成する像形成手段である画像表示素子６中心に到達する軸上主光線が瞳１を射出し接眼光学系７の第１面３に交差するまでの直線によって定義される視軸２をＺ軸とし、このＺ軸と直交し、かつ、接眼光学系７を構成する各面の偏心面内の軸をＹ軸と定義し、視軸２と直交し、かつ、Ｙ軸と直交する軸をＸ軸ととる。

また、以下の説明においては、光線の追跡方向は、特別に説明のない限り、瞳１から被観察像を形成する像形成手段６に向かう逆光線追跡で説明する。

【００２７】

さて、一般に、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。一般に、球面レンズ系では球面で発生する球面収差とコマ収差、像面湾曲等の収差を他の面で補正する構成になっている。そこで、この球面で発生する各種収差自体を少なくするために、非球面が用いられる。これは、１つの面で発生する各種収差の発生を少なくし、収差補正を行う面を少なくし、全体の構成面数を少なくするためである。

【００２８】

しかし、本発明の頭部装着型画像表示装置に用いる接眼光学系のように偏心して配置されている光学系においては、従来の回転対称非球面では補正できない偏心による収差が発生する。偏心により発生する収差は、コマ収差、非点収差、像歪み、像面湾曲等がある。従来のものでは、これらの収差を補正するためにトーリック面やアナモルフィック面等を使用した例はあるが、偏心により発生する非点収差に重点が置かれ、広画角で小型であり、かつ、像歪みまで十分な収差補正が行われたものはなかった。

【００２９】

現在までに行われた収差補正の手段をここに紹介する。

凹面鏡と凸面鏡の配置が像面湾曲収差に良い効果を発揮することは、本出願人の特願平５－２６４８２８号に詳しく述べられており、傾いた凹面鏡が発生する収差については特願平６－１２７４５３号等に述べられている。

また、傾いた凹面鏡により発生する非点収差についても本出願人の特願平６－２１１０６７号、また、特願平６－２５６６７６号に述べられている。

さらに、傾いた凹面鏡により発生する台形や弓なりの像歪みに関しては、特開平５－３０３０５６号に述べられている。

【００３０】

しかしながら、これらの収差を同時にしかも良好に補正することは、トーリック面やアナモルフィック面、回転対称非球面、球面では満足な結果を得られなかった。

【００３１】

本発明は上記収差を同時にしかも良好に補正するために、面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面を使用したことを特徴としている。

【００３２】

ここで、本発明の自由曲面とは、以下の式で定義されるものである。

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

このような自由曲面を少なくとも１面の反射作用を有する反射面として使うことにより、傾いた反射面、例えば後記する実施例の第２面に、前記のように、偏心方向をＹ軸、観察者眼球の視線方向をＺ軸、Ｙ軸及びＺ軸と直交する軸をＸ軸とすると、Ｘ軸上の任意の位置のＹ方向の傾きを任意に与えることができる。これは偏心して配置された凹面鏡で発生する像歪み、特に、Ｘ軸方向の像高により変化し、Ｙ軸方向に発生する像歪みを補正することができる。つまり、結果として、水平線が弓なりになって観察される像歪みを良好に補正することが可能となる。

【００３３】

次に、偏心して配置された凹面鏡により発生する台形の歪みについて説明する。この像歪みは、観察者眼球からの逆追跡により説明すると、眼球から射出したＸ軸方向に広がりを持った光線は、偏心して配置された第２面に当たって反射されるが、第２面のＹ軸正の方向の光線とＹ軸負側の光線の光路長の違いによりＸ軸方向の広がりが大きく異なってから第２面によって反射される。このため、Ｙ軸正方向の像の大きさとＹ軸負方向の像の大きさが異なって結像され、結果として観察像が台形の歪みを持ってしまうものである。

【００３４】

この歪みに対しても、自由曲面を使うことによって補正することが可能となる。これは、自由曲面が定義式（ａ）より明らかなように、Ｙ軸の正負によってＸ軸方向に曲率を任意に変えることが可能なＹの奇数次項とＸの偶数次項を持っているためである。

【００３５】

次に、回転対称な像歪みについて説明する。本発明の接眼光学系ように、例えば第２面の凹面から離れた位置に光学系の瞳があり、かつ、画角が広い光学系では、瞳面側からの逆光線追跡において糸巻型の回転対称な像歪みが大きく発生する。これの像歪みの発生を抑えるためには、反射面の周辺の面の傾きを変化させることによって可能となる。

【００３６】

さらに、非点収差に対しては、Ｘ軸方向の２次微分とＹ軸方向の２次微分の差を適切に変えることによって可能となる。

【００３７】

また、コマ収差に対しては、前記の弓なりの像歪みと同じ考え方で、Ｘ軸上の任意の点のＹ方向の傾きを任意に与えることで補正することができる。

【００３８】

さらに好ましくは、光学部品製作性を考慮すると、自由曲面は必要最低限にすることが望

ましい。そこで、少なくとも３つの面の中の１つの反射面、例えば第２面を上記自由曲面とし、他の面を平面若しくは球面又は偏心した回転対称面にすることによって製作性を上げることが可能となる。

【００３９】

接眼光学系の射出瞳に面した反射面である第２面は、他の面に比べて強い反射屈折力を持つため、収差の発生を抑えたい場合に自由曲面が有効である。

【００４０】

また、接眼光学系の射出瞳に面した屈折面、反射面兼用の第１面を自由曲面で構成することによって、コマ収差の発生を抑えることができる。これは、第１面が反射面として作用する場合に、軸上主光線に対して大きく傾いて配置されているためである。

【００４１】

さらに、第３面を自由曲面にすることによって、像歪みの発生を補正することができる。これは、第３面が結像位置に近接して配置されているために、他の収差を悪化させることなく像歪みを補正するのに良い結果を与えるためである。

【００４２】

さらに、２つの面を自由曲面にすることによって、各収差はより一層補正できることは言うまでもない。例えば、第２面と第３面を自由曲面とすると、第１面を平面とすることが可能となり、接眼光学系を構成する光学素子の製作性を向上できる。また、第１面は球面でも回転対称非球面でも構成することが可能である。

【００４３】

そして、本発明においては、上記の自由曲面は少なくとも１面の反射作用を有する反射面に用いられ、その場合のその反射面の面形状を、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、対称面を１つのみ有する面対称自由曲面としている。これは、例えば図８のように座標系をとった場合に、偏心して配置される面の偏心方向を含む面であるＹ－Ｚ面が対称面となるような自由曲面とすることで、逆光線追跡における結像面の像もそのＹ－Ｚ面が対称面として両側で対称にすることができ、収差補正の労力が大幅に削減できるためである。

【００４４】

なお、本発明における反射作用を有する反射面には、全反射面、ミラーコート面、半透過反射面等の反射作用を有する全ての反射面が含まれる。

【００４５】

また、上記のような座標系において、その自由曲面の反射面が以下の条件（１）、（２）の何れか一方あるいは両方を満足することが望ましい。

【００４６】

$|\phi x| > 0$ ・・・・（１）

$|\phi y| > 0$ ・・・・（２）

ただし、φｘはその反射面中で軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力、φｙはその反射面中で軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面内の反射屈折力である。

【００４７】

これは、このような面対称自由曲面としての反射面の軸上主光線に対する反射屈折力をゼロ以外にすることによって、瞳と結像面（画像表示素子面）との間の距離が縮小でき、頭部装着型画像表示装置をコンパクトで軽量に構成できるために設定した条件である。

【００４８】

なお、その面対称自由曲面が以下の条件（３）を満足することが望ましい。

【００４９】

$|\phi x| > 0.005$ （１／ｍｍ） ・・・・（３）

なお、面対称自由曲面としての反射面の軸上主光線に対するＹ－Ｚ面内の反射屈折力、及び、Ｙ－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力の少なくとも一方、望ましくは両方が正であることが望ましい。このようにすることによって、頭部装着型画像表示装置の接眼光学系の最

も大きな屈折力を担う第２面の凹面鏡に本発明の面対称自由曲面を導入して、全系の像歪み、非点収差、コマ収差等の諸収差を良好に補正することができる。

【００５０】

さて、以上のように、接眼光学系の少なくとも１面の反射面に対称面を１つのみ有する面対称自由曲面を用いた場合に、さらに、以下の条件を満足することによって広画角で、かつ、収差補正の行われた接眼光学系を提供することができる。

【００５１】

まず、上述の定義に従ってＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸が決まったとき、瞳位置中心を射出し、画像表示素子に入射する主光線の中、Ｘ方向画角ゼロ、Ｘ方向最大画角、Ｙ正方向最大画角、Ｙ方向画角ゼロ、Ｙ負方向最大画角のＸ方向、Ｙ方向の組み合わせにより、次の表－１のように６つの主光線が定まる。

【００５２】

表－１

	Ｘ方向画角ゼロ	Ｘ方向最大画角
Ｙ正方向最大画角	①	④
Ｙ方向画角ゼロ	②	⑤
Ｙ負方向最大画角	③	⑥

。

【００５３】

すなわち、上記の表－１中に記載したように、画面中心の視軸方向の軸上主光線を▲２▼とし、上側中心画角の主光線を▲１▼、右上画角の主光線を▲４▼、右中心画角の主光線を▲５▼、右下画角の主光線を▲６▼、下側中心画角の主光線を▲３▼とする。そして、これらの主光線▲１▼～▲６▼が各面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域で各面の形状を定義する式（Ｚ軸を面の軸として表した式、あるいは、その面を偏心がないとして、Ｚ＝ｆ（Ｘ，Ｙ）の形式で表した式）の面の偏心方向に当たるＹ軸について微分した値（Ｙ－Ｚ面内での微分値）を各光線▲１▼～▲６▼がその面と当たる位置の微分値をＤＹ１～ＤＹ６、２次微分値をD^2 Ｙ１～D^2 Ｙ６とする。また、それと直交するＸ軸について微分した値（Ｙ－Ｚ面に垂直な面内での微分値）を各主光線▲１▼～▲６▼がその面と当たる位置の微分値をＤＸ１～ＤＸ６、２次微分値をD^2 Ｘ１～D^2 Ｘ６とする。

【００５４】

まず、接眼光学系の射出瞳に面した反射面である第２面において、ＤＹ１からＤＹ６の値をDY_{max1}で表すとすると、その全てが、

$$-10 < DY_{max1} < 1.0 \qquad \cdots (1-1)$$

なる条件を満足することが重要となる。

【００５５】

これは、接眼光学系の中で比較的強い反射屈折力を持つ第２面のＹ方向の傾きを制限するもので、接眼光学系の中で主な反射屈折力を持つ第２面の有効域が傾きすぎると、観察画角全体の解像力が不足する部分が発生してしまう。上記条件式（１－１）の上限の１．０を越えると、瞳中心を通過する各像高の主光線に対しその反射面の傾きが大きくなりすぎて、偏心による収差発生が大きくなりすぎ、他の面で補正することが不可能になる。逆に、下限の－１０を越えると、各像高の主光線を像形成手段に導くことが不可能となり、観察画角が極端に小さくなってしまう。

【００５６】

さらに好ましくは、
$-1.0 < DY_{max1} < 0.5$ ・・・（１－２）
なる条件式を満足することが重要である。
【００５７】
さらに好ましくは、
$-0.5 < DY_{max1} < 0.3$ ・・・（１－３）
なる条件式を満足することが重要である。
【００５８】
上記条件式は共に、広い観察画角において良好な観察像を得るために必要なものである。特に、条件式（１－２）は２０°以上の観察画角において重要となり、条件式（１－３）は３０°以上の観察画角において満足することが好ましい。
【００５９】
さらに好ましくは、接眼光学系の全ての反射面において、上記条件式（１－１）～（１－３）の何れかを満足することが好ましい。その意味と上下限の設定の理由は同様である。
【００６０】
次に、上記の第２面において、Ｘ－Ｚ面内の画角ゼロから最大画角までの横方向の変化について規定する。Ｙ方向の傾きつまり微分値の差をＤＹ１－ＤＹ４、ＤＹ２－ＤＹ５、ＤＹ３－ＤＹ６とし、これらの値をDY_{max2}で表すとすると、その全てが、
$-0.2 < DY_{max2} < 0.2$ ・・・（２－１）
なる条件を満足することが好ましい。
【００６１】
上記条件式（２－１）は、Ｘ方向に対するＹ方向の面の傾きの最大値を規定したものである。これは、有効領域のＸ軸の最大値付近とＹ軸上との傾きの差を表しており、Ｙ軸を観察者の上下方向に取ると、観察像の左右端のＹ方向の伸び縮みに対応している。上記条件式（２－１）の上限の０．２を越えると、観察像の左右端がＹ方向に変化し、他の面で補正することが不可能となり、歪んだ観察像になってしまう。下限の－０．２についても同様である。
【００６２】
さらに好ましくは、
$-0.1 < DY_{max2} < 0.1$ ・・・（２－２）
なる条件式を満足することが好ましい。特に２０°以上の観察画角を確保しようとした場合に、像歪みの少ない観察像を観察する場合に重要となる。
【００６３】
さらに好ましくは、
$-0.05 < DY_{max2} < 0.05$ ・・・（２－３）
なる条件式を満足することが好ましい。特に３０°以上の観察画角を確保しようとした場合に、像歪みの少ない観察像を観察する場合に重要となる。
【００６４】
さらに好ましくは、
$-0.02 < DY_{max2} < 0.02$ ・・・（２－４）
なる条件式を満足することが好ましい。特に３０°以上の観察画角を確保しようとした場合に、像歪みのほとんどない観察像を観察する場合に重要となる。なお、トーリック面の場合は０になるが、コマ収差の発生が多く、良好な結像特性は得られない。
【００６５】
さらに好ましくは、接眼光学系の全ての反射面において、上記条件式（２－１）～（２－４）の何れかを満足することが好ましい。その意味と上下限の設定の理由は同様である。
【００６６】
次に、上記の第２面において、上記（ＤＹ１－ＤＹ４）－（ＤＹ３－ＤＹ６）をDY_{max3}とするとき、第２面のDY_{max3}の値は、
$-0.1 < DY_{max3} < 1$ ・・・（３－１）

なる条件式を満足することが重要である。

【００６７】

これは、有効領域のＸ軸の最大値付近とのＹ軸上とのＹ方向の傾きの差を表しており、Ｙ軸を観察者の上下方向に取ると、観察像の右上と右下の上下方向の対称性に対応している。下限の－０．１を越えると、上下方向の長さが長くなりすぎ、結果として糸巻き型の像歪みが大きく発生する。また、上限の１を越えると、反対に樽型の像歪みが大きく発生してしまう。

【００６８】

さらに好ましくは、

$$-0.05 < DY_{max3} < 0.5 \quad \cdots (3-2)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（３－１）と同じである。

【００６９】

さらに好ましくは、

$$-0.02 < DY_{max3} < 0.1 \quad \cdots (3-3)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。この条件式の上限下限の意味については、上記条件式（３－１）と同じである。なお、この場合も、トーリック面の場合は０になるが、コマ収差の発生が多く、良好な結像特性は得られない。

【００７０】

また、第２面について、画面中心と画面周辺のＹ方向の微分値の差であるＤＹ２－ＤＹ１、ＤＹ２－ＤＹ３、ＤＹ２－ＤＹ４、ＤＹ２－ＤＹ５、ＤＹ２－ＤＹ６をDY_{max4}で表すとすると、その全てが、

$$-0.2 < DY_{max4} < 0.2 \quad \cdots (4-1)$$

なる条件式を満足することが重要である。

【００７１】

これは、画面中心に対し画面周辺のＹ方向微分値のずれを表している。この数値が上限の０．２を越えと、弓なりの像歪みが大きく発生する。下限の－０．２を越えると逆方向の弓なりの像歪みが大きく発生し、他の面て補正することが不可能になってしまう。

【００７２】

さらに好ましくは、

$$-0.16 < DY_{max4} < 0.16 \quad \cdots (4-2)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（４－１）と同じである。

【００７３】

また、第２面について、画面中心とＸ軸上のＸ方向最大画角の右端とのＹ方向の微分値の差ＤＹ２－ＤＹ５をDY_{max5}とするとき、

$$-0.5 < DY_{max5} < 0.08 \quad \cdots (5-1)$$

なる条件式を満足することが重要である。

【００７４】

これは、画面中心を通る左右方向の直線、例えば水平線等が弓なりに湾曲して観察される像歪みとなる。この数値が上限の０．０８を越えると、弓なりの像歪みが下に凸に大きく発生する。下限の－０．５を越えると、逆方向の弓なりの像歪みが上に凸に大きく発生し、他の面で補正することが不可能になってしまう。

【００７５】

さらに好ましくは、

$$-0.1 < DY_{max5} < 0.05 \quad \cdots (5-2)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条

件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（５－１）と同じである。

【００７６】

さらに好ましくは、

$-0.02 < DY_{max5} < 0.01$ ・・・（５－３）

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（５－１）と同じである。

【００７７】

次に、Ｘ軸方向の微分値ＤＸについての条件式を説明する。

画面右端の上と下のＸ軸方向の微分値ＤＸ４とＤＸ６の差ＤＸ４－ＤＸ６をDX_{max1}とするとき、上記第２面のDX_{max1}が、

$-0.16 < DX_{max1} < 1.4$ ・・・（６－１）

なる条件式を満足することが重要である。

【００７８】

これは、有効領域のＸ軸の最大値付近のＸ軸方向の傾きの差を表しており、Ｙ軸を観察者の上下方向に取ると、観察像の右上と右下の左右方向の対称性に対応している。下限の－０．１６を越えると、左右方向の長さが観察像の上と下で大きく異なり、底辺の長い台形の像歪みが大きく発生する。また、上限の１．４を越えると、反対に上辺の長い台形の像歪みが大きく発生してしまう。

【００７９】

さらに好ましくは、

$-0.1 < DX_{max1} < 1$ ・・・（６－２）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（６－１）と同じである。

【００８０】

さらに好ましくは、

$-0.05 < DX_{max1} < 0.05$ ・・・（６－３）

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（６－１）と同じである。

【００８１】

さらに好ましくは、接眼光学系を構成する全ての反射面におけるＤＸ４－ＤＸ６を$DX_{max1'}$とするとき、$DX_{max1'}$が、

$-0.16 < DX_{max1'} < 1.4$ ・・・（７－１）

なる条件を満足することが重要となる。

【００８２】

この条件は、光学系全体の中で主な反射屈折力を持つ第２面で発生する台形歪みの発生をある程度小さく抑えておくと、他の面で比較的容易に補正することが可能となり、収差全体をバランス良くまとめることが可能となるための条件である。なお、上限と下限については、条件式（６－１）と同じである。

【００８３】

さらに好ましくは、

$-0.1 < DX_{max1'} < 1$ ・・・（７－２）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（６－１）と同じである。

【００８４】

さらに好ましくは、

$-0.05 < DX_{max1'} < 0.05$ ・・・（７－３）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（６－１）と同じである。
【００８５】
次に、非点収差について説明する。非点収差は傾いた凹面鏡のＸ軸方向の曲率とＹ軸方向の曲率が光線に対して異なるために発生する。これを良好に補正するためには、光線が当たる位置でのＸ軸方向の曲率とＹ軸方向の曲率を適切に異ならせることが重要となる。軸上主光線が反射面に当たる位置のＸ軸方向の２次微分とＹ軸方向の２次微分値の差D^2 Ｘ２－D^2 Ｙ２をD^2 ＸＹとするとき、その絶対値の最大のもののD^2 ＸＹをD^2 XY_{max1}とするとき、
$-0.02 < D^2 XY_{max1} < 0.04$ （１／ｍｍ） ・・・（８－１）
なる条件式を満足することが重要である。
【００８６】
接眼光学系中に条件式（８－１）の上限の０．０４と下限の－０．０２を越える反射面があると、傾いた凹面鏡で発生する非点収差が大きくなりすぎ、他の面で補正することが不可能となる。
【００８７】
さらに好ましくは、
$-0.01 < D^2 XY_{max1} < 0.02$ （１／ｍｍ） ・・・（８－２）
なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（８－１）と同じである。
【００８８】
さらに好ましくは、
$-0.005 < D^2 XY_{max1} < 0.01$ （１／ｍｍ）・・・（８－３）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（８－１）と同じである。
【００８９】
さらに好ましくは、
$-0.005 < D^2 XY_{max1} < 0.005$ （１／ｍｍ）・・（８－４）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。上限下限の意味については、上記条件式（８－１）と同じである。
【００９０】
次に、第２面におけるD^2 XY_{max1}に関する条件について説明する。この面は他の面に比べて比較的強い反射屈折力を有し、かつ、光線が斜めに入射するので、非点収差の発生が多い。そこで、第２面のD^2 XY_{max1}をD^2 $XY_{max1'}$とすると、
$-0.02 < D^2 XY_{max1'} < 0.04$ （１／ｍｍ）・・・（９－１）
を満足することが重要となる。
【００９１】
第２面がこの上限の０．０４と下限の－０．０２を越えると、その傾いた凹面鏡で発生する非点収差が大きくなりすぎ、他の面で補正することが不可能となる。
【００９２】
さらに好ましくは、
$-0.01 < D^2 XY_{max1'} < 0.02$ （１／ｍｍ）・・・（９－２）
なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（９－１）と同じである。

【００９３】
さらに好ましくは、
－０．００５＜D^2 $XY_{max1'}$＜０．０１　（１／ｍｍ）・・（９－３）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（９－１）と同じである。
【００９４】
さらに好ましくは、
－０．００５＜D^2 $XY_{max1'}$＜０．００５　（１／ｍｍ）・（９－４）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（９－１）と同じである。
【００９５】
また、第２面において、D^2 Ｙ１からD^2 Ｙ６の値をD^2 Y_{max1}とするとき、その全てが、
－０．０３＜D^2 Y_{max1}＜０．０６　（１／ｍｍ）　・・・（10－１）
なる条件を満足することが重要となる。
【００９６】
これは、第２面のＹ方向の傾きの変化を表し、上記条件式の上限の０．０６と下限の－０．０３を越えると、有効領域内の面の曲率が大きく異なりすぎ、接眼光学系の中で主な反射屈折力を持つ第２面の有効領域全体の曲率が大きく変化しすぎてしまい、観察画角全体で広く平坦な観察像を観察することができなくなってしまう。
【００９７】
さらに好ましくは、
－０．０３＜D^2 Y_{max1}＜０．０５　（１／ｍｍ）　・・・（10－２）
なる条件式を満足することが重要である。
【００９８】
さらに好ましくは、
－０．０２５＜D^2 Y_{max1}＜０　（１／ｍｍ）　・・・（10－３）
なる条件式を満足することが重要である。
【００９９】
上記条件式（１０－２）、（１０－３）は共に、広い観察画角において良好な観察像を得るために必要なものである。特に、条件式（１０－２）は２０°以上の観察画角において重要となり、条件式（１０－３）は３０°以上の観察画角において満足することが好ましい。
【０１００】
次に、第２面のにおいて、D^2 Ｘ１からD^2 Ｘ６の値をD^2 X_{max2}とするとき、その全てが、
－０．０３＜D^2 X_{max2}＜０．１　（１／ｍｍ）　・・・（11－１）
なる条件を満足することが好ましい。
【０１０１】
上記条件式は第２面のＸ方向の傾きの変化の最大値を規定したものである。これは、観察像の左右端の像面湾曲に関するものであり、上限の０．１を越えると、結像位置が光学系から離れすぎてしまい、下限の－０．０３を越えると、光学系に近くなりすぎてしまい、結果として観察像面が湾曲してしまう。
【０１０２】
さらに好ましくは、
－０．０２＜D^2 X_{max2}＜０．０１　（１／ｍｍ）　・・・（11－２）
なる条件式を満足することが好ましい。特に２０°以上の観察画角を確保しようとした場合に、像面湾曲の少ない観察像を観察する場合に重要となる。

【０１０３】
さらに好ましくは、
－０．０２＜$D^2 X_{max2}$＜－０．００５　（１／ｍｍ）・・・（11－３）
なる条件式を満足することが好ましい。特に３０°以上の観察画角を確保しようとした場合に、像面湾曲の少ない観察像を観察する場合に重要となる。
【０１０４】
さらに好ましくは、
－０．０１５＜$D^2 X_{max2}$＜－０．００５　（１／ｍｍ）・・（11－４）
なる条件式を満足することが好ましい。特に３０°以上の観察画角を確保しようとした場合に、像面湾曲のほとんどない観察像を観察する場合に重要となる。なお、トーリック面の場合は０になるが、コマ収差の発生が多く、良好な結像特性は得られない。
【０１０５】
次に、第２面の$D^2 X1 - D^2 X4$、$D^2 X2 - D^2 X5$、$D^2 X3 - D^2 X6$の値を$D^2 X_{max3}$とするとき、その全てが、
－０．０５＜$D^2 X_{max3}$＜０．０５　（１／ｍｍ）　・・・（12－１）
なる条件式を満足することが重要である。
【０１０６】
これは、有効領域のＸ＝０とＸ最大値付近とのＸ方向の２次微分の差がＹ軸方向の上下でどのくらいの幅を持っているかを示している。これは、Ｙ軸を観察者の上下方向にとると、観察像の右上と右下の像面湾曲の上下方向の対称性に対応している。上記条件式の下限の－０．０５を越えると、像面が光学系に近くなりすぎ、他の面で補正することができなくなり、逆に上限の０．０５を越えると、光学系から像面が離れすぎ、他の面で補正することができなくなり、共に平坦な像面を得ることができなくなる。
【０１０７】
さらに好ましくは、
－０．０２＜$D^2 X_{max3}$＜０．０２　（１／ｍｍ）　・・・（12－２）
なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１２－１）と同じである。
【０１０８】
さらに好ましくは、
－０．０１＜$D^2 X_{max3}$＜０．０１　（１／ｍｍ）　・・・（12－３）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１２－１）と同じである。なお、この場合も、トーリック面の場合は０になるが、コマ収差の発生が多く、良好な結像特性は得られない。
【０１０９】
次に、第２面の$D^2 Y1 - D^2 Y4$、$D^2 Y2 - D^2 Y5$、$D^2 Y3 - D^2 Y6$の値を$D^2 Y_{max4}$とするとき、
－０．０３＜$D^2 Y_{max4}$＜０．０５　（１／ｍｍ）　・・・（13－１）
なる条件式を満足することが重要である。
【０１１０】
これは、有効領域のＸ＝０とＸ最大値付近とのＹ方向の２次微分の差がＹ軸方向の上下でどのくらいの幅を持っているかを示している。これも、Ｙ軸を観察者の上下方向にとると、観察像の右上と右下の像面湾曲の上下方向の対称性に対応している。下限の－０．０３を越えると、像面が光学系に近くなりすぎ、他の面で補正することができなくなり、逆に上限の０．０５を越えると、光学系から像面が離れすぎ、他の面で補正することができなくなり、共に平坦な像面を得ることができなくなる。
【０１１１】
さらに好ましくは、

$-0.02 < D^2 Y_{max4} < 0.03$ （１／ｍｍ） ・・・（13－２）
なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１３－１）と同じである。
【０１１２】
さらに好ましくは、
$-0.01 < D^2 Y_{max4} < 0.01$ （１／ｍｍ） ・・・（13－３）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１３－１）と同じである。
【０１１３】
また、全ての反射面について、Ｙ軸の上下方向のＸ＝０とＸ最大の部分のＸ方向の２次微分の違いに関する$D^2 X1 - D^2 X3$、$D^2 X4 - D^2 X6$を$D^2 X_{max5}$とするとき、全てが、
$-0.05 < D^2 X_{max5} < 0.05$ （１／ｍｍ） ・・・（14－１）
なる条件式を満足することが重要である。
【０１１４】
これは、画面の上下方向の像面の傾きを少なくするために必要な条件である。この値が上限の０．０５と下限の－０．０５を越えると、像面の傾斜が大きくなりすぎ、被観察像を形成する画像表示素子を軸上主光線に対して大きく傾け配置しないと、像面の傾きが補正できなくなり、装置の大型化を招く結果となる。
【０１１５】
さらに好ましくは、
$-0.03 < D^2 X_{max5} < 0.03$ （１／ｍｍ） ・・・（14－２）
なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１４－１）と同じである。
【０１１６】
さらに好ましくは、
$-0.02 < D^2 X_{max5} < 0.02$ （１／ｍｍ） ・・・（14－３）
なる条件式を満足することが重要であり、特に２５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１４－１）と同じである。
【０１１７】
さらに好ましくは、
$-0.01 < D^2 X_{max5} < 0.01$ （１／ｍｍ） ・・・（14－４）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１４－１）と同じである。
【０１１８】
さらに好ましくは、
$-0.005 < D^2 X_{max5} < 0.005$ （１／ｍｍ）・・・（14－５）
なる条件式を満足することが重要であり、特に３５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１４－１）と同じである。
【０１１９】
次に、Ｙ軸の上下方向のＸ＝０とＸ最大の部分のＹ方向の２次微分の違い$D^2 Y1 - D^2 Y3$、$D^2 Y4 - D^2 Y6$の差を$D^2 Y_{max6}$とするとき、全ての反射面の$D^2 Y_{max6}$の値全てが、
$-0.03 < D^2 Y_{max6} < 0.03$ （１／ｍｍ） ・・・（15－１）

なる条件式を満足することが重要である。

【０１２０】

これも、画面の上下方向の像面の傾きを少なくするために必要な条件である。この数値が上限の０．０３と下限－０．０３を越えると、像面の傾斜が大きくなりすぎ、被観察像を形成する画像表示素子を軸上主光線に対して大きく傾け配置しないと、像面の傾きが補正できなくなり、装置の大型化を招く結果となる。

【０１２１】

さらに好ましくは、

$-0.02 < D^2\ Y_{max6} < 0.02$　（１／ｍｍ）　・・・（15－２）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合には、この条件を満足することが受容である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１５－１）と同じである。

【０１２２】

さらに好ましくは、第２面が

$-0.01 < D^2\ Y_{max6} < 0.01$　（１／ｍｍ）　・・・（15－３）

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１５－１）と同じである。

【０１２３】

次に、有効面内の各光線が面に当たる所の、Ｘ方向の２回微分とＹ方向の２回微分の差、$D^2\ Xn - D^2\ Yn$（ｎは１～６）を$D^2\ XY_{max7}$とするとき、全ての反射面の$D^2\ XY_{max7}$の値全てが、

$-0.02 < D^2\ XY_{max7} < 0.1$　（１／ｍｍ）　・・・（16－１）

なる条件式を満足することが重要である。

【０１２４】

これは、有効領域のＸ方向の結像位置とＹ方向の結像位置に相当し、非点収差が良好の補正されているための条件である。下限の－０．０２を越えると、Ｘ方向の光線がＹ方向の光線に対し光学系側により近く結像してしまい、非点収差の発生が大きくなる。逆に、上限の０．１を越えると、Ｘ方向の光線がＹ方向の光線に対し光学系より遠くに結像してしまい、非点収差が逆に大きく発生してしまい、共に他の面で補正することが不可能となってしまう。ただし、トーリック面等のＹとＸ軸の両方に対して対称性を持つ面の場合は、本条件に入るが、コマ収差と像歪みの発生が大きくなる。

【０１２５】

さらに好ましくは、

$-0.018 < D^2\ XY_{max7} < 0.05$　（１／ｍｍ）・・・（16－２）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。

【０１２６】

さらに好ましくは、

$-0.015 < D^2\ XY_{max7} < 0.02$　（１／ｍｍ）・・・（16－３）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。

【０１２７】

さらに好ましくは、

$-0.01 < D^2\ XY_{max7} < 0.01$　（１／ｍｍ）　・・・（16－４）

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。

【０１２８】

上記条件式（１６－１）に関して、第２面における値を$D^2\ XY_{max7'}$とすると、

$-0.1 < D^2\ XY_{max7'} < 0.08$　（１／ｍｍ）　・・・（17－１）

なる条件式を満足することが重要である。

【０１２９】

上限の０．０８と下限の－０．１の意味については、上記条件式（１６－１）と同様である。特に、光学系の中で最も強い正の反射屈折力を持ち、かつ、傾いて配置されている第２面では、非点収差の発生が多いので、この条件式を満足することによって、収差の発生をバランスよく補正することが重要となる。ただし、この面もトーリック面等のＹとＸ軸の両方に対して対称性を持つ面の場合は、本条件に入るが、コマ収差と像歪みの発生が大きくなる。

【０１３０】

さらに好ましくは、

$$-0.1 < D^2\ XY_{max7'} < 0.05 \quad (1/mm) \quad \cdots (17-2)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。

【０１３１】

さらに好ましくは、

$$-0.05 < D^2\ XY_{max7'} < 0.02 \quad (1/mm) \cdots (17-3)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に２５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。

【０１３２】

さらに好ましくは、

$$-0.01 < D^2\ XY_{max7'} < 0.01 \quad (1/mm) \cdots (17-4)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。

【０１３３】

次に、接眼光学系の画像表示素子に面した反射面（図８、図１３のような場合には透過面の第１面が兼ねる。）の$D^2\ X2$／第２面の$D^2\ X2$の値を$D^2\ X9$とするとき、

$$0.13 < D^2\ X9 < 1.15 \quad \cdots (18-1)$$

なる条件を満足することが重要となる。

【０１３４】

この条件は、光学系全体の中で主な反射屈折力を持つ画像表示素子に面した反射面と射出瞳に面した反射面のＸ方向の２次微分の比を表しており、光学系から瞳位置までの距離を大きくとり、かつ、被観察像側の射出主光線傾角を被観察像の表示面に垂直に近づけるために必要な従来の近軸パワー配置に関する条件である。下限の０．１３を越えると、光学系の前側焦点位置が大きくなるが、後側焦点距離が短くなりすぎ、被観察像を表示する面と光学系本体が干渉し、配置できなくなる。また、上限の１．１５を越えると、後側焦点距離は大きくなるが、逆に光学系の前側焦点位置が小さくなりすぎ、眼鏡を掛けての観察がし難くなる。

【０１３５】

さらに好ましくは、

$$0.2 < D^2\ X9 < 1 \quad \cdots (18-2)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限については、上記条件式（１８－１）と同じである。

【０１３６】

さらに好ましくは、

$$0.3 < D^2\ X9 < 0.8 \quad \cdots (18-3)$$

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限については、上記条件式（１８－１）と同じである。

【０１３７】

次に、接眼光学系の画像表示素子に面した反射面のD^2 Ｙ２／第２面のD^2 Ｙ２の値をD^2 Ｙ１０とするとき、

０．１４＜D^2 Ｙ１０＜５　　・・・（19－１）

なる条件を満足することが重要となる。

【０１３８】

この条件は、光学系全体の中でも主な反射屈折力を持つ画像表示素子に面した反射面と射出瞳に面した反射面のＹ方向の２次微分の比を表しており、光学系から瞳位置までの距離を大きくとり、かつ、被観察像側の射出主光線傾角を被観察像の表示面に垂直に近づけるために必要な従来の近軸パワー配置に関する条件である。下限の０．１４を越えると、光学系の前側焦点位置が大きくなるが、後側焦点距離が短くなりすぎ、被観察像を表示する面と光学系本体が干渉し、配置できなくなる。また、上限の５を越えると、後側焦点距離は大きくなるが、逆に光学系の前側焦点位置は小さくなりすぎ、眼鏡を掛けての観察がし難くなる。

【０１３９】

さらに好ましくは、

０．１５＜D^2 Ｙ１０＜４　　・・・（19－２）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１９－１）と同じである。

【０１４０】

さらに好ましくは、

０．２＜D^2 Ｙ１０＜３　　・・・（19－３）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１９－１）と同じである。

【０１４１】

さらに好ましくは、

０．２５＜D^2 Ｙ１０＜１　　・・・（19－４）

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（１９－１）と同じである。

【０１４２】

次に、接眼光学系の画像表示素子に面した反射面のD^2 Ｘ２／D^2 Ｙ２の値をD^2 ＸＹ１１とするとき、

０．５５＜D^2 ＸＹ１１＜４．０　　・・・（20－１）

なる条件を満足することが重要となる。

【０１４３】

この条件は、光学系全体の中で最も傾いて軸上主光線が入射する画像表示素子に面した反射面の軸上主光線に対するＸ方向とＹ方向の主光線が当たる部分の屈折力に相当し、主に非点収差に関する。下限の０．５５と上限４．０を越えると、共にこの面で反射するときに発生する非点収差が大きくなりすぎ、他の面で補正することが難しくなる。

【０１４４】

さらに好ましくは、

０．６＜D^2 ＸＹ１１＜３．５　　・・・（20－２）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。上限下限の意味については、上記条件式（２０－１）と同じである。

【０１４５】

さらに好ましくは、

０．７＜D^2 ＸＹ１１＜３．０　　・・・（20－３）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（２０－１）と同じである。

【０１４６】

さらに好ましくは、

０．８＜D^2 ＸＹ１１＜２．５　　・・・（20－４）

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（２０－１）と同じである。

【０１４７】

次に、射出瞳に面した第２面のD^2 Ｘ２／D^2 Ｙ２の値をD^2 ＸＹ１２とするとき、

０．５５＜D^2 ＸＹ１２＜５　　・・・（21－１）

なる条件を満足することが重要となる。

【０１４８】

この条件も上記条件（２０－１）と同様に非点収差に関するものであり、上限の５と下限０．５５についても、条件（２０－１）と同様である。

【０１４９】

さらに好ましくは、

０．６＜D^2 ＸＹ１２＜４　　・・・（21－２）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（２０－１）と同じである。

【０１５０】

さらに好ましくは、

０．７＜D^2 ＸＹ１２＜３　　・・・（21－３）

なる条件式を満足することが重要であり、特に２５°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（２０－１）と同じである。

【０１５１】

さらに好ましくは、

０．８＜D^2 ＸＹ１２＜２　　・・・（21－４）

なる条件式を満足することが重要であり、特に３０°を越える観察画角の場合にはこの条件を満足することが重要である。なお、上限下限の意味については、上記条件式（２０－１）と同じである。

【０１５２】

さて、以上の各種条件に関しては、主して図８に示すような第１面３、第２面４、第３面５からなり、その間が屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質で満たされたプリズム部材７を用いる接眼光学系を前提にして説明したが、その他の図９～図１５に示すようなプリズム部材７についても同様に適用できる。

【０１５３】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の頭部装着型画像表示装置の実施例１～４について説明する。後述する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、接眼光学系７の射出瞳１を光学系の原点として、光軸２を画像表示素子６の表示中心と射出瞳１の中心（原点）とを通る光線で定義し、射出瞳１から光軸２に進む方向をＺ軸方向、このＺ軸に直交し射出瞳１中心を通り、光線が接眼光学系７によって折り曲げられる面内の方向をＹ軸方向、Ｚ軸、Ｙ軸に直交し射出瞳１中心を通る方向をＸ軸方向とし、射出瞳１から接眼光学系７に向かう方向をＺ軸の正方向、光軸２から画像表示素子６方向をＹ軸の正方向、そして、これらＺ軸、Ｙ軸と右手系を構成する方向をＸ軸の正方向とする。なお、光線追跡は接眼光学系７の射出瞳１の側を物体側として、画像表示素子６側を像面側とした逆追跡により行ってい

る。

【０１５４】

そして、偏心量Ｙ、Ｚ、傾き量θが記載されている面については、光学系の原点である射出瞳１からのずれ量及びＺ軸に対する傾き角を表している。なお、傾き角は反時計回りの方向を正としている。なお、面間隔については、意味を有しない。

【０１５５】

また、自由曲面の面の形状は以下の式により定義する。その定義式のＺ軸が自由曲面の軸となる。

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

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。

【０１５６】

さて、以下の実施例１～４の接眼光学系７は、何れも、第１面３、第２面４、第３面５の３つの面からなり、その間が屈折率１より大きい媒質で満たされており、画像表示素子６に対向して配置された透過面の第３面５を経て光学系に入射した画像表示素子６からの表示光は、光軸２上に第２面４と射出瞳１との間に配置された第１面３で反射され、次に、光軸２上に射出瞳１と対向して偏心配置された反射面の第２面４に入射して反射され、その反射光は、第１面３を透過して光学系７から射出して光軸２に沿って進み、中間像を形成することなく射出瞳１の位置にある観察者の瞳に入射し、観察者の網膜上に表示像を結像する。

【０１５７】

この実施例１～４の光軸２を含むＹ－Ｚ断面図をそれぞれ図１～図４に示す。構成パラメータは後記するが、実施例１は第１面３、第２面４、第３面５何れも上記（ａ）式で定義される自由曲面であり、実施例２、３は第１面３は平面、第２面４、第３面５は何れも上記（ａ）式で定義される自由曲面であり、実施例４は第１面は球面、第２面４、第３面５は何れも上記（ａ）式で定義される自由曲面である。実施例１の観察画角は、水平画角４０°、垂直画角３０．５°、瞳径は８ｍｍであり、実施例２、４の観察画角は、水平画角４０°、垂直画角３０．５°、瞳径は４ｍｍであり、実施例３の観察画角は、水平画角３５°、垂直画角２６．６°、瞳径は４ｍｍである。

【０１５８】

以下に、上記実施例１～４の構成パラメータを示す。

実施例１

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッベ数 (傾き角)
1	∞（瞳）			
2	自由曲面①		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
			Y 13.983 θ	9.46°
			Z 33.974	
3	自由曲面②		1.5254	56.25
（第２面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y 4.596 θ	-15.22°
			Z 49.231	
4	自由曲面①		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y 13.983 θ	9.46°
			Z 33.974	
5	自由曲面③		（瞳位置より）	
（第３面）			Y 27.094 θ	79.39°
			Z 35.215	
6	∞		（瞳位置より）	
（画像表示面）			Y 29.266 θ	46.34°
			Z 46.318	

自由曲面①

C_5 -2.6152×10^{-3}	C_7 -3.9706×10^{-3}	C_8 -7.5434×10^{-5}
C_{10} -1.5120×10^{-6}	C_{12} 2.6572×10^{-7}	C_{14} 1.3359×10^{-6}
C_{16} 1.7946×10^{-7}	C_{17} -2.9881×10^{-9}	C_{19} -3.0362×10^{-9}
C_{21} -2.0258×10^{-7}	C_{23} -3.8978×10^{-10}	C_{25} 1.4986×10^{-9}
C_{27} -3.8974×10^{-9}	C_{29} -2.5335×10^{-9}	C_{30} 4.3101×10^{-12}
C_{32} -1.4923×10^{-11}	C_{34} 7.6026×10^{-11}	C_{36} -4.2410×10^{-11}

自由曲面②

C_5 -6.2524×10^{-3}	C_7 -7.5944×10^{-3}	C_8 -1.0605×10^{-5}
C_{10} 9.3276×10^{-6}	C_{12} 8.3882×10^{-7}	C_{14} -5.6861×10^{-7}
C_{16} -4.9904×10^{-7}	C_{17} -2.0403×10^{-10}	C_{19} -8.0184×10^{-9}
C_{21} -4.4196×10^{-8}	C_{23} 4.4149×10^{-10}	C_{25} 3.8170×10^{-10}
C_{27} 8.4970×10^{-11}	C_{29} -2.8006×10^{-10}	C_{30} 1.3964×10^{-12}
C_{32} -1.7677×10^{-10}	C_{34} 3.3220×10^{-12}	C_{36} 6.9401×10^{-12}

自由曲面③

C_5 -1.2118×10^{-2}	C_7 -3.7062×10^{-3}	C_8 -1.2290×10^{-4}
C_{10} 9.9763×10^{-4}	C_{12} -8.0746×10^{-5}	C_{14} -3.8939×10^{-5}
C_{16} 2.6861×10^{-5}	C_{17} -1.7720×10^{-6}	C_{19} -3.4243×10^{-6}
C_{21} -3.5310×10^{-7}	C_{23} 1.2185×10^{-7}	C_{25} 1.0019×10^{-7}
C_{27} 1.4838×10^{-7}	C_{29} -5.3531×10^{-8}	

。

【０１５９】

実施例２

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッベ数 (傾き角)
1	∞（瞳）			
2	∞		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
			Y 0.000 θ	20.65°
			Z 37.527	
3	自由曲面①		1.5254	56.25
（第２面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y 1.760 θ	-9.37°
			Z 49.700	
4	∞		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y 0.000 θ	20.65°
			Z 37.527	
5	自由曲面②		（瞳位置より）	
（第３面）			Y 25.997 θ	74.58°
			Z 46.184	
6	∞		（瞳位置より）	
（画像表示面）			Y 33.670 θ	51.85°
			Z 45.021	

自由曲面①

C_5 -4.5817×10^{-3}	C_7 -5.0260×10^{-3}	C_8 3.2015×10^{-5}
C_{10} 2.2441×10^{-5}	C_{12} -1.8792×10^{-7}	C_{14} 7.9815×10^{-7}
C_{16} 5.0435×10^{-7}	C_{17} -6.8674×10^{-8}	C_{19} 1.0002×10^{-8}
C_{21} -6.6719×10^{-9}	C_{23} 1.3063×10^{-9}	C_{25} -2.2955×10^{-9}
C_{27} -1.9103×10^{-10}	C_{29} -6.8281×10^{-10}	C_{30} 1.3784×10^{-10}
C_{32} -1.0577×10^{-10}	C_{34} 2.8101×10^{-11}	C_{36} 1.2847×10^{-11}

自由曲面②

C_5 4.2493×10^{-4}	C_7 -2.0055×10^{-2}	C_8 -1.1201×10^{-3}
C_{10} 1.5646×10^{-4}	C_{12} -1.0605×10^{-4}	C_{14} 4.3806×10^{-5}
C_{16} 2.6464×10^{-5}	C_{17} 2.1338×10^{-5}	C_{19} -8.0966×10^{-7}
C_{21} -1.4461×10^{-6}	C_{23} -1.0841×10^{-6}	C_{25} -1.2023×10^{-7}
C_{27} -1.6090×10^{-8}	C_{29} -5.5701×10^{-9}	C_{30} 1.8180×10^{-8}
C_{32} 5.1816×10^{-9}	C_{34} 1.0613×10^{-9}	C_{36} 6.6826×10^{-10} 。

【０１６０】

実施例３

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッベ数 (傾き角)
1	∞（瞳）			
2	∞		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
			Y 0.000 θ	22.10°
			Z 39.619	
3	自由曲面①		1.5254	56.25
（第２面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y -8.143 θ	-13.23°
			Z 50.124	
4	∞		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y 0.000 θ	22.10°
			Z 39.619	
5	自由曲面②		（瞳位置より）	
（第３面）			Y 25.826 θ	92.97°
			Z 51.879	
6	∞		（瞳位置より）	
（画像表示面）			Y 35.497 θ	50.34°
			Z 48.576	

自由曲面①

C_5 -4.6506×10^{-3}	C_7 -4.7935×10^{-3}	C_8 2.6669×10^{-6}
C_{10} 1.6974×10^{-5}	C_{12} 5.4534×10^{-7}	C_{14} -4.6491×10^{-7}
C_{16} -3.5840×10^{-7}	C_{17} 1.8802×10^{-8}	C_{19} 4.4645×10^{-8}
C_{21} -7.6909×10^{-9}	C_{23} -1.5994×10^{-9}	C_{25} -5.2799×10^{-11}
C_{27} 1.1706×10^{-9}	C_{29} 1.3813×10^{-11}	C_{30} 2.9144×10^{-11}
C_{32} -4.6116×10^{-11}	C_{34} -5.5362×10^{-11}	C_{36} 4.7568×10^{-12}

自由曲面②

C_5 1.9719×10^{-2}	C_7 -7.7622×10^{-3}	C_8 2.3734×10^{-5}
C_{10} -5.0317×10^{-4}	C_{12} -2.0110×10^{-4}	C_{14} 6.3593×10^{-5}
C_{16} 4.5581×10^{-5}	C_{17} 1.6122×10^{-5}	C_{19} -1.3368×10^{-6}
C_{21} -3.0966×10^{-6}	C_{23} -5.2286×10^{-7}	C_{25} -6.5949×10^{-8}
C_{27} 5.9680×10^{-9}	C_{29} -2.7181×10^{-8}	C_{30} 6.2758×10^{-9}
C_{32} 2.4299×10^{-9}	C_{34} 2.2116×10^{-9}	C_{36} 2.0886×10^{-9} 。

【０１６１】

実施例４

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッベ数 (傾き角)
1	∞（瞳）			
2	-87.879		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
			Y 0.000 θ	4.83°
			Z 38.369	
3	自由曲面①		1.5254	56.25
（第２面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y -3.704 θ	-23.79°
			Z 46.813	
4	-87.879		1.5254	56.25
（第１面）			（瞳位置より）	
（反射面）			Y 0.000 θ	4.83°
			Z 38.369	
5	自由曲面②		（瞳位置より）	
（第３面）			Y 19.042 θ	46.94°
			Z 47.204	
6	∞		（瞳位置より）	
（画像表示面）			Y 27.507 θ	55.57°
			Z 45.930	

自由曲面①

C_5 -9.8620×10^{-3}	C_7 -9.1521×10^{-3}	C_8 6.2235×10^{-5}
C_{10} 8.0917×10^{-6}	C_{12} 9.2182×10^{-7}	C_{14} -1.5968×10^{-6}
C_{16} -1.1413×10^{-6}	C_{17} -9.8234×10^{-8}	C_{19} 1.3883×10^{-8}
C_{21} 1.1992×10^{-8}	C_{23} -1.0379×10^{-8}	C_{25} -5.0580×10^{-9}
C_{27} -2.3570×10^{-9}	C_{29} -1.5443×10^{-10}	C_{30} 4.6063×10^{-10}
C_{32} 1.4306×10^{-10}	C_{34} 5.9077×10^{-11}	C_{36} 1.5553×10^{-12}

自由曲面②

C_5 -3.4909×10^{-3}	C_7 -1.8708×10^{-3}	C_8 -7.3195×10^{-5}
C_{10} 1.7538×10^{-4}	C_{12} -5.3578×10^{-4}	C_{14} 1.1140×10^{-4}
C_{16} 4.0203×10^{-5}	C_{17} -3.3457×10^{-6}	C_{19} -4.3054×10^{-6}
C_{21} 8.6126×10^{-6}	C_{23} 6.3802×10^{-6}	C_{25} -2.1983×10^{-7}
C_{27} -2.7202×10^{-7}	C_{29} -1.5211×10^{-8}	C_{30} -2.8038×10^{-7}
C_{32} 1.8870×10^{-8}	C_{34} 3.0331×10^{-8}	C_{36} -2.9737×10^{-8} 。

【０１６２】
次に、上記実施例１の横収差図を図５～図７に示す。これらの横収差図において、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を示す。
【０１６３】
以下に、本発明の各実施例における前記条件式（１）～（２１－１）に関するパラメータの値を示す（条件式（１）、（２）については、各反射面の反射屈折力を示し、その他の上下２段の値を示した条件式については、上段が最小値、下段が最大値を示す。）。
【０１６４】

	実施例１	実施例２	実施例３	実施例４
(1)	0.0466	0.0315	0.0283	0.0558
	-0.0242	0	0	-0.0349
(2)	0.0366	0.0307	0.0255	0.0548
	-0.0127	0	0	-0.0347
(1-1)	-0.115	-0.017	-0.180	-0.210
	0.180	0.158	0.027	0.105
(2-1)	-0.000	-0.003	-0.004	-0.002
	0.017	0.142	-0.000	0.004
(3-1)	-0.012	-0.146	0.004	0.006
(4-1)	-0.129	-0.080	-0.117	-0.154
	0.166	0.095	0.090	0.131
(5-1)	-0.001	-0.002	-0.004	0.001
(6-1)	-0.017	0.008	0.013	-0.003
(7-1)	-0.017	0.008	0.013	-0.005
(8-1)	-0.0032	-0.0002	-0.0008	0.0000
(9-1)	-0.0038	-0.0002	-0.0008	0.0002
(10-1)	-0.0184	-0.0105	-0.0106	-0.0238
	-0.0151	-0.0095	-0.0088	-0.0183
(11-1)	-0.0131	-0.0106	-0.0095	-0.0277
	-0.0032	-0.0086	-0.0068	-0.0175
(12-1)	0.0001	-0.0005	0.0007	0.0043
	0.0033	-0.0001	0.0009	0.0055
(13-1)	-0.0045	-0.0002	-0.0001	0.0012
	0.0009	0	0.0013	0.0037
(14-1)	-0.0031	0.0006	0.0008	-0.0010
	0.0001	0.0009	0.0009	-0.0005

(15-1)	-0.0100	0.0018	0.0014	0.0065
	-0.0045	0.0018	0.0025	0.0089
(16-1)	-0.0121	-0.0011	-0.0021	-0.0061
	0.0024	0.0002	-0.0004	0.0052
(17-1)	-0.0121	-0.0011	-0.0021	-0.0061
	-0.0029	0.0002	-0.0004	0.0052
(18-1)	0.5181	—	—	0.6260
(19-1)	0.3453	—	—	0.6391
(20-1)	1.9025	—	—	0.9872
(21-1)	1.2678	1.0157	1.0937	1.0078

【０１６５】
以上の実施例では、前記定義式（ａ）の自由曲面で構成したが、あらゆる定義の曲面が使えることは言うまでもない。しかし、どのような定義式を用いようとも、本発明に示されている何れかの条件を満足することにより、また、そのいくつかのものを満足することにより、収差の非常に良く補正された接眼光学系を得られることは言うまでもない。なお、偏心を無視した面の定義座標系の中心で規定される面の曲率、面の焦点距離等の従来の無偏心系で使われる条件式は、本発明のように各面が大きく偏心して配置されている場合には、何らの意味も持たない。
【０１６６】
なお、以上のような本発明による接眼光学系と画像表示素子からなる組を左右一対用意し、それらを眼幅距離だけ離して支持することにより、両眼で観察できる据え付け型又は頭部装着型画像表示装置のようなポータブル型の画像表示装置として構成することができる。このようなポータブル型の画像表示装置の１例の全体の構成を図１６に示す。表示装置本体５０には、上記のような接眼光学系が左右１対備えられ、それらに対応して像面に液晶表示素子からなる画像表示素子が配置されている。本体５０に左右に連続して図示のような側頭フレーム５１が設けられ、両側の側頭フレーム５１は頭頂フレーム５２でつながれており、また、両側の側頭フレーム５１の中間には板バネ５３を介してリアフレーム５４が設けてあり、リアフレーム５４を眼鏡のツルのように観察者の両耳の後部に当て、また、頭頂フレーム５２を観察者の頭頂に載せることにより、表示装置本体５０を観察者の眼前に保持できるようになっている。なお、頭頂フレーム５２の内側には海綿体のような弾性体からなる頭頂パッド５５が取り付けてあり、同様にリアフレーム５４の内側にも同様なパッドが取り付けられており、この表示装置を頭部に装着したときに違和感を感じないようにしてある。
【０１６７】
また、リアフレーム５４にはスピーカ５６が付設されており、画像観察と共に立体音響を聞くことができるようになっている。このようにスピーカ５６を有する表示装置本体５０には、映像音声伝達コード５７を介してポータブルビデオカセット等の再生装置５８が接続されているので、観察者はこの再生装置５８を図示のようにベルト箇所等の任意の位置に保持して、映像、音響を楽しむことができるようになっている。図示の５９は再生装置５８のスイッチ、ボリューム等の調節部である。なお、頭頂フレーム５２の内部に、映像処理・音声処理回路等の電子部品を内蔵させてある。
【０１６８】
なお、コード５７は先端をジャックにして、既存のビデオデッキ等に取り付け可能としてもよい。さらに、ＴＶ電波受信用チューナーに接続してＴＶ観賞用としてもよいし、コン

ピュータに接続してコンピュータグラフィックスの映像や、コンピュータからのメッセージ映像等を受信するようにしてもよい。また、邪魔なコードを排斥するために、アンテナを接続して外部からの信号を電波によって受信するようにしてもよい。

【０１６９】

以上の本発明の頭部装着型画像表示装置は例えば次のように構成することができる。

〔１〕　画像表示素子と、前記画像表示素子により形成された画像を虚像として観察できるように観察者眼球位置に中間像を形成することなしに導く接眼光学系とを有する頭部装着型画像表示装置において、

前記接眼光学系が、少なくとも１面の反射作用を有する反射面を備え、

前記反射面の少なくとも１面の面形状が、その面内及び面外共に回転対称軸を有せず、しかも、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頭部装着型画像表示装置。

【０１７０】

〔２〕　前記反射面が、前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、以下の条件（１）を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１７１】

｜φｘ｜＞０　　・・・・（１）

ただし、φｘは前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力である。

【０１７２】

〔３〕　前記反射面が、前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、以下の条件（２）を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１７３】

｜φｙ｜＞０　　・・・・（２）

ただし、φｙは前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面内の反射屈折力である。

【０１７４】

〔４〕　前記反射面が、前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、以下の条件（１）及び（２）を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１７５】

｜φｘ｜＞０　　・・・・（１）

｜φｙ｜＞０　　・・・・（２）

ただし、φｘは前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力、φｙは前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面内の反射屈折力である。

【０１７６】

〔５〕　前記反射面が以下の条件（３）を満足する上記〔２〕又は〔４〕記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１７７】

｜φｘ｜＞０．００５　（１／ｍｍ）　　・・・・（３）

〔６〕　前記面対称自由曲面の対称面が、前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線

が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、Ｙ－Ｚ面若しくはそれと平行な面上に存在することを特徴とする上記〔１から５の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１７８】

〔７〕　前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面内の反射屈折力、及び、Ｙ－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力の少なくとも一方が正であることを特徴とする上記〔２〕から〔６〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１７９】

〔８〕　前記反射面中で前記軸上主光線が反射される領域のＹ－Ｚ面内の反射屈折力、及び、Ｙ－Ｚ面に垂直な面内の反射屈折力が共に正であることを特徴とする上記〔２〕から〔６〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１８０】

〔９〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔８〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１８１】

$$-10 < DY_{max1} < 1.0 \qquad \cdots (1-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の微分値ＤＹ２、ＤＹ１、ＤＹ４、ＤＹ５、ＤＹ６、ＤＹ３とするとき、ＤＹ１からＤＹ６の値全てをDY_{max1}とする。

【０１８２】

〔１０〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔９〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１８３】

$$-0.2 < DY_{max2} < 0.2 \qquad \cdots (2-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の微分値ＤＹ２、ＤＹ１、ＤＹ４、ＤＹ５、ＤＹ６、ＤＹ３とするとき、ＤＹ１－ＤＹ４、ＤＹ２－ＤＹ５、ＤＹ３－ＤＹ６の値全てをDY_{max2}とする。

【０１８４】

〔１１〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記

Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１０〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１８５】

$$-0.1 < DY_{max3} < 1 \qquad \cdots (3-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の微分値ＤＹ２、ＤＹ１、ＤＹ４、ＤＹ５、ＤＹ６、ＤＹ３とするとき、（ＤＹ１－ＤＹ４）－（ＤＹ３－ＤＹ６）をDY_{max3}とする。

【０１８６】

〔１２〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１１〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１８７】

$$-0.2 < DY_{max4} < 0.2 \qquad \cdots (4-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の微分値ＤＹ２、ＤＹ１、ＤＹ４、ＤＹ５、ＤＹ６、ＤＹ３とするとき、ＤＹ２－ＤＹ１、ＤＹ２－ＤＹ３、ＤＹ２－ＤＹ４、ＤＹ２－ＤＹ５、ＤＹ２－ＤＹ６の値全てをDY_{max4}とする。

【０１８８】

〔１３〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１２〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１８９】

$$-0.5 < DY_{max5} < 0.08 \qquad \cdots (5-1)$$

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の微分値ＤＹ２、ＤＹ１、ＤＹ４、ＤＹ５、ＤＹ６、ＤＹ３とするとき、ＤＹ２－ＤＹ５をDY_{max5}とする。

【０１９０】

〔１４〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子

に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１３〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１９１】

$-0.16 < DX_{max1} < 1.4$　　・・・（６－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の微分値ＤＸ２、ＤＸ１、ＤＸ４、ＤＸ５、ＤＸ６、ＤＸ３とするとき、ＤＸ４－ＤＸ６をDX_{max1}とする。

【０１９２】

〔１５〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記接眼光学系の全ての反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１４〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１９３】

$-0.16 < DX_{max1}' < 1.4$　　・・・（７－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の微分値ＤＸ２、ＤＸ１、ＤＸ４、ＤＸ５、ＤＸ６、ＤＸ３とするとき、ＤＸ４－ＤＸ６をDX_{max1}'とする。

【０１９４】

〔１６〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１５〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１９５】

$-0.02 < D^2XY_{max1} < 0.04$　（１／ｍｍ）　・・・（８－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とし、D^2 Ｘ２－D^2 Ｙ２をD^2 ＸＹとするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2 ＸＹの絶対値の最大のもののD^2 ＸＹの値をD^2XY_{max1}とする。

【０１９６】

〔１７〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条

件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１６〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１９７】

$-0.02 < D^2 XY_{max1}' < 0.04$ ・・・（９－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とし、D^2 Ｘ２－D^2 Ｙ２をD^2 ＸＹとするとき、D^2 Ｘ２－D^2 Ｙ２をD^2 XY_{max1}' とする。

【０１９８】

〔１８〕 前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１７〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０１９９】

$-0.03 < D^2 Y_{max1} < 0.06$ （１／ｍｍ） ・・・（10－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とするとき、D^2 Ｙ１からD^2 Ｙ６の値全てをD^2 Y_{max1}ＤＹ$_{max1}$とする。

【０２００】

〔１９〕 前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１８〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２０１】

$-0.03 < D^2 X_{max2} < 0.1$ （１／ｍｍ） ・・・（11－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、D^2 Ｘ１からD^2 Ｘ６の値全てをD^2 X_{max2}とする。

【０２０２】

〔２０〕 前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反

射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔１９〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２０３】

$-0.05 < D^2 X_{max3} < 0.05$　（１／ｍｍ）　・・・（12－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値$D^2 X2$、$D^2 X1$、$D^2 X4$、$D^2 X5$、$D^2 X6$、$D^2 X3$とするとき、$D^2 X1 - D^2 X4$、$D^2 X2 - D^2 X5$、$D^2 X3 - D^2 X6$の値全てを$D^2 X_{max3}$とする。

【０２０４】

〔２１〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２０〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２０５】

$-0.03 < D^2 Y_{max4} < 0.05$　（１／ｍｍ）　・・・（13－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値$D^2 Y2$、$D^2 Y1$、$D^2 Y4$、$D^2 Y5$、$D^2 Y6$、$D^2 Y3$とするとき、$D^2 Y1 - D^2 Y4$、$D^2 Y2 - D^2 Y5$、$D^2 Y3 - D^2 Y6$の値全てを$D^2 Y_{max4}$とする。

【０２０６】

〔２２〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２１〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２０７】

$-0.05 < D^2 X_{max5} < 0.05$　（１／ｍｍ）　・・・（14－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値$D^2 X2$、$D^2 X1$、$D^2 X4$、$D^2 X5$、$D^2 X6$、$D^2 X3$とするとき、前記接眼光学系の全ての反射面における$D^2 X1 - D^2 X3$、$D^2 X4 - D^2 X6$の値を$D^2 X_{max5}$とする。

【０２０８】

〔２３〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記

Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２２〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２０９】

$-0.03 < D^2 Y_{max6} < 0.03$ （１／ｍｍ） ・・・（15－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2 Ｙ１－D^2 Ｙ３、D^2 Ｙ４－D^2 Ｙ６の値を$D^2 Y_{max6}$とする。

【０２１０】

〔２４〕 前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２３〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２１１】

$-0.02 < D^2 XY_{max7} < 0.1$ （１／ｍｍ） ・・・（16－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、前記接眼光学系の全ての反射面におけるD^2 Ｘｎ－D^2 Ｙｎ（ｎは１～６）の値全てを$D^2 XY_{max7}$とする。

【０２１２】

〔２５〕 前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２４〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２１３】

$-0.1 < D^2 XY_{max7}' < 0.08$ （１／ｍｍ） ・・・（17－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、D^2 Ｘｎ－D^2 Ｙｎ（ｎは１～６）の値全てを$D^2 XY_{max7}'$とする。

【０２１４】

〔２６〕 前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反

射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２５〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２１５】

０．１３＜D^2 Ｘ９＜１．１５　　・・・（18－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の最後の反射面のD^2 Ｘ２／前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面のD^2 Ｘ２の値をD^2 Ｘ９とする。

【０２１６】

〔２７〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２６〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２１７】

０．１４＜ＤＤＹ１０＜５　　・・・（19－１）

ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とするとき、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の最後の反射面のD^2 Ｙ２／前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面のD^2 Ｙ２の値をD^2 Ｙ１０とする。

【０２１８】

〔２８〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の最後の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２７〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。

【０２１９】

０．５５＜ＤＤＸＹ１１＜４．０　　・・・（20－１）

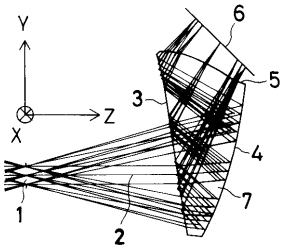
ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、D^2 Ｘ２／D^2 Ｙ２の値をＤＤＸＹ１１とする。

【０２２０】
〔２９〕　前記画像表示素子の画面中心からの軸上主光線が前記接眼光学系から射出して前記観察者眼球位置中心に到る線分の延長方向をＺ軸、前記軸上主光線が前記反射面で反射される際の折り返し線分を含む平面内で前記Ｚ軸に垂直な方向をＹ軸、前記Ｚ軸と前記Ｙ軸とに垂直な方向をＸ軸と定義したときに、前記観察者眼球の瞳から前記画像表示素子に到る逆光線追跡の順にみたときの前記接眼光学系の第１番目の反射面において、次の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕から〔２８〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２２１】
０．５５＜D^2 ＸＹ１２＜５　　・・・（21－１）
ただし、Ｙ軸方向を上下方向として、画面中心のＺ軸方向の軸上主光線、画面上側中心画角の主光線、画面右上画角の主光線、画面右中心画角の主光線、画面右下画角の主光線、画面下側中心画角の主光線が対象面と交差する領域を有効領域と定義し、その有効領域でその面の形状を定義する式の面の偏心方向に当たるＹ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｙ２、D^2 Ｙ１、D^2 Ｙ４、D^2 Ｙ５、D^2 Ｙ６、D^2 Ｙ３とし、偏心方向に垂直な方向に当たるＸ軸について２回微分した値を前記それぞれの各主光線がその面と当たる位置の２次微分値D^2 Ｘ２、D^2 Ｘ１、D^2 Ｘ４、D^2 Ｘ５、D^2 Ｘ６、D^2 Ｘ３とするとき、D^2 Ｘ２／D^2 Ｙ２の値をＤＤＸＹ１２とする。
【０２２２】
〔３０〕　前記反射面が屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質を有する裏面反射鏡から構成されていることを特徴とする上記〔１〕から〔２９〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２２３】
〔３１〕　前記接眼光学系が少なくとも第１面から第３面の３つの面を有し、前記３つの面の中の少なくとも１つの面が前記裏面反射鏡から構成されていることを特徴とする上記〔３０〕記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２２４】
〔３２〕　前記接眼光学系が、少なくとも、前記画像表示素子に対向配置された第３面と、観察者眼球位置と対向配置された第１面と、前記第１面及び第３面に対して屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質を挟んで第２面とを有するプリズム部材を備え、
前記第２面が前記反射面にて構成されていることを特徴とする上記〔１〕から〔３１〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２２５】
〔３３〕　前記接眼光学系が、少なくとも、前記画像表示素子に対向配置された第３面と、観察者眼球位置と対向配置された第１面と、前記第１面及び第３面に対して屈折率（ｎ）が１よりも大きい（ｎ＞１）媒質を挟んで第２面とを有するプリズム部材を備え、
前記画像表示素子から射出された軸上主光線が、少なくとも前記第１面で反射された後、前記第２面で反射され、最終的に第１面を透過して射出するように構成され、
少なくとも前記第１面での反射作用を有する領域での面形状が前記面対称自由曲面にて構成されていることを特徴とする上記〔１〕から〔３２〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２２６】
〔３４〕　前記第１面での反射作用は、少なくとも軸上主光線に関して全反射するように、前記プリズム部材が構成されかつ前記画像表示素子が配置されていることを特徴とする上記〔３３〕記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２２７】
〔３５〕　前記第１面と前記第２面は共に観察者眼球位置側に凹面を向けて形成されていることを特徴とする上記〔３２〕、〔３３〕又は〔３４〕記載の頭部装着型画像表示装置。

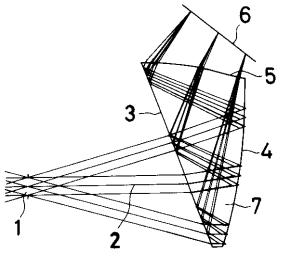
【０２２８】
〔３６〕　前記第１面が回転対称球面形状を有することを特徴とする上記〔３２〕記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２２９】
〔３７〕　前記第１面が平面形状を有することを特徴とする上記〔３２〕記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２３０】
〔３８〕　前記第２面が前記観察者眼球位置に凹面を向けた形状を有することを特徴とする上記〔３６〕又は〔３７〕記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２３１】
〔３９〕　前記プリズム部材が、前記画像表示素子に対向配置された第３面と、第３面を入射した軸上主光線を観察者眼球位置に近づく方向に反射する第４面と、第４面で反射された軸上主光線を観察眼球位置から離れた方向に反射させる第１面と、第１面で反射された軸上主光線を観察者眼球位置に近づく方向に反射させる第２面とからなることを特徴とする上記〔３２〕から〔３８〕の何れか１項記載の頭部装着型画像表示装置。
【０２３２】
【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、広い画角においても明瞭で、歪みの少ない観察像を与える頭部装着型画像表示装置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の接眼光学系を用いた頭部装着型画像表示装置の単眼用の光学系の断面図である。
【図２】本発明の実施例２の接眼光学系を用いた頭部装着型画像表示装置の単眼用の光学系の断面図である。
【図３】本発明の実施例３の接眼光学系を用いた頭部装着型画像表示装置の単眼用の光学系の断面図である。
【図４】本発明の実施例４の接眼光学系を用いた頭部装着型画像表示装置の単眼用の光学系の断面図である。
【図５】本発明の実施例１の接眼光学系の横収差図の一部である。
【図６】本発明の実施例１の接眼光学系の横収差図の残りの一部である。
【図７】本発明の実施例１の接眼光学系の横収差図の残りの部分である。
【図８】本発明が適用できる接眼光学系の１例を示す断面図である。
【図９】本発明が適用できる接眼光学系の別の例を示す断面図である。
【図１０】本発明が適用できる接眼光学系の別の例を示す断面図である。
【図１１】本発明が適用できる接眼光学系の別の例を示す断面図である。
【図１２】本発明が適用できる接眼光学系の別の例を示す断面図である。
【図１３】本発明が適用できる接眼光学系の別の例を示す断面図である。
【図１４】本発明が適用できる接眼光学系の別の例を示す断面図である。
【図１５】本発明が適用できる接眼光学系の別の例を示す断面図である。
【図１６】本発明による頭部装着型画像表示装置の１例の全体の構成を示す図である。
【図１７】従来の１つの頭部装着型画像表示装置の光学系を示す図である。
【図１８】従来の別の頭部装着型画像表示装置の光学系を示す図である。
【図１９】従来のさらに別の頭部装着型画像表示装置の光学系を示す図である。
【図２０】従来のもう１つの頭部装着型画像表示装置の光学系を示す図である。
【図２１】従来のさらにもう１つ頭部装着型画像表示装置の光学系を示す図である。
【符号の説明】
１…射出瞳位置（観察者瞳位置）
２…観察者視軸（軸上主光線）
３…接眼光学系の第１面
４…接眼光学系の第２面

５…接眼光学系の第３面
６…画像表示素子
７…接眼光学系
９…接眼光学系の第４面
５０…表示装置本体
５１…側頭フレーム
５２…頭頂フレーム
５３…板バネ
５４…リアフレーム
５５…頭頂パッド
５６…スピーカ
５７…映像音声伝達コード
５８…再生装置
５９…スイッチ、ボリューム等の調節部

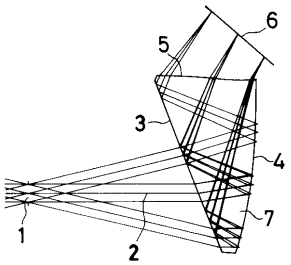
【図１】



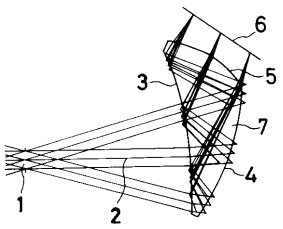
【図２】



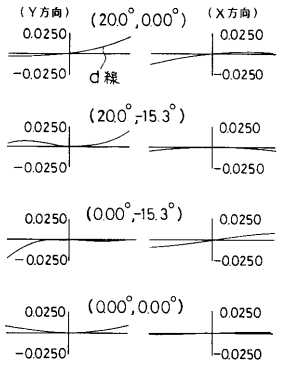
【図３】



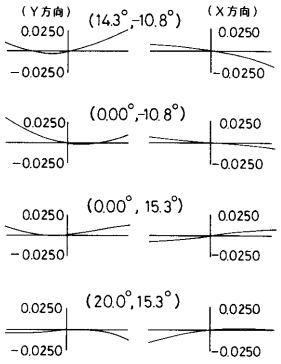
【図４】



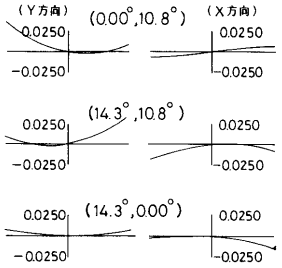
【図５】



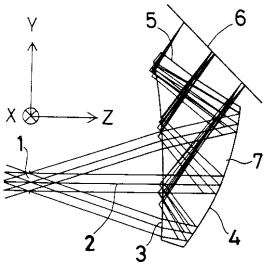
【図６】



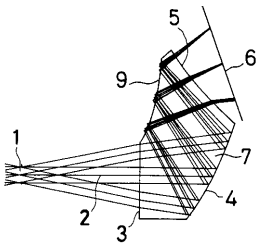
【図７】



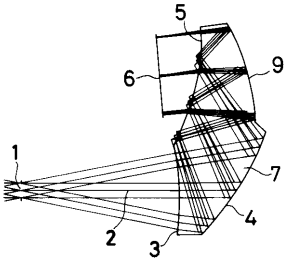
【図８】



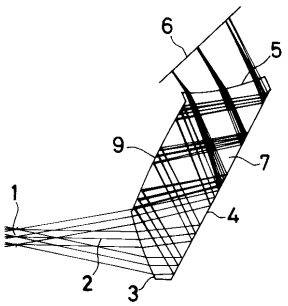
【図９】



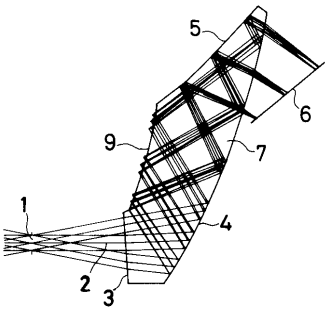
【図１０】



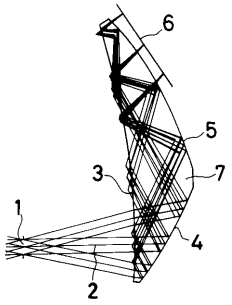
【図１１】



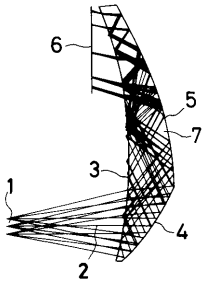
【図１２】



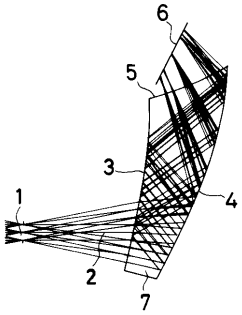
【図１３】



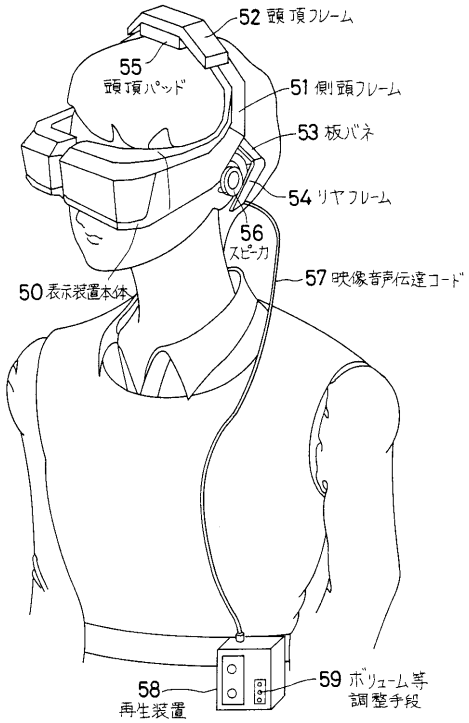
【図１４】



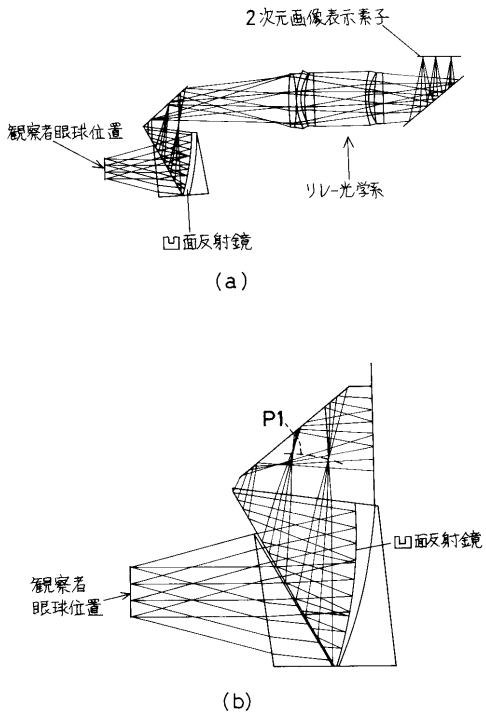
【図１５】



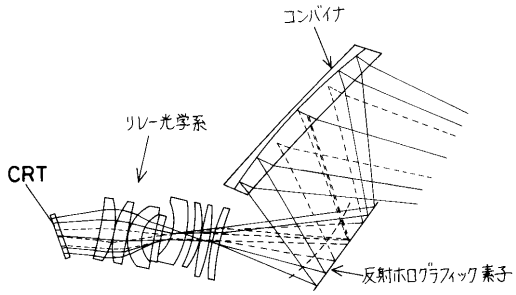
【図１６】



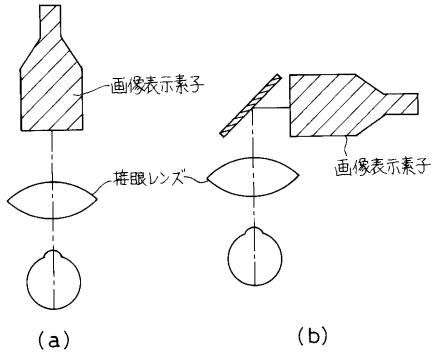
【図１７】



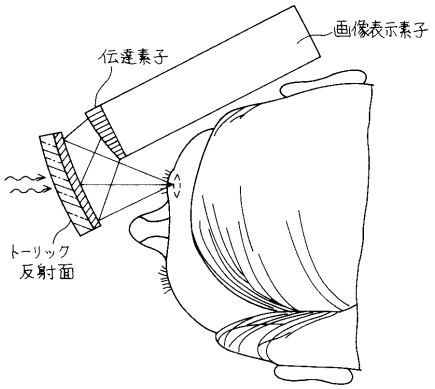
【図１８】



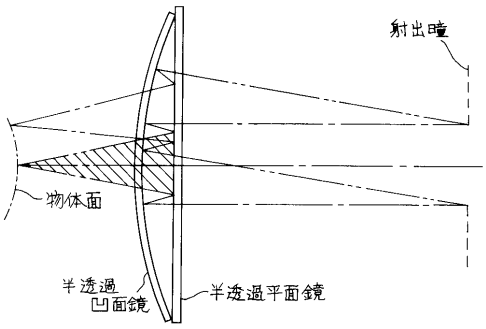
【図１９】



【図２０】



【図２１】



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

審査官　東　治企

(56)参考文献　特開平０８－２３４１３７（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－３３３５５１（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－３３３５４８（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０７６０３４（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０５０２５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１９１２７４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G02B 27/02
H04N　5/64
G02B 13/00
G02B 25/00