【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第６部門第２区分
【発行日】平成24年7月5日(2012.7.5)

【公開番号】特開2010-266787(P2010-266787A)
【公開日】平成22年11月25日(2010.11.25)
【年通号数】公開・登録公報2010-047
【出願番号】特願2009-119593(P2009-119593)
【国際特許分類】
Ｇ０２Ｂ　27/02　　(2006.01)
Ｈ０４Ｎ　 5/64　　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｇ０２Ｂ　27/02　　Ｚ
Ｈ０４Ｎ　 5/64　５１１Ａ

【手続補正書】
【提出日】平成24年5月18日(2012.5.18)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１の原画を表示する第１の表示素子と、
第２の原画を表示する第２の表示素子と、
前記第１の表示素子からの第１の光束と前記第２の表示素子からの第２の光束とにより前記第１及び第２の原画の合成拡大像を提示する光学系とを有し、
前記光学系は、反射面を有し、
前記光学系において前記第１及び第２の光束の光路が前記反射面での反射によって折れ曲がる断面を偏心断面とするとき、
前記第１の原画と前記第２の原画は、前記偏心断面において互いに異なる画角に対応する原画であり、
前記第１の光束と前記第２の光束とにおいて前記合成拡大像における同じ像点に導かれる光束が、前記光学系の射出瞳面において重なり合い、
前記同じ像点に導かれる光束が、前記光学系の射出瞳の５５％以上９５％以下の重なり率で重なり合っていることを特徴とする画像表示装置。
【請求項２】
前記反射面は、偏心反射曲面であり、
前記偏心反射曲面のローカル母線断面が、前記偏心断面に一致していることを特徴とする請求項１に記載の画像表示装置。
【請求項３】
前記第１の表示素子と前記第２の表示素子は、互いに離れたマトリクス状に配列された複数の画素によってそれぞれ原画を表示し、
前記第１の表示素子と前記第２の表示素子は、それぞれ他の表示素子と同一の原画部分を表示する画素を含まないことを特徴とする請求項１又は２に記載の画像表示装置。
【請求項４】
前記合成拡大像には、前記第１の原画と前記第２の原画とのオーバーラップ領域が含まれ、前記オーバーラップ領域は画角１０度に対応する大きさを有することを特徴とする請求項１又は２に記載の画像表示装置。

【請求項５】
前記同じ像点に導かれる光束が、前記光学系の射出瞳の７２％以上９５％以下の重なり率で重なり合っていることを特徴とする請求項３に記載の画像表示装置。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【発明の名称】画像表示装置
【技術分野】
【０００１】
本発明は、複数の表示素子からの光を合成して１つの合成拡大像を提示する画像表示装置に関し、特にヘッドマウントディスプレイ（ＨＭＤ）として好適な画像表示装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
ＨＭＤ等の画像表示装置に用いられる観察光学系としては、自然な観察を可能とし、かつ臨場感を増すために、広画角での画像提示が望まれている。また、観察者の頭部に装着される画像表示装置は、小型で薄型であることが望ましい。
【０００３】
小型かつ薄型であり、広画角の画像提示が可能な画像表示装置には、表示素子を複数用い、それらに互いに異なる視野に対応する原画を表示させ、それらの原画から１つの合成像を形成してこれを観察させるものがある。複数の表示素子を用いることで、それぞれの表示素子に対応する光学系の大きさを小型かつ薄型にすることができるので、広画角でありながらも全体として小型で薄型の画像表示装置を実現できる。このような画像表示装置の例としては、特許文献１～５にて開示されたものがある。
【０００４】
特許文献１～４にて開示された画像表示装置では、合成された観察画像の境界部分を導く光束に重なりを持たせることができない光学系を用いている。このため、観察者の眼球が回転して光学系の射出瞳と観察者の瞳（つまりは画像表示装置の視軸と観察者の視軸）とにずれが生じた場合に、一部の画像からの光束が観察者の瞳に導かれず、画像が欠けた状態で観察される。
【０００５】
図２２（ａ）には、Ｖ字型のミラー２０３と接眼レンズ２０４により光学系が構成される従来の画像表示装置において、観察者の眼球７が回転したときの状態を示す。眼球７が図中の上側に回転したとき、表示素子２０２からは図中の下側の浅い画角を形成する光束は眼球７（瞳）に導かれるが、表示素子２０１からの光束は導かれない。このため、下側の浅い画角を形成する光束しか眼球７（瞳）に導かれなくなってしまう。
【０００６】
特許文献２には、このような問題を解決するために、図２２（ｂ）に示すように、表示素子の表示領域を合成画像の分割方向に大きくして、表示素子２０５と表示素子２０６上に同じ原画を表示するオーバーラップ領域を設ける方法が開示されている。このようにオーバーラップ領域を設けることで、図２２（ａ）の画像表示装置においては眼球（瞳）に導かれなかった光束が、表示素子２０５から導かれる。
【０００７】
ただし、すべての原画からの光束が眼球（瞳）に導かれるようにするためには、オーバーラップ領域を大きくする必要がある。例えば、水平画角を５０度とし、垂直画角を４０度とし、光学系の射出瞳径を１２ｍｍとし、アイレリーフ（射出瞳から光学系までの距離）を２０ｍｍとして、特許文献２の方法で画角を水平方向に分割する場合を考える。この

場合にすべての原画からの光束が眼球（瞳）に導かれるようにするためには、１つの表示素子において、水平画角５０度の半分の２５度とオーバーラップ領域の画角１３．５度との合計である３８．５度の画角の原画を表示する必要がある。

【０００８】

つまり、水平画角５０度に対してオーバーラップ領域の画角が２７度となり、半分以上の画角がオーバーラップ領域となる。このように、オーバーラップ領域が大きくなると、各表示素子における画像情報の提示効率が悪く、広画角の画像表示装置を実現することが困難となる。

【０００９】

また、特許文献５の装置では、第１の接眼光学系の凹面鏡を全面ハーフミラーとし、特許文献１，２等にて開示されたような２枚のミラーの接合面（稜線部）によって画面中央付近の像が暗くなったり切れたりする現象を解消している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１０】

【特許文献１】特開平０７－２７４０９７号公報
【特許文献２】特許第３５２４５６９号公報
【特許文献３】特開平１１－３２６８２０号公報
【特許文献４】特開平１０－２４６８６５号公報
【特許文献５】特開平０９－１６６７５９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

しかしながら、特許文献５には、観察者の視軸と画像表示装置の視軸とが一致しない場合に生じる拡大像の繋ぎ目での画像欠けを、２つの原画に、互いに同じ画像部分を表示するオーバーラップ領域を設けることで回避している。すなわち、２つの原画においてオーバーラップ領域がない場合については言及されていない。

【００１２】

また、特許文献５にて開示された装置では、観察者から遠い側プリズムからのすべての光が観察者に近い側のプリズムを透過している。このため、観察者に近い側のプリズムが大きくなり、この結果、光学系全体が大型化し、小型かつ薄型であることが望ましいＨＭＤには適していない。

【００１３】

より詳細に述べると、以下の２つの方向に大型化する構成である。水平方向においては、一方の表示素子から射出して観察者から遠い側のプリズムを通った光のすべてが観察者に近い側のプリズムを通っている。このため、他方の表示素子からの光束有効部に対して観察者に近い側のプリズムが水平方向に大きくなっている。また、垂直方向においても同様に光を導いているため、観察者から遠い側のプリズムと観察者に近い側のプリズムとが垂直方向にてほぼ重なるように配置されており、この結果、厚み方向に大型化している。

【００１４】

本発明は、複数の表示素子からの光束により形成される１つの合成拡大像を提示する画像表示装置であって、広画角でありながらも、小型かつ薄型であり、観察者の眼球が回転した場合でも画像欠けの発生を抑えることができる画像表示装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【００１５】

本発明の一側面としての画像表示装置は、第１の原画を表示する第１の表示素子と、第２の原画を表示する第２の表示素子と、第１の表示素子からの第１の光束と第２の表示素子からの第２の光束とにより第１及び第２の原画の合成拡大像を提示する光学系とを有する。光学系は、反射面を有する。光学系において第１及び第２の光束の光路が反射面での反射により折れ曲がる断面を偏心断面とするとき、第１の原画と第２の原画は、偏心断面

において互いに異なる画角に対応する原画である。そして、第１の光束と第２の光束とにおいて合成拡大像における同じ像点に導かれる光束が、光学系の射出瞳面において重なり合い、該同じ像点に導かれる光束が、光学系の射出瞳の５５％以上９５％以下の重なり率で重なり合っていることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１６】

本発明によれば、広画角でありながらも、小型かつ薄型であり、観察者の眼球が回転した場合でも画像欠けが生じにくい画像表示装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】本発明の実施例１を説明する概略図。

【図２】本発明の実施例２を説明する概略図。

【図３】実施例２における射出瞳面での光束の重なり合いに関する説明図。

【図４】実施例２に絞りを設けた構成に関する説明図。

【図５】実施例２における絞りの形状に関する説明図。

【図６】実施例２において従来の問題点を解消したことに関する説明図。

【図７】本発明の実施例３を説明する概略図。

【図８】実施例３における射出瞳面での光束の重なり合いに関する説明図。

【図９】実施例３に絞り、ストッパー及び遮光素子を設けた構成に関する説明図。

【図１０】実施例３における絞り及びストッパーの形状に関する説明図。

【図１１】本発明の実施例４を説明する概略図。

【図１２】実施例４における射出瞳面での光束の重なり合いに関する説明図。

【図１３】実施例４にストッパーを設けた構成に関する説明図。

【図１４】実施例４におけるストッパーの形状に関する説明図。

【図１５】本発明の実施例５を説明する概略図。

【図１６】実施例５における射出瞳面での光束の重なり合いに関する説明図。

【図１７】本発明の実施例６を説明する概略図。

【図１８】実施例６における射出瞳面での光束の重なり合いに関する説明図。

【図１９】本発明の実施例７を説明する概略図。

【図２０】実施例７における射出瞳面での光束の重なり合いに関する説明図。

【図２１】実施例７において従来の問題点を解消したことに関する説明図。

【図２２】従来の光学系における問題点に関する説明図。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【実施例１】

【００１９】

図１には、本発明の実施例１であるＨＭＤ（画像表示装置）を示している。本実施例のＨＭＤは、光学系の偏心断面方向（これについては後述する）である水平方向に分割された２つの画角に対して設けられた２つの表示素子から光束を、光学系の射出瞳に導く。

【００２０】

図１において、１０１は第１の表示素子、１０２は第２の表示素子である。表示素子としては、有機ＥＬ等の自発光表示素子や、透過型液晶パネルとバックライトとにより構成されるＬＣＤ等を用いることができる。このことは、後述する他の実施例でも同じである。

【００２１】

１０４は第１の光学素子、１０５は第２の光学素子である。本実施例では、第１の光学素子１０４としてハーフミラーが用いられ、第２の光学素子１０５としてミラーが用いられている。６は接眼レンズである。第１及び第２の光学素子１０４，１０５及び接眼レンズ６によって、光学系が構成される。また、７は観察者の眼球であり、光学系の射出瞳の

位置又はその近傍に配置されている。
【００２２】
「偏心断面」とは、第１及び第２の表示素子１０１，１０２からの光束（各表示素子（原画）の中心から射出して光学系の射出瞳の中心に至る中心画角主光線）の光路が、第１及び第２の光学素子１０４，１０５での反射により折れ曲がる断面である。図１に示す断面が、「偏心断面」に相当する。「偏心断面方向」とは、「偏心断面」を含む又はこれと平行な方向である。
【００２３】
なお、本実施例及び後述する他の実施例では、ＨＭＤについて説明するが、本発明はＨＭＤ以外の画像表示装置であって、光学系の射出瞳の位置又はその近傍に配置された観察者の眼球に画像を提示する画像表示装置に適用することができる。なお、光学系の射出瞳を含む面を、以下、射出瞳面という。
【００２４】
第１の表示素子１０１に表示された画像（第１の原画）１１１からの光束（第１の光束）１０８は、第１の光学素子１０４で反射され、接眼レンズ６により左側（図中の上側）の画角を形成する光束として眼球７に導かれる。第２の表示素子１０２に表示された画像（第２の原画）１１２からの光束（第２の光束）１０９は、第２の光学素子１０５で反射され、第１の光学素子１０４を透過して、接眼レンズ６により右側（図中の下側）の画角を形成する光束として眼球７に導かれる。左側の画角と右側の画角は互いに異なる画角である。
【００２５】
そして、光学系は、第１の光束１０８と第２の光束１０９とにより第１及び第２の原画の合成拡大像１１３を眼球７に提示する
【００２６】
このとき、第１及び第２の表示素子１０１，１０２から射出された第１の光束１０８と第２の光束１０９とにおいて、合成拡大像１１３における同じ像点に導かれる光束（同じ点の像を形成する光束）が射出瞳面ですべて重なり合っている。
【００２７】
本実施例では、射出瞳面で第１の光束１０８と第２の光束１０９とが重なり合う領域は射出瞳の１００％の領域である（つまりは各光束が射出瞳内で１００％の重なり率を有する）。そして、この状態ですべての画角を形成する光束が眼球７の瞳に導かれる。このため、第１の表示素子１０１と第２の表示素子１０２にそれぞれ表示される第１の原画１１１と第２の原画１１２には、互いに同一の原画部分を表示するオーバーラップ領域を設ける必要がない。すなわち、観察される合成拡大像１１３を図１に示すように第１の原画１１１と第２の原画１１２とをそれぞれの端で繋ぎ合わせたように形成する場合に、第１の原画１１１と第２の原画１１２にはそれぞれ図示のようにオーバーラップ領域を設けなくてよい。
【００２８】
そして、第１の原画１１１と第２の原画１１２とにオーバーラップ領域を設けなければ、各表示素子の表示領域を無駄なく（同一の原画部分を表示することなく）使用することができ、各表示素子における画像情報の提示効率が良くなる。
【００２９】
一般に、表示素子は複数の画素がマトリクス状に配列された構造を有するが、２つの表示素子に表示される２つの原画にオーバーラップ領域がない場合でも、表示素子の画素と画素の間から合成拡大像の同じ像点に導かれる光束が存在している。このことから、「第１の光束と第２の光束とにおいて、合成拡大像における同じ像点に導かれる光束が射出瞳面上で重なり合う」という表現における「同じ像点」とは、２つの原画にオーバーラップ領域がない場合には、合成拡大像の画素と画素との間の点も含む。このことは、後述する他の実施例においても同じである。
【００３０】

なお、本実施例では、２つの表示素子１０１，１０２からの光束を同程度の明るさで眼球７に導くために、第１の光学素子１０４は、これを透過した光束とここで反射した光束の強度が互いに等しくなるハーフミラーとしている。ただし、射出瞳面において第１及び第２光束１０８，１０９が重なり合う領域は他の領域に比べて明るさが２倍になるため、第１及び第２の光束１０８，１０９の双方が通過する光路上にＮＤフィルタ等の減光素子を配置するとよい。また、射出瞳面上で第１及び第２光束１０８，１０９が重なり合う領域に対応する原画の輝度を低下させてもよい。このことは、後述する実施例２，３でも同じである。

【００３１】

また、本実施例では、水平方向において画角を２分割する場合について説明したが、垂直方向に画角を２分割する場合でも本実施例と同様に構成することができる。

【実施例２】

【００３２】

図２には、本発明の実施例２であるＨＭＤ（画像表示装置）を示している。本実施例のＨＭＤは、光学系の偏心断面方向である水平方向に分割された２つの画角に対して設けられた２つの表示素子から光束を、光学系の射出瞳に導く。

【００３３】

図２において、１は第１の表示素子、２は第２の表示素子である。４は第１の光学素子、５は第２の光学素子である。本実施例では、第１の光学素子４としてハーフミラーが用いられ、第２の光学素子５としてミラーが用いられている。６は接眼レンズである。第１及び第２の光学素子４，５及び接眼レンズ６によって、光学系が構成される。また、７は観察者の眼球であり、光学系の射出瞳の位置又はその近傍に配置されている。図２に示す断面は、「偏心断面」に相当する。

【００３４】

第１の表示素子１に表示された画像（第１の原画）１１からの光束（第１の光束）８は、第１の光学素子４で反射され、接眼レンズ６により左側（図中の上側）の画角を形成する光束として眼球７に導かれる。第２の表示素子２に表示された画像（第２の原画）１２からの光束（第２の光束）９は、第２の光学素子５で反射され、第１の光学素子４を透過して、接眼レンズ６により右側（図中の下側）の画角を形成する光束として眼球７に導かれる。左側の画角と右側の画角は互いに異なる画角である。

【００３５】

そして、光学系は、第１の光束８と第２の光束９とにより第１及び第２の原画の合成拡大像１３を眼球７に提示する

【００３６】

このとき、第１の表示素子１と第２の表示素子２のそれぞれから射出された第１の光束８と第２の光束９とにおいて、合成拡大像１３における同じ像点に導かれる光束の射出瞳面での重なり合いは、図３に示すようになっている。

【００３７】

図３中のａは光学系の偏心断面における射出瞳の水平方向の幅であり、ｂは光学系の偏心断面において第１の光束８と第２の光束９が射出瞳面で重なり合っている領域の水平方向の幅である。射出瞳面では、図３に示すように、第１の光束８が射出瞳の左側の領域を形成し、第２の光束９が射出瞳の右側の領域を形成する。さらに、射出瞳の中心部では、第１の光束８と第２の光束９とが重なり合っている。

【００３８】

以下、光学系が、水平画角３５度を２分割する光学系であり、射出瞳径が１０ｍｍである場合について説明する。この光学系において、眼球７の回転半径を１２ｍｍとすると、左側の最大画角１７．５度の方向を観察するときの眼球７の瞳の中心は、画角０度の方向を観察するときの眼球７の瞳の中心から左側に３．６ｍｍだけ移動する。このとき、眼球７の瞳の中心に第２の光束９が導かれれば、第２の表示素子２に対応するすべての画角を形成する光線が眼球７の瞳のうち少なくとも半分の領域に入射する。このため、第１の表

示素子１に対応する画角と合わせて、すべての画角を形成する光束（光線）が眼球７の瞳に導かれる光学系を実現することができる。

【００３９】

したがって、第２の光束９の水平方向の幅は、射出瞳径１０ｍｍに対して、左側に３．６ｍｍ、右側に５ｍｍあればよい。同様に、第１の光束８の水平方向の幅は、射出瞳径１０ｍｍに対して、左側に５ｍｍ、右側に３．６ｍｍあればよい。

【００４０】

本実施例では、射出瞳面で第１の光束８と第２の光束９とが重なり合う領域は、射出瞳の７２％（ｂ／ａ＝７２％）の領域である（つまりは第１の光束８と第２の光束９が射出瞳に対して７２％の重なり率を有する）。そして、この状態ですべての画角を形成する光束が眼球７の瞳に導かれる。このため、第１の表示素子１と第２の表示素子２にそれぞれ表示される第１の原画１１と第２の原画１２にオーバーラップ領域を設ける必要がない。すなわち、観察される合成拡大像１３を図２に示すように第１の原画１１と第２の原画１２とをそれぞれの端で繋ぎ合わせたように形成する場合に、第１の原画１１と第２の原画１２にはそれぞれ図示のようにオーバーラップ領域を設けなくてよい。

【００４１】

そして、第１の原画１１と第２の原画１２とにオーバーラップ領域を設けなければ、各表示素子の表示領域を無駄なく使用することができ、各表示素子における画像情報の提示効率が良くなる。さらに、眼球７が回転したときに連続した合成拡大像を観察するために必要な同じ像点での光束の重なり率を小さくすることで、光学系を薄型化することができる。

【００４２】

第１及び第２の光束８，９の射出瞳面での重なり率を所定値に設定する方法としては、以下のようなものがある。図４に示すように、第１の表示素子１と第１の光学素子４との間に絞り（遮光手段）６２を配置し、第２の表示素子２と第２の光学素子５との間に絞り６３を配置する。

【００４３】

絞り６２を第１の表示素子１側から見たときの該絞り６２の形状を図５（ａ）に示す。また、絞り６３を第２の表示素子２側から見たときの該絞り６３の形状を図５（ｂ）に示す。絞り６２では、第１の光束８が通過する領域を制限するために、射出瞳の形状に対して右側の光通過領域（図中の白抜き領域）が小さくなっている。また、絞り６３では、第２の光束９が通過する領域を制限するために、射出瞳の形状に対して左側の光通過領域が小さくなっている。

【００４４】

この方法では、絞り６２の位置を第１の光束８の進行方向及びこれとは反対方向に可変とし、絞り６３の位置を第２の光束９の進行方向及びこれとは反対方向に可変とすれば、第１及び第２の光束８，９の射出瞳面での重なり率も可変とすることができる。

【００４５】

また、第１及び第２の光束８，９の射出瞳面での重なり率を所定値に設定する別の方法として、第１の光学素子４の有効領域と第２の光学素子５の有効領域を制限する方法もある。この方法では、第１の光学素子４と接眼レンズ６との間の光軸方向間隔、及び第２の光学素子５と接眼レンズ６との間の光軸方向間隔をそれぞれ変えることで、第１及び第２の光束８，９の射出瞳面での重なり率も可変とすることができる。

【００４６】

さらに、上記２つの方法を組み合わせて第１の光束８と第２の光束９の射出瞳面での重なり率を所定値に設定することも可能である。第１の光束８と第２の光束９の射出瞳面での重なり率が可変であるとき、光学系の製造誤差や表示素子と光学系との間の位置ずれによる射出瞳面での光束の重なり率のずれを補償することができる。このため、光学系を高い精度で製作したり組み立てたりしなくても、所定値の重なり率を得ることができる。

【００４７】

本実施例において、図２２で説明した場合と同様に、眼球７が図中の上側に回転したときの下側の浅い画角を形成する光束を図６に示す。本実施例の光学系では、眼球７が上側に回転したときに下側の浅い画角を形成する光束のうち、図２２（ａ）に示す光学系では眼球７に導かれなかった光束７４が第２の表示素子２から導かれる。このため、図２２（ａ）に示した光学系のように、光束の一部が眼球７（瞳）に導かれないという問題が生じにくい。また、図２２（ｂ）に示したように、表示素子における表示領域を大きくして原画のオーバーラップ領域を設ける必要もない。

【００４８】

このように本実施例では、従来の光学系における一部の画角を形成する光束が眼球（瞳）に導かれないという問題を解消することができる。

【００４９】

本実施例では、眼球７の瞳（直径を４ｍｍと想定する）のうち少なくとも半分の領域に光束が入射すべきことを条件として、光学系の射出瞳面での第１及び第２の光束８，９の重なり率を算出した。しかし、眼球の瞳のうち光束が入射すべき領域を少なくとも７５％とする条件を採用してもよい。瞳における光束が入射すべき領域を大きく設定することで、より明るい合成拡大像の観察が可能となり、眼球の位置が光学系に対してずれた場合でもそのずれを補償することができる。

【００５０】

この場合には、眼球の瞳の半径を２ｍｍとすると、左側の最大画角１７．５度の方向を観察するときの瞳の７５％の位置は、画角０度の方向を観察するときの瞳の中心から左側に４．６ｍｍの位置となる。このため、第１及び第２の光束の重なり率を射出瞳の９２％とすればよい。

【００５１】

なお、本実施例では、水平方向において画角を２分割する場合について説明したが、垂直方向に画角を２分割する場合でも本実施例と同様に構成することができる。

【実施例３】

【００５２】

図７には、本発明の実施例３であるＨＭＤ（画像表示装置）を示している。本実施例のＨＭＤは、光学系の偏心断面方向である水平方向に分割された３つの画角に対して設けられた３つの表示素子から光束を、光学系の射出瞳に導く。

【００５３】

図７において、１４は第１の表示素子、１５は第２の表示素子、１６は第３の表示素子である。なお、第２の表示素子１５と第３の表示素子１６は、「第１の表示素子」と「第２の表示素子」と言い換えることができる。１７はハーフミラーにより構成される光学素子であり、１８は接眼レンズである。光学素子１７及び接眼レンズ１８によって、光学系が構成される。また、７は観察者の眼球であり、光学系の射出瞳の位置又はその近傍に配置されている。図７に示す断面は、「偏心断面」に相当する。

【００５４】

第１の表示素子１４に表示された画像（第１の原画）２３からの光束（第１の光束）１９は、光学素子１７で反射され、接眼レンズ１８により左側（図中の上側）の画角を形成する光束として眼球７に導かれる。第２の表示素子１５に表示された画像（第２の原画）２４からの光束（第２の光束）２０，２１は、光学素子１７を透過して、接眼レンズ１８により中央の画角を形成する光束として眼球７に導かれる。なお、本実施例では、第２の光束２０，２１のうち光束２０は、後述するように、射出瞳面において第１の光束１９と重なり合う光束を示し、光束２１は射出瞳面において第３の光束２２と重なり合う光束を示す。

【００５５】

第３の表示素子１６に表示された画像（第３の原画）２５からの光束（第３の光束）２２は、光学素子１７で反射され、接眼レンズ１８により右側（図中の下側）の画角を形成する光束として眼球７に導かれる。左側の画角と中央の画角と右側の画角は互いに異なる

画角である。
【００５６】
そして、光学系は、第１の光束１９と第２の光束２０，２１と第３の光束２２により第１、第２及び第３の原画の合成拡大像２６を眼球７に提示する。なお、第２の光束２０，２１と第３の光束２２は、「第１の光束」と「第２の光束」と言い換えることができる。また、第２の原画２４と第３の原画２５は、「第１の原画」と「第２の原画」と言い換えることができる。
【００５７】
第２の表示素子１５からの第２の光束２０，２１を透過させる光学素子１７には、平面部２７が設けられている。この平面部２７は、第２の表示素子１５からのすべての光束が光学素子１７を透過して、かつ光線ごとの光路差をなくするために設けられている。
【００５８】
第１及び第２の表示素子１４，１５から射出された第１の光束１９と第２の光束２０とにおいて、合成拡大像２６における同じ像点に導かれる光束の射出瞳面での重なり合いは、図８（ａ）に示すようになっている。射出瞳面では、図に示すように、第１の光束１９が射出瞳の左側の領域を形成し、第２の光束２０が射出瞳の右側の領域を形成している。また、射出瞳の中心部では、第１の光束１９と第２の光束２０が重なり合っている。
【００５９】
また、第２及び第３の表示素子１５，１６から射出された第２の光束２１と第３の光束２２とにおいて、合成拡大像２６における同じ像点に導かれる光束の射出瞳面での重なり合いは、図８（ｂ）に示すようになっている。射出瞳面では、図に示すように、第２の光束２１が射出瞳の左側の領域を形成し、第３の光束２２が射出瞳の右側の領域を形成している。また、射出瞳の中心部では、第２の光束２１と第３の光束２２が重なり合っている。
【００６０】
以下、光学系が、水平画角６０度を３分割する光学系である場合について説明する。この場合、第１の表示素子１４は、左側３０度から左側１０度までの２０度の画角に対応する第１の原画２３を表示し、第２の表示素子１５は、左側１０度から右側１０度までの２０度の画角に対応する第２の原画２４を表示する。また、第３の表示素子１６は、右側１０度から右側３０度までの２０度の画角に対応する第３の原画２５を表示する。本実施例では、各原画に対応する拡大像の境界部分の繋ぎ目が合成拡大像２６の中心にないため、観察者が通常観察する画面中心部を見るときに、該境界部分が目立ちにくい。
【００６１】
この光学系において、射出瞳径を１５ｍｍとし、眼球７の回転半径を１２ｍｍとすると、左側の最大画角３０度の方向を観察したときの眼球７の瞳の中心は、画角０度の方向を観察したときの瞳の中心から左に６ｍｍだけ移動する。このとき、眼球７の瞳の中心に第２及び第３の光束２０，２２が導かれれば、第２及び第３の表示素子１５，１６に対応するすべての画角を形成する光線が、眼球７の瞳のうち少なくとも半分の領域に入射する。このため、第１の表示素子１４に対応する画角と合わせて、すべての画角を形成する光束（光線）が眼球７の瞳に導かれる光学系を実現することができる。
【００６２】
したがって、第２及び第３の光束２０，２２の水平方向の幅は、射出瞳径１５ｍｍに対して、左側に６ｍｍ、右側に７．５ｍｍあればよい。同様に、第１及び第２の光束１９，２１の水平方向の幅は、射出瞳径１５ｍｍに対して、左側に７．５ｍｍ、右側に６ｍｍあればよい。
【００６３】
本実施例では、射出瞳面で第１の光束１９と第２の光束２０とが重なり合う領域は、射出瞳の８０％の領域である（つまりは各光束が射出瞳内で８０％の重なり率を有する）。そして、この状態ですべての画角を形成する光束が眼球７の瞳に導かれる。このため、第１の表示素子１４と第２の表示素子１５にそれぞれ表示される第１の原画２３と第２の原

画２４にオーバーラップ領域を設ける必要がない。また、射出瞳面で第２の光束２１と第３の光束２２とが重なり合う領域も射出瞳の８０％の領域であり、第２の表示素子１５と第３の表示素子１６にそれぞれ表示される第２の原画２４と第３の原画２５にオーバーラップ領域を設ける必要がない。すなわち、観察される合成拡大像２６を図７に示すように第１、第２及び第３の原画２３，２４，２５をそれぞれの端で繋ぎ合わせたように形成する場合に、第１、第２及び第３の原画２３，２４，２５にはそれぞれ図示のようにオーバーラップ領域を設けなくてよい。

【００６４】

本実施例でも、実施例１，２と同様に、各原画にオーバーラップ領域を設けないため、各表示素子の表示領域を無駄なく使用することができ、各表示素子における画像情報の提示効率が良くなる。

【００６５】

さらに、眼球７が回転したときに連続した合成拡大像を観察するために必要な同じ像点に導かれる光束の重なり率を小さくすることで、光学系を薄型化することができる。

【００６６】

本実施例では、眼球７の瞳のうち少なくとも半分の領域に光束が入射すべきことを条件として、光学系の射出瞳面での第１及び第２の光束１９，２０の重なり率、及び第２及び第３の光束２１，２２の重なり率を算出した。しかし、眼球の瞳のうち光束が入射すべき領域を少なくとも７５％とする条件を採用してもよい。瞳における光束が入射すべき領域を大きく設定することで、より明るい合成拡大像の観察が可能となり、眼球の位置が光学系に対してずれた場合でもそのずれを補償することができる。

【００６７】

この場合には、眼球７の瞳の半径を２ｍｍとすると、左側の最大画角３０度の方向を観察するときの瞳の７５％の位置は、画角０度の方向を観察するときの瞳の中心から左側に６．９ｍｍの位置となる。このため、第１及び第２の光束の重なり率を射出瞳の約９２％とすればよい。第２及び第３の光束の重なり率についても同様である。

【００６８】

第１の光束１９と第２の光束２０の射出瞳面での重なり率及び第２の光束２１と第３の光束２２の射出瞳面での重なり率を所定値に設定する方法としては、以下のようなものがある。図９に示すように、第１の表示素子１４と光学素子１７との間に絞り（遮光手段）６４を配置し、第２の表示素子１５と光学素子１７との間にストッパー（遮光手段）６５とストッパー６６を配置する。さらに、第３の表示素子１６と光学素子１７との間に絞り６７を配置する。

【００６９】

絞り６４を第１の表示素子１４側から見たときの該絞り６４の形状を図１０（ａ）に示す。また、ストッパー６５，６６を第２の表示素子１５側から見たときの該ストッパー６５，６６の形状をそれぞれ、図１０（ｂ）及び図１０（ｃ）に示す。さらに、絞り６７を第３の表示素子１６側から見たときの該絞り６７の形状を図１０（ｄ）に示す。絞り６４では、第１の光束１９が通過する領域を制限するために、射出瞳の形状に対して右側の光通過領域（図中の白抜き領域）が小さくなっている。また、絞り６７では、第３の光束２２が通過する領域を制限するために、射出瞳の形状に対して左側の光通過領域が小さくなっている。

【００７０】

さらに、ストッパー６５では、第２の光束２０が通過する領域の右側を制限し、ストッパー６６では、第２の光束２１が通過する領域の左側を制限する。

【００７１】

この方法では、絞り６４の位置及びストッパー６５の位置をそれぞれ、第１の光束１９と第２の光束２０の進行方向及びこれとは反対方向に可変とすることで、第１の光束１９と第２の光束２０の射出瞳面での重なり率を可変とすることができる。また、ストッパー６６の位置及び絞り６７の位置をそれぞれ、第２の光束２１と第３の光束２２の進行方向

及びこれとは反対方向に可変とすることで、第２の光束２１と第３の光束２２の射出瞳面での重なり率を可変とすることができる。

【００７２】

その他に、第１の光束１９と第２の光束２０の重なり率及び第２の光束２１と第３の光束２２の重なり率を所定値とするために、光学素子１７のハーフミラー面の有効領域を制限してもよい。この場合には、光学素子１７と接眼レンズ１８の光軸方向間隔を変えることで、上記重なり率も可変とすることができる。さらに、上記２つの方法を組み合わせて上記重なり率を所定値にすることも可能である。重なり率を可変とすることで、実施例２で説明したのと同様の効果を得ることができる。

【００７３】

ところで、光学素子１７の全面をハーフミラーとした場合、第１の表示素子１４からの光束１９及び第３の表示素子１６からの光束２２のうち光学素子１７を透過する光束成分の影響について考える必要がある。光学素子１７を透過する第１の表示素子１４からの光束成分は、さらに光学素子１７を透過して第３の表示素子１６で反射し、ゴーストとなって観察者に観察される。光学素子１７を透過する第３の表示素子１６からの光束成分についても同様である。このため、光学素子１７において第１及び第３の表示素子１４，１６からの光束が透過しないようにすることが必要である。そこで、光学素子１７における眼球とは反対側の面のうち第２の表示素子１５からの光束が透過する領域以外の領域に、図９に示すような黒塗りされた遮光素子７２，７３を設けることが望ましい。

【００７４】

本実施例では、水平画角を３分割する光学系について説明したが、垂直画角を３分割する光学系であっても本実施例と同様に構成することができる。また、第２の表示素子１５と光学素子１７との間に反射面を設け、光路を折り畳むことで光学系をより薄型化することも可能である。この場合には、第２の表示素子１５は、図の紙面よりも手前側又は奥側に配置される。

【実施例４】

【００７５】

これ以降の実施例において用いられる、母線断面、子線断面、ローカル母線断面、及びローカル子線断面の定義について説明する。偏心系に対応していない従来系の定義では、各面頂点座標系でｚ軸を光軸とすると、ｙｚ断面が従来の母線断面（メリジオナル断面）、ｘｚ断面が子線断面（サジタル断面）となる。本実施例の光学系は偏心系であるので、偏心系に対応したローカル母線断面とローカル子線断面を新たに定義する。

【００７６】

中心画角主光線（原画の中心から光学系の射出瞳の中心に至る光線）の各面でのヒットポイントを含み、中心画角主光線の入射光と射出光を含む面をローカル母線断面とする。また、ヒットポイントを含み、ローカル母線断面に直交し、各面頂点座標系の子線断面（通常の子線断面）と平行な面をローカル子線断面とする。

【００７７】

図１１には、本発明の実施例４であるＨＭＤ（画像表示装置）を示している。本実施例のＨＭＤは、光学系の偏心断面方向である垂直方向に分割された２つの画角に対して設けられた２つの表示素子から光束を、光学系の射出瞳に導く。

【００７８】

本実施例における「偏心断面」は、光路（中心画角主光線）がハーフミラー面Ｓ３とミラー面Ｓ５’で反射して折れ曲がる断面であり、図１１の断面がこれに相当する。このことは、後述する実施例でも同じである。

【００７９】

また、本実施例のように、光学系の偏心断面と一致するローカル母線断面において画角を分割することで、光学系をさらに小型化及び薄型化することができる。

【００８０】

図１１に示すように、本実施例では、第１の光学素子３０と第２の光学素子３１のそれ

ぞれに複数の偏心反射曲面を設け、該複数の偏心反射曲面を用いて光路を折り畳むことによって、光学系を実施例１～３よりもさらに薄型化している。また、偏心反射曲面を用いることで、光学系のパワーを上げつつ面数を減少させることができ、光学系の小型化及び薄型化にさらに有効である。

【００８１】

本実施例及び後述する他の実施例では、本来、表示素子から射出して射出瞳に至る光束を射出瞳側から表示素子側に逆に辿ったときの順（すなわち、逆光線追跡での順）に符号を付している。

【００８２】

図１１において、第１及び第２の光学素子３０，３１はそれぞれ、屈折率が１より大きいガラスやプラスチック等の光学媒質で満たされた透明体であるプリズムにより構成されている。第１の光学素子３０は、Ｓ２（Ｓ４），Ｓ３，Ｓ５の３つの面を有する。第２の光学素子３１は、Ｓ４′（Ｓ６′），Ｓ５′，Ｓ７′の３つの面を有する。面Ｓ２と面Ｓ４は同一面であり、面Ｓ４′と面Ｓ６′は同一面である。面ＳＩ，面ＳＩ′は第１及び第２の表示素子１，２の表示面、Ｓ１は射出瞳である。

【００８３】

第１の表示素子１に表示された第１の原画３４からの第１の光束３２は、面Ｓ５から第１の光学素子３０に入射し、面Ｓ４及び面Ｓ３で反射した後、面Ｓ２から第１の光学素子３０を射出して眼球（射出瞳Ｓ１）に導かれる。第２の表示素子２に表示された第２の原画３５からの第２の光束３３は、面Ｓ７’から第２の光学素子３１に入射し、面Ｓ６′及び面Ｓ５′で反射した後、面Ｓ４′から第２の光学素子３１を射出する。そして、面Ｓ４′と面Ｓ３との間の空気層を通って面Ｓ３から第１の光学素子３０に入射し、面Ｓ２から第１の光学素子３０を射出して眼球（射出瞳Ｓ１）に導かれる。

【００８４】

第１の光学素子３０内における面Ｓ４での反射と第２の光学素子３１内における面Ｓ６′での反射は、プリズム内での内部全反射とすることが望ましい。このようにすることで、光量のロスを少なくし、明るい合成拡大像３６を提示することができる。

【００８５】

第１の表示素子１からの第１の光束３２と第２の表示素子２からの第２の光束３３とにおいて、合成拡大像における同じ像点に導かれる光束の射出瞳面での重なり合いは、図１２に示すようになっている。射出瞳面では、第１の光束３２が射出瞳の上側の領域を形成し、第２の光束３３が射出瞳の下側の領域を形成している。さらに、射出瞳の中心部では、第１の光束３２と第２の光束３３が重なり合っている。

【００８６】

以下、光学系が、垂直画角３８度を２分割する光学系であり、垂直方向での射出瞳の幅が９．６ｍｍである場合について説明する。この光学系において、眼球の回転半径を１２ｍｍとすると、上側の最大画角１９度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心は、画角０度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心から上側に３．９ｍｍだけ移動する。このとき、眼球の瞳の中心に第２の光束３３が導かれれば、第２の表示素子２に対応するすべての画角からの光束が瞳のうち少なくとも半分の領域に入射する。このため、第１の表示素子１に対応する画角と合わせて、すべての画角の光束が眼球の瞳に導かれる光学系を実現することができる。

【００８７】

したがって、第２の光束３３の垂直方向の幅は、射出瞳径９．６ｍｍに対して、上側に３．９ｍｍ、下側に４．８ｍｍあればよい。第１の光束３２の垂直方向の幅は、射出瞳９．６ｍｍに対して、上側に４．８ｍｍ、下側に３．９ｍｍあればよい。

【００８８】

本実施例では、偏心断面における射出瞳面での第１及び第２の光束３２，３３の重なり合う領域は、射出瞳の約８１％である（つまりは各光束が射出瞳内で約８１％の重なり率を有する）。そして、この状態ですべての画角を形成する光束が眼球の瞳に導かれる。こ

のため、第１の表示素子１と第２の表示素子２にそれぞれ表示される第１の原画３４と第２の原画３５にオーバーラップ領域を設ける必要がない。すなわち、観察される合成拡大像３６を図１１に示すように第１の原画３４と第２の原画３５とをそれぞれの端で繋ぎ合わせたように形成する場合に、第１の原画３４と第２の原画３５にはそれぞれ図示のようにオーバーラップ領域を設けなくてよい。

【００８９】

そして、第１の原画３４と第２の原画３５とにオーバーラップ領域を設けなければ、各表示素子の表示領域を無駄なく使用することができ、各表示素子における画像情報の提示効率が良くなる。

【００９０】

さらに、眼球が回転したときに連続した合成拡大像を観察するために必要な同じ像点に導かれる光束の重なり率を小さくすることで、光学系を薄型化することができる。

【００９１】

第１及び第２の光束３２，３３の射出瞳面での重なり率を所定値に設定する方法としては、以下のようなものがある。図１３に示すように、第１の表示素子１と第１の光学素子３０との間にストッパー（遮光手段）６８を配置し、第２の表示素子２と第２の光学素子５との間にストッパー６９を配置する。

【００９２】

ストッパー６８を第１の表示素子１側から見たときの該ストッパー６８の形状を図１４（ａ）に示す。また、ストッパー６９を第２の表示素子２側から見たときの該ストッパー６９の形状を図１４（ｂ）に示す。ストッパー６８は、第１の光束３２のうち下側の部分の通過を制限し、ストッパー６９は、第２の光束３３のうち上側の部分の通過を制限する。ストッパー６８の位置を第１の光束３２の進行方向及びこれとは反対方向に可変とし、ストッパー６９の位置を第２の光束３３の進行方向及びこれとは反対方向に可変とすれば、第１及び第２の光束３２，３３の射出瞳面での重なり率も可変とすることができる。

【００９３】

なお、ストッパー６９を、第１の光学素子３０と第２の光学素子３１との間に配置しても、同様の効果が得られる。

【００９４】

また、第１の光学素子３０の面Ｓ５と第２の光学素子３１の面Ｓ７′の有効領域を、黒塗り等の遮光手段で制限してもよい。

【００９５】

さらに、第２の光束３３については、射出瞳面での重なり率を所定値とするために、第２の光学素子３１の面Ｓ５′の有効領域を制限してもよい。そして、上記の方法を組み合わせて、第１及び第２の光束３２，３３の射出瞳面での重なり率を所定値に設定してもよい。重なり率を可変とすることで、実施例２，３で説明したのと同様の効果を得ることができる。

【００９６】

本実施例では、２つの表示素子１，２からの第１及び第２の光束３２，３３を等しい明るさで合成して射出瞳に導くために、第１の光学素子３０内の面Ｓ３をハーフミラー面としている。このとき、射出瞳面で第１及び第２の光束３２，３３が重なり合う領域は、他の領域に比べて明るさが２倍になるため、第１及び第２の光束３２，３３の双方が通過する光路上にＮＤフィルタ等の減光素子を配置するとよい。また、射出瞳面で第１及び第２光束３２，３３が重なり合う領域に対応する原画の輝度を低下させてもよい。

【００９７】

また、第１及び第２の光学素子３０，３１のすべての面を曲面で構成した場合には、該すべての面が集光、発散又は収差補正に寄与するので、光学系の不要な面を減らすことができる。

【００９８】

さらに好ましくは、第１及び第２の光学素子３０，３１を構成するすべての面を回転非

対称形状とするとよい。これにより、偏心収差補正の自由度が増し、良好な画質での合成拡大像を提示することができる。

【００９９】

このとき、各回転非対称面を、ローカル母線断面を唯一の対称面とするローカル子線断面方向に面対称な形状とすると、対称性のない場合に比較して、加工や製作を容易にすることができ、好ましい。

【０１００】

ストッパーを設けたり、光学素子の有効領域を制限したり、減光素子を設けたり、面を曲面や回転非対称面としたりすることについては、後述する他の実施例でも同じである。

【０１０１】

本実施例における面Ｓ２～Ｓ５と面Ｓ３′～Ｓ７′を、図１１の紙面（ｙｚ断面）を唯一の対称面とする回転非対称面とした場合の光学データを表１に示す。

【０１０２】

【表１】

SURF	X	Y	Z	A	Rx	Ry	TYP	Nd	vd
1	0	0	0	0					
2	0	-31.15	14.584	1.031	-0.0005	-0.0005	FFS1-1	1.5767	33.8
3	0	-21.14	7.437	-42.17	-74.9125	-104.4125	FFS2-2	-1.5767	33.8
4	0	-31.15	14.584	1.031	-0.0005	-0.0005	FFS1-1	1.5767	33.8
5	0	20.665	27.315	44.899	-14.879	-16.2165	FFS2-3	1	
I	0	24.188	26.754	43.595					
4'	0	-15.92	15.476	-28.38	-267.9589	-267.9589	FFS1-4	1.5767	33.8
5'	0	-0.547	27.672	13.901	-61.5436	-52.3869	FFS2-5	-1.5767	33.8
6'	0	-15.92	15.476	-28.38	-267.9589	-267.9589	FFS1-4	1.5767	33.8
7'	0	-15.67	29.329	-75.18	-21.7392	-56.7998	FFS2-6	1	
I'	0	-19.17	26.177	-68.76					

FFS1-1	c1	-1.77E+18	c5	1.20E-05	c6	3.32E-04	c10	2.99E-06
	c11	3.82E-06	c12	-4.37E-08	c13	-2.06E-08	c14	-4.28E-09
	c20	-1.21E-10	c21	-1.75E-10	c22	-5.24E-10	c23	1.15E-11
	c24	3.46E-12	c25	1.56E-12	c26	-2.33E-12		
FFS2-2	cx1	-1.04E+02	cy1	-7.49E+01	c5	-1.84E+00	c6	-5.24E-01
	c10	-4.48E-04	c11	-3.14E-04	c12	-4.91E-06	c13	-4.66E-06
	c14	8.53E-08	c20	1.29E-07	c21	2.06E-09	c22	-6.10E-12
	c23	1.43E-09	c24	1.88E-09	c25	-3.64E-11	c26	-2.70E-11
FFS2-3	cx1	-2.65E+00	cy1	-9.94E-01	c5	-7.34E-03	c6	-3.06E-03
	c10	1.91E-04	c11	4.56E-04	c12	4.57E-06	c13	1.88E-06
	c14	2.95E-06	c20	-2.48E-07	c21	-5.71E-07	c22	-1.03E-06
	c23	-1.51E-08	c24	9.72E-09	c25	9.19E-09	c26	7.22E-09
FFS1-4	c1	4.07E+01	c5	4.97E-04	c6	-7.44E-04	c10	-8.08E-06
	c11	2.02E-06	c12	1.21E-07	c13	-5.72E-08	c14	-5.25E-08
	c20	2.78E-10	c21	-3.25E-09	c22	6.84E-10	c23	1.30E-10
	c24	4.19E-11	c25	-3.24E-11	c26	8.40E-12		
FFS2-5	cx1	-8.50E-01	cy1	1.58E+00	c5	-1.58E-04	c6	-7.85E-04
	c10	-1.41E-05	c11	-6.26E-06	c12	6.79E-07	c13	1.51E-09
	c14	-2.84E-08	c20	-8.78E-09	c21	-2.26E-09	c22	2.12E-09
	c23	6.18E-10	c24	-3.03E-10	c25	-1.68E-10	c26	-1.53E-11
FFS2-6	cx1	2.82E-01	cy1	-2.28E+01	c5	-9.04E-03	c6	-1.60E-03
	c10	-1.13E-04	c11	-3.81E-04	c12	-1.62E-05	c13	-1.08E-05
	c14	-1.94E-06	c20	3.78E-07	c21	2.84E-07	c22	-2.22E-07
	c23	5.28E-08	c24	2.81E-08	c25	3.88E-08	c26	1.82E-08

【０１０３】

表１において、最も左の項目「ＳＵＲＦ」は面番号を示している。「Ｘ，Ｙ，Ｚ」と「Ａ」は、面Ｓ１の中心を原点（０，０，０）とし、図１１に示したようにｘ軸、ｙ軸及びｚ軸を設定した座標系における各面の頂点の位置（Ｘ，Ｙ，Ｚ）と、図中で反時計回り方

向を正方向とするｘ軸回りでの回転角度（Ａ：単位は度）を示す。

【０１０４】

Ｒｘは、ｘ軸方向での曲率半径であり、Ｒｙはｙ軸方向での曲率半径である。「ＴＹＰ」の項は面形状の種類を表し、「ＦＦＳ１」は以下の式（１）に、「ＦＦＳ２」は以下の式（２）にそれぞれ従う回転非対称面であることを示す。

【０１０５】

式（１）

FFS１：

$$z=(1/R)*(x^2+y^2)/(1+(1-(1+c1)*(1/R)^2*(x^2+y^2))^{(1/2)})+c2+c4*y+c5*(x^2-y^2)$$
$$+c6*(-1+2*x^2+2*y^2)+c10*(-2*y+3*x^2*y+3*y^3)+c11*(3*x^2*y-y^3)$$
$$+c12*(x^4-6*x^2*y^2+y^4)+c13*(-3*x^2+4*x^4+3*y^2-4*y^4)$$
$$+c14*(1-6*x^2+6*x^4-6*y^2+12*x^2*y^2+6*y^4)$$
$$+c20*(3*y-12*x^2*y+10*x^4*y-12*y^3+20*x^2*y^3+10*y^5)$$
$$+c21*(-12*x^2*y+15*x^4*y+4*y^3+10*x^2*y^3-5*y^5)$$
$$+c22*(5*x^4*y-10*x^2*y^3+y^5)+c23*(x^6-15*x^4*y^2+15*x^2*y^4-y^6)$$
$$+c24*(-5*x^4+6*x^6+30*x^2*y^2-30*x^4*y^2-5*y^4-30*x^2*y^4+6*y^6)$$
$$+c25*(6*x^2-20*x^4+15*x^6-6*y^2+15*x^4*y^2+20*y^4-15*x^2*y^4-15*y^6)$$
$$+c26*(-1+12*x^2-30*x^4+20*x^6+12*y^2-60*x^2*y^2+60*x^4*y^2-30*y^4+60*x^2*y^4+20*y^6)$$
$$+・・・・・・・$$

【０１０６】

式（２）

FFS２：

$$z=((1/Rx)*x^2+(1/Ry)*y^2)/(1+(1-(1+cx1)*(1/Rx)^2*x^2-(1+cy1)*(1/Ry)^2*y^2)^{(1/2)})$$
$$+c2+c4*y+c5*(x^2-y^2)+c6*(-1+2*x^2+2*y^2)+c10*(-2*y+3*x^2*y+3*y^3)+c11*(3*x^2*y-y^3)$$
$$+c12*(x^4-6*x^2*y^2+y^4)+c13*(-3*x^2+4*x^4+3*y^2-4*y^4)$$
$$+c14*(1-6*x^2+6*x^4-6*y^2+12*x^2*y^2+6*y^4)$$
$$+c20*(3*y-12*x^2*y+10*x^4*y-12*y^3+20*x^2*y^3+10*y^5)$$
$$+c21*(-12*x^2*y+15*x^4*y+4*y^3+10*x^2*y^3-5*y^5)$$
$$+c22*(5*x^4*y-10*x^2*y^3+y^5)+c23*(x^6-15*x^4*y^2+15*x^2*y^4-y^6)$$
$$+c24*(-5*x^4+6*x^6+30*x^2*y^2-30*x^4*y^2-5*y^4-30*x^2*y^4+6*y^6)$$
$$+c25*(6*x^2-20*x^4+15*x^6-6*y^2+15*x^4*y^2+20*y^4-15*x^2*y^4-15*y^6)$$
$$+c26*(-1+12*x^2-30*x^4+20*x^6+12*y^2-60*x^2*y^2+60*x^4*y^2-30*y^4+60*x^2*y^4+20*y^6)$$
$$+・・・・・・・$$

【０１０７】

「ＴＹＰ」の欄で「ＦＦＳ１」と「ＦＦＳ２」の横に記された数値は、その面の形状が同表の下側に記載された非球面係数ｃｉに対応する回転非対称形状であることを示している。Ｎｄ，νｄ（ただし、表ではｖｄと記す）はそれぞれ、その面以降の媒質のｄ線波長での屈折率とアッベ数を示している。屈折率Ｎの符号の変化は、その面で光が反射されることを示している。また、媒質が空気層の場合は、屈折率Ｎｄのみを１として表示している。「Ｅ－Ｍ」は、「×１０$^{-M}$」を意味する。

【０１０８】

本実施例において、射出瞳の形状は楕円形であり、垂直方向の短軸が９．６ｍｍ、水平方向の長軸が１２ｍｍである。原画の表示領域のサイズは、第１及び第２の表示素子１，２とも０．５７インチ（１２．８ｍｍ×６．６ｍｍ）程度である。本実施例の光学系は、水平画角５０度、垂直画角３８度で、合成拡大像をｚ軸上の正方向無限遠方に表示する表示光学系である。

【０１０９】

本実施例では、垂直方向の画角を２つの表示素子１，２で１９度ずつ表示している。水平画角については、分割していないため、５０度のままである。

【実施例５】

【０１１０】
図１５には、本発明の実施例５であるＨＭＤ（画像表示装置）を示している。本実施例のＨＭＤは、実施例４と同様に、光学系の偏心断面方向である垂直方向に分割された２つの画角に対して設けられた２つの表示素子から光束を、光学系の射出瞳に導く。ただし、本実施例では、２つの表示素子に、上側と下側とで異なる角度の画角を割り当てている。具体的には、第１の表示素子４４に上側の２９度の画角を割り当て、第２の表示素子４５に下側の９度の画角を割り当てている。
【０１１１】
３７，３８はそれぞれ第１の光学素子と第２の光学素子であり、いずれもプリズムとして形成されている。第１の光学素子３７は、Ｓ２（Ｓ４），Ｓ３，Ｓ５の３つの面を有する。第２の光学素子３８は、Ｓ４′（Ｓ６′），Ｓ５′，Ｓ７′の３つの面を有する。面Ｓ２と面Ｓ４は同一面であり、面Ｓ４′と面Ｓ６′は同一面である。面ＳＩ，面ＳＩ′は第１及び第２の表示素子４４，４５の表示面、Ｓ１は射出瞳である。図１５は、偏心断面を示す。また、本実施例での光路及び光学作用については、実施例４と同様である。
【０１１２】
第１の光学素子３７内における面Ｓ４での反射と、第２の光学素子３８内における面Ｓ６′での反射をプリズム内での内部全反射とすることで、光量のロスを少なくすることができる。
【０１１３】
第１の表示素子４４からの第１の光束３９と第２の表示素子４５からの第２の光束４０とにおいて、合成拡大像における同じ像点に導かれる光束の射出瞳面での重なり合いは、図１６に示すようになっている。射出瞳面では、第１の光束３９が射出瞳の上側の領域を形成し、第２の光束４０が射出瞳の下側の領域を形成している。さらに、射出瞳の中心部では、第１の光束３９と第２の光束４０が重なり合っている。
【０１１４】
前述したように、本実施例では、垂直画角３８度のうち上側の画角２９度を第１の表示素子４４に、下側の画角９度を第２の表示素子４５にそれぞれ割り当てている。垂直方向の射出瞳の大きさは９．６ｍｍである。
【０１１５】
この光学系において、眼球の回転半径を１２ｍｍとすると、上側の最大画角１９度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心は、画角０度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心から上側に３．９ｍｍだけ移動する。このとき、眼球の瞳の中心に第２の光束４０が導かれれば、第２の表示素子４５に対応するすべての画角からの光束が眼球の瞳のうち少なくとも半分の領域に入射する。このため、第１の表示素子４４に対応する画角と合わせて、すべての画角の光束が眼球の瞳に導かれる光学系を実現することができる。
【０１１６】
したがって、第２の光束４０の垂直方向の幅は、射出瞳径９．６ｍｍに対して、上側に３．９ｍｍ、下側に４．８ｍｍあればよい。同様に、第１の光束３９の垂直方向の幅は、射出瞳９．６ｍｍに対して、上側に４．８ｍｍ、下側に３．９ｍｍあればよい。
【０１１７】
本実施例では、偏心断面における射出瞳面での第１及び第２の光束３９，４０の重なり合う領域は、射出瞳の約８１％である（つまりは各光束が射出瞳内で約８１％の重なり率を有する）。そして、この状態ですべての画角を形成する光束が眼球の瞳に導かれる。このため、第１の表示素子４４と第２の表示素子４５にそれぞれ表示される第１の原画４１と第２の原画４２にオーバーラップ領域を設ける必要がない。すなわち、観察される合成拡大像４３を図１５のように第１の原画４１と第２の原画４２とをそれぞれの端で繋ぎ合わせたように形成する場合に、第１の原画４１と第２の原画４２にはそれぞれ図示のようにオーバーラップ領域を設けなくてよい。
【０１１８】
そして、第１の原画４１と第２の原画４２とにオーバーラップ領域を設けなければ、各

表示素子の表示領域を無駄なく使用することができ、各表示素子における画像情報の提示効率が良くなる。

【０１１９】

さらに、眼球が回転したときに連続した合成拡大像を観察するために必要な同じ像点に導かれる光束の重なり率を小さくすることで、光学系を薄型化することができる。

【０１２０】

本実施例のように、第１の表示素子４４と第２の表示素子４５とに割り当てる画角の大きさを異ならせることで、第１の光学素子３７は若干大型化するものの、第２の光学素子３８を小型化することができ、光学系の全体として薄型化することができる。また、このように分割された画角の大きさを任意に設定することで、各表示素子の大きさも異ならせることができ、使用する表示素子の選択の自由度が増す。さらに、実施例３と同様に、合成拡大像における各原画に対応する拡大像の境界部分が画面中心部にないため、観察者が画面中心部を見たときに該境界部分が目立ちにくい。

【０１２１】

本実施例における面Ｓ２～Ｓ５と面Ｓ４′～Ｓ７′を、球面（「ＴＹＰ」の欄で「ＳＰＨ」により示す）とした場合の光学データを表２に示す。

【０１２２】

【表２】

SURF	X	Y	Z	A	R	TYP	Nd	vd
1	0	0	0	0				
2	0	−15	20	6.2	−850	SPH	1.4922	57.5
3	0	−22	13.75	−42	−60	SPH	−1.4922	57.5
4	0	−15	20	6.2	−850	SPH	1.4922	57.5
5	0	15.5	27.5	60	−100	SPH	1	
I	0	20	26	55				
4′	0	−22	17.5	−25	−650	SPH	1.4922	57.5
5′	0	10	24.5	26	−60	SPH	−1.4922	57.5
6′	0	−22	17.5	−25	−650	SPH	1.4922	57.5
7′	0	−15	29.25	−70	−45	SPH	1	

【０１２３】

なお、本実施例では、各面の形状を球面としているが、実施例４と同様に各面を回転非対称面としてもよい。

【０１２４】

本実施例において、射出瞳の形状は楕円形であり、垂直方向の短軸が９．６ｍｍ、水平方向の長軸が１２ｍｍである。原画の表示領域のサイズは、第１の表示素子４４において０．８４インチ（１９ｍｍ×１９．８ｍｍ）程度であり、第２の表示素子４５において０．５９インチ（１４．７ｍｍ×２．７ｍｍ）程度である。本実施例の光学系は、水平画角５０度、垂直画角４０度で、合成拡大像をｚ軸上の正方向無限遠方に表示する表示光学系である。

【０１２５】

本実施例では、垂直方向の画角を２つの表示素子４４，４５で２９度と９度とに分割して表示している。水平画角については、分割していないため、５０度のままである。

【実施例６】

【０１２６】

図１７には、本発明の実施例６であるＨＭＤ（画像表示装置）を示している。本実施例のＨＭＤは、光学系の偏心断面方向である水平方向に分割された２つの画角に対して設けられた２つの表示素子から光束を、光学系の射出瞳に導く。

【０１２７】

４６，４７，４８は第１，第２及び第３の光学素子であり、いずれもプリズムにより形成されている。第１の光学素子４６は、Ｓ２（Ｓ４），Ｓ３，Ｓ５の３つの面を有する。第２の光学素子４７は、Ｓ４′（Ｓ６′），Ｓ５′，Ｓ７′の３つの面を有する。第３の

光学素子４８は、第１の光学素子４６と接合された面Ｓ３と、第１の光学素子４６の面Ｓ２に連続した面（Ｓ２）と、面Ｓ３′の３つの面を有する。面Ｓ２と面Ｓ４は同一面であり、面Ｓ４′と面Ｓ６′は同一面である。１，２は第１及び第２の表示素子であり、面ＳＩ，面ＳＩ′は該第１及び第２の表示素子１，２の表示面である。Ｓ１は射出瞳である。

【０１２８】

第１の表示素子１に表示された第１の原画５１からの第１の光束４９は、面Ｓ５から第１の光学素子４６に入射し、面Ｓ４と面Ｓ３とで反射した後、面Ｓ２から第１の光学素子４６を射出して眼球（射出瞳Ｓ１）に導かれる。第２の表示素子２に表示された第２の原画５２からの第２の光束５０は、面Ｓ７′から第２の光学素子４７に入射し、面Ｓ６′と面Ｓ５′とで反射した後、面Ｓ４′から第２の光学素子４７を射出する。そして、面Ｓ４′と面Ｓ３′との間の空気層を通って面Ｓ３′から第３の光学素子４８に入射する。第３の光学素子４８に入射した第２の光束５０のうち一部の光束は、面Ｓ３から第１の光学素子４６に入射し、面Ｓ２から第１の光学素子４６を射出して眼球（射出瞳Ｓ１）に導かれる。また、第３の光学素子４８に入射した第２の光束５０のうち他の光束は、第１の光学素子４６に入射せずに、面Ｓ２から第３の光学素子４８を射出して眼球（射出瞳Ｓ１）に導かれる。

【０１２９】

第１の光学素子４６内における面Ｓ４での反射と第２の光学素子４７内における面Ｓ６′での反射は、プリズム内での内部全反射とすることが望ましい。このようにすることで、光量のロスを少なくし、明るい合成拡大像５３を提示することができる。

【０１３０】

第１の表示素子１からの第１の光束４９と第２の表示素子２からの第２の光束５０とにおいて、合成拡大像における同じ像点に導かれる光束の射出瞳面での重なり合いは、図１８に示すようになっている。射出瞳面では、第１の光束４９が射出瞳の左側の領域を形成し、第２の光束５０が射出瞳の右側の領域を形成している。さらに、射出瞳の中心部では、第１の光束４９と第２の光束５０が重なり合っている。

【０１３１】

以下、光学系が、水平画角５０度を２分割する光学系であり、水平方向での射出瞳の幅が１２ｍｍである場合について説明する。この光学系において、眼球の回転半径を１２ｍｍとすると、左側の最大画角２５度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心は、画角０度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心から左側に５．１ｍｍだけ移動する。このとき、眼球の瞳の中心に第２の光束５０が導かれれば、第２の表示素子２に対応するすべての画角からの光束が瞳のうち少なくとも半分の領域に入射する。このため、第１の表示素子１に対応する画角と合わせて、すべての画角の光束が眼球の瞳に導かれる光学系を実現することができる。

【０１３２】

したがって、第２の光束５０の水平方向の幅は、射出瞳径１２ｍｍに対して、左側に５．１ｍｍ、右側に６ｍｍあればよい。第１の光束４９の水平方向の幅は、射出瞳１２ｍｍに対して、左側に６ｍｍ、右側に５．１ｍｍあればよい。

【０１３３】

本実施例では、偏心断面における射出瞳面での第１及び第２の光束４９，５０の重なり合う領域は、射出瞳の約８５％である（つまりは各光束が射出瞳内で約８５％の重なり率を有する）。そして、この状態ですべての画角を形成する光束が眼球の瞳に導かれる。このため、第１の表示素子１と第２の表示素子２にそれぞれ表示される第１の原画５１と第２の原画５２にオーバーラップ領域を設ける必要がない。すなわち、観察される合成拡大像５３を図１７のように第１の原画５１と第２の原画５２とをそれぞれの端で繋ぎ合わせたように形成する場合に、第１の原画５１と第２の原画５２にはそれぞれ図示のようにオーバーラップ領域を設けなくてよい。

【０１３４】

そして、第１の原画５１と第２の原画５２とにオーバーラップ領域を設けなければ、各

表示素子の表示領域を無駄なく使用することができ、各表示素子における画像情報の提示効率が良くなる。

【０１３５】

さらに、眼球が回転したときに連続した合成拡大像を観察するために必要な同じ像点に導かれる光束の重なり率を小さくすることで、光学系を薄型化することができる。

【０１３６】

本実施例では、２つの表示素子１，２からの第１及び第２の光束４９，５０を等しい明るさで合成して射出瞳に導くために、第１の光学素子４６内の面Ｓ３をハーフミラー面としているとともに、第３の光学素子４８内の面Ｓ２に５０％の透過率を持たせている。また、射出瞳面で第１及び第２の光束４９，５０が重なり合うことで他の領域よりも明るくなる領域に対しては、実施例４で説明したように、減光素子を配置したり原画の輝度を低下させたりすればよい。

【０１３７】

本実施例における面Ｓ２～Ｓ５と面Ｓ３′～Ｓ７′を、図１７の紙面（ｙｚ断面）を唯一の対称面とする回転非対称面とした場合の光学データを表３に示す。

【０１３８】

【表３】

SURF	X	Y	Z	A	Rx	Ry	TYP	Nd	vd
1	0	0	0	0					
2	0	-29.28	19.944	1.005	-797.8534	-797.8534	FFS1-1	1.5709	33.8
3	0	-20.73	6.808	-49.66	-54.4632	-67.6612	FFS2-2	-1.5709	33.8
4	0	-29.28	19.944	1.005	-797.8534	-797.8534	FFS1-1	1.5709	33.8
5	0	22.599	30.903	62.518	-19.8002	-25.6133	FFS2-3	1	
I	0	25.815	28.697	53.192					
3'	0	-37.21	9.799	-33.78	-79.0394	-66.936	FFS2-4	1	
4'	0	-17.82	20.448	-19.82	-461.4041	-461.4041	FFS1-5	1.5709	33.8
5'	0	5.658	28.708	23.08	-61.4011	-65.9939	FFS2-6	-1.5709	33.8
6'	0	-17.82	20.448	-19.82	-461.4041	-461.4041	FFS1-5	1.5709	33.8
7'	0	-22.97	29.551	-74.22	-27.8292	-55.5115	FFS2-7	1	
I'	0	-28.22	28.347	-57.27					

FFS1-1	c1	1.77E+02	c5	-3.77E-05	c6	-1.84E-04	c10	4.26E-08
	c11	-4.34E-06	c12	6.17E-08	c13	-2.91E-09	c14	-6.97E-09
	c20	-9.56E-11	c21	-1.31E-11	c22	7.44E-10	c23	-7.94E-12
	c24	-3.56E-13	c25	1.27E-12	c26	-1.25E-12		
FFS2-2	cx1	-6.77E+01	cy1	-5.45E+01	c5	-3.96E-01	c6	5.20E-02
	c10	-2.12E-04	c11	-2.67E-04	c12	-4.77E-06	c13	-3.48E-06
	c14	5.16E-08	c20	3.22E-08	c21	-2.68E-09	c22	-8.20E-11
	c23	4.11E-10	c24	8.14E-10	c25	-1.12E-11	c26	-6.70E-12
FFS2-3	cx1	-3.07E+00	cy1	-5.60E+00	c5	-2.81E-03	c6	-3.58E-03
	c10	5.76E-05	c11	1.11E-04	c12	8.96E-06	c13	1.52E-06
	c14	9.61E-07	c20	3.38E-08	c21	4.57E-08	c22	-1.59E-08
	c23	1.34E-08	c24	5.51E-09	c25	7.59E-09	c26	1.33E-09
FFS2-4	cx1	-7.85E+00	cy1	-7.62E-01	c5	1.85E-03	c6	1.46E-03
	c10	1.35E-05	c11	2.02E-05	c12	-1.92E-08	c13	8.78E-08
	c14	7.69E-08	c20	7.00E-10	c21	2.19E-09	c22	4.14E-09
	c23	-2.14E-10	c24	3.45E-11	c25	2.71E-11	c26	6.81E-12
FFS1-5	c1	3.02E+01	c5	3.41E-04	c6	-2.34E-04	c10	2.80E-07
	c11	-6.22E-06	c12	2.33E-07	c13	-2.57E-08	c14	1.02E-09
	c20	8.60E-11	c21	-7.71E-10	c22	3.63E-09	c23	6.37E-11
	c24	9.44E-12	c25	-2.03E-12	c26	-1.72E-12		
FFS2-6	cx1	-2.06E+00	cy1	2.80E-01	c5	1.64E-04	c6	-3.19E-04
	c10	5.52E-06	c11	-7.54E-07	c12	5.85E-08	c13	2.87E-08
	c14	-2.51E-08	c20	-6.20E-10	c21	7.33E-10	c22	-3.27E-11
	c23	1.86E-10	c24	4.53E-12	c25	-4.07E-11	c26	3.09E-11
FFS2-7	cx1	-2.72E+00	cy1	-4.12E+01	c5	-3.86E-03	c6	-2.83E-03
	c10	1.50E-05	c11	-3.31E-04	c12	5.53E-06	c13	8.77E-07
	c14	-1.65E-06	c20	4.31E-08	c21	1.12E-07	c22	-5.53E-07
	c23	2.86E-08	c24	-1.71E-09	c25	5.60E-09	c26	3.93E-09

【０１３９】

本実施例において、射出瞳の形状は楕円形であり、垂直方向の短軸が９．６ｍｍ、水平方向の長軸が１２ｍｍである。原画の表示領域のサイズは、第１及び第２の表示素子１，２とも０．５９インチ（１２ｍｍ×９ｍｍ）程度である。本実施例の光学系は、水平画角５０度、垂直画角３８度で、合成拡大像をｚ軸上の正方向無限遠方に表示する表示光学系である。

【０１４０】

本実施例では、水平方向の画角を２つの表示素子１，２で２５度ずつ表示している。垂直画角については、分割していないため、３８度のままである。

【実施例７】

【０１４１】

図１９には、本発明の実施例７であるＨＭＤ（画像表示装置）を示している。本実施例のＨＭＤは、実施例６と同様に、光学系の偏心断面方向である水平方向に分割された２つの画角に対して設けられた２つの表示素子から光束を、光学系の射出瞳に導く。ただし、

本実施例では、２つの表示素子に表示される原画に同一の原画部分を表示するオーバーラップ領域を持たせている。

【０１４２】

５４，５５，５６は第１，第２及び第３の光学素子であり、いずれもプリズムにより形成されている。第１の光学素子５４は、Ｓ２（Ｓ４），Ｓ３，Ｓ５の３つの面を有する。第２の光学素子５５は、Ｓ４′（Ｓ６′），Ｓ５′，Ｓ７′の３つの面を有する。第３の光学素子５６は、第１の光学素子５４と接合された面Ｓ３と、第１の光学素子５４の面Ｓ２に連続した面（Ｓ２）と、面Ｓ３′の３つの面を有する。面Ｓ２と面Ｓ４は同一面であり、面Ｓ４′と面Ｓ６′は同一面である。７０，７１は第１及び第２の表示素子であり、面ＳＩ，面ＳＩ′は該第１及び第２の表示素子７０，７１の表示面である。Ｓ１は射出瞳である。本実施例における光路及び光学作用については、実施例６と同様である。

【０１４３】

本実施例でも、第１の光学素子５４内における面Ｓ４での反射と第２の光学素子５５内における面Ｓ６′での反射は、プリズム内での内部全反射とすることが望ましい。このようにすることで、光量のロスを少なくし、明るい合成拡大像６１を提示することができる。

【０１４４】

第１の表示素子７０からの第１の光束５７と第２の表示素子７１からの第２の光束５８とにおいて、合成拡大像における同じ像点に導かれる光束の射出瞳面での重なり合いは、図２０に示すようになっている。射出瞳面では、第１の光束５７が射出瞳の左側の領域を形成し、第２の光束５８が射出瞳の右側の領域を形成している。さらに、射出瞳の中心部では、第１の光束５７と第２の光束５８が重なり合っている。

【０１４５】

以下、第１及び第２の表示素子７０，７１に表示される第１及び第２の原画５９，６０に画角６度に相当するオーバーラップ領域を持たせた上で、水平画角５０度を２分割している場合について説明する。水平方向の射出瞳の大きさは、１２ｍｍとする。

【０１４６】

この光学系において、眼球の回転半径を１２ｍｍとすると、左側の最大画角２５度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心は、画角０度の方向を観察するときの眼球の瞳の中心から左側に５．１ｍｍだけ移動する。このとき、眼球の瞳の中心に第２の光束５８が導かれれば、第２の表示素子７１に対応するすべての画角からの光束が瞳のうち少なくとも半分の領域に入射する。このため、第１の表示素子７０に対応する画角と合わせて、すべての画角の光束が眼球の瞳に導かれる光学系を実現することができる。

【０１４７】

したがって、第２の光束５８の水平方向の幅は、射出瞳径１２ｍｍに対して、左側に５．１ｍｍ、右側に６ｍｍあればよい。第１の光束５７の水平方向の幅は、射出瞳１２ｍｍに対して、左側に６ｍｍ、右側に５．１ｍｍあればよい。

【０１４８】

ただし、本実施例では原画にオーバーラップ領域を持たせているため、左側の最大画角の方向を観察したときの眼球の瞳の中心には、第１の表示素子７０に表示された第１の原画５９のオーバーラップ領域から、画角０度から右側６度までの光束が導かれる。このため、第２の表示素子７１に表示された第２の原画６０からの、右側６度から右側２５度までの画角の光束が眼球の瞳の中心に導かれれば、すべての画角の光束が眼球の瞳に導かれる光学系を実現することができる。

【０１４９】

このとき、第２の光束５８の水平方向の幅は、射出瞳径１２ｍｍに対して、左側に３．３ｍｍ、右側に６ｍｍあればよい。第１の光束５７の水平方向の幅は、射出瞳１２ｍｍに対して、左側に６ｍｍ、右側に３．３ｍｍあればよい。

【０１５０】

このように、本実施例では第１及び第２の表示素子７０，７１に表示される第１及び第

２の原画５９，６０にオーバーラップ領域を設けた。このため、光学系の偏心断面における射出瞳面での第１及び第２の光束５７，５８の重なり率を射出瞳の約５５％とすることで、すべての画角の光束が眼球の瞳に導かれる光学系を実現することができる。射出瞳面での第１及び第２の光束５７，５８の重なり率が射出瞳の約５５％である場合、眼球が左側に回転したときには、第２の表示素子７１からの右側の浅い画角を形成する光束は、図２１（ａ）に示すように、射出瞳の左端には導かれない。しかし、第１の表示素子７０に表示される第１の原画におけるオーバーラップ領域からの光束が、図２１（ｂ）に示すように、射出瞳の左端に導かれる。このため、結果として、図２１（ｃ）に示すように、射出瞳のすべての領域に光束が導かれる。

【０１５１】

本実施例でも面Ｓ３と面Ｓ５′の有効領域を制限することで、第１及び第２の光束５７，５８の射出瞳面での重なり率を所定値に設定することができる。ただし、本実施例では、２つの原画にオーバーラップ領域が設けられている。このため、実施例４のようにストッパーを配置する方法や、面Ｓ５と面Ｓ７′の有効領域を黒塗り等の遮光手段で制限する方法では、オーバーラップ領域からの光束が第１及び第２の光学素子５４，５５に入射しなくなるので、好ましくない。

【０１５２】

また、本実施例でも、２つの表示素子７０，７１からの第１及び第２の光束５７，５８を等しい明るさで合成して射出瞳に導くために、第１の光学素子５４内の面Ｓ３をハーフミラー面とするとともに、第３の光学素子５６内の面Ｓ２に５０％の透過率を持たせている。射出瞳面で第１及び第２の光束５７，５８が重なり合うことで他の領域よりも明るくなる領域に対しては、実施例４で説明したように、減光素子を配置したり原画の輝度を低下させたりすればよい。

【０１５３】

本実施例では、観察される合成拡大像６１は、図１９に示すように、第１の原画５９と第２の原画６０とがそれぞれのオーバーラップ領域（図中の「Ｂ」が表示されている領域）で重なったように形成される。本実施例では、２つの原画５９，６０にオーバーラップ領域を設けているため、各表示素子の画像情報の提示効率は、実施例６に比べて若干低い。しかし、オーバーラップ領域がない場合に比べて、眼球が回転したときに連続した合成拡大像を観察するために必要な同じ像点に導かれる光束の重なり率が実施例６よりも小さくなることで、光学系をより薄型化することができる。

【０１５４】

また、本実施例のようにオーバーラップ領域を設けることで、プリズムの製造誤差や表示素子とプリズムとの間の位置ずれによる合成拡大像の境界部分のずれを、オーバーラップ領域の大きさによって調整することができる。このため、オーバーラップ領域がない場合に比べて光学系に求められる精度が低いにもかかわらず、各原画に対応する拡大像の境界部分の繋ぎ目が目立たない連続した１つの合成拡大像を提示することができる。

【０１５５】

なお、本実施例では、オーバーラップ領域を画角６度に相当する大きさとしたが、オーバーラップ領域を大きくすることで表示素子の画像情報の提示効率が低下して広画角を実現しにくくなる。このため、オーバーラップ領域は小さいことが望ましく、例えば、画角１０度に相当する大きさ以下が好ましい。

【０１５６】

また、合成拡大像におけるオーバーラップ領域に相当する部分は、射出瞳面で第１及び第２の光束５７，５８が重なり合う領域と同様に、明るさが他の領域に比べて２倍になる。このため、第１及び第２の光束５７，５８のうち合成拡大像におけるオーバーラップ領域に相当する領域に到達する光束の光路に、ＮＤフィルタ等の減光素子を配置したり、各表示素子におけるオーバーラップ領域の輝度を低下させたりするとよい。

【０１５７】

本実施例における面Ｓ２～Ｓ５と面Ｓ３′～Ｓ７′を、図１９の紙面（ｙｚ断面）を唯

一の対称面とする回転非対称面とした場合の光学データを表４に示す。

【０１５８】

【表４】

SURF	X	Y	Z	A	Rx	Ry	TYP	Nd	vd
1	0	0	0	0					
2	0	-15.71	20	-0.067	-876.1563	-876.1563	FFS1-1	1.5709	33.8
3	0	-23.75	2.968	-53.17	-44.8425	-58.3308	FFS2-2	-1.5709	33.8
4	0	-15.71	20	-0.067	-876.1563	-876.1563	FFS1-1	1.5709	33.8
5	0	22.739	28.721	57.193	-8.7152	-3.0933	FFS2-3	1	
I	0	24.38	30.399	48.538					
3'	0	-24.97	14.225	-54.88	-71.1719	-17.2091	FFS2-4	1	
4'	0	-19.19	19.726	-25.03	-63.7117	-63.7117	FFS1-5	1.5709	33.8
5'	0	8.181	25.267	32.245	-49.7102	-59.5281	FFS2-6	-1.5709	33.8
6'	0	-19.19	19.726	-25.03	-63.7117	-63.7117	FFS1-5	1.5709	33.8
7'	0	-21.62	29.13	-65.86	-21.2751	-7.0811	FFS2-7	1	
I'	0	-24.65	26.815	-65.81					

FFS1-1	c1	4.23E+02	c5	-2.76E-03	c6	-1.63E-03	c10	-2.54E-07		
	c11	-1.73E-05	c12	1.72E-07	c13	-4.66E-08	c14	-2.77E-08		
	c20	-3.55E-10	c21	-5.18E-10	c22	5.88E-09	c23	-2.11E-10		
	c24	-1.01E-12	c25	8.26E-12	c26	-7.84E-12				
FFS2-2	cx1	-5.83E+01	cy1	-4.48E+01	c5	-2.04E-01	c6	6.21E-02		
	c10	-4.77E-04	c11	1.04E-04	c12	2.32E-06	c13	-1.50E-05		
	c14	1.96E-07	c20	-4.74E-08	c21	2.32E-08	c22	7.52E-11		
	c23	-2.43E-10	c24	1.11E-09	c25	2.63E-11	c26	6.64E-13		
FFS2-3	cx1	-1.26E+01	cy1	-5.91E+00	c5	-3.68E-03	c6	-2.35E-03		
	c10	7.55E-04	c11	-6.30E-04	c12	2.30E-05	c13	-2.38E-05		
	c14	-1.90E-06	c20	7.92E-08	c21	-7.79E-07	c22	1.58E-06		
	c23	5.45E-08	c24	-4.52E-08	c25	7.90E-08	c26	-1.26E-08		
FFS2-4	cx1	-1.11E+02	cy1	-6.51E+00	c5	6.20E-03	c6	-2.68E-03		
	c10	-6.64E-05	c11	-2.70E-05	c12	1.70E-07	c13	-6.61E-08		
	c14	-4.24E-07	c20	4.21E-10	c21	-2.16E-08	c22	1.71E-09		
	c23	7.38E-10	c24	8.74E-10	c25	-8.46E-11	c26	9.89E-11		
FFS1-5	c1	-4.27E+01	c5	6.73E-04	c6	-1.02E-03	c10	-4.46E-06		
	c11	-5.93E-05	c12	4.62E-07	c13	7.68E-09	c14	-8.76E-08		
	c20	-8.34E-10	c21	8.63E-10	c22	-1.88E-08	c23	-4.63E-10		
	c24	-4.86E-11	c25	-6.10E-11	c26	2.01E-12				
FFS2-6	cx1	-1.24E+00	cy1	-3.40E-01	c5	-7.13E-04	c6	-1.39E-03		
	c10	5.41E-06	c11	-1.16E-05	c12	1.78E-07	c13	2.58E-08		
	c14	-2.19E-07	c20	2.19E-09	c21	1.66E-09	c22	-1.04E-08		
	c23	1.56E-10	c24	-4.96E-11	c25	-1.60E-11	c26	2.99E-11		
FFS2-7	cx1	-9.48E+00	cy1	-1.16E+01	c5	1.66E-02	c6	-8.05E-04		
	c10	1.57E-04	c11	1.43E-04	c12	-2.12E-05	c13	-1.97E-05		
	c14	-7.86E-06	c20	-1.22E-07	c21	-2.97E-07	c22	-1.68E-06		
	c23	5.02E-08	c24	4.48E-09	c25	3.93E-09	c26	9.93E-09		

【０１５９】

本実施例において、射出瞳の形状は楕円形であり、垂直方向の短軸が９．６ｍｍ、水平方向の長軸が１２ｍｍである。原画の表示領域のサイズは、第１及び第２の表示素子７０，７１とも０．５９インチ（１２ｍｍ×９ｍｍ）程度である。本実施例の光学系は、水平画角５０度、垂直画角３８度で、合成拡大像をｚ軸上の正方向無限遠方に表示する表示光学系である。

【０１６０】

本実施例では、水平方向の画角を２つの表示素子７０，７１で、２５度にオーバーラップ領域に相当する６度を加えた３１度ずつ表示している。垂直画角については、分割していないため、３８度のままである。

【０１６１】

以上説明したように、上記各実施例によれば、広画角でありながらも、小型かつ薄型で

あり、観察者の眼球が回転した場合でも画像欠けが生じにくいＨＭＤを実現することができる。言い換えれば、第１及び第２の光束のうち合成拡大像における同じ像点に導かれる光束が射出瞳面において重なり合うことで、両表示素子に表示される原画のオーバーラップ領域をなくしたり又少なくしたりしつつ、画角全体の光束を観察者の瞳に導くことができる。このため、表示素子における画像情報の提示効率が向上し、広画角を実現しやすい。

【０１６２】

また、実施例２～７では、第１及び第２の光束における合成拡大像の同じ像点に導かれる光束の射出瞳面における重なり率が、射出瞳の９５％以下となっている（より好ましくは８５％以下、さらに好ましくは８０％以下とするとよい）。これによれば、射出瞳面での重なり率を１００％とする場合に比べて、光学系をより薄型化することができる。なお、実施例２でも説明したが、射出瞳面での重なり率が射出瞳の９５％以下であるとは、画角を分割する方向における射出瞳の幅をａとし、光束が重なり合う領域の幅をｂとすると、ｂ／ａが９５％以下であることを意味する。

【０１６３】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

【符号の説明】

【０１６４】

１，２，１４，１５，１６，４４，４５，７０，７１，１０１，１０２，２０１，２０２，２０５，２０６　表示素子

４，５，１７，３０，３１，３７，３８，４６，４７，４８，５４，５５，５６，１０４，１０５，２０３　光学素子

６，１８，２０４　接眼レンズ

７　眼球

１１，１２，２３，２４，２５，３４，３５，４１，４２，５１，５２，５９，６０，１１１，１１２　原画

１３，２６，３６，４３，５３，６１，１１３　合成拡大画像