

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3943680号

(P3943680)

(45) 発行日 平成19年7月11日(2007.7.11)

(24) 登録日 平成19年4月13日(2007.4.13)

(51) Int. Cl.		F I		
GO2B	27/02	(2006.01)	GO2B	27/02 Z
HO4N	5/64	(2006.01)	HO4N	5/64 511A

請求項の数 4 (全 60 頁)

(21) 出願番号	特願平9-308646	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成9年11月11日(1997.11.11)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開平10-246866		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(43) 公開日	平成10年9月14日(1998.9.14)	(74) 代理人	100097777
審査請求日	平成16年10月13日(2004.10.13)		弁理士 荏澤 弘
(31) 優先権主張番号	特願平9-176	(74) 代理人	100088041
(32) 優先日	平成9年1月6日(1997.1.6)		弁理士 阿部 龍吉
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(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】 映像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

映像を表示する映像表示手段と、前記映像を所定の位置に投影する投影光学系とを有する映像表示装置において、

前記投影光学系は、前記映像を前記観察者の眼球内の網膜上に投影する接眼光学系と、周辺屈曲光学手段を備え、

前記周辺屈曲光学手段は周辺部を有すると共に、前記接眼光学系の光学面から前記所定の位置までの間に設けられ、

前記光学面は、前記接眼光学系の光学面のうち、前記所定の位置の最も近くに位置する光学面であり、

前記周辺部は、該周辺部の内側よりも大きな正の屈折力を有すると共に、該周辺部の内側よりも大きな収差を発生させることを特徴とする映像表示装置。

【請求項 2】

前記接眼光学系は、少なくとも3つの光学面で囲まれた媒質の屈折率が1より大きいプリズムを含み、

前記プリズムは、前記プリズム内に前記映像表示手段からの光束を導く透過面である第1面と、前記第1面からの光束を反射する第2面と、前記第2面からの光束を前記所定の位置に向けて反射する第3面を有することを特徴とする請求項1記載の映像表示装置。

【請求項 3】

10

20

前記周辺屈曲光学手段は、前記接眼光学系とは別体の光学素子であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の映像表示装置。

【請求項 4】

前記周辺屈曲光学手段は、前記接眼光学系の前記光学面上に形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の映像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、映像表示装置に関し、特に、画面が視野より狭くても人間の視界に近い状況の映像を表示することによって、臨場感を損なわず見やすい頭部装着型映像表示装置に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

最近、ヴァーチャルリアリティという分野において、観察者の眼前部に配された光学系によって、同じく観察者の眼前部に配置した小型のディスプレイの虚像を眼球の網膜上に投影することにより映像を知覚させる頭部装着型ディスプレイ装置（HMD：Head Mounted Display）が提案されている。この種の装置は、使用者、利用者がかかるディスプレイ装置を頭部に装着し、例えば VTR 等の大画面映像や画像、音声を一人で楽しむことができる等、種々の用途への利用が期待されている。

【0003】

20

この頭部装着型映像表示装置中の接眼光学系によって、映像表示素子の像を眼へ導く際、映像画面の周辺が鮮明に表示されると、映像表示領域と非映像表示領域との境界、すなわち画面の枠が認識される。したがって、暗背景の中に映像表示画面がくっきり浮かび上がる。この枠は表示されている映像の世界と観察している側の現実の世界とをはっきり隔ててしまい、臨場感が大きく損なわれてしまう。また、境界の画面枠が鮮明に強いコントラストで表示されると、どうしても観察者の心理として視線が画面の外周部近くに行きやすく、枠が気になって臨場感が得られ難い。

【0004】

さらに、暗い背景に明るい画面が浮かび上がる状態は、観察者の眼の疲労といった観点からは好ましいといえない。

30

この臨場感の低下と疲労の助長をもたらしている画面の枠は、主に映像表示素子のエッジや視野絞りの像等といったものである。

【0005】

これを改善するため、画面を十分大きくして枠が視野に入らないように、あるいは視野に入っても気にならないようにするためには、120°から160°以上もの観察画角が必要である。これ程の広画角に対応するには、収差補正のため光学系が複雑かつ大型化し、さらに、2次元映像表示素子もそれに対応するものが要求されるが、頭部に装着するタイプの映像表示装置においてはサイズの制約があり、実現性に乏しい。

【0006】

従来、これらの問題点を解決すべく特開平 8 - 146339号では、映像表示部の照明とは別に周囲を独立して照明できる周囲光源を設け、さらにその周囲光源の調整機構も設けることにより、表示映像周辺に輝度を持たせる技術を開示している。また、特開平 5 - 328258号では、光学系中に乳白色の拡散透過曲板等を設けて周辺を不鮮明にする技術を開示している。さらに、特開平 7 - 325266号では、光学系中の映像周辺に相当する部位に遮光体等を設け、映像周辺が徐々に暗く不鮮明になるようにする技術を開示している。

40

【0007】

これらの技術は何れも、元々ある映像表示素子からの光を周辺に導くのではなく、新たな光源の光を周辺に導光したり、また、周辺光を故意にケルことによって映像周辺を不鮮明にする技術であるので、映像表示領域より外側の不鮮明な所には映像の情報を持つ光は導

50

かれていない。そのため、映像自体が明るいシーンに変化しても同じように周辺が暗かったり、逆に暗いシーンでも周辺が明るいといった映像に連動しない周辺部であることの不自然さも伴う。また、実効的に画角を広げる方向の技術ではない。

【0008】

一方、頭部装着型映像表示装置における光学系でハーフミラーと凹面鏡を用いたものやプリズムタイプの光学系（特開平6-268944号）が提案されている。これらの光学系は、頭部装着型の映像表示装置の要求仕様である小型化を満足しながら、光学系サイズの割りに広画角が得られる構成である。

【0009】

これらの光学系の上下方向について言及すると、図64に示すように、光学系は、映像表示素子1からの光がハーフミラー3を通過して凹面鏡2に当たり、反射光は今度はハーフミラー3で反射して観察者の眼球Eに投影される構成であり、凹面鏡2とハーフミラー3はそれらの中心軸が相互に略45°をなすように配置されているため、凹面鏡2の有効径aと観察者の眼球E側に一番近い面である射出面4の面の長さbとが略一致する略キューブ形状である。今、射出面4と称したのは、凹面鏡2とハーフミラー3だけなら、このような面は存在しないが、物理的に図64のSに示すスペースを眼球E側に要するということがあり、実際には、製品として用いるとき、カバーガラスであったり、プリズム光学系ならばプリズムの射出側の面ということになる。上記の構成をハーフミラー3を用いない等価な光学系として表すと、図65のような構成になる。図65における屈折レンズ5は凹面鏡2のパワーと等価な正の屈折力を持っており、凹面鏡2に相当する。このとき、光線を観察者の眼球Eに導くために光束を屈曲させる作用を持つ主たる屈折面は凹面鏡2であり、等価な光学系ではまぎれもなくレンズ5である。図64、図65から分かるように、屈折面と射出面4とに距離の隔たりがあるため、開口数を制限する凹面鏡2すなわちレンズ5においてそれらの端部を通過する光束は、その構成上屈折面と略同じ大きさである射出面4の端部は通過せず、端部より光軸に近い部位を通過する。これは左右方向（図面に垂直な方向）についても同じことがいえる。すなわち、射出面4において、上記の光束が通過する部位から射出面端部までのスペースSは使用されないデッドスペースである。

【0010】

したがって、これらのハーフミラー3と凹面鏡2を組み合わせた光学系は、コンパクトながら広い観察画角を実現するという長所を持つ反面、射出面4においてデッドスペースSを有するという側面を合わせ持った光学系であるということがいえる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上述の従来技術が有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、観察画角が広くなくても臨場感のある、また眼が疲れ難く見やすい頭部装着型映像表示装置を提供することにある。なお、本発明における映像表示素子は特に限定はなく、公知の適用可能な全てのデバイスを意味するものである。

【0012】

【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映像表示装置は、映像を表示する映像表示手段と、前記映像を所定の位置に投影する投影光学系とを有する映像表示装置において、

前記投影光学系は、前記映像を前記観察者の眼球内の網膜上に投影する接眼光学系と、周辺屈曲光学手段を備え、

前記周辺屈曲光学手段は周辺部を有すると共に、前記接眼光学系の光学面から前記所定の位置までの間に設けられ、

前記光学面は、前記接眼光学系の光学面のうち、前記所定の位置の最も近くに位置する光学面であり、

前記周辺部は、該周辺部の内側よりも大きな正の屈折力を有すると共に、該周辺部の内側よりも大きな収差を発生させることを特徴とするものである。

【0013】

10

20

30

40

50

この場合、前記接眼光学系は、少なくとも3つの光学面で囲まれた媒質の屈折率が1より大きいプリズムを含み、

前記プリズムは、前記プリズム内に前記映像表示手段からの光束を導く透過面である第1面と、前記第1面からの光束を反射する第2面と、前記第2面からの光束を前記所定の位置に向けて反射する第3面を有するものであってもよい。

【0014】

また、前記周辺屈曲光学手段は、前記接眼光学系とは別体の光学素子であってもよい。

【0015】

また、前記周辺屈曲光学手段は、前記接眼光学系の前記光学面上に形成されていてもよい。

【0017】

以下に、本発明において上記構成をとる理由と作用、さらには、その変形について説明する。

スクリーン等に投影して映像を観察する投影光学系において、臨場感を高めるため大画面にして観察画角を広げる工夫があるが、更に臨場感を増すために、投影光学系が、映像表示手段周辺からの光束の一部を映像画面の映像表示領域内側及び外側に分配する周辺屈曲光学手段を備えており、この周辺屈曲光学手段により周辺映像を徐々にぼかす。

【0018】

また、スクリーン等に投影して映像を観察する投影光学系において、臨場感を高めるため大画面にして観察画角を広げる工夫があるが、更に臨場感を増すために、映像表示領域の周辺における屈折力（透過屈折力、反射屈折力、回折屈折力。焦点距離の逆数）が主表示領域の屈折力よりも正の方向に大きい屈折、反射又は回折作用を持つ端部を有するようにして、映像を投影する光学系における映像周辺の大きな屈折力により、周辺映像を徐々にぼかす。これにより、次のような効果が生まれる。

【0019】

映像表示領域周辺まで映像が鮮鋭であると、スクリーンの端部で映像は急になくなり、この端部が映像の世界と現実世界との境界をはっきり示してしまい、あくまで現実の世界から映像の世界を見てるといった感覚になり、臨場感を損なう原因になる。この端部を徐々にぼかすことにより、現実世界と映像の世界との隔たりをぼかし、よって臨場感の向上につながる。

【0020】

なお、その作用は、周辺屈曲光学手段による光束の分配が連続的な分布であり、また、映像画面の映像表示領域の最大画角を越えた角度での分配を含むことがその効果を得る上でより望ましい。

【0021】

次に、投影光学系を映像を観察者の眼球内の網膜上に投影する接眼光学系とする。そして、接眼光学系における屈折面あるいは反射面の周辺を工夫することによって、臨場感を損なう原因となる観察視野周辺における映像表示領域と非映像表示領域との境界、すなわち画面の枠を目立たなくし、注視している領域近傍は高い解像力を持つが周辺においては解像力が低い、言い換えれば、徐々にぼけて暗くなっていくという人間の自然な視野に近い状況を作り出し、さらに、元々の映像表示領域周辺にも光を導光することによって、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0022】

具体的な工夫だが、接眼光学系の映像表示領域周辺に相当する部位の光の屈折力が主表示領域部における光の屈折力よりも正に大きくなっている。これによって、映像に非点隔差、ディストーション、コマ等の収差が生じる。また、屈折力が大きくなっているということは、映像表示素子周辺から発せられる光束の中、従来は眼球に導かれることがなかった映像表示素子上における射出角が大きな光束も眼に導光することができ、それによって収差が生じており、従来、明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光が導け、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角

10

20

30

40

50

が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0023】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、映像表示手段と視軸に対して斜めに配された透過及び反射作用を有する面を含む光学系であることが望ましい。このような透過及び反射作用を有する面を含む接眼光学系は、光線を折り返して眼に導くことで、コンパクトな構成で映像を表示できる。この光学系における映像周辺に相当する部位の屈折力を大きくすることによって、映像の周辺領域に新たに光が導かれ、さらにその光は結像性が悪いため、周辺がぼけた映像を作り出す。これにより、コンパクトながら、その表示映像は映像世界と現実世界とを分け隔てる境界がぼかされた臨場感のある光学系を提供することができる。

10

【0024】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、その凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、その凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過鏡とを具備しており、さらに、凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点より凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっているようにすることができる。

【0025】

このような半透過鏡（ハーフミラー）と凹面鏡を具備した光学系は、従来技術の問題点に関して述べたように、コンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系である。この光学系の凹面鏡が、周辺領域の接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点より凹面鏡側に近づいている形状を有している、すなわち、周辺領域が主領域に比べ急峻な形状を有していることによって、周辺領域の屈折力が大きくなり、映像に非点隔差、ディストーション、コマ収差が生じ、その領域に映像表示素子周辺から発せられる光束の中、従来は眼球に導かれることがなかった映像表示素子における射出角の大きな光束も眼に導光することができ、境界部を徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

20

【0026】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影する働きを有し、焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する観察者の眼球と対向し、光軸が映像表示手段の法線と交差するように配された凹面鏡と、映像表示手段から発せられた光束を凹面鏡に導き、その凹面鏡で反射された光束を観察者の眼球に導くように、観察者の眼球と凹面鏡との間に配された半透過鏡とを具備しており、さらに、その凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点より凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっているようにすることができる。

30

40

【0027】

この場合も上記の光学系と同様に、ハーフミラーと凹面鏡を具備したコンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系において、凹面鏡の周辺領域が主領域に比べ急峻な形状を有していることによって、周辺領域の屈折力が大きくなり、映像に非点隔差、ディストーション、コマ等の収差が生じ、その領域に映像表示素子周辺から発せられる光束の中、従来は眼球に導かれることがなかった映像表示素子における射出角の大きな光束も眼に導光することができ、境界部を徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0028】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影する働きを有し、焦

50

点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する観察者の眼球と対向し、光軸が映像表示手段の法線と交差するように配された凹面鏡と、映像表示手段から発せられた光束を凹面鏡に導き、その凹面鏡で反射された光束を観察者の眼球に導くように、観察者の眼球と凹面鏡との間に配された半透過部を有する接合プリズムとを具備しており、さらに、その凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点より凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっているようにすることができる。

【0029】

この場合、凹面鏡と接合プリズムを具備したプリズム光学系は、前記の凹面鏡とハーフミラーを組み合わせた光学系より倍率が高いため、さらにコンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系である。このプリズム光学系中の凹面鏡の周辺領域が主領域に比べ急峻な形状を有していることによって、周辺領域の屈折力が大きくなり、急峻でない場合に比べて映像周辺部に非点隔差、ディストーション、コマ等の収差を効果的に生じさせ、さらに、その屈折力により映像表示素子周辺から発せられる光束の中、従来は眼球に導かれることがなかった映像表示素子における射出角の大きな光束も眼に導光することによって、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

10

【0030】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、光軸が映像表示手段の法線と交差するように配された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、その凹面鏡で反射された光束を観察者の眼球内に導くように、凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムとを具備しており、さらに、その凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と凹面鏡の光軸とが交わる点より凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっているようにすることができる。

20

【0031】

この場合、上記と同様に、凹面鏡と接合プリズムを具備したプリズム光学系は、コンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系であり、このプリズム光学系中の凹面鏡の周辺領域が主領域に比べ急峻な形状を有していることによって、周辺領域の屈折力が大きくなり、急峻でない場合に比べて映像周辺部に効果的に収差を生じさせ、さらに、その屈折力により映像表示素子周辺から発せられる光束の中、従来は眼球に導かれることがなかった映像表示素子における射出角の大きな光束も眼に導光することによって、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

30

【0032】

また、その接眼光学系は、観察者の眼球と主たる屈折力を有する光学手段との光路中に、映像表示周辺に対する光束の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備するものとすることができる。

40

【0033】

このように、接眼光学系における主たる屈折力を有する光学手段より観察者の眼球側に映像表示領域周辺部に対応する屈折力が主表示領域部における屈折力よりも正に大きい特殊な光学手段を配設することによって、映像表示素子周辺から発せられる光束の中、従来は眼球に導かれることがなかった映像表示素子における射出角が大きな光束を眼に導光することができる。また、周辺部の屈折力の影響を受けた光束が、影響を受けない解像の良い正規の映像の最周辺を形成する光束よりもより大きな入射角をもって眼球に入射することによって、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光が導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広く

50

なくとも臨場感のある映像を提供することができる。

【0034】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、映像表示手段と視軸に対して斜めに配された透過及び反射作用を有する面を含む光学系を有するものとすることができる。

【0035】

上記のような透過及び反射作用を有する接眼光学系は、光線を折り返して眼に導くことで、コンパクトな構成で映像を表示できる点で好適であるが、同時に、使用されない領域を持つ。すなわち、光線を眼に導く働きをする屈折力を持つ光学系よりも眼側に光学系が存在すると、その光学系における光線が通過する有効領域の屈折力を持つ光学系への射影は、屈折力を持つ光学系によって光線が絞られ、眼に向かって屈折するため、必ず屈折力を持つ光学系よりも小さい。透過あるいは反射作用を持つ光学系は屈折力を持つ光学系よりも眼側に配されることによりコンパクトになるため、必ず周辺において使用されない領域や空間が存在する。この使用されない領域や空間に光線を屈折（あるいは、回折、反射）させるパワーを持たせる、つまり、周辺屈曲光学手段を配すると、映像の周辺領域に新たに光が導かれ、さらにその光は結像性は悪いため、周辺がぼけた映像を作り出す。これにより、元々の表示画角が広くなくても、映像世界と現実世界とを分け隔てる境界がぼかされ、臨場感のある映像を提供することができる。

10

【0036】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、その凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過鏡と、半透過鏡と観察者の眼球との光路中に配置された映像表示素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備するものとすることができる。

20

【0037】

ハーフミラーと凹面鏡を具備した接眼光学系は、前記従来技術の問題点に関して述べたように、コンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系である反面、射出側において必ずデッドスペースが存在する。周辺屈曲光学手段をこの射出側付近に設けて、上記デッドスペースに相当する部位近傍に新たに屈折力を持たせ、その屈折力を、その影響を受けた光束が、影響を受けない解像の良い正規の映像の最周辺を形成する光束よりもより大きな入射角をもって眼球に入射するようなものにすることによって、従来は眼球に導かれることがなかった光束を眼に導光でき、また、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光を導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

30

【0038】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影する働きを有し、焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する観察者の眼球と対向し、光軸が映像表示手段の法線と交差するように配された凹面鏡と、映像表示手段から発せられた光束を凹面鏡に導き、凹面鏡で反射された光束を観察者の眼球に導くように、観察者の眼球と凹面鏡との間に配された半透過鏡と、その半透過鏡と観察者の眼球との光路中に配置された映像表示素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備するものとすることができる。

40

【0039】

上記の光学系と同様に、この場合も、ハーフミラーと凹面鏡を具備したコンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系の射出側付近に周辺屈曲光学手段を設けることによって、上記光学系のデッドスペースに相当する部位近傍に屈折力を持たせ、さらにその周辺屈曲光学手段の屈折力を、その影響を受けた光束が、影響を受けない解像の良い正規の映像の最周辺を形成する光束よりもより大きな入射角をもって眼球に入射するようなものに

50

することによって、従来は眼球に導かれることがなかった光束を眼に導光できる。また、従来、明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光が導くことができ、結果的に光学系の大きさを大きくすることなく表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 4 0 】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、その凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、この接合プリズムと観察者の眼球との光路中に配置された映像表素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備するものとする事ができる。

10

【 0 0 4 1 】

この場合も、凹面鏡と接合プリズムを具備したプリズム光学系は、コンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系である反面、必ず射出側においてデッドスペースが存在する。周辺屈曲光学手段をプリズム射出面付近に設けて、上記デッドスペースに相当する部位近傍に新たに屈折力を持たせ、その屈折力を、その影響を受けた光束が、影響を受けない解像の良い正規の映像の最周辺を形成する光束よりもより大きな入射角をもって眼球に入射するようなものにする事によって、従来は眼球に導かれることがなかった光束を眼に導光でき、また、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光が導くことができ、結果的に光学系の大きさを大きくすることなく、表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

20

【 0 0 4 2 】

また、その接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、光軸が映像表示手段の法線と交差するように配された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、その凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、その接合プリズムと観察者の眼球との光路中に配置された映像表素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備するものとする事ができる。

30

【 0 0 4 3 】

この場合も、上記と同様に、凹面鏡と接合プリズムを具備したプリズム光学系は、コンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系である反面、必ず射出側においてデッドスペースが存在する。周辺屈曲光学手段をプリズム射出面付近に設けて、上記デッドスペースに相当する部位近傍に新たに屈折力を持たせ、その屈折力を、その影響を受けた光束が、影響を受けない解像の良い正規の映像の最周辺を形成する光束よりもより大きな入射角をもって眼球に入射するようなものにする事によって、従来は眼球に導かれることがなかった光束を眼に導光でき、また、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光が導くことができ、結果的に光学系の大きさを大きくすることなく、表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

40

【 0 0 4 4 】

また、上記の周辺屈曲光学手段は、周辺に向かうにつれて緩やかに屈折力が強くなる分布を有するものとする事ができる。

【 0 0 4 5 】

周辺屈曲光学手段の部位に応じて屈折力が変化していることによって、これを通過する場所による光線の屈曲角をコントロールすることができ、例えば逆光線追跡にてこれを通過

50

した光束が全て主たる屈折面や凹面鏡の端部に到達するようなものにすることができる。

【0046】

このとき、周辺屈曲光学手段の屈曲作用は、元々眼には導かれなかった光線はその屈折力で眼に導光するものであるが、逆光線追跡にて眼からの射出角が大きい光線程屈折力が強くないと、光学系中においてケラレてしまい、映像表示素子に到達しない。

【0047】

また、屈折力が強い所を通過した光線は、周辺屈曲光学手段がなければケラレていたのを、その屈折力により映像表示素子に到達させるようなものであるため、逆光線追跡では映像表示素子の周辺よりも中央側に到達する。すなわち、元々の周辺の外側の画像はまた周辺から中央に向かう画像になるが、このとき、余り中央からの画像であると、映像が不連続になり不自然である。したがって、屈折力は周辺に行くに従って緩やかに強くなっていくものであることが好適である。このとき、緩やかさは連続的でもよいし、段階的に強くなっていくのもよい。この作用を有することによって、周辺からその外側にかけてなめらかに光が導け、光学系を大きくすることなく、従来では正規の映像との明暗のコントラストが強い暗部に光を導くことができ、映像が不連続になることなく自然な形で、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができる。さらに、その映像は映像周辺から自然に繋がる劣化した映像なので、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

10

【0048】

また、上記の周辺屈曲光学手段の屈折力の大きい周辺における屈曲作用を受けた光束と、主表示領域における屈曲作用を受けた光束とが、射出瞳からの逆光線追跡にて到達する映像表示素子上での2つの領域は、互いに一部が重なり合っているものとすることができる。

20

【0049】

周辺屈曲光学手段の屈折力が、その周辺における大きな屈折力を受ける光束と、周辺程大きくない主領域における屈折力を受けた光束とが、逆光線追跡にて到達する映像表示素子上での領域がオーバーラップするようなものであるということは、光学系中の主たる屈折面でそれぞれの光束が通過する領域がオーバーラップしていることになる。

【0050】

観察者の眼からの光束は、逆追跡にて光学系中でケラレることなくオーバーラップしても、どの領域でもよいから主たる屈折面を通過することによって映像表示素子に到達できる。このことは、実際にその眼球への入射角をなした光線が存在することを意味し、裏を返せば、映像表示素子の中央寄りから発せられた光でも眼球への入射角を大きくできる。したがって、光学系を大きくすることなく、表示画角が大きくなったと感じさせることができ、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

30

【0051】

また、上記の周辺屈曲光学手段は、射出瞳からの光線逆追跡にて、周辺屈曲光学手段の屈折力が大きい周辺部を通過した光線は、主たる屈折力を有する光学手段の端部近傍又は映像表示手段の表示領域端部近傍に到達する作用を有するものとするすることができる。

【0052】

頭部装着型の映像表示装置では、できるだけ装置を小型にしたいため、光学系も小型のものにしたいという要求がある。光学系をできるだけ小さくするため、映像の最周辺から発せられた光束が凹面鏡等の主たる屈折力を有するレンズや光学素子の周端を通過し、観察者瞳孔に導かれるように、主たる屈折力を有する光学素子のサイズを決定すれば、それらのサイズから略決定する光学系全体のサイズは、達成できる表示画角とのバランスがとれたものになる。すなわち、要求される表示画角を満足しながら、大きすぎない光学系である。

40

【0053】

このとき、周辺屈曲光学手段の作用を以下のようなものにとすると、光学系の大きさを大きくすることなく、臨場感のある映像を提供することができる。

50

周辺屈曲光学手段の屈曲作用は、図15に示すように、眼球Eからの逆光線追跡によれば、周辺屈曲光学手段14（この図の場合は、フレネルレンズで構成されている。）を通過した光線が凹面鏡2端部を通過するようなものにする。なお、図15については後述する。

【0054】

ここで、逆光線追跡にて映像表示素子1の最周辺に到る光線が観察者眼球Eから射出する角度 u は表示映像の半画角に相当するが、この角度付近、更にこれより角度の大きい光線が周辺屈曲光学手段14の作用を受ける。この作用を受けた光線は、凹面鏡2の端部を通過することによって映像表示素子1の最周辺より内側に到達する。周辺屈曲光学手段14の屈曲作用が一様であれば、眼球Eに入射する角度が大きい光線程映像表示素子1の内側から発せられた光線となる。このとき、表示映像は、周辺屈曲光学手段14の作用を受けない結像性の良い正規の映像の外側に、結像性の劣化した映像が存在し、その映像は外側に行く程映像表示素子の中央の絵になる。映像の自然さから考えると、逆光線追跡にて周辺屈曲光学手段14を通過した光の凹面鏡2における通過点が中央に近づく程、映像表示素子1の中央に到達し、正規の表示映像の外側に不連続に中央の映像が表示されてしまうことになるので好ましくないが、逆光線追跡にて周辺屈曲光学手段14を通過した光線が、凹面鏡2の端部に到達するようにすることによって、このことが軽減できる。

10

【0055】

以上のことから明らかなように、周辺屈曲光学手段がそれを通過した光線が凹面鏡の端部を通過するような作用を有することによって、光学系を大きくすることなく、従来正規の映像の外側の正規の映像との明暗のコントラストが強い暗部に光が導け、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができ、さらに、その映像は映像周辺から自然に繋がる劣化した映像なので、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

20

【0056】

また、映像表示素子の中央から垂直に射出し眼球に到る光線を光軸とし、主光線を射出瞳中心を通過する光線、あるいは、画面中心を注視したときの眼球の瞳孔中心を通過する光線とすると、上記の周辺屈曲光学手段は、映像表示素子の最周辺を射出した主光線が周辺屈曲光学手段面上に到達する位置から光軸側に2.5mm、光軸と逆側に2.5mm以内の領域で屈折作用を持ち始め、その領域から光軸と逆方向側に屈折作用を有しているように配設されているものとすることができる。

30

【0057】

人間の瞳孔径は個人差こそあれ、大体が3mmから5mmである。暗い環境であれば瞳孔径は大きくなる。ここで、光学系の射出瞳径が5mm程度以上であれば、映像周辺まで見ることができる。また、映像表示素子から発せられた光束が観察者眼球に入射するときの光束径が上記の値を持つ場合、この光束の中のどれだけの光線が周辺屈曲光学手段の作用を受けるかで、すなわちどれだけの光線が周辺屈曲光学手段を通過するかで、映像の見え方が変わってくる。これは、後で説明する図17に示すように、周辺にのみ作用するように周辺屈曲光学手段14を配するが、映像表示手段1から発せられる光束は周辺に近づくにつれて周辺屈曲光学手段14の作用を受ける割合が増してくる。このとき、映像表示素子1最周辺から射出した光束の一部あるいは全部に（図61、図62、図63）この周辺屈曲光学手段14が作用するように（図61の場合は、LCD最周辺光束が周辺屈曲光学手段14の内側エッジに接している。図62の場合は、LCD最周辺光束が周辺屈曲光学手段14に半分がかかっている。図63場合は、LCD最周辺光束が周辺屈曲光学手段14に全部がかかっている。）、周辺から垂直に射出する光の周辺屈曲光学手段14での到達位置から光束分、すなわち5mm程度内に屈折作用を有する部分のエッジがくるような配置にすれば、映像としては周辺付近で徐々にぼけている映像になる。

40

【0058】

さらに、そこから外側に周辺屈曲光学手段14の作用域があれば、映像表示素子1の周辺から内側にかけて光を眼球Eに上記光線より外側から導光できることにより、正規像最周

50

辺の外側も暗くなく、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができ、さらに、その映像は映像周辺から自然に繋がる劣化した映像なので、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 5 9 】

上記の場合、屈折作用を持ち始める領域は、光軸側に 0 . 5 m m、光軸と逆側に 0 . 5 m m 以内の領域であるようにすることができる。

上記のように瞳を形成している光束の中、どれだけが周辺屈曲光学手段の作用を受けるか、すわなちどれだけが周辺屈曲光学手段を通過するかで、映像の見え方が変わってくる。このとき、図 6 2 に示すように（図では、上方向の最周辺の光束）、周辺屈曲光学手段の光軸側最端部が、映像表示素子最周辺から発せられた光束が眼球に向かう際の主光線が当たる位置になるようにすれば、この主光線より上側（外側）の光束は周辺屈曲光学手段の作用を受け、下側（内側）の光束は作用を受けないことになる。

10

【 0 0 6 0 】

そのため、この主光線の到達位置から個人差や誤差を加味して $\pm 0 . 5$ m m 以内の領域に作用域の始まりが位置するようにすれば、下記の作用を実現できる。

作用を受けない光束が解像の良い正規の映像を形成する光束で、作用を受けた光束が正規の映像の周辺に導かれ、表示画角を広げる効果を生み出す光束なので、丁度正規の最周辺の映像は映像表示素子最周辺から発せられた光束の 5 0 % の光量で形成されることになる。この最周辺より内側の映像は、周辺屈曲光学手段にかかる光量が 5 0 % より少なくなるので、内側に向かうにつれて正規映像の光量が増加する。逆に、後で説明する図 2 3 に示すグラフから明らかのように、周辺屈曲光学手段の作用を受ける正規でない光量が減少する。一方、逆光線追跡によれば、映像表示素子最周辺の光束より大きな射出角で眼球より射出する光は、上記光学系サイズの考えに基づいて凹面鏡又は主たる屈折面の端部によってケラれてしまうので、最早正規映像はなくなってしまう。主たる屈折面や凹面鏡は実質開口絞りの役目をなしているといえる。正規でない光量は逆に増加して行く。

20

【 0 0 6 1 】

図 2 3 のグラフで分かるように、周辺での正規映像と正規でない映像の繋がり具合は、周辺屈曲光学手段の作用をもっと内側の光線から作用を受けるように配すれば、正規の映像の画角が狭くなり、もっと外の光線から作用を受けるようにすると、映像表示素子最周辺から発せられた光線より大きい入射角を持って眼球に入る光線は作用を受けなければケラれてしまうので、正規映像の最周辺での落ち込みは変わらず、正規でない映像に関してその作用を受け始めるグラフの立ち上がりは遅くなり（入射角が大きくなり）、グラフ全体が右にシフトするだけだから、映像の繋がり具合が悪くなる。以上の正規映像の表示画角と映像の繋がり具合の 2 点を考慮したバランスから、映像表示素子最周辺から発せられる光束の主光線が周辺屈曲光学手段の作用を受け始めるようになるように周辺屈曲光学手段を配すれば、徐々に周辺屈曲光学手段の作用によって光を眼球に上記光線より外側から導光できることにより、正規像最周辺より外側も暗くなく、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができ、さらに、その映像は映像周辺から自然に繋がる劣化した映像なので、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

30

【 0 0 6 2 】

また、前記の場合、屈折作用を持ち始める領域は、光軸側に 1 . 5 m m、光軸と逆側に 2 . 5 m m 以内の領域であるようにすることができる。

40

上記したように、瞳を形成している光束の中、どれだけが周辺屈曲光学手段を通過するかで映像の見え方が変わってくる。このとき、図 6 3 に示すように（図では上方向の最周辺の光束）、周辺屈曲光学手段の作用の受け始め位置が、映像表示素子最周辺から発せられた瞳を形成する従属光線を含めた光束全てになるように、作用開始点の位置を映像表示素子最周辺から垂直に射出する光線の周辺屈曲手段上での到達位置から光束半分中央側、すなわち、環境差、個人差も含めて射出瞳径の半分である 2 m m 中央側から上下左右に $\pm 0 . 5$ m m 以内にすれば、下記の作用効果が得られる。

【 0 0 6 3 】

50

上記の位置では、図23のグラフは後で詳細に説明する図26に示すように変わり、周辺屈曲光学手段の作用の受け始めの眼球への入射角が小さくなり、さらに最周辺で0%になるようになる。これを正規光量と正規でない光量を合わせた総光量でならずと、グラフはフラットになる(図27)ので、明るさの変化が周辺付近で不連続にならず、自然な形で表示画角が大きくなったと感じさせることができ、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0064】

また、上記の周辺屈曲光学手段はフレネル光学素子から構成することができる。すなわち、周辺屈曲光学手段は、光学系における主たる屈折面より眼球側に配されるため、光学系により定まるアイリリーフをその手段分だけ小さくすることになる。頭部装着型の装置においては、アイリリーフはメガネを使用することも考慮しできるだけ長くとりたいので、薄型の光学手段で光を効率的に屈折させたい。フレネル光学素子であれば薄型であるので、アイリリーフをそれほど短くすることなく、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

10

【0065】

また、上記の周辺屈曲光学手段は回折光学素子から構成することができる。上記のように、周辺屈曲光学手段はできるだけ薄型でありながら、光を効率的に屈折させる手段が適している。回折光学素子であれば極めて薄型であるので、アイリリーフをそれほど短くすることなく、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0066】

また、観察者の眼球に一番近い最終射出面が周辺屈曲光学手段を兼ねているものとしてすることができる。すなわち、接眼光学系を接合プリズムを含むものとするとき、前述の通り射出面においてデッドスペースが存在する。また、上記したように、周辺屈曲光学手段は、光学系における主たる屈折面より眼球側に配されるため、光学系により定まるアイリリーフをその手段分だけ小さくすることになる。以上の2点から、プリズム光学系のデッドスペース付近に本発明による周辺屈曲作用を持たせれば、光学系の光学素子点数を増やすことなく、また、アイリリーフを狭めることなく、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

20

【0067】

また、前記の接眼光学系は、主たる屈折面は周辺において正の屈折力が弱くなる非球面を有し、その非球面周辺の作用を受けた光束を観察者の瞳孔に導く働きを有する正の方向に大きい屈折力を有する周辺屈曲光学手段を具備するものとしてすることができる。

30

【0068】

接眼光学系における主たる屈折力を有する光学手段が、周辺部に行くに従って正の屈折力が徐々に弱まり、場合によっては負に転じるような非球面を有することにより、映像表示素子周辺から発せられた周辺の非球面を通過する光線が光軸側と逆方向に屈曲し、それらの光束を周辺部における屈折力が主表示領域における屈折力よりも正に大きい周辺屈曲光学手段により観察者眼球に導光することができる。これは、周辺から発せられた光線の中この作用を受けた光線が、この作用を受けない光線よりも大きな入射角で眼球に入射することを意味し、周辺において非点隔差、ディストーション、コマ等の収差が発生すると共に、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光を導くことができる。すなわち、映像としてはこの作用を持たせず周辺まで収差がとれた明確な映像と比較すると、周辺部位が外に流れて行き映像が広がったような像になり、しかも、従来像がなく暗部であった領域は十分明るくなり、結果的に表示画角が大きくなった像になる。また、周辺は収差のためぼけて行くので、人間の自然な視界に近い状況を作り出すことができ、これにより正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

40

【0069】

また、この場合も、接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と視軸に対して斜めに配された透過及び反射作用を有する面を含む光学系を有するものとしてすることができる。

50

【 0 0 7 0 】

この場合、光線を折り返して眼に導くことでコンパクトさを実現している透過及び反射作用を有する接眼光学系中の主たる屈折力を有する光学系の周辺に負の非球面を持たせることにより、そこを通過する光線は広げられる。また、本光学系で必ず存在する使用されない領域や空間に上記広げられた光線を屈曲させるパワーを持たせれば、つまり、周辺屈曲光学手段を配すれば、映像の周辺領域に眼への入射角が大きくなった光が導かれ、さらにその光は結像性は悪いため、周辺がぼけた映像を作り出す。これにより、元々の表示画角が広くなくても映像世界と現実世界とを分け隔てる境界がぼかさされ、臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 7 1 】

また、その際、接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足し、映像の周辺領域に対する正の屈折力が映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、その凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過鏡と、その半透過鏡と観察者の眼球との光路中に配置された映像の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備するものとすることができる。

【 0 0 7 2 】

ハーフミラーと凹面鏡を具備した光学系において、凹面鏡の周辺部位に行くに従って屈折力が弱くなり、場合によっては負の屈折力になるような非球面領域を付加することによって、映像表示素子周辺から発せられた光束は凹面鏡の光軸方向に収束せず、場合によっては逆方向に広がる。さらに、この光学系はコンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系である反面、必ず射出側においてデッドスペースが存在するので、周辺屈曲光学手段をこの射出側付近に設けて、上記デッドスペースに相当する部位近傍に新たに屈折力を持たせる。上記の屈折力が弱まる非球面により、主領域の光束群と比較すると光軸方向に収束する働きが弱まる。これら周辺の非球面の作用を受けた光束は、このデッドスペース近傍の正の大きな屈折力により観察者眼球に導かれる。このことは、この一連の作用を受けた光束が、影響を受けない解像の良い正規の映像の最も周辺を形成する光束よりもより大きな入射角をもって眼球に入射することを意味する。すなわち、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも十分光が導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部より外側を非点隔差、ディストーション、コマ収差等により徐々にぼけて行く映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 7 3 】

また、その際、接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影する働きを有し、焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する観察者の眼球と対向し、光軸が映像表示手段の法線と交差するように配置され、映像の周辺領域に対する正の屈折力が映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、映像表示手段から発せられた光束をその凹面鏡に導き、凹面鏡で反射された光束を観察者の眼球に導くように、観察者の眼球と凹面鏡との間に配された半透過鏡と、その半透過鏡と観察者の眼球との光路中に配置された映像の周辺領域に対する屈折力が映像の主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備するものとすることができる。

【 0 0 7 4 】

前記の接眼光学系と同様に、ハーフミラーと凹面鏡を具備した接眼光学系において、凹面鏡の周辺部位に屈折力が弱まるような非球面領域を付加することによって、映像表示素子周辺から発せられた光束は凹面鏡の光軸方向に収束する働きが弱まり、場合によっては光軸とは逆方向に広がり、上記デッドスペースに相当する部位近傍に設けられた周辺屈曲光学手段の屈折力により、観察者眼球に導かれる。これにより、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも十分光を導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部より外側を非点隔差、ディストーション、コマ等の収

10

20

30

40

50

差等により徐々にぼけていく映像を作り出すことができる。これにより、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0075】

また、その際、接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足し、映像の周辺領域に対する正の屈折力が映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、その凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、その接合プリズムと観察者の眼球との光路中に配置された映像の周辺領域に対する屈折力が映像の主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備するものとするこ
10

【0076】

凹面鏡と接合プリズムを具備した接眼プリズム光学系において、凹面鏡の周辺部位の屈折力が主部位に比べて弱まる非球面領域を付加することによって、映像表示素子周辺から発せられた光束は凹面鏡の光軸方向に収束する働きが弱まり、場合によっては光軸と逆方向に広がる。また、本接眼光学系はコンパクトながら広い画角の映像を提供できる光学系である反面、射出側において必ずデッドスペースが存在するので、プリズム射出面の上記デッドスペースに相当する部位近傍に新たに周辺屈曲光学手段を設けて、この屈折力により上記非球面により光軸方向への収束作用が弱まった光が観察者眼球に導かれる。これにより、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも十分光を導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部より外側を非点隔差、20
ディストーション、コマ等の収差により徐々にぼけていく映像を作り出すことができる。以上により、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0077】

また、その際、接眼光学系は、映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、光軸が映像表示手段の法線と交差するように配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足し、映像の周辺領域に対する正の屈折力が映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、その凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、凹面鏡と映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、その接合プリズムと観察者の眼球との光路中に配置された映像の周辺領域に対する屈折
30
力が映像の主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備するものとするこ

【0078】

前記の接眼光学系と同様に、凹面鏡と接合プリズムを具備した接眼プリズム光学系において、凹面鏡の周辺部位に屈折力が弱まるような非球面領域を付加することによって、映像表示素子周辺から発せられた光束は凹面鏡の光軸方向へ収束する働きが弱まり、場合によっては光軸とは逆方向に広がり、プリズム射出面のデッドスペースに相当する部位近傍に設けられた周辺屈曲光学手段の屈折力により観察者眼球に導かれる。これらの作用を受けた光束が、影響を受けない解像の良い正規の映像の最周辺を形成する光束よりも、より大きな入射角をもって眼球に入射し、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも十分
40
光を導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができる。また、境界部より外側を非点隔差、ディストーション、コマ等の収差等により徐々にぼけていく映像を作り出すことができる。以上により、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0079】

以上において、周辺屈曲光学手段は、周辺に向かうにつれて緩やかに屈折力が強くなる分布を有するものとするこ

周辺屈曲光学手段の屈曲作用は、元々眼には導かれなかった光線をその屈折力で眼に導光するものであるが、逆光線追跡にて眼からの射出角が大きい光線程その屈折力が強ければ、主たる周辺屈曲光学手段周辺の非球面によって光軸方向への収束が弱まった光を眼に導
50

くことができる。このとき、周辺の非球面による屈折力は周辺に行く程滑らかにそのパワーを減ずる方向に移行するので、正の屈曲作用もこれに準じて周辺に行く程徐々に強くすれば、これら一連の作用を受けずに眼に入射する入射角よりも大きな角度で眼に導光することができるため、映像周辺が伸びて画角が広がったような効果が出せる。例えば、逆光線追跡にて周辺屈曲光学手段を通過し、さらに屈折力が弱くなっている非球面を通過した光束が映像表示素子の周辺部付近に到達するような屈折力分布にすることにより、周辺からその外側にかけて滑らかに光が導け、映像が不連続になることなく自然な形で表示画角が大きくなったと感じさせることができ、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 8 0 】

また、以上において、周辺屈曲光学手段の屈折力の大きい周辺における屈曲作用を受けた光束と、主表示領域における屈曲作用を受けた光束とが、射出瞳からの逆光線追跡にて到達する映像表示素子面上での2つの領域は、互いに一部が重なり合っているものとすることができる。

【 0 0 8 1 】

周辺屈曲光学手段の周辺における大きな屈折力を受ける光束と、周辺程大きくない主領域における屈折力を受けた光束とが、逆光線追跡にて到達する映像表示素子面上での領域がオーバーラップするようなものであるということは、光学系中の主たる屈折面でそれぞれの光束が通過する領域がオーバーラップしていることになる。この主たる屈折面の周辺に屈折力が弱くなっている非球面が存在することによって、映像表示素子内に到達が可能になる。観察者の眼からの光束は、逆追跡にて光学系中でケラれることなくオーバーラップしても、どの領域でもよいから映像表示素子に到達できるような屈折力配分にすることによって、映像表示素子から発せられた光をその周辺において眼球への入射角を大きくすることができる。したがって、光学系を大きくすることなく、表示画角が大きくなったと感じさせることができ、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 8 2 】

また、この場合も、周辺屈曲光学手段はフレネル光学素子とすることができる。周辺屈曲光学手段は、光学系における主たる屈折面より眼球側に配されるため、光学系により定まるアイリリーフをその手段分だけ小さくすることになる。頭部装着型の映像表示装置においては、アイリリーフは長くとりたいので、できるだけ薄型の光学手段で光を効率的に屈曲させたい。フレネル光学素子であれば薄型であるので、アイリリーフをそれ程短くすることなく、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 8 3 】

また、周辺屈曲光学手段は回折光学素子とすることができる。上記と同様に、周辺屈曲光学手段はできるだけ薄型でありながら、光を効率的に屈曲させる手段が適している。回折光学素子であれば極めて薄型であるので、アイリリーフをそれ程短くすることなく、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 8 4 】

また、この場合も、観察者の眼球に一番近い最終射出面が周辺屈曲光学手段を兼ねるようにすることができる。上記の接眼プリズム光学系は、前述の通り射出面においてデッドスペースが存在する。また、上記で言及したように、光学素子を射出面と眼球との間に配することはアイリリーフを狭めてしまう。以上の2点から、プリズム光学系のデッドスペース付近に本発明による屈曲作用を持たせれば、光学系の光学素子点数を増やすことなく、また、アイリリーフを狭めることなく、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 0 8 5 】

また、本発明において、投影光学系の映像表示手段に最も近い光学面を、映像表示領域の周辺における屈折力が主表示領域の屈折力よりも正の方向に大きい屈折又は反射作用を持つ端部を有するようにすることもできる。このような構成によれば、映像周辺のぼけにパ

10

20

30

40

50

ラックスが少なくなり、現実世界と映像の世界との隔たりがより少なくなり、臨場感がより向上する。

【0086】

また、投影光学系が接眼光学系の場合、その接眼光学系として、少なくとも3つの光学面を有し、その少なくとも3つの光学面で囲まれた媒質の屈折率が1より大きいプリズムを含み、そのプリズムは、観察者の眼球に最も近く眼球に向けて映像表示手段からの光束を透過する第3面と、その第3面に向けて映像表示手段からの光束を反射すべく眼球の視軸に対して傾いて配置された反射面である第2面と、そのプリズム内に映像表示手段からの光束を導く透過面である第1面とを有するものとする事ができる。

【0087】

接眼光学系をこのようなプリズムを含むものとする事により、各種収差が補正された小型で軽量の映像表示装置を構成することができ、臨場感を損なわず見やすい頭部装着型映像表示装置を構成することができる。

【0088】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の映像表示装置のいくつかの実施例について説明する。

〔実施例1〕

図1に従来例との比較で本実施例の映像表示装置の構成を模式的に示す。映像表示装置は、照明光用光源6と、光源6からの発散光をコリメートする照明レンズ7と、照明レンズ7により平行にされた照明光が背後から照射される映像表示素子としてのLCD(液晶表示素子)1と、LCD1に表示された映像を投影する投影レンズ5'と、投影光を制限する絞り8と、投影レンズ5'によって投影されたLCD1の表示映像が拡大投影されるスクリーン9とからなる。図1(a)の従来例は、LCD1の映像を周辺までシャープに投影する投影レンズ5'を有するものであり、図1(b)には、本実施例によって表示映像の周辺をぼやけさせることにより臨場感の高い映像投影ができる投影光学系を示す。映像表示素子として寸法数インチ程度のLCD1等を用いる。投影レンズ5'の略焦点位置にLCD1を配置し、その反対側のやはり略焦点位置に、スクリーン9が十分遠い場合には絞り8を、そうでなければその位置に結像レンズを配することにより、LCD1の映像が投影される。このとき、図1(b)の投影レンズ5'の周辺部の屈折力が主領域(中心領域)に比べて大きくなっていれば、図1(b)に示したように、周辺においてその結像性が劣化する。これにより、周辺がぼけた投影映像となり、臨場感の向上を阻害する映像エッジがはっきり示されない映像が投影されることになる。

【0089】

〔実施例2〕

図2(a)に、従来例として、接眼光学系に球面単レンズ10を用いた映像表示装置の概略の構成(図の右)と表示画面(図の左)を示す。また、図2(b)に本実施例の接眼光学系11を用いた例を示す。何れも水平画角30°レベルを実現している光学系とする。映像表示素子1として用いられるのは0.7インチ程度の透過型LCD等であり、アイリリーフは約23mm、レンズ厚約7mm、LCD1より眼球Eの瞳孔まではおよそ55mm弱といった光学系であり、何れの図も水平方向を示している。レンズの有効径は、本光学系11が瞳径4mm(以下の実施例3~13も同様に瞳径4mm程度を想定している。)とすると、 14.2mm (映像表示素子長径) $+ 2 \times 2\text{mm}$ (瞳半径) $= 18.2\text{mm}$ 程度であり、焦点距離は約26.5mmである。

【0090】

本実施例のレンズ1枚の接眼光学系11は、周辺部位の屈折力が主表示領域に相当する部位に比べ大きくなっている。図2(b)では周辺の勾配がきつくなっている非球面であるが、周辺の曲率がきつくなっていたり、硝材の屈折率が高くなっていたりすることで実現してもよい。

【0091】

この構成により、映像表示素子1周辺から発せられた光はこの屈折力のため、光軸方向に

10

20

30

40

50

屈曲作用を受ける。レンズ 11 の屈折力が高くなる領域は、例えば水平半画角が 15° の本光学系 11 において、半画角 13° からこの周辺の屈折力作用をさせるとすると、レンズ中心から $f \times \tan 13^\circ = 6.12 \text{ mm}$ のところから屈折力が強くなるような非球面形状にすればよい。ただし、主光線傾角がないという仮定の下、その主光線が非球面になる境界を通過する状態にしている。

【0092】

この結果、図 2 (b) の左に表示画面の様子を示すように、画面周辺においては、糸巻きのディストーション、及び、非点隔差、コマ等の収差が発生し、結像性は劣化する。実際は、球面単レンズ (図 2 (a) の 10) においてもディストーション等の収差が発生し、実際よりも大きな表示画角にはなるが、本発明は故意に収差を発生させる意味で、図 2 (b) の左の表示画面は便宜的に誇張して描いてある。このとき、 13° 程度から映像のぼけがはっきりしてきて、収差によってぼけてはいるが、表示画角は若干広がる。その映像が図 2 (b) の左に示したようなものになり、映像表示領域と非映像表示領域との境界、すなわち、映像の周辺枠が強いコントラストと共に存在する映像 (図 2 (a)) よりも徐々にぼけて行く映像が、人間の視野が周辺に行くに従って解像度が落ちてぼけていくという状況に近い状態、自然な見え方となり、臨場感の向上した映像になる。

【0093】

上述の例では、レンズの大きさをほとんど変えることなく、周辺の屈折力を上げている例であるが、接眼レンズ 11 の大きさを大きくして解像良く表示する領域は従来例と同じ大きさで表示する例を図 2 (c) に示す。このレンズ 11 周辺の屈折力が強い部位は、映像表示素子 1 周辺から発せられた光線の中、従来では眼に導かれなかった図中の光線 i を眼に導く働きを有する。この光学系 11 は、水平 30° 以内はあまり解像度を落とさず、画角を広げる方向の効果を出すため、レンズ 11 中心から表示素子 1 最端部に相当する $\pm 7.1 \text{ mm}$ のところから非球面にすれば、表示素子 1 最端部から発せられた光束の主光線が丁度非球面の境界部を通過するので、この画角からぼけが始まり、この更に外の画角の映像は周辺の屈折力を受けた光線によって作られることになる。つまり、これら屈折力を受けた光線は、正規の結像性の良い光線群よりもより大きな入射角をもって眼球 E に入射するので、映像としては元々ある正規の映像の外側に収差によってぼけた領域が存在する映像となる。すなわち、ぼけているとはいえ、画角が広がったような効果を生み出すことになる。

【0094】

〔実施例 3〕

図 3 に実施例 3 の光学系の構成を示す。この光学系は、ハーフミラー 3 と凹面鏡 2 を用いた光学系である。図 3 は垂直断面図である。この光学系においては、映像表示素子 1 から光はハーフミラー 3 を通過して凹面鏡 2 に当たり、反射光は今度はハーフミラー 3 で反射して観察者の眼球 E に投影される構成である。

【0095】

図 3 から明らかなように、凹面鏡 3 とハーフミラー 3 はそれらの中心軸が略 45° をなすように配置されているため、上下関係に関しては本光学系は空間も含めると略正方形の形状を有する。この光学系において主たる屈折面は凹面鏡 2 である。この凹面鏡 2 により映像表示素子 1 から発せられた光束は略平行光となる。

【0096】

この光学系は、図 3 に示すように、この凹面鏡 2 の周辺部においてその勾配が中心領域に比べ急峻になっている形状をしている。映像表示素子 1 から発せられた周辺の光の中、この凹面鏡 2 の勾配が急峻な領域で反射したものは、その急峻な形状による屈折力 (反射屈折力) を受ける。その結果、映像にディストーション、非点隔差、コマ等の収差が生じる。また、周辺部の屈折力が大きくなっているということが、映像表示素子 1 周辺から発せられる光束の中、従来は眼球に導かれることがなかった映像表示素子 1 における射出角の大きな光束も眼 E に導光することになり、それによって収差が生じている領域に光が導け、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができる。これにより、正規

10

20

30

40

50

の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0097】

本実施例は、LCD1の光束を眼球Eに導光するのに、先にハーフミラー3を透過して凹面鏡2で反射した後、ハーフミラー3で反射する光学系であるが、図4に示すように、先にハーフミラー3で反射して、後にハーフミラー3を透過する配置の場合でも、上記と全く同様の説明が成り立つ。

なお、以上の説明は垂直方向についてであるが、水平方向についても同様な説明ができる。

【0098】

〔実施例4〕

図5に実施例4の光学系の構成を示す。この光学系は、誘電体多層膜からなるハーフミラー3を有する接合プリズム12と凹面鏡2を用いた光学系である。映像表示素子1として0.7インチ程度のLCDを用い、水平画角は、ケラレない領域が約35°でケラレル領域も含めると約45°として実現する。図は垂直断面図である。

【0099】

図5から明らかなように、この光学系は、図3の光学系と同様に、凹面鏡2とハーフミラー3はそれらの中心軸が略45°をなすように配置されているため、上下関係に関する断面は略正方形の形状を有する。直方体のプリズム12の硝材としては、大量生産に向いているプラスチックを用いる。アイリリーフは、およそ20mmである。光学系のサイズとしては、図の垂直方向は約20mm四方である。この光学系において主たる屈折面は凹面鏡2である。この凹面鏡2により映像表示素子1から発せられた光束は略平行光となるように、プリズム12下部の凹面鏡2の曲率半径が決められている。

【0100】

この光学系は、図5に示すように、プリズム12下部の凹面鏡2の周辺部においてその勾配が中心領域に比べ急峻になっている形状を有し、この凹面鏡2の勾配が急峻な領域で反射する光は、その急峻な形状による屈折力を受ける。その結果、映像周辺部及びその外側にディストーションや非点隔差、コマ等といった収差が顕著になる。

【0101】

光学系の大きさを略決定するのは、プリズム12下部の凹面鏡2のサイズであるが、凹面鏡2の大きさが同じで周辺が急峻でない場合の光学系と比較をすると、本実施例の周辺が急峻である光学系は、上記収差のため良好な結像領域が狭くなっているが、結像性の悪い領域まで含めると映像領域は広がっている。これは、周辺部の屈折力が増しているということで、映像表示素子1周辺から発せられる光束の中、従来は眼球Eに導かれることがなかった映像表示素子1における射出角の大きな光束も眼Eに導光することができ、それによって従来暗部であった映像領域外側も光が導かれ、境界部を徐々にぼけて暗くなって行く映像を作り出すことができる。

【0102】

凹面鏡2のどの位置より周辺の領域が急峻になっているかによって、この映像のぼけ具合が変わってくるが、前述したように、主光線傾角がないという仮定では、凹面鏡2の焦点距離を f 、ぼかし始めの半画角を u とすれば、中心からおよそ $f \times \tan(u)$ のところから急峻にすれば、その画角に対応した映像表示素子1上の点から発せられた主光線から屈曲作用を受けるため、ぼけがそこから目立ち始める。このとき、図5から、周辺の急峻な領域の作用による収差がない良好な結像領域の半画角 v は、 $v = \arctan[\{f \times \tan(u) - d/2\} / f]$ という式で表せる。ここで、 d は光学系の射出瞳径である。例えば、上記の数値から、垂直方向においてぼけ始めの半画角を19°とすれば、周辺の屈折力の影響を全く受けない良好な結像領域の半画角 v は13.6°である。

【0103】

以上により、従来正規の映像領域の周辺の枠の外と内が明確なコントラストで結像よく表示されている人間本来の視界状況とは異なる視界から、正規の表示画角が広くなくても周辺は徐々にぼけ暗くなるという自然に近い視界により、臨場感のある映像を提供すること

10

20

30

40

50

ができる。

【 0 1 0 4 】

本実施例は、LCD 1の光束を眼球に導光するのに、先にプリズム 1 2 中のハーフミラー 3を透過してプリズム 1 2 下部の凹面鏡 2で反射した後、ハーフミラー 3で反射する光学系であるが、図 6 に示すように、先にハーフミラー 3で反射して、後にハーフミラー 3を透過する例でも、上記と全く同様の説明が成り立つ。

なお、以上の説明は垂直方向についてであるが、水平方向についても同様な説明ができる。

【 0 1 0 5 】

〔実施例 5〕

図 7 に実施例 5 の光学系の構成を示す。この光学系は、球面単レンズ 1 0 と、周辺部位に屈折力を有するか、又は、主表示領域に相当する部位に比べて周辺部位の屈折力が大きくなっている光学素子 1 3 とを組み合わせた光学系である。この周辺部の屈折力が大きい光学素子 1 3 は、図 8 の斜視図に示すような形状を有する光学素子であり、基本的に、映像中のぼかす領域とそうでない正規の領域の境界の形状、すなわち、良好な映像領域のエッジの形状に略相似した形状を持たせて、屈折力が映像領域周辺において増す作用を有するものであるが、横方向から見ると台形形状であるので、ここでは台形型光学素子 1 3 と称することにする。

【 0 1 0 6 】

この光学系において、LCD 1 から発せられた光束は、LCD 1 から自身の略焦点距離隔てた位置に配置された球面レンズ 1 0 によって屈折作用を受け略平行光束となる。この中、LCD 1 の主表示領域から発せられた光束は、球面レンズ 1 0 と球面レンズの略焦点距離隔てたところに存在する眼球 E の間の光路中に配置された台形型光学素子 1 3 の屈折作用を受けずに眼球 E に導かれ、LCD 1 の周辺部から発せられた光束は、球面レンズ 1 0 で屈折作用を受けた後、台形型光学素子 1 3 の周辺の屈折作用により光軸方向に屈曲作用を受ける。すなわち、ディストーション、非点隔差、コマ等の収差が発生し、球面単レンズ 1 0 のみでは図 7 の点線で示される光路を辿り、眼球 E に導かれることがなかった光束を、図 7 中に一点鎖線で示すように眼球 E に導くことができる。

【 0 1 0 7 】

映像としては、周辺部に行くに従って結像性が劣化した映像となるが、人間の視野が周辺に行くに従って解像度が落ちてぼけて行くという状況に近いとため、自然な見え方となり臨場感の向上する。

さらに、台形型光学素子 1 3 の屈折力を受けた光線が、受けない光線群よりもより大きな入射角を持って眼球 E に入射するように台形型光学素子 1 3 を設計することにより、結像性の良い映像の外側にディストーションと非点隔差、コマ等の収差によってぼけた領域が存在する映像となる。すなわち、ぼけているとはいえ、画角が広がったような効果を生み出すことになる。

【 0 1 0 8 】

〔実施例 6〕

図 9 に実施例 6 の光学系の垂直断面図を示す。この光学系は、ハーフミラー 3 と凹面鏡 2 とをそれぞれの中心軸が相互に 45° の角度をなして交わるように配置し、さらに、ハーフミラー 3 と観察者眼球 E との光路中に実施例 5 に用いた台形型光学素子 1 3 を配設した光学系である。

【 0 1 0 9 】

ハーフミラー 3 と凹面鏡 2 を具備した光学系は、前記の従来技術の問題点に述べたように、射出側において必ずデッドスペースが存在する。観察者眼球 E からの逆光線追跡によれば、台形型光学素子 1 3 が配されていないならば、図 1 0 に一点鎖線で示されるように、図中 A の領域のデッドスペースを通過した光束は全て凹面鏡 2 でケラレて、LCD 1 には到達しない。なぜならば、図 1 0 に示すように、光学系のサイズを決定付ける凹面鏡 2 は LCD 1 最周辺から発せられた光束の主光線までの光束を導き、残りは凹面鏡 2 において光

10

20

30

40

50

線をケルような径になっている、あるいは、図 1 1 に示すように、定められた瞳を形成するだけの従属光線を導き、残りはケルような径になっているからである。すなわち、凹面鏡 2 が光学系の開口絞りの役目を果たしている。本光学系は、頭部に装着する装置を前提としたものなので、少しでもサイズを小さくするため、光学系のサイズを決定付ける凹面鏡 2 を上記のようなサイズにするのが妥当である。

【 0 1 1 0 】

観察者眼球 E とハーフミラー 3 との光路中、上記のその構造上必ず生まれるデッドスペースに相当する部位の射出側付近に、周辺屈曲光学手段である台形型光学素子 1 3 を設けたのが本実施例の光学系である。

この光学系において、観察者眼球 E から略映像中央を見ているような状況における瞳孔程度の断面積を有する平行光束は、台形型光学素子 1 3 の影響を受けず、ハーフミラー 3 で反射し凹面鏡 2 で反射屈折作用を受け、LCD 1 に収束する。一方、映像周辺を見ているような状況の平行光束は、台形型光学素子 1 3 の影響を受ける。ここで、台形型光学素子 1 3 がなければ、ハーフミラー 3 で反射し、凹面鏡 2 の有効径外に行くので LCD に到達しない（図 1 0 の一点鎖線）が、台形型光学素子 1 3 があることにより、光軸方向に屈曲作用を受け、ハーフミラー 3 で反射し、凹面鏡 2 の有効径内に到達し、凹面鏡 2 で反射して LCD 1 に到達する（図 1 0 の点線）。この台形型光学素子 1 3 がなかったら LCD 1 に到達せず、台形型光学素子 1 3 があって初めて LCD 1 に到達することができる光束群によって、以下のような映像周辺効果が得られる。

【 0 1 1 1 】

これらの光束群は、デッドスペースから光が眼に入射する形になるので、台形型光学素子 1 3 がなかった場合、ケラれることなく眼 E に最もきつい角度で入射する光束よりも大きな角度で眼 E に入射する。すなわち、表示画角を広げることになる。これらの光束は、図 1 0 に示すように、LCD 1 最周辺から発せられた光束ではなく、LCD 1 の最周辺から中央寄りの光束である。台形型光学素子 1 3 の屈曲作用を受けた光束は収差を持っているため、映像周辺に行くに従って結像性が劣化した映像になる。映像において台形型光学素子 1 3 がなかった場合の映像最周辺に相当する部分が LCD 1 最周辺からの光であり、そこを境界として、更にその外側の映像は LCD 1 最周辺から徐々に中央寄りの部分からの光により出来上がる。

【 0 1 1 2 】

こうして、従来は眼球 E に導かれることがなかった光束を眼 E に導光でき、また、従来明暗のコントラストが強い境界部の暗部にも光が導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなって行く映像を作り出すことができる。これにより、本光学系のデッドスペースを有効に使うことによって、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【 0 1 1 3 】

本実施例は、LCD 1 の光束を眼球 E に導光するのに、先にハーフミラー 3 を透過して凹面鏡 2 で反射した後、ハーフミラー 3 で反射する光学系であるが、図 4 に示すように、先にハーフミラー 3 で反射して後にハーフミラー 3 を透過する例でも、上記と全く同様の説明が成り立つ。

なお、以上の説明は垂直方向についてであるが、水平方向についても同様な説明ができる。

【 0 1 1 4 】

〔実施例 7〕

図 1 2 に実施例 7 の光学系の構成を示す。この光学系は、LCD 1 から自身の略焦点距離隔てたところに球面単レンズ 1 0 と、そこからさらに略焦点距離隔てたところに観察者眼球 E があり、球面単レンズ 1 0 と観察者眼球 E との光路中、レンズ 1 1 の近傍眼側に実施例 5、6 で用いた台形型光学素子 1 3 を配設した光学系である。この光学系において、開口数を制限するのは単レンズ 1 0 の有効径であるが、単レンズ 1 0 は LCD 1 最周辺から発せられた光束の主光線がレンズ端部を通過するような有効径を有するサイズである。ま

10

20

30

40

50

た、台形型光学素子 1 3 は周辺が非球面であり、この周辺領域にて屈折力を有する光学素子である。

【 0 1 1 5 】

ここで、逆光線追跡にて LCD 1 の最周辺に到る光線が観察者眼球 E から射出する角度は表示映像の半画角 u に相当するが、この角度付近、さらに、これより角度の大きい光線がこの台形型光学素子 1 3 の屈曲作用を受ける。この屈曲作用は、図 1 2 に示すように、眼球 E からの逆光線追跡をした場合、台形型光学素子 1 3 の周辺の屈折力のある部位を通過した光線（図中、点線）が単レンズ 1 0 の端部に到達するようなものである。

【 0 1 1 6 】

屈曲作用を受けた光線は、単レンズ 1 0 の端部にて屈折し、LCD 1 の最周辺より内側に到達するが、図 1 2 から分かるように、眼球 E に入射する角度が大きい光線程 LCD 1 の内側から発せられた光線となる。このように、逆光線追跡にて台形型光学素子 1 3 を通過する光線は、LCD 1 最周辺から発せられた光束よりも大きな入射角で眼球に入射することを意味し、このことにより映像は以下ようになる。

【 0 1 1 7 】

すなわち、表示映像は、台形型光学素子 1 3 の屈曲作用を受けない結像性の良い正規の映像の外側に、台形型光学素子 1 3 の屈曲作用を受けた結像性の劣化した映像が存在し、その映像は外側に行く程映像表示素子 1 中央よりの絵になる。台形型光学素子 1 3 の屈曲作用が、逆光線追跡にてそれを通過した光線が単レンズ 1 0 の端部に到達するようなものであることにより、正規の映像の外側に表示される映像を作り上げる光束の LCD 1 における射出元が必要以上に LCD 1 の中央寄りの領域からのものでないようにすることができる。

【 0 1 1 8 】

厳密に言えば、正規映像の周辺近傍においては、画面中央側から周辺に向かうに従って徐々に非点隔差、ディストーション、コマ等の収差が発生し、映像がぼけている。このぼけていくぼけ具合は、図 1 2 に示すように、LCD 1 から発せられた光束の中、台形型光学素子 1 3 を通過する光束と通過しない光束がどのくらいの割合かで決まる。そして、このぼけ具合を決定するのは、台形型光学素子 1 3 の周辺の屈折力が LCD 1 のどの領域の光束から作用し始めるかである。

【 0 1 1 9 】

主光線傾角がほとんどないと仮定した場合、表示素子 1 のサイズを L 、球面単レンズ 1 0 の焦点距離を f 、瞳径を D とし、球面レンズ 1 0 と台形型光学素子 1 3 とのレンズ間隔を d とすると、LCD 1 最周辺まで結像よく表示したい場合は、模式的に表した図 1 3 に示すように、台形型光学素子 1 3 の周辺の屈折力が強くなる領域は、レンズ中央から A の所から屈折力を強くすれば、所望の結果が得られる。この A は、図の幾何的な関係から、 $A = (L f - L d + D f) / 2 f$ と表すことができる。

【 0 1 2 0 】

これは、瞳径分の光束は台形型光学素子 1 3 の周辺の屈折力を作用させないようにし、周辺屈折力は更なる外側の光線を取り込むことに寄与し、画角を広げるような効果を生む状態である。

【 0 1 2 1 】

また、図 1 4 に示すように、台形型光学素子 1 3 の屈折力が LCD 1 の最周辺よりかなり内側から作用し始める、例えば、LCD 1 最周辺で 1 0 0 % ぼけている状態になるためには、 A は図の幾何的な関係から、 $A = (L f - L d - D f) / 2 f$ となる。このとき、図 1 4 の点線で示される画角までが良好な結像範囲であり、その画角は、図 1 4 から、 $\tan^{-1} \{ (A - D / 2) / (f - d) \}$ である。これは、画像の最周辺からぼかすのではなく、もっと中央寄りからぼかし始め、徐々にその度合いが強まるようになるので、ぼけ方を滑らかにすることができる状態である。

【 0 1 2 2 】

〔実施例 8〕

10

20

30

40

50

図15に実施例8の光学系の垂直断面を示す。この光学系は、ハーフミラー作用を有する誘電体多層膜3を介して接合したプリズム12と凹面鏡2からなるプリズム光学系と、プリズム射出面4のデッドスペースが実施例5、6、7に用いた台形型光学素子13と同様の働きを有したフレネルレンズ14になっている光学系である。

【0123】

本光学系の開口絞りの役目を果たすプリズム12下部の凹面鏡2は、LCD1最周辺から出た光束の主光線が丁度凹面鏡2のエッジに到達するような有効径を有するサイズである。これは逆光線追跡にての主光線であり、主光線は収差のため少し傾斜した状態でLCD1に到達している。

【0124】

このように、プリズム光学系において、射出面4上必ず存在するデッドスペースをフレネルレンズ状にすることで、前記実施例における台形型光学素子13の作用を持たせている。

【0125】

ここで、逆光線追跡にてLCD1の最周辺に到る光線が観察者眼球Eから射出する角度 u は表示映像の半画角に相当するが、この角度付近、さらに、これより角度の大きい光線がこのフレネルレンズ14の屈折作用を受ける。さらに、このフレネルレンズ14は屈折力分布を有しており、図15に示すように、眼球Eからの逆光線追跡をした場合、フレネルレンズ14を通過した主光線が全て凹面鏡2端部に到達するように設計されている。

【0126】

以上によって得られる表示映像は、フレネルレンズ14の屈折作用を受けない結像性の良い正規の映像の外側に、フレネルレンズ14の屈折作用を受けた結像性の劣化した映像が存在し、その映像は外側に行く程LCD1の中央寄りの絵になる。

【0127】

以上から明らかのように、従来のプリズム光学系のデッドスペースに屈折力を薄型のフレネルレンズ14という形で持たせてあるため、光学系を大きくすることなく、従来正規の映像の外側の正規の映像との明暗のコントラストが強い暗部に光を導くことができ、結果的に表示画角が大きくなったと感じさせることができ、さらに、その映像は映像周辺から自然に繋がる劣化した映像なので、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0128】

この実施例においては、周辺における屈折力をフレネルレンズ14という形で実現したが、同じく薄型で光を回折現象により屈折できる回折光学素子によって達成してもよい。

【0129】

本実施例はLCD1の光束を眼球Eに導光するのに、先にハーフミラー3を透過して、凹面鏡2で反射した後、ハーフミラー3で反射する光学系であるが、図16に示すように、先にハーフミラー3で反射して、後にハーフミラー3を透過する例でも、上記と全く同様の説明が成り立つ。

なお、以上の説明は垂直方向についてであるが、水平方向についても同様な説明ができる。

【0130】

〔実施例9〕

図17に実施例9の光学系の部分的な垂直断面を示す。この光学系は基本的に実施例8の光学系に準じており、本実施例では、プリズム光学系のデッドスペース付近のフレネルレンズ面領域に関して具体的に説明する。フレネルレンズ14がどの範囲の光束に作用するかは、そのフレネルレンズ14の存在領域に依存し、それによって表示される映像が異なったものになる。

【0131】

図17に示すように、眼Eに大きな角度をなしている光線がフレネルレンズ14の作用を受けるが、周辺の光線は収差によってLCD1には若干角度を持った状態で到達する。図

10

20

30

40

50

中、光線 c はフレネルレンズ 1 4 の作用を受けない光線の中、眼 E に最大角度で入射する LCD 1 の最端部から発せられる主光線である。この光線 c が逆光線追跡にてフレネルレンズ 1 4 のエッジ部を通過し、ハーフミラー 3 で反射した後、凹面鏡 2 の丁度端部に到達するように凹面鏡 2 の有効径が決められている。

【 0 1 3 2 】

フレネルレンズ 1 4 あるいは新たに光を屈折させる手段が存在しなければ、逆光線追跡にて眼 E からこの光線 c より大きな角度で射出する光線は、全てハーフミラーで反射した後、射出面 4 を抜けて行き、凹面鏡 2 に到達することはない。すなわち、LCD 1 に到達しないので、LCD 1 から発せられた光線で光線 c より大きな角度で眼 E に入射してくる光線は存在せず、図 1 7 におけるフレネルレンズ 1 4 の領域はまさにデッドスペースになる。

10

【 0 1 3 3 】

フレネルレンズ 1 4 あるいは新たに光を屈折させる手段が存在することによって、この光線 c より大きな射出角 ($> C$) で眼 E から射出面 4 に向かう光線も、フレネルレンズ 1 4 の屈折力を受けることによって、ハーフミラー 3 で反射した後、凹面鏡 2 に到達することができる。

【 0 1 3 4 】

本実施例では、上記のように、フレネルレンズ 1 4 は LCD 1 最端部から射出した主光線が丁度フレネルレンズ 1 4 の内側エッジ部を通過するように位置している。LCD 1 から射出した光束は、眼 E に到達するとき、ある径を持った略平行の状態になっている。逆光線追跡にて眼球 E からある角度で光線が射出するとき、同じ角度でも前述の径を有しているため、フレネルレンズ 1 4 を通過しその作用を受ける光線と、通過せずにその作用を受けない光線とがある。このフレネルレンズ 1 4 の作用を受ける光線量と受けない光線量との割合は眼球 E からの射出角によって異なる。

20

【 0 1 3 5 】

図 1 7 から明らかなように、眼球 E から角度 C で射出する光束は、丁度主光線である光線 c がフレネルレンズ 1 4 の内側エッジ部を通過するので、この光束の 50% がフレネルレンズ 1 4 を通過せず (図中、眼球 E の瞳孔を通った光束のハッチを付していない領域)、50% がフレネルレンズ 1 4 を通過する (図中、眼球 E の瞳孔を通った光束のハッチを付した領域) ことになる。このことは、50% が LCD 1 端部へ到達し、50% は屈折力を受けその端部より中央側へ到達することになる。このとき、LCD 1 のどこに到達するかはフレネルレンズ 1 4 の屈折力による。

30

【 0 1 3 6 】

図 1 8 の点線で示される光線 c の射出角 C より少し大きい角度で射出する光束は、ハッチを付した領域で示されるフレネルレンズ 1 4 の作用を受ける光線量の割合が、角度 C で射出するの光束より大きくなる。逆に、図 1 9 に示すように、射出角 C より少し小さい角度で射出する光束は、ハッチを付した領域で示されるフレネルレンズ 1 4 の作用を受ける光線量の割合は、角度 C で射出するの光束より少なくなる。

【 0 1 3 7 】

前述の通り、逆光線追跡にてフレネルレンズ 1 4 を通過した光線は LCD 1 中央寄りに到達するが、LCD 1 上どの位置に到達するかは分布を有するフレネルレンズ 1 4 の屈折力による。また、前述の通り、このフレネルレンズ 1 4 の屈折力分布は映像を自然かつ滑らかなものにするため、逆光線追跡にして凹面鏡 2 エッジに到達するような屈折力分布が好ましく、このとき、眼球 E からの射出角が大きい光線程 LCD 1 中央寄りに到達する。また、フレネルレンズ 1 4 の上側 (外側) 程屈折力が強いため、LCD 1 の中央寄りに到達する。

40

【 0 1 3 8 】

図 2 1 に LCD 1 の画面とその周辺を示すように、LCD 1 において端部から 1、2、3、4、5 と画面領域を 5 分割する。このとき、LCD 最周辺から発せられる光束が図 2 0 中の 1 で示される。映像を観察したとき、この光線 1 の眼

50

E への入射角 C が図 2 1 の画面の画角 C に対応する。この画角 C より外側がフレネルレンズ 1 4 の影響を受けて徐々にぼけてくる。入射角 C よりも少し大きい入射角 s (図 2 0 中、 2 、 3 、 4 の光線は何れも眼 E への入射角は s である。) のある径を持った光束は、フレネルレンズ 1 4 の通過する場所によって LCD 1 への到達位置が図 2 0 のように異なる。LCD 1 のそれぞれの場所の光線量の割合は、フレネルレンズ 1 4 の屈折力と角度に依存する。角度が大きい程 LCD 1 中央寄りからの光量が大きくなる。また、図 2 2 に示すように、更に大きい入射角 t では、 3 、 4 、 5 といった場所からの光ということになる。

【 0 1 3 9 】

すなわち、上記光線 c の角度 C では、LCD 1 最周端 1 の領域からだけしか光線が到達しないが、それ以上の画角では、外側の画角程中央域からの映像となる。光線 c の角度 C より小さな角度でも、同様に LCD 1 の色々な領域からの光線によって構成される。そして、その割合はやはり射出角度とフレネルレンズ 1 4 の屈折力に依存し、角度が小さい程 LCD 1 外側からの光量が大きくなる。

10

【 0 1 4 0 】

画角 C に対応するのが LCD 1 最周辺の映像を表示しているが、その外側はまた中央域へ向かう映像になるので、画角が広がる効果はあるが、外側の映像が結像性が良いとかえってゴーストのようになるので、適当に結像性を落とすことが望ましい。フレネルレンズ 1 4 の屈折力分布でそれを実現してもよいが、フレネルレンズ 1 4 の一つ一つの溝をリップル状にしたり、あるいは、溝と垂直方向に解像度を落とすための溝を新たに設けてもよい。これにより、視野周辺には映像はあるが、結像性が悪いので、周辺は徐々にぼけているという人間の自然な視界に近づけることができる。

20

【 0 1 4 1 】

図 2 3 に、縦軸に光量、横軸に逆光線追跡における眼からの射出角をとったグラフを示す。図 1 7 に示す主光線がフレネルレンズ 1 4 のエッジを通過する光束 (中心光線 c) はフレネルレンズ 1 4 の作用を受ける割合が 5 0 % の状態で、図 2 3 のグラフ中射出角 C で示してある。眼からの射出角がそれより大きい光線はフレネルレンズ 1 4 の作用を受ける光線の割合が多くなり (図 1 8 の状態) 、射出角がそれより小さい光線はフレネルレンズ 1 4 の作用を受ける光線の割合が少なくなる (図 1 9 の状態) 。

【 0 1 4 2 】

このグラフにおいて、正と描いてある曲線は、フレネルレンズ 1 4 を通過しない光線のこと、これらは結像性の良い映像を作る。一方、不正と描いてある曲線は、フレネルレンズ 1 4 を通過する光線のこと、逆光線追跡にてフレネルレンズ 1 4 を通過しない光線の LCD 1 上での到達位置より中央側へ到達するものである。

30

【 0 1 4 3 】

グラフ中、正の曲線は、射出角 C で 5 0 % の値を取り、その後急に 0 に落ち込んでおり、それより大きな角度の光線はない。これは図 1 8 から分かるように、光線 c より大きな射出角で眼 E から射出するものは、フレネルレンズ 1 4 を通過せずその作用を受けなければ、前述したように凹面鏡 2 に到達せず、射出面 4 から斜め下に抜けてしまうという光学系だからである。また、1 0 0 % のときの射出角度は、光束径内の全てがフレネルレンズ 1 4 を通過していない角度である。フレネルレンズ 1 4 のエッジの光軸からの距離を B とし、射出瞳から射出面 4 までの距離を R とし、射出瞳径を D とすると、1 0 0 % になる角度 θ_m は、 $\theta_m = \arctan \{ (B - D) / R \}$ という式で表現できる。

40

【 0 1 4 4 】

一方、不正の曲線は、射出角 C で 5 0 % の値を取り、更に徐々に射出角と共に増して行き、光束径中の全てがフレネルレンズ 1 4 を通過する角度で 1 0 0 % になる。光束の主光線がフレネルレンズ 1 4 の中心を通過するときの射出角にてピーク中心を取る。射出角がフレネルレンズ 1 4 の領域よりも大きくなると、光線量は再び小さくなって行く。

【 0 1 4 5 】

図 2 3 のグラフ中、正の光量と収差が大きい不正の光量とを合わせて総光量のグラフが図

50

24である。LCD1最周辺から発せられる光束が眼に入射してくる角度を少しでも越えた角度での映像の光量は50%になり、映像の中央等の100%の領域に比べて半分の明るさである。すなわち、映像は周辺部において、前記の角度Cで一回暗くなり、その外側は再び明るくなって来る映像となる。

【0146】

以上、逆光線追跡にて説明を行ったが、視点を換え順光線追跡にて光線を考えると、LCD1最周辺よりやや中央寄りから発せられる光束は凹面鏡2、ハーフミラー3で反射した後、フレネルレンズ14を通過する光線と通過しない光線に分かれる。このとき、フレネルレンズ14を通過する光線は、通過しない光線よりも光軸方向に屈曲し、眼Eに対してより大きな入射角を持って入射する。このことは、網膜上においてフレネルレンズ14を通過した光束のスポット位置と、フレネルレンズ14を通過しない光束のスポット位置とが異なることを意味し、具体的には非点隔差、ディストーション、コマ等の収差を持つことになる。不正と称していたのは、フレネルレンズ14を通過しない光線が作る映像よりも外側に非点隔差、ディストーション、コマ等が発生している映像を作る光線群だからである。したがって、不正の光線は非点隔差、ディストーション、コマ等の収差を持った光線群であるから、LCD1上の同じ点から発した光束は光束の一部が小さい収差量にて眼球Eに入り、一部は非点隔差、ディストーション、コマ等の収差を含んで眼球Eに入射し、映像上のこの画素は外側に放射状に伸びたぼけた点として認識される。この不正の光線群が本発明による効果を生み出す光線群である。

【0147】

そのぼけ量は、光量の割合、つまりフレネルレンズ14の領域をどれだけ通過するかによる。LCD1最端部から発した光束は良好な結像光線が50%、収差の乗った結像作用が悪い光線が50%ということになり、それより大きな画角、つまり映像面でそれより外側から結像作用が悪い光量が50%を越えてくるので、はっきりぼけとして認識されてくる。

【0148】

〔実施例10〕

図25に実施例10の光学系の構成を示す。この光学系は、実施例8、9に準じたものであるが、フレネルレンズ14の位置が異なっている。実施例8においては、フレネルレンズ14の位置はLCD1最周端から発せられた光束の主光線が丁度フレネルレンズ14のエッジを通過するような位置であったが、本実施例では、LCD1最周端から発せられた光束のローワー・レイが丁度フレネルレンズ14のエッジを通過するような位置にある。さらに、凹面鏡2の有効径は、LCD1最周端から発せられた光束の最外の従属光線が凹面鏡2最端部にて反射するような有効径になっている。これにより、LCD1最周端から発せられた光束はその100%がフレネルレンズ14を通過し、その作用を受けることになる。図25はLCD1最周端から発せられた光線の順追跡を示している。

【0149】

実施例8で説明したのと同様な説明が適用でき、光量は図26のようになる。フレネルレンズ14の作用を受け始める角度が小さくなり、フレネルレンズ14がない場合のLCD1最周端からの光束を眼Eに入射する角度Cにおいては、フレネルレンズ14の作用を受けない正の光量が0%になり、フレネルレンズ14の作用を受ける不正の光量が100%になる。図25から、フレネルレンズ14のエッジの光軸からの距離をBとし、射出瞳から射出面4までの距離をRとし、射出瞳径をDとすると、正の光量と不正の光量が共に50%になる角度 θ_n は、 $\theta_n = \arctan \{ (B - D/2) / R \}$ という式で表現できる。

【0150】

正と不正の光量の和を取った総光量は、図27のようなグラフになり、実施例8に見られた角度Cにて一度光量が落ち込み、映像が周辺で一旦暗くなる不自然さはなくなる。しかし、不正つまりフレネルレンズ14の作用を受け始める角度が小さくなるということは、それだけぼけ始める領域の角度が小さくなることを意味し、したがって、良好な結像性の

10

20

30

40

50

良い領域が狭くなることを意味する。

【 0 1 5 1 】

要するに、この光量の点での自然さと、良好な結像領域の広さとはトレードオフの関係にあり、これはフレネルレンズ 1 4 の位置に依存するので、映像の種類等により最適な位置にすることが重要である。すなわち、中心付近ばかり注視するような映像で、中心付近のみ結像性が必要とされる場合は、自然さを重要視し、フレネルレンズ 1 4 を浅い角度から作用させ、周辺付近でもある程度の結像性が要されるならば、実施例 8 に示したようなフレネルレンズの位置にするのが良い。

【 0 1 5 2 】

〔実施例 1 1〕

図 2 8 に実施例 1 1 の光学系の構成を示す。この光学系は、周辺部位が負の屈折力になる非球面を有する非球面レンズ 1 5 と、このレンズ 1 5 の周辺部の負の屈折力によって光軸と反対方向に屈折した光束を眼 E に導光する作用をする、周辺において正の屈折力が大きくなっている非球面を有するレンズ 1 3 とを組み合わせた 2 枚のレンズからなる光学系である。

10

【 0 1 5 3 】

上記の周辺部の屈折力が正に大きい光学素子は、実施例 5、6 等で用いられている台形型光学素子 1 3 である。また、上記の周辺において負の屈折力を有するレンズ 1 5 はこの光学系における主たる屈折手段であるが、周辺に行くに従って正の屈折力から負の屈折力に転じるような非球面形状を有する。

20

【 0 1 5 4 】

周辺が負の屈折力を有する非球面レンズ 1 5 の主領域での焦点距離だけ略離れた位置に LCD 1 が配置され、それと逆側にやはり略その焦点距離隔てた位置に観察者眼球 E が配される。主領域においては、従来の光学系と同様な結像性を示すが、周辺においては主たる屈折手段 1 5 の負の屈折力を受けて光軸と反対方向に光が屈折され外側に広がる。これらの外側に屈折された光束は、台形型光学素子 1 3 の周辺部の屈折力を受けて眼球 E に導光される。このとき、LCD 1 周辺から発せられた光束は、負の屈折力を受けて一旦広げられた状態から眼 E に導光されるので、大きな角度をなして眼 E に入射してくる。このことは、映像の画角が広がったような効果を生むことを意味し、映像周辺において放射状に画像が伸びて徐々に暗くなって行く映像になり、人間の視野が周辺に行くに従って解像度が落ちてぼけて行くという状況に近いので、自然な見え方となり、臨場感が向上する。

30

【 0 1 5 5 】

〔実施例 1 2〕

図 2 9 に実施例 1 2 の光学系の垂直断面を示す。この光学系は、ハーフミラー 3 と凹面鏡 2 とをそれぞれの中心軸が 4 5 ° の角度をなして交わるように配置し、さらに、ハーフミラー 3 と観察者眼球 E との光路中に実施例 5 等に用いた台形型光学素子 1 3 を配設した光学系である。この光学系中の凹面鏡 2 は、周辺において負の屈折力を有する非球面形状になっている。

【 0 1 5 6 】

ハーフミラー 3 と凹面鏡 2 を具備した光学系は、前記の従来技術の問題点に述べたように、射出側において必ずデッドスペースが存在し、このデッドスペースに相当する部位に台形型光学素子 1 3 が配されている。この台形型光学素子 1 3 は、LCD 1 周辺から発せられた光束の中、凹面鏡 2 周辺の負の屈折力を経て凹面鏡 2 の光軸から離れる方向に屈曲したものを眼 E に導光する作用を有するが、この屈折力は本光学系のサイズを決定する最大の要因である凹面鏡 2 の有効径と密接な関係がある。

40

【 0 1 5 7 】

逆光線追跡によって眼 E から発せられた光束で、台形型光学素子 1 3 の周辺の屈折力を受けた光束は、ハーフミラー 3 によって反射し、凹面鏡 2 に向かうが、凹面鏡 2 はこれらの光束がケラレることがないような有効径を持っている。図 2 9 に示すように、逆光線追跡にてある瞳径を持った光束が眼球から発せられ、大きな射出角をもって射出していく光束

50

については、台形型光学素子 1 3 の作用を受けるが、このとき、光束はある大きさの径を持つので、ハーフミラー 3 で反射後の凹面鏡 2 での到達位置が異なる。LCD 1 上の到達位置は、この周辺部の非球面形状の凹面鏡 2 のどの位置にて屈折力を受けたかによる。すなわち、非球面形状を帯びているため、場所によって屈折力が違う。当然ながら、眼球 E からの射出角が異なっても、LCD 1 上で同一位置に到達し得ることを意味する。

【 0 1 5 8 】

このことは、順光線追跡をすれば、図 3 0 に示したように、LCD 1 周辺から射出した光束は、凹面鏡 2 での到達位置により射出面での射出位置が異なり、台形型光学素子 1 3 での通過位置が異なる。これにより、LCD 1 上の同じ点から発しても異なる入射角にて眼球 E に導光されるため、映像の見え方としては、周辺において激しい非点隔差、ディストーション、コマ等の収差が発生し、放射状に伸びた感じになる。

10

【 0 1 5 9 】

光量的には、元々同じ量の光量が、周辺部においては分散し様々な角度で眼に導光される形になるため、映像周辺に行くに従って徐々に暗くなる。

この映像の周辺での放射状にぼかすぼかし加減は、台形型光学素子 1 3 の位置と、台形型光学素子 1 3 自身の屈折力分布、凹面鏡 2 の周辺での屈折力配分に依存する。

【 0 1 6 0 】

以上の結果、表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができ、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

20

【 0 1 6 1 】

本実施例は、LCD 1 の光束を眼球 E に導光するのに、先にハーフミラー 3 を透過して、凹面鏡 2 で反射した後、ハーフミラー 3 で反射している光学系であるが、図 3 1 に示すように、先にハーフミラー 3 で反射して、後にハーフミラー 3 を透過する配置の場合でも、上記と全く同様の説明が成り立つ。

なお、以上の説明は垂直方向についてであるが、水平方向についても同様な説明ができる。

【 0 1 6 2 】

〔実施例 1 3〕

図 3 2 に実施例 1 3 の光学系の垂直断面を示す。この光学系は、ハーフミラー 3 を有する接合プリズム 1 2 とその前部の凹面鏡 2 とを有し、ハーフミラー 3 と凹面鏡 2 がそれぞれを中心軸が 4.5° の角度をなして交わるように配置したプリズム光学系である。この光学系において、凹面鏡 2 の周辺が徐々に負の屈折力を帯びるような非球面形状になっており、さらに、プリズム射出面 4 周辺が凹面鏡 2 周辺の負の屈折力を受け、外側に広がった光束を眼 E に導光する作用を有する正の屈折力を有したフレネルレンズ(図 1 5 等)がプリズム 1 2 の射出面 4 に設けられるか、図示のように、台形型光学素子 1 3 が配置されている。フレネルレンズの場合は、前記したように、プリズム 1 2 が有するデッドスペースに施される。

30

【 0 1 6 3 】

台形型光学素子 1 3 あるいはフレネルレンズの屈折力は本光学系のサイズを決定する最大の要因である凹面鏡 2 の有効径と密接な関係がある。

40

【 0 1 6 4 】

逆光線追跡によって眼 E から発せられた光束で、台形型光学素子 1 3 あるいはフレネルレンズの屈折力を受けた光束は、ハーフミラー 3 によって反射し、LCD 1 と反対側に配置した凹面鏡 2 に向かうが、凹面鏡 2 はこれらの光束がケラレることがないような有効径を持っている。

【 0 1 6 5 】

実施例 1 2 に述べた作用により、LCD 1 上の同じ点から発しても、異なる入射角にて眼球 E に導光されるため、映像の見え方としては、周辺において激しい非点隔差、ディストーション、コマ等の収差が発生し、放射状に伸びた感じになる。

50

【0166】

光量的には、元々同じ量の光量が、周辺部においては分散し、様々な角度で眼Eに導光される形になるため、映像周辺に行くに従って徐々に暗くなる。この映像の周辺での放射状にぼかすぼかし加減は、台形型光学素子13あるいはフレネルレンズの位置と、それら自身の屈折力の分布、凹面鏡2の周辺での屈折力配分に依存する。

【0167】

以上の結果、表示画角が大きくなったと感じさせることができると共に、境界部が徐々にぼけて暗くなっていく映像を作り出すことができ、正規の表示画角が広くなくても臨場感のある映像を提供することができる。

【0168】

本実施例は、LCD1の光束を眼球Eに導光するのに、先にハーフミラー3を透過して、凹面鏡2で反射した後、ハーフミラー3で反射している光学系であるが、図33に示すように、先にハーフミラー3で反射して、後にハーフミラー3を透過する配置の場合でも、上記と全く同様の説明が成り立つ。

なお、以上の説明は垂直方向についてであるが、水平方向についても同様な説明ができる。

【0169】

〔実施例14〕

次に、投影光学系が自由曲面で構成された図34に斜視図を示すような光学系20の場合の実施例を説明する。この光学系20は本出願人の特願平8-92300号によって提案されたもので、3つの光学面21~23と両側の側面24からなる偏心プリズム光学系である。この投影光学系20は、比較的に表示画角が大きく、かつ画面周辺までシャープに投影できるコンパクトな光学系である。

【0170】

この光学系20の光路図を図35に示すが、偏心プリズム光学系20は、光軸26に対してそれぞれの面が偏心している3面21~23で形成された空間を屈折率が1より大きい光学的に透明な媒質によって満たされており、映像表示素子1から発する光の入射面を第1面21、射出瞳25とは反対側の面である反射面を第2面22、射出瞳25に近接した面を第3面23とすると、映像表示素子1から射出した光線の経路は、偏心プリズム光学系20の第1面21から屈折して入射し、第3面23で第2面22側へ内部反射し、第2面22で第3面23側へ内部反射して第3面23から屈折して射出して、射出瞳25に到達するものである。そして、反射面である第2面22全面及び第3面23の光透過領域以外の面には反射コーティング27が施されている。

【0171】

ここで、映像表示素子1中心から射出して射出瞳25中心に到る主光線を含む面をY-Z面とし、その中、射出瞳25に瞳孔を位置させた観察者が映像表示素子1の映像中心を注視したときの視軸(光軸26に一致)方向、つまり、光学系を射出した主光線の方向をZ軸方向、Y-Z面内にあり、Z軸に垂直な方向をY軸方向、Z軸及びY軸に共に垂直な方向をX軸方向と定義する。

【0172】

図35において、この偏心プリズム光学系20は、LCD等の映像表示素子1から射出した光束が図中第1面21を通過屈折して、第3面23の反射コーティング27領域で反射するか、又は、第3面23の反射コーティング27のない領域で全反射して、反射コーティング27が施された第2面22で反射し、再度第3面23の反射コーティング27のない領域で屈折して射出瞳25位置の観察者の眼に導くという構成の光学系である。

【0173】

この投影光学系20に、図36に示すように、周辺屈曲光学手段14を映像表示素子1に面した第1面21付近に配置する。このとき、周辺屈曲光学系手段14は、図37(a)に斜視図、同図(b)にY-Z断面図を示すように、周辺に横方向リニアフレネルレンズ(1次元フレネルレンズ)14₁と縦方向リニアフレネルレンズ14₂が施された素子で

10

20

30

40

50

ある。このリニアフレネルレンズ 14_1 、 14_2 によって、後記するように光線を屈曲させる。周辺屈曲光学手段 14 の光線を屈曲する周辺部は、上記のようなフレネルレンズである必要はないが、このリニアフレネルレンズ 14_1 、 14_2 の領域で光線を比較的大きく屈曲させるため、中心領域に比べてパワー付加のために曲率半径の小さな面になり、かなりの厚みを持ってしまうので、このようなリニアフレネルレンズ 14_1 、 14_2 で構成することが望ましい。

また、リニアフレネルレンズ 14_1 、 14_2 でなく、レリーフパターンやグレーティングを施して回折作用によって光線を屈曲させるようにしてもよい。

【0174】

図37では、周辺屈曲光学手段 14 はフラットなプレート上にフレネルレンズ 14_1 、 14_2 が施されたものを示してあるが、画像の結像性を良くするためベースとなるプレートを非球面又は自由曲面等で構成されたものとしてもよい。また、フラットなプレート状のものの場合、偏心プリズム光学系 20 の第1面 21 の直前に近接して配置する場合は、元々の投影光学系である偏心プリズム光学系 20 の第1面 21 がフラットな面であると(図36)、両者の密着性が良くなり、無駄な空間がなくなる。なお、このときは、第2面 22 、第3面 23 で偏心プリズム光学系 20 の結像に関係した収差が補正されていない。

【0175】

また、図38に示すように、周辺屈曲光学手段 14 の作用を偏心プリズム光学系 20 の第1面 21 自体に持たせてもよい。すなわち、投影光学系を偏心プリズム光学系 20 と周辺屈曲光学手段 14 という2部材に分けるのではなく、偏心プリズム光学系 20 の第1面 21 自体の周辺にリニアフレネルレンズ 14_1 、 14_2 を施して光線を屈曲させるようにするか、あるいは、レリーフパターンやグレーティングを施して回折作用によって光線を屈曲させるようにしてもよい。

【0176】

また、図36では第1面 21 がフラットな面である例を示したが、図39に偏心プリズム光学系 20 の第1面 21 がフラットでない例を示す。この場合、偏心プリズム光学系 20 の結像に関係した収差をより補正でき、周辺がぼけた領域での結像性を良くすることができる。また、第1面 21 自体に周辺屈曲光学手段 14 の作用を持たせた例を図40に示す。

【0177】

次に、偏心プリズム光学系 20 の第1面 21 がフラットな面で構成され、映像表示素子 1 に面したその面 21 に直接設けたフレネルレンズ 14_1 、 14_2 に周辺屈曲光学手段 14 の作用を持たせた構成を代表にとり説明する。投影光学系 20 に周辺の光束を屈曲させる作用を持たせた場合の Y-Z 断面での周辺の光路図を図41に示す。垂直方向のみに言及すると、射出瞳 25 から見て図中光線 u より上側の画角の光束と図中光線 l より下側の画角の光束が、映像表示素子 1 に面した面 21 に施されるか又はその面 21 と映像表示素子 1 の間に配された周辺屈曲光学手段 14 の光屈曲作用によって、LCD 1 端部に導光されている。以後、映像表示素子 1 を LCD、周辺屈曲光学手段 14 をフレネルレンズで代表させて説明する。図41では、射出瞳 25 の中心からの光線群のみを描いてある。

【0178】

これらの光線群は、フレネルレンズ 14 がない場合、射出瞳 25 からの逆光線追跡すれば、点線で示すように LCD 1 の外側に到達する。すなわち、フレネルレンズ 14 を配置しない場合は、順光線追跡で考えると光線 u より上側と光線 l より下側には光がこないため、その部分(正規の映像の外側)に映像は存在しない。

【0179】

フレネルレンズ 14 を付加することにより、これらの光線群が射出瞳 25 中心すなわち観察者眼球に導かれるため、それまで映像がなかった領域まで光線が存在することになる。図41では射出瞳 25 中心からの光線群のみしか描いていないが、この図を参照にして説明すると、これらの光線は全て LCD 1 のエッジすなわち映像最周辺の情報が正規の画角

10

20

30

40

50

(図41で示す画角 θ_u や θ_l) より外側に伸びて投影された映像となる。

【0180】

上下(垂直)方向について更に詳細に説明する。図42に示すように、射出瞳25中心からの光線で画角(観察者瞳孔への入射角) θ の光線 a は、フレネルレンズ14を付加しないときにLCD1表示部の最周端から出た光線である。このとき、フレネルレンズ14を設けて新たにパワーを付加する領域を、この画角 θ の光束群の主光線(射出瞳25中心を通過する光線) a から上側の画角に相当する光線群が通過する領域とする。画角($+\theta$)は画角 θ より $\Delta\theta$ 分だけ上側の画角であり、画角($-\theta$)は画角 θ より $\Delta\theta$ 分だけ下側の画角である。図42では、画角 θ の主光線 a 、画角($+\theta$)の主光線 a' 、画角($-\theta$)の主光線 a'' しか描いていないが、実際に観察者瞳孔に入射する分だけの光束径を有している(通常、直径4mm)。図43、図44、図45にそれぞれ画角 θ 、($+\theta$)、($-\theta$)の観察者瞳孔に入射する光束の経路の概略を示す。

10

【0181】

図43は、観察者の眼に入射するときの入射角すなわち画角 θ のときの光路図を示している。この図において、射出瞳25から映像表示素子1への逆光線追跡で、ある光束径を有した画角 θ の光束の主光線 a がLCD1表示部端Xに到達するように、フレネルレンズ14が存在する。ただし、ここでは主光線 a が射出瞳25中心を通過する光線と定義する。

【0182】

上述した位置にフレネルレンズ14が存在することによって、主光線 a から射出瞳上で上側の光線束Uがフレネルレンズ14の作用を受け、下側の光線束Lがフレネルレンズ14の作用を受けない。下側の光線束LがLCD端部Xへ結像集光し、上側の光線束UはLCD端部Xより中央側へ到達する。そのため、映像中の画角 θ に対応する部分は、約50%がLCD端部Xからの情報で、残り50%はLCD端部Xではない位置からの偽情報によって形成される。したがって、半分像を形成しない状態である。すなわち、観察したときに画角 θ に当たるこの位置の映像は半分ぼけている状態である。

20

【0183】

図44に観察者の眼に入射するときの入射角すなわち画角($+\theta$)のときの光路図を示している。図中、主光線 a' を含む上側光線群U'がフレネルレンズ14の作用を受け、下側光線群L'がフレネルレンズ14の作用を受けない光線群である。このときの主光線 a' はLCD端部Xに到達する。また、フレネルレンズ14の作用を受けた主光線 a' より上側の光線群はLCD端部Xより中央側へ到達し、主光線 a' より上側の光線群はフレネルレンズ14を通過して光線もしていない光線もLCD表示部には到達しない。これはすなわち、元々フレネルレンズ14がない場合、この画角の光線は、眼からの逆光線追跡によれば、LCD1の表示部の外側、つまり、映像を見たとき映像が存在しない領域に到達するから、フレネルレンズ14を通過しなければ、LCD表示部には到達しない。また、フレネルレンズ14を通過しても、フレネルレンズ14のパワーは θ より上側の各画角の主光線がLCD最周端に到達するようなパワー配分であるので、ここで述べている($+\theta$)の画角では、主光線 a' より下側の光線は、フレネルレンズ14においてLCD表示部に到達するには小すぎるパワーの部分を通過するため、LCD表示部には到達しない。したがって、図44中、点線で示された光線は存在しない。これは、図23と図24を用いて説明した光線量の減少である。この($+\theta$)の画角の映像は、そのほとんどがぼけている映像である。

30

40

【0184】

図45に観察者の眼に入射するときの入射角すなわち画角($-\theta$)のときの光路図を示している。図中、上側光線群U''がフレネルレンズ14の作用を受け、主光線 a'' を含む下側光線群L''がフレネルレンズ14の作用を受けない光線群である。このとき、主光線 a'' はLCD端部Xより内側に到達する。なぜならば、画角 θ の主光線 a がLCD端部Xに到達するから、それより画角 θ が小さい光線は何の作用も受けなければ、LCD端部Xより内側に到達する。また、フレネルレンズ14の作用を受けた上側光線群U''は主光線

50

a”の到達位置より更に中央側に到達し、フレネルレンズ14を通過してない下側光線群L”は主光線a”が到達したLCD位置に到達する。したがって、この眼に入ってくる時画角()の映像は、大半が主光線a”が到達したLCD位置の情報で、少し異なる位置からの情報が含まれている。すなわち、その映像は少しぼけて見える。このようにして、映像周辺に向かうに従って徐々にぼけて行く映像を作り出すことができる。

【0185】

また、フレネルレンズ14がなければ、画角 までしかなかった映像を、フレネルレンズ14を付加することにより、それ以上の画角の光束まで眼に導くことが可能となる、つまり、映像が存在する、言い換えれば、画角が広がったような印象を与える。すなわち、表示画面の周辺に、ぼけていようが解像していようが、映像が存在する(光が観察者瞳孔に導かれている)のと、全く存在しないのでは、見え方の印象も異なる。観察者は、通常画面中心付近を注視することが多いため、周辺の解像度を問わなければ、そこまで映像があるような印象を受ける。さらに、周辺に向かって徐々にぼけて行けば、人間の視野は周辺に行く程解像度は落ちるという実際の見え方に近いものになり、より自然な映像鑑賞が楽しめる。

【0186】

なお、光線量の減少については、図23と図24を用いた議論がここにおいても適用できる。

また、ぼけ具合を決定するのは、このフレネルレンズ14を設け始め位置と屈折力の配分である。すなわち、LCD1のどの領域の光束からフレネルレンズ14の作用が開始し、どのくらいの強度で作用させるかであるが、これについても、実施例10で説明したことがそのまま適用できる。

【0187】

なお、以上の説明では、一般的に瞳孔中心が感度が高いため、瞳孔中心を通過する各画角の主光線をLCDエッジに到達させるような屈折力配分としたが、目的とするぼかし方によってこの配分とは異なる屈折力配分としてもよい。

また、図24と図27を用いて説明しているように、周辺光量の落ち方の自然さと良好な結像状態の領域の広さとはトレードオフ関係にある。つまり、周辺光量の落ち方を自然にすると、良好な結像状態の領域は狭くなる。そのため、ケースに応じた最適なフレネルレンズ14の設け始め位置と屈折力配分にすることが重要である。

【0188】

また、以上の説明ではY-Z方向の上側だけを論じたが、Y-Z方向の下側でも、X-Y方向でも同様の議論が可能である。

【0189】

また、注意点として、実施例1~13では、周辺の光線を屈曲させる位置は光学系の主たる屈折力の付近又は観察者眼球E側に近い部分であったが、実施例14では、比較的物体面である映像表示素子1近傍で光線を屈曲させている。そのため、物体面に近い位置にフレネルレンズ面があるため、フレネルレンズ14の縞(溝)が見えてしまうことが考えられる。そのため、フレネルレンズ14のピッチを縞(溝)が認識されて不自然にならないような細かいピッチにすることが望ましい。このピッチを細かくすると、更に回折作用を帯びてきてよりぼけ方が自然になる。

【0190】

次に、実際の数値を用いた例を示す。図46にY-Z断面図を示すように、投影光学系として20mm程度の焦点距離を有する偏心した自由曲面を有する偏心プリズム光学系20あって、LCD1に面した第1面21をフラットにした光学系20を用いる。アイリリーフを2.8mmとし、LCD1に面したフラットな面21からLCD1までの距離、つまりワーキングディスタンスを5mm程度とする。このとき、映像表示素子1として対角長0.7インチでアスペクト比4:3のLCD1を用いると、フレネルレンズがない場合、水平画角約38°、垂直画角約29°の映像が表示できる。

10

20

30

40

50

【 0 1 9 1 】

ここで、図 4 7 に Y - Z 断面図を示すように、映像表示素子 1 として対角長 0 . 5 5 インチの LCD 1 を用いることによって、第 1 面 2 1 の光線が通過しないデッドスペース 2 8 が生まれたところを利用して、本発明のフレネルレンズ 1 4 を施すことによって、周辺がぼけた映像を表示できる光学系となる。

【 0 1 9 2 】

フレネルレンズ 1 4 を設けない場合、対角長 0 . 5 5 インチの LCD 1 を用いると、水平画角約 3 0 °、垂直画角約 2 2 . 7 ° の表示映像となる。フレネルレンズ 1 4 を施すことによって、映像は周辺に向かうに従って徐々に暗くなるが、フレネルレンズ 1 4 を施し始める位置を、水平画角で画角 ± 1 5 °、垂直画角で ± 1 1 . 3 6 ° の主光線の通過する位置とすると、ぼけていても映像が存在する画角は、水平で約 4 6 °、垂直で 3 8 ° となり、実効的に画角が広がったような表示映像にすることが可能になる。ここで、この表示映像中のぼけの少ない良好な結像領域は、水平で約 2 7 . 7 °、垂直で 2 0 . 2 ° である。図 4 8 にこの場合の Y - Z 断面内の光路図を、図 4 9 に表示画面の様子を示す。

【 0 1 9 3 】

このように、同じ大きさの光学系で、本発明に基づいて視野周辺の処理を光学的に行うことで、実効的に画角が広く、しかも、周辺がぼけていることにより臨場感高い表示映像を実現することができる。

【 0 1 9 4 】

以上の対角長 0 . 7 インチの場合、対角長 0 . 5 5 インチの場合、対角長 0 . 5 5 インチで視野周辺処理ありの場合の 3 種の場合の表示画角を次の表に示す。

映像表示素子対角長	0 . 7 ”	0 . 5 5 ”	0 . 5 5 ” (視野周辺処理)
水平画角	3 8 °	3 0 °	4 6 °
垂直画角	2 9 °	2 2 . 7 °	3 8 °

【 0 1 9 5 】

さらに、前記のような 3 面 2 1 ~ 2 3 からなり 2 回の内面反射を行う偏心プリズム光学系 2 0 以外に、図 5 0 に光路図を示すような 4 面 5 1 ~ 5 4 からなり 3 回の内面反射を行う偏心プリズム光学系 5 0 等、3 回以上の内面反射を行う偏心プリズム光学系からなる投影光学系の場合にも以上の実施例と同様に、本発明による周辺屈曲光学手段 1 4 を適用することができる。図 5 0 の偏心プリズム光学系 5 0 は、光軸 2 6 に対してそれぞれの面が偏心している 4 つの面 5 1 ~ 5 4 で形成された空間を屈折率が 1 より大きい光学的に透明な媒質によって満たされており、映像表示素子 1 から発する光の入射面を第 1 面 5 1、射出瞳 2 5 とは反対側の面である反射面を第 2 面 5 2、射出瞳 2 5 に近接した面を第 3 面 5 3、第 1 面 5 1 と第 2 面 5 2 の間に位置し第 3 面 5 3 に面する反射面を第 4 面 5 4 とすると、映像表示素子 1 から射出した光線の経路は、偏心プリズム光学系 5 0 の第 1 面 5 1 から屈折して入射し、第 4 面 5 4 で第 3 面 5 3 側へ内部反射し、第 3 面 5 3 から第 2 面 5 2 側へ内部反射し、第 2 面 5 2 で第 3 面 5 3 側へ内部反射して第 3 面 5 3 から屈折して射出して、射出瞳 2 5 に到達するものである。

【 0 1 9 6 】

このように、本発明は以上の実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、図 5 1 に示すように、偏心プリズム光学系 2 0 の第 2 面 2 2 の周辺部に反射型 DOE (回折

型光学素子) 29を施した例や、図52に示すように、偏心プリズム光学系20の第3面23と観察者眼球(射出瞳25)との間に周辺屈曲光学手段14を配する例があり、これらの例においても、以上に詳しく説明してきたような効果を得ることができる。

【0197】

さて、次に、図38のように、光軸26に対してそれぞれの面が偏心している3面21~23で形成された空間を屈折率が1より大きい光学的に透明な媒質によって満たされた偏心プリズム光学系20を接眼光学系として用い、映像表示素子1から射出した光線が第1面21から屈折して偏心プリズム光学系20へ入射し、第3面23で第2面22側へ内部反射し、第2面22で第3面23側へ内部反射して第3面23から屈折して射出して射出瞳25に到達し、射出瞳25に位置する観察者瞳孔を経て観察者の眼球内の網膜上に映像表示素子1に表示された映像を投影する頭部装着型映像表示装置用の偏心プリズム光学系20であって、第1面21に周辺屈曲光学手段14としてリニアフレネルレンズを設けた1つの数値例について説明する。

10

【0198】

以下の説明を明確にするために、第1面21に設けられるリニアフレネルレンズを明確にしておく。第1面21に関して座標系を図53に示すようにとると、第1面21の周辺であってZ軸方向両端部にX軸に沿う溝を有するリニアフレネルレンズ14₁₂、14₁₃が設けられており、また、X軸方向両端部にZ軸に沿う溝を有するリニアフレネルレンズ14₂₁、14₂₂が設けられている。この中、Z軸方向の第2面22側端部に設けられるリニアフレネルレンズ14₁₂と第3面23側に設けられるリニアフレネルレンズ14₁₃とは構成が異なる。また、X軸方向両端部に設けられるリニアフレネルレンズ14₂₁、14₂₂は同一構成のものであるので、以後、リニアフレネルレンズ14₂₁で代表させる。なお、以下に示す数値例においては、これらリニアフレネルレンズ14₁₂、14₁₃、14₂₁、14₂₂はシリンドリカル面で表されている。

20

【0199】

次に、以下の数値例において用いる座標系について説明する。後述する数値例の構成パラメータにおいては、図54に示すように、逆光線追跡で、偏心プリズム光学系20の射出瞳25の中心を光学系の原点として、光軸26を射出瞳25の中心(原点)を通る軸上主光線で定義し、射出瞳25から光軸26に沿って進む方向をZ軸方向、このZ軸に直交し射出瞳25中心を通り、光線が偏心プリズム光学系20によって折り曲げられる面内の方向をY軸方向、Y軸、Z軸に直交し、射出瞳25中心を通る方向をX軸方向とし、射出瞳25から偏心プリズム光学系20に向かう方向をZ軸の正方向、光軸26から映像表示素子1の側をY軸の正方向、そしてこれらY軸、Z軸と右手系を構成する方向をX軸の正方向とする。なお、光線追跡は偏心プリズム光学系20の射出瞳25側の物体側から偏心プリズム光学系20に入射する方向としている。

30

【0200】

そして、偏心が与えられている面については、その面の面頂位置の偏心プリズム光学系20の原点である射出瞳25の中心からのX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の偏心量と、その面の中心軸(自由曲面、シリンドリカル面については、それぞれ以下の(a)式、(b)式、(c)式のZ軸)のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角(それぞれ、(°))とが与えられている。なお、その場合、との正はそれぞれの軸の正方向に対しての反時計回りを、の正はZ軸の正方向に対しての時計回りを意味する。その他、球面の曲率半径、面間隔、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

40

【0201】

なお、回転非対称面である自由曲面の形状は以下の式により定義する。その定義式のZ軸が回転非対称面の軸となる。

$$Z = \sum_n \sum_m C_{nm} X^n Y^{n-m}$$

ただし、 \sum_n は n が $0 \sim k$ 、 \sum_m は m が $0 \sim n$ を表す。

【0202】

また、面对称自由曲面(対称面を1つのみ有する自由曲面)を、この自由曲面を表す式に

50

より定義する場合は、その対称面により生ずる対称性をX方向に求める場合は、Xの奇数次項を0に（例えばX奇数次項の係数を0にする）、その対称面により生ずる対称性をY方向に求める場合は、Yの奇数次項を0に（例えばY奇数次項の係数を0にする）すればよい。

【0203】

ここで、例として $k = 7$ （7次項）で、X方向に対称な面対称自由曲面を上記定義式を展開した形で表すと、以下の式となる。

【0204】

$$Z = C_2$$

$$+ C_3 Y + C_4 X$$

$$+ C_5 Y^2 + C_6 YX + C_7 X^2$$

$$+ C_8 Y^3 + C_9 Y^2 X + C_{10} YX^2 + C_{11} X^3$$

$$+ C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3 X + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} YX^3 + C_{16} X^4$$

$$+ C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4 X + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2 X^3 + C_{21} YX^4$$

$$+ C_{22} X^5$$

$$+ C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5 X + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3 X^3 + C_{27} Y^2 X^4$$

$$+ C_{28} YX^5 + C_{29} X^6$$

$$+ C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6 X + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4 X^3 + C_{34} Y^3 X^4$$

$$+ C_{35} Y^2 X^5 + C_{36} YX^6 + C_{37} X^7$$

・・・ (a)

そして、X奇数次項の係数 C_4 、 C_6 、 C_8 ・・・を0とする（後記の数値例）。なお、後記する構成のパラメータ中において、記載のない非球面に関する係数は0である。

【0205】

また、Z軸に沿う母線を有するシリンドリカル面（リニアフレネルレンズ） 14_{21} の形状は以下の式により定義する。その定義式のZ軸がシリンドリカル面の軸となる。

$$Z = (X^2 / R_x) / [1 + \{1 - (1 + K) (X^2 / R^2)\}^{1/2}]$$

$$+ A_4 X^4 + A_6 X^6 + A_8 X^8 + A_{10} X^{10} \dots$$

・・・ (c)

ただし、XはZに垂直な方向であり、 R_x は母線に垂直な断面内の近軸曲率半径、Pは円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} は非球面係数である。

【0206】

また、X軸に沿う母線を有するシリンドリカル面（リニアフレネルレンズ） 14_{12} 、 14_{13} の形状は以下の式により定義する。その定義式のZ軸がシリンドリカル面の軸となる。

$$Z = (Y^2 / R_y) / [1 + \{1 - P (Y^2 / R^2)\}^{1/2}]$$

$$+ A_4 Y^4 + A_6 Y^6 + A_8 Y^8 + A_{10} Y^{10} \dots$$

・・・ (b)

ただし、YはZに垂直な方向であり、 R_y は母線に垂直な断面内の近軸曲率半径、Pは円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} は非球面係数である。

【0207】

なお、後記する構成パラメータにおいて、データの記載されていない非球面に関する項は

10

20

30

40

50

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。

【0208】

図54は、上記数値例の偏心プリズム光学系20のリニアフレネルレンズ14₂₁、14₁₂、14₁₃を設ける前の基本形態のX軸に沿う方向から見た側面図、図55は、Y軸と反対方向から見た平面図であり、光路を示している。その数値データは後記に基本数値データとして示すが、この偏心プリズム光学系20は3つの面3、4、5からなっており、その3つの面3～5の間が屈折率が1より大きい透明媒質で埋められていて、不図示の物体から発した光線束が光軸25に沿って偏心プリズム光学系20の射出瞳25をまず通過し、透過作用と反射作用を有する第3面23に入射して偏心プリズム光学系20内に入り、その入射光線は射出瞳25から遠い側の反射作用のみを有する反射面である第2面22で射出瞳25に近づく方向に反射され、今度は第3面23で射出瞳25から遠ざかる方向に再び反射され、その反射光線は、透過作用のみを有する第1面21を透過して像面の位置に配置された映像表示素子1の表示面に到達する。なお、図中、Xは表示面の部端を示す。そして、第1面21は平面、第2面22、第3面23は前記の(a)式で定義される自由曲面からなる。映像表示素子1としては、前記のように、対角長0.55インチのLCD1を用いており、水平画角約30°、垂直画角約22.7°の表示映像となる。

10

【0209】

図56は、上記数値例の偏心プリズム光学系20の射出瞳25中心を通り第1面21に設けたリニアフレネルレンズ（シリンダリカル面）14₂₁を通る光束の光路を示すY軸と反対方向から見た平面図である。この光路に沿って進む光線の逆光線追跡数値データを左エッジ数値データとして後記する。ここでは、左方向（+X方向）画角15°以上の光線がLCD1の表示部端Xに到達している。

20

【0210】

図57は、上記数値例の偏心プリズム光学系20の射出瞳25中心を通り第1面21に設けたリニアフレネルレンズ（シリンダリカル面）14₁₂を通る光束の光路を示すX軸に沿う方向から見た側面図である。この光路に沿って進む光線の逆光線追跡数値データを下エッジ数値データとして後記する。ここでは、下方向（-Y方向）画角11.36°以上の光線がLCD1の表示部端Xに到達している。

【0211】

図58は、上記数値例の偏心プリズム光学系20の射出瞳25中心を通り第1面21に設けたリニアフレネルレンズ（シリンダリカル面）14₁₃を通る光束の光路を示すX軸に沿う方向から見た側面図である。この光路に沿って進む光線の逆光線追跡数値データを上エッジ数値データとして後記する。ここでは、上方向（+Y方向）画角11.36°以上の光線がLCD1の表示部端Xに到達している。

30

【0212】

基本数値データ

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	-1000.00			
1	∞ (瞳)				
2	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
3	自由曲面②		偏心(2)	1.4922	57.5
4	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
5	∞		偏心(3)		
像面	∞		偏心(4)		
自由曲面①					
C ₅	-2.2539×10^{-3}	C ₇	-4.7615×10^{-3}	C ₈	-6.8111×10^{-5}
C ₁₀	-7.4284×10^{-5}	C ₁₂	9.0073×10^{-7}	C ₁₄	-9.9240×10^{-6}
C ₁₆	-1.4950×10^{-5}	C ₁₇	6.0486×10^{-8}	C ₁₉	-2.3396×10^{-7}
C ₂₁	-6.4039×10^{-7}				
自由曲面②					
C ₅	-9.1711×10^{-3}	C ₇	-1.1006×10^{-2}	C ₈	-2.9533×10^{-5}
C ₁₀	7.4822×10^{-6}	C ₁₂	8.0184×10^{-7}	C ₁₄	-6.1788×10^{-6}
C ₁₆	-5.5257×10^{-6}	C ₁₇	-6.5900×10^{-8}	C ₁₉	6.4109×10^{-8}
C ₂₁	5.6308×10^{-8}				
偏心(1)					
X	0.000	Y	7.060	Z	27.143
α	14.55	β	0.00	γ	0.00
偏心(2)					
X	0.000	Y	0.532	Z	35.732
α	-16.40	β	0.00	γ	0.00
偏心(3)					
X	0.000	Y	15.845	Z	30.993
α	74.99	β	0.00	γ	0.00
偏心(4)					
X	0.000	Y	20.969	Z	33.716
α	61.01	β	0.00	γ	0.00

【 0 2 1 3 】

左エッジ数値データ

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	-1000.00			
1	∞ (瞳)				
2	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
3	自由曲面②		偏心(2)	1.4922	57.5
4	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
5	R_x 4.87015 R_y ∞ (シリンドリカル面)		偏心(3)		
像面	∞		偏心(4)		
	自由曲面①				
C_5	-2.2539×10^{-3}	C_7 -4.7615×10^{-3}	C_8 -6.8111×10^{-5}		
C_{10}	-7.4284×10^{-5}	C_{12} 9.0073×10^{-7}	C_{14} -9.9240×10^{-6}		20
C_{16}	-1.4950×10^{-5}	C_{17} 6.0486×10^{-8}	C_{19} -2.3396×10^{-7}		
C_{21}	-6.4039×10^{-7}				
	自由曲面②				
C_5	-9.1711×10^{-3}	C_7 -1.1006×10^{-2}	C_8 -2.9533×10^{-5}		
C_{10}	7.4822×10^{-6}	C_{12} 8.0184×10^{-7}	C_{14} -6.1788×10^{-6}		
C_{16}	-5.5257×10^{-6}	C_{17} -6.5900×10^{-8}	C_{19} 6.4109×10^{-8}		30
C_{21}	5.6308×10^{-8}				
	非球面係数				
面番号: 5					
K	-1.000000				
A_4	-0.102281×10^{-2}				
A_6	-0.137911×10^{-4}				
A_8	0.238680×10^{-6}				
A_{10}	-0.912822×10^{-9}				40
	偏心(1)				

X 0.000 Y 7.060 Z 27.143

α 14.55 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.000 Y 0.532 Z 35.732

α -16.40 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.000 Y 15.845 Z 30.993

α 74.99 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.000 Y 20.969 Z 33.716

α 61.01 β 0.00 γ 0.00

【 0 2 1 4 】

下エッジ数値データ

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	-1000.00			
1	∞ (瞳)				
2	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
3	自由曲面②		偏心(2)	1.4922	57.5
4	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
5	$R_x \infty$ $R_y 3.17947$ (シリンドリカル面)		偏心(3)		
像面	∞		偏心(4)		
	自由曲面①				
C ₅	-2.2539×10^{-3}	C ₇	-4.7615×10^{-3}	C ₈	-6.8111×10^{-5}
C ₁₀	-7.4284×10^{-5}	C ₁₂	9.0073×10^{-7}	C ₁₄	-9.9240×10^{-6}
C ₁₆	-1.4950×10^{-5}	C ₁₇	6.0486×10^{-8}	C ₁₉	-2.3396×10^{-7}
C ₂₁	-6.4039×10^{-7}				
	自由曲面②				
C ₅	-9.1711×10^{-3}	C ₇	-1.1006×10^{-2}	C ₈	-2.9533×10^{-5}
C ₁₀	7.4822×10^{-6}	C ₁₂	8.0184×10^{-7}	C ₁₄	-6.1788×10^{-6}
C ₁₆	-5.5257×10^{-6}	C ₁₇	-6.5900×10^{-8}	C ₁₉	6.4109×10^{-8}
C ₂₁	5.6308×10^{-8}				
	非球面係数				
面番号: 5					
K	$=-1.000000$				
A ₄	$=-0.492120 \times 10^{-2}$				
A ₆	$= 0.632099 \times 10^{-4}$				
A ₈	$=-0.601587 \times 10^{-6}$				
A ₁₀	$= 0.362703 \times 10^{-8}$				
	偏心(1)				

10

20

30

40

X 0.000 Y 7.060 Z 27.143

α 14.55 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.000 Y 0.532 Z 35.732

α -16.40 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.000 Y 15.845 Z 30.993

α 74.99 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.000 Y 20.969 Z 33.716

α 61.01 β 0.00 γ 0.00

【 0 2 1 5 】

上エッジ数値データ

面番号	曲率半径	間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	-1000.00			
1	∞ (瞳)				
2	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
3	自由曲面②		偏心(2)	1.4922	57.5
4	自由曲面①		偏心(1)	1.4922	57.5
5	$R_x \infty$ $R_y 3.54363$ (シリンドリカル面)		偏心(3)		
像面	∞		偏心(4)		
	自由曲面①				
C ₅	-2.2539×10^{-3}	C ₇	-4.7615×10^{-3}	C ₈	-6.8111×10^{-5}
C ₁₀	-7.4284×10^{-5}	C ₁₂	9.0073×10^{-7}	C ₁₄	-9.9240×10^{-6}
C ₁₆	-1.4950×10^{-5}	C ₁₇	6.0486×10^{-8}	C ₁₉	-2.3396×10^{-7}
C ₂₁	-6.4039×10^{-7}				
	自由曲面②				
C ₅	-9.1711×10^{-3}	C ₇	-1.1006×10^{-2}	C ₈	-2.9533×10^{-5}
C ₁₀	7.4822×10^{-6}	C ₁₂	8.0184×10^{-7}	C ₁₄	-6.1788×10^{-6}
C ₁₆	-5.5257×10^{-6}	C ₁₇	-6.5900×10^{-8}	C ₁₉	6.4109×10^{-8}
C ₂₁	5.6308×10^{-8}				
	非球面係数				
面番号: 5					
K	$=-1.000000$				
A ₄	$=-0.484716 \times 10^{-2}$				
A ₆	$= 0.692953 \times 10^{-4}$				
A ₈	$=-0.456325 \times 10^{-6}$				
A ₁₀	$= 0.971400 \times 10^{-9}$				
	偏心(1)				

10

20

30

40

X 0.000 Y 7.060 Z 27.143
 α 14.55 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.000 Y 0.532 Z 35.732
 α -16.40 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.000 Y 15.845 Z 30.993
 α 74.99 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.000 Y 20.969 Z 33.716
 α 61.01 β 0.00 γ 0.00

10

【0216】

さて、本発明の映像表示装置を頭部装着型映像表示装置に適用する場合、以上に説明したような何れかの映像表示装置を1組用意し、片眼装着用に構成しても、また、そのような組を左右一対用意し、それらを眼輻距離だけ離して支持することにより、両眼装着用に構成してもよい。そのようにして、片眼あるいは両眼で観察できる据え付け型又は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。

20

【0217】

片眼に装着する構成にした場合の様子を図59に(この場合は、左眼に装着)、両眼に装着する構成にした場合の様子を図60にそれぞれ示す。図59、図60中、31は表示装置本体部を示し、図59の場合は観察者の顔面の左眼の前方に、図60の場合は観察者の顔面の両眼の前方に保持されるよう支持部材が頭部を介して固定している。その支持部材としては、一端を表示装置本体部31に接合し、観察者のこめかみから耳の上部にかけて延在する左右の前フレーム32と、前フレーム32の他端に接合され、観察者の側頭部を渡るように延在する左右の後フレーム33とから(図59の場合)、あるいは、さらに、左右の後フレーム33の他端に挟まれるように自らの両端を一方づつ接合し、観察者の頭頂部を支持する頭頂フレーム34とから(図60の場合)構成されている。

30

【0218】

また、前フレーム32における上記の後フレーム33との接合近傍には、弾性体からなり例えば金属板バネ等で構成されたリヤプレート35が接合されている。このリヤプレート35は、上記支持部材の一翼を担うリヤカバー36が観察者の後頭部から首のつけねにかかる部分で耳の後方に位置して支持可能となるように接合されている(図60の場合)。リヤプレート35又はリヤカバー36内の観察者の耳に対応する位置にスピーカー39が取り付けられている。

【0219】

映像・音声信号等を外部から送信するためのケーブル41が表示装置本体部31から、頭頂フレーム34(図60の場合)、後フレーム33、前フレーム32、リヤプレート35の内部を介してリヤプレート35あるいはリヤカバー36の後端部より外部に突出している。そして、このケーブル41はビデオ再生装置40に接続されている。なお、図中、40aはビデオ再生装置40のスイッチやボリューム調整部である。

40

【0220】

なお、ケーブル41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鑑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

50

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構わない。

【0221】

なお、以上の実施例2～14において、観察者の射出瞳に代えて、実施例1のように絞り8を配置し、スクリーン9上に投影させるようにしても、周辺がぼけている人間の視界に近い自然な映像が表示できる。

【0222】

以上のように、本発明は、上述した実施例1～14のような光学系の構成によって、良好な結像状態の映像周辺にぼけた映像が存在した投影映像となり、臨場感を損なう原因となる映像のエッジがはっきり示されないことで、現実感、臨場感を向上させることができるものである。

10

【0223】

以上、本発明の映像表示装置のいくつかの実施例について説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能である。

【0224】

以上の本発明の映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〕 映像を表示する映像表示手段と、前記映像を投影する投影光学系とを有する映像表示装置において、前記投影光学系は、前記映像表示手段周辺からの光束の一部を映像画面の映像表示領域内側及び外側に分配する周辺屈曲光学手段を備えていることを特徴とする映像表示装置。

【0225】

〔2〕 前記周辺屈曲光学手段による前記光束の一部の分配が連続的な分布を有することを特徴とする上記〔1〕記載の映像表示装置。

20

【0226】

〔3〕 前記周辺屈曲光学手段による前記光束の一部の分配が、映像画面の映像表示領域の最大画角を越えた角度での分配を含むことを特徴とする上記〔1〕又は〔2〕記載の映像表示装置。

【0227】

〔4〕 映像を表示する映像表示手段と、前記映像を投影する投影光学系とを有する映像表示装置において、前記投影光学系は、映像表示領域の周辺における屈折力が主表示領域の屈折力よりも正の方向に大きい屈折又は反射作用を持つ端部を有することを特徴とする映像表示装置。

30

【0228】

〔5〕 前記投影光学系は、前記映像を観察者の眼球内の網膜上に投影する接眼光学系であることを特徴とする上記〔4〕記載の映像表示装置。

【0229】

〔6〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と視軸に対して斜めに配された透過及び反射作用を有する面を含む光学系であることを特徴とする上記〔5〕記載の映像表示装置。

【0230】

〔7〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過鏡とを具備しており、さらに、前記凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点より前記凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっていることを特徴とする上記〔6〕記載の映像表示装置。

40

【0231】

〔8〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影する働きを有し、焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する観察者の眼球と対向し、光軸が前記

50

映像表示手段の法線と交差するように配された凹面鏡と、前記映像表示手段から発せられた光束を前記凹面鏡に導き、前記凹面鏡で反射された光束を前記観察者の眼球に導くように、前記観察者の眼球と前記凹面鏡との間に配された半透過鏡とを具備しており、さらに、前記凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点より前記凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっていることを特徴とする上記〔 6 〕記載の映像表示装置。

【 0 2 3 2 】

〔 9 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムとを具備しており、さらに、前記凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点より前記凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっていることを特徴とする上記〔 6 〕記載の映像表示装置。

10

【 0 2 3 3 】

〔 1 0 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、光軸が前記映像表示手段の法線と交差するように配された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射された光束を前記観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムとを具備しており、さらに、前記凹面鏡は、周辺領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点が、主領域における接平面の法線と前記凹面鏡の光軸とが交わる点より前記凹面鏡側に近づいている形状を有することによって、周辺領域における光線の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きくなっていることを特徴とする上記〔 6 〕記載の映像表示装置。

20

【 0 2 3 4 】

〔 1 1 〕 前記接眼光学系は、観察者の眼球と主たる屈折力を有する光学手段との光路中に、前記映像表示周辺に対する光束の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備することを特徴とする上記〔 5 〕記載の映像表示装置。

30

【 0 2 3 5 】

〔 1 2 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と視軸に対して斜めに配された透過及び反射作用を有する面を含む光学系を有することを特徴とする上記〔 1 1 〕記載の映像表示装置。

【 0 2 3 6 】

〔 1 3 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過鏡と、前記半透過鏡と前記観察者の眼球との光路中に配置された前記映像表示素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備することを特徴とする上記〔 1 1 〕記載の映像表示装置。

40

【 0 2 3 7 】

〔 1 4 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影する働きを有し、焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する観察者の眼球と対向し、光軸が前記映像表示手段の法線と交差するように配された凹面鏡と、前記映像表示手段から発せられた光束を前記凹面鏡に導き、前記凹面鏡で反射された光束を前記観察者の眼球に導くように、前記観察者の眼球と前記凹面鏡との間に配された半透過鏡と、前記半透過鏡と前記

50

観察者の眼球との光路中に配置された前記映像表素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備することを特徴とする上記〔12〕記載の映像表示装置。

【0238】

〔15〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、前記接合プリズムと前記観察者の眼球との光路中に配置された前記映像表素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備することを特徴とする上記〔12〕記載の映像表示装置。

10

【0239】

〔16〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、光軸が前記映像表示手段の法線と交差するように配された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、前記接合プリズムと前記観察者の眼球との光路中に配置された前記映像表素子の周辺領域に対する屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を具備することを特徴とする上記〔12〕記載の映像表示装置。

【0240】

〔17〕 前記周辺屈曲光学手段は、周辺に向かうにつれて緩やかに屈折力が強くなる分布を有することを特徴とする上記〔11〕又は〔12〕記載の映像表示装置。

20

【0241】

〔18〕 前記周辺屈曲光学手段の屈折力の大きい周辺における屈曲作用を受けた光束と、主表示領域における屈曲作用を受けた光束とが、射出瞳からの逆光線追跡にて到達する前記映像表示素子面上での2つの領域は、互いに一部が重なり合っていることを特徴とする上記〔11〕記載の映像表示装置。

【0242】

〔19〕 前記周辺屈曲光学手段は、射出瞳からの光線逆追跡にて、前記周辺屈曲光学手段の屈折力が大きい周辺部を通過した光線は、主たる屈折力を有する光学手段の端部近傍又は前記映像表示手段の表示領域端部近傍に到達する作用を有することを特徴とする上記〔11〕又は〔12〕記載の映像表示装置。

30

【0243】

〔20〕 前記映像表示素子の中央から垂直に射出し眼球に到る光線を光軸とし、主光線を射出瞳中心を通過する光線、あるいは、画面中心を注視したときの眼球の瞳孔中心を通過する光線とすると、前記周辺屈曲光学手段は、前記映像表示素子の最周辺を射出した主光線が前記周辺屈曲光学手段面上に到達する位置から光軸側に 2.5 mm 、光軸と逆側に 2.5 mm 以内の領域で屈折作用を持ち始め、その領域から光軸と逆方向側に屈折作用を有しているように配設されていることを特徴とする上記〔11〕又は〔12〕記載の映像表示装置。

40

【0244】

〔21〕 前記屈折作用を持ち始める領域は、光軸側に 0.5 mm 、光軸と逆側に 0.5 mm 以内の領域であることを特徴とする上記〔20〕記載の映像表示装置。

【0245】

〔22〕 前記屈曲作用を持ち始める領域は、光軸側に 1.5 mm 、光軸と逆側に 2.5 mm 以内の領域であることを特徴とする上記〔20〕記載の映像表示装置。

【0246】

〔23〕 前記周辺屈曲光学手段はフレネル光学素子であることを特徴とする上記〔11〕又は〔12〕記載の映像表示装置。

【0247】

50

〔 2 4 〕 前記周辺屈曲光学手段は回折光学素子であることを特徴とする上記〔 1 1 〕又は〔 1 2 〕記載の映像表示装置。

【 0 2 4 8 〕

〔 2 5 〕 前記観察者の眼球に一番近い最終射出面が前記周辺屈曲光学手段を兼ねていることを特徴とする上記〔 1 5 〕又は〔 1 6 〕記載の映像表示装置。

【 0 2 4 9 〕

〔 2 6 〕 前記接眼光学系は、主たる屈折面は周辺において正の屈折力が弱くなる非球面を有し、該非球面周辺の作用を受けた光束を観察者の瞳孔に導く働きを有する正の方向に大きい屈折力を有する周辺屈曲光学手段を具備することを特徴とする上記〔 5 〕記載の映像表示装置。

10

【 0 2 5 0 〕

〔 2 7 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と視軸に対して斜めに配された透過及び反射作用を有する面を含む光学系を有することを特徴とする上記〔 2 6 〕記載の映像表示装置。

【 0 2 5 1 〕

〔 2 8 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足し、前記映像の周辺領域に対する正の屈折力が前記映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過鏡と、前記半透過鏡と前記観察者の眼球との光路中に配置された前記映像の周辺領域に対する屈折力が前記の主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備することを特徴とする上記〔 2 7 〕記載の映像表示装置。

20

【 0 2 5 2 〕

〔 2 9 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影する働きを有し、焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足する観察者の眼球と対向し、光軸が前記映像表示手段の法線と交差するように配置され、前記映像の周辺領域に対する正の屈折力が前記映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、前記映像表示手段から発せられた光束を前記凹面鏡に導き、前記凹面鏡で反射された光束を前記観察者の眼球に導くように、前記観察者の眼球と前記凹面鏡との間に配された半透過鏡と、前記半透過鏡と前記観察者の眼球との光路中に配置された前記映像の周辺領域に対する屈折力が前記映像の主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備することを特徴とする上記〔 2 7 〕記載の映像表示装置。

30

【 0 2 5 3 〕

〔 3 0 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と対向して配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足し、前記映像の周辺領域に対する正の屈折力が前記映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、前記接合プリズムと前記観察者の眼球との光路中に配置された前記映像の周辺領域に対する屈折力が前記映像の主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備することを特徴とする上記〔 2 7 〕記載の映像表示装置。

40

【 0 2 5 4 〕

〔 3 1 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、光軸が前記映像表示手段の法線と交差するように配置された焦点距離 f が $15\text{ mm} < f < 60\text{ mm}$ を満足し、前記映像の周辺領域に対する正の屈折力が前記映像の主表示領域における正の屈折力よりも弱くなる非球面を有する凹面鏡と、前記凹面鏡で反射される光束を観察者の眼球内に導くように、前記凹面鏡と前記映像表示手段との間に配された半透過部を有する接合プリズムと、前記接合プリズムと前記観察者の眼球との光路中に配置された前記映像の周辺領域に対する屈折力が前記映像の主表示領域における屈折力よりも正の

50

方向に大きい周辺屈曲光学手段とを具備することを特徴とする上記〔27〕記載の映像表示装置。

【0255】

〔32〕 前記周辺屈曲光学手段は、周辺に向かうにつれて緩やかに屈折力が強くなる分布を有することを特徴とする上記〔26〕記載の映像表示装置。

【0256】

〔33〕 前記周辺屈曲光学手段の屈折力の大きい周辺における屈曲作用を受けた光束と、主表示領域における屈曲作用を受けた光束とが、射出瞳からの逆光線追跡にて到達する前記映像表示素子上での2つの領域は、互いに一部が重なり合っていることを特徴とする上記〔26〕記載の映像表示装置。

10

【0257】

〔34〕 前記周辺屈曲光学手段はフレネル光学素子であることを特徴とする上記〔26〕記載の映像表示装置。

【0258】

〔35〕 前記周辺屈曲光学手段は回折光学素子であることを特徴とする上記〔26〕記載の映像表示装置。

【0259】

〔36〕 前記観察者の眼球に一番近い最終射出面が前記周辺屈曲光学手段を兼ねていることを特徴とする上記〔34〕又は〔35〕記載の映像表示装置。

【0260】

〔37〕 前記投影光学系の前記映像表示手段に最も近い光学面に前記端部を形成したことを特徴とする上記〔4〕記載の映像表示装置。

20

【0261】

〔38〕 前記投影光学系は、前記映像を観察者の眼球内の網膜上に投影する接眼光学系であることを特徴とする上記〔37〕記載の映像表示装置。

【0262】

〔39〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段に表示される映像を拡大投影するように、前記映像表示手段と視軸に対して斜めに配された透過及び反射作用を有する面を含む光学系であることを特徴とする上記〔38〕記載の映像表示装置。

【0263】

〔40〕 前記光学面の前記端部は、周辺に向かうにつれて穏やかに屈折力が強くなる分布を有することを特徴とする上記〔37〕記載の映像表示装置。

30

【0264】

〔41〕 前記光学面の前記端部は、射出瞳からの光線を逆追跡にて、前記端部を通過した光線が前記映像表示手段の表示領域端部近傍に到達する作用を有することを特徴とする上記〔37〕記載の映像表示装置。

【0265】

〔42〕 前記接眼光学系は、少なくとも3つの光学面を有し、その少なくとも3つの光学面で囲まれた媒質の屈折率が1より大きいプリズムを含み、前記プリズムは、観察者の眼球に最も近く前記眼球に向けて前記映像表示手段からの光束を透過する第3面と、前記第3面に向けて前記映像表示手段からの光束を反射すべく前記眼球の視軸に対して傾いて配置された反射面である第2面と、前記プリズム内に前記映像表示手段からの光束を導く透過面である第1面とを有することを特徴とする上記〔5〕記載の映像表示装置。

40

【0266】

〔43〕 前記光学面の前記端部は、周辺に向かうにつれて穏やかに屈折力が強くなる分布を有することを特徴とする上記〔42〕記載の映像表示装置。

【0267】

〔44〕 前記光学面の前記端部は、射出瞳からの光線を逆追跡にて、前記端部を通過した光線が前記映像表示手段の表示領域端部近傍に到達する作用を有することを特徴とする上記〔42〕記載の映像表示装置。

50

【 0 2 6 8 】

〔 4 5 〕 前記接眼光学系は、前記映像表示手段と前記第 1 面との光路中に、前記映像周辺に対する光束の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を備えていることを特徴とする上記〔 4 2 〕記載の映像表示装置。

【 0 2 6 9 】

〔 4 6 〕 前記接眼光学系は、前記プリズムの前記第 1 面が、前記映像周辺に対する光束の屈折力が主表示領域における屈折力よりも正の方向に大きい周辺屈曲光学手段を兼ねていることを特徴とする上記〔 4 2 〕記載の映像表示装置。

【 0 2 7 0 】

〔 4 7 〕 上記〔 1 〕から〔 1 6 〕、〔 2 6 〕から〔 3 5 〕、〔 3 7 〕から〔 4 6 〕の何れか 1 項記載の映像表示装置を片眼用に 1 組、あるいは、両眼用に 2 組設けてなる映像表示装置本体と、前記映像表示装置本体を観察者の顔面に保持できるように、前記映像表示装置本体に接続され、観察者の頭部に指示する支持手段とを有することを特徴とする頭部装着型映像表示装置。

10

【 0 2 7 1 】

【 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、観察画角が広くなくても臨場感のある、また眼が疲れ難く見やすい頭部装着型等の映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 】 実施例 1 の映像表示装置の構成を従来例との比較で模式的に示す図である。

20

【 図 2 】 実施例 2 の映像表示装置の構成と表示画面を従来例との比較で模式的に示す図である。

【 図 3 】 実施例 3 の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。

【 図 4 】 図 3 の映像表示装置の変形例の垂直断面図である。

【 図 5 】 実施例 4 の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。

【 図 6 】 図 5 の映像表示装置の変形例の垂直断面図である。

【 図 7 】 実施例 5 の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。

【 図 8 】 台形型光学素子の構成を示す斜視図である。

【 図 9 】 実施例 6 の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。

【 図 1 0 】 実施例 6 における台形型光学素子の作用を説明するための図である。

30

【 図 1 1 】 実施例 6 における凹面鏡の径の決め方の別の例を説明するための図である。

【 図 1 2 】 実施例 7 の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。

【 図 1 3 】 実施例 7 の映像表示装置の作用を説明するための図である。

【 図 1 4 】 実施例 7 の映像表示装置の作用を説明するための別の図である。

【 図 1 5 】 実施例 8 の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。

【 図 1 6 】 図 1 5 の映像表示装置の変形例の垂直断面図である。

【 図 1 7 】 実施例 9 の映像表示装置の光学系の構成を示す部分的な垂直断面図である。

【 図 1 8 】 実施例 9 の映像表示装置のフレネルレンズの作用を説明するための図である。

【 図 1 9 】 実施例 9 の映像表示装置のフレネルレンズの作用を説明するための別の図である。

40

【 図 2 0 】 実施例 9 の映像表示装置の光線の経路を示す図である。

【 図 2 1 】 図 2 0 と対応させた LCD の画面とその周辺を示す図である。

【 図 2 2 】 実施例 9 の映像表示装置の光線の経路を示す別の図である。

【 図 2 3 】 実施例 9 の逆光線追跡における眼からの射出角と光量の関係を示す図である。

【 図 2 4 】 図 2 3 に関する総光量を示す図である。

【 図 2 5 】 実施例 1 0 の映像表示装置の光学系の構成を示す部分的な垂直断面図である。

【 図 2 6 】 実施例 1 0 の図 2 3 に対応する図である。

【 図 2 7 】 実施例 1 0 の図 2 4 に対応する図である。

【 図 2 8 】 実施例 1 1 の映像表示装置の光学系の構成を示す断面図である。

【 図 2 9 】 実施例 1 2 の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。

50

- 【図30】実施例12の映像表示装置の作用を説明するための図である。
- 【図31】図30の映像表示装置の変形例の垂直断面図である。
- 【図32】実施例13の映像表示装置の光学系の構成を示す垂直断面図である。
- 【図33】図32の映像表示装置の変形例の垂直断面図である。
- 【図34】実施例14の映像表示装置に用いる偏心プリズム光学系の斜視図である。
- 【図35】偏心プリズム光学系の光路図である。
- 【図36】実施例14の1形態の映像表示装置の光学系の構成を示す断面図である。
- 【図37】実施例14に用いる周辺屈曲光学系手段の斜視図と断面図である。
- 【図38】実施例14の別の形態の映像表示装置の光学系の斜視図である。
- 【図39】偏心プリズム光学系の第1面がフラットでない場合の別の形態の映像表示装置の光学系の構成を示す断面図である。 10
- 【図40】偏心プリズム光学系の第1面がフラットでない場合のもう1つの形態の映像表示装置の光学系の構成を示す断面図である。
- 【図41】実施例14の作用を説明するための周辺の光路図である。
- 【図42】画角 θ 、 $(\theta + \alpha)$ 、 $(\theta - \alpha)$ の観察者瞳孔に入射する主光線の経路を示す図である。
- 【図43】画角 θ の観察者瞳孔に入射する光束の経路の概略を示す図である。
- 【図44】画角 $(\theta + \alpha)$ の観察者瞳孔に入射する光束の経路の概略を示す図である。
- 【図45】画角 $(\theta - \alpha)$ の観察者瞳孔に入射する光束の経路の概略を示す図である。
- 【図46】対角長0.7インチでアスペクト比4:3のLCDを用いた例を示すY-Z断面図である。 20
- 【図47】図46の例で対角長0.55インチのLCDを用いた場合のY-Z断面図である。
- 【図48】図47でフレネルレンズを施した場合のY-Z断面内の光路図である。
- 【図49】図48の場合の表示画面の様子を示す図である。
- 【図50】実施例14において用いる偏心プリズム光学系の変形例を示す光路図である。
- 【図51】実施例14の映像表示装置の変形例を示す断面図である。
- 【図52】実施例14の映像表示装置の別の変形例を示す断面図である。
- 【図53】実施例14の数値例のリニアフレネルレンズを説明するため図である。
- 【図54】実施例14の数値例の偏心プリズム光学系の基本形態の側面図である。 30
- 【図55】実施例14の数値例の偏心プリズム光学系の基本形態の平面図である。
- 【図56】実施例14の数値例の偏心プリズム光学系の左エッジのリニアフレネルレンズを通る光束の光路を示す平面図である。
- 【図57】実施例14の数値例の偏心プリズム光学系の下エッジのリニアフレネルレンズを通る光束の光路を示す平面図である。
- 【図58】実施例14の数値例の偏心プリズム光学系の上エッジのリニアフレネルレンズを通る光束の光路を示す平面図である。
- 【図59】本発明の映像表示装置を片眼装着の構成にした場合の様子を示す図である。
- 【図60】本発明の映像表示装置を両眼装着の構成にした場合の様子を示す図である。
- 【図61】LCD最周辺光束が周辺屈曲光学手段の内側エッジに接している状態を示す図 40
- である。
- 【図62】LCD最周辺光束が周辺屈曲光学手段に半分がかかっている状態を示す図である。
- 【図63】LCD最周辺光束が周辺屈曲光学手段に全部がかかっている状態を示す図である。
- 【図64】従来の一つの頭部装着型の映像表示装置の光学系の構成を示す図である。
- 【図65】図64のハーフミラーを用いない等価光学系を示す図である。

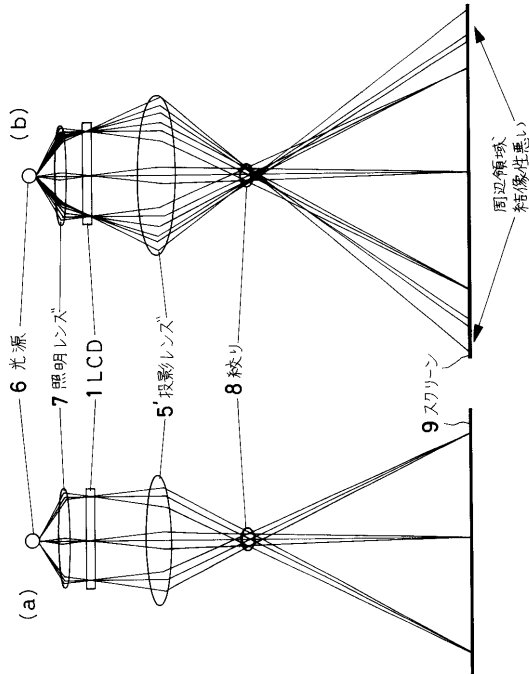
【符号の説明】

E ... 観察者眼球

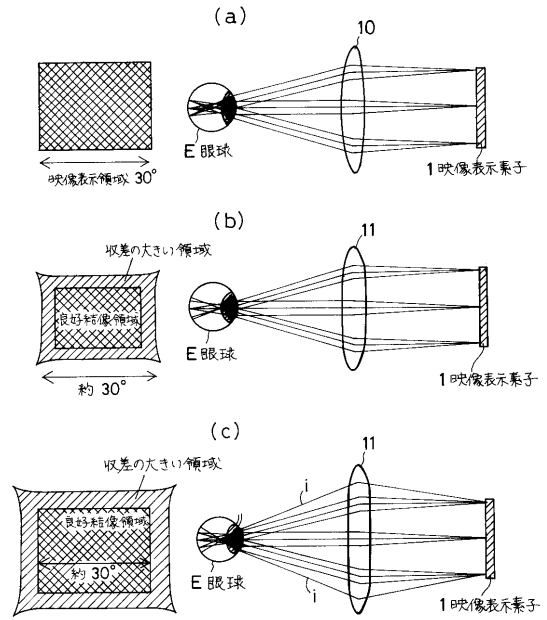
1 ... 映像表示素子 (LCD)

2 ... 凹面鏡	
3 ... ハーフミラー	
4 ... 射出面	
5 ... 屈折レンズ	
5 ' ... 投影レンズ	
6 ... 照明光用光源	
7 ... 照明レンズ	
8 ... 絞り	
9 ... スクリーン	
1 0 ... 球面単レンズ	10
1 1 ... 接眼光学系（接眼レンズ）	
1 2 ... 接合プリズム	
1 3 ... 台形型光学素子	
1 4 ... フレネルレンズ（周辺屈曲光学手段）	
1 4 ₁ 、1 4 ₂ 、1 4 ₁₂ 、1 4 ₁₃ 、1 4 ₂₁ 、1 4 ₂₂ ... リニアフレネルレンズ（1次元フレネルレンズ）	
1 5 ... 非球面レンズ	
2 0 ... 偏心プリズム光学系（投影光学系）	
2 1 ... 第1面	
2 2 ... 第2面	20
2 3 ... 第3面	
2 4 ... 側面	
2 5 ... 射出瞳	
2 6 ... 光軸	
2 7 ... 反射コーティング	
3 1 ... 表示装置本体部	
3 2 ... 前フレーム	
3 3 ... 後フレーム	
3 4 ... 頭頂フレーム	
3 5 ... リヤプレート	30
3 6 ... リヤカバー	
3 9 ... スピーカー	
4 1 ... ケーブル	
4 0 ... ビデオ再生装置	
4 0 a ... ボリュウム調整部	
5 0 ... 偏心プリズム光学系	
5 1 ... 第1面	
5 2 ... 第2面	
5 3 ... 第3面	
5 4 ... 第4面	40

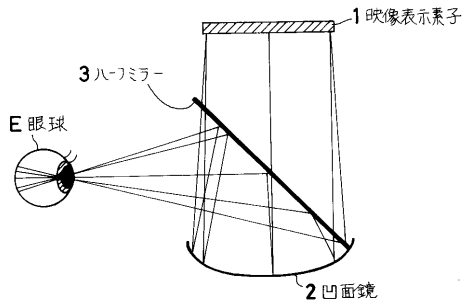
【 図 1 】



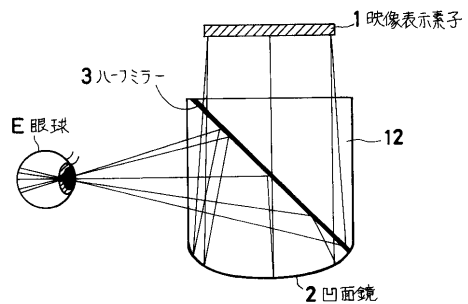
【 図 2 】



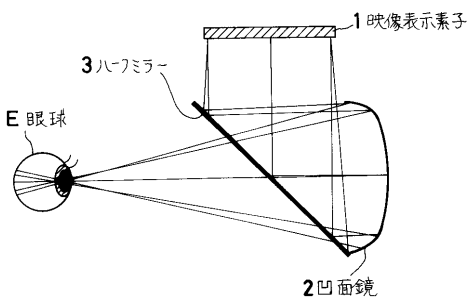
【 図 3 】



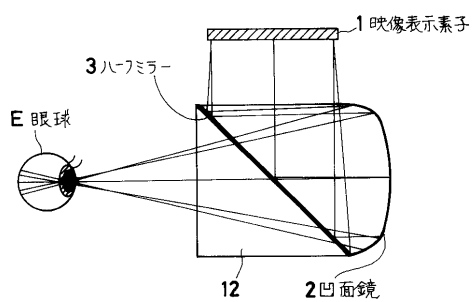
【 図 5 】



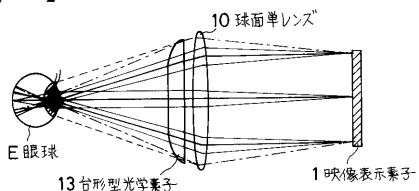
【 図 4 】



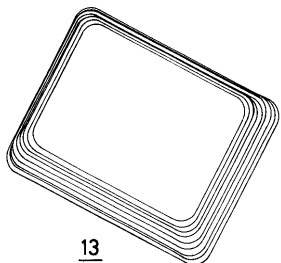
【 図 6 】



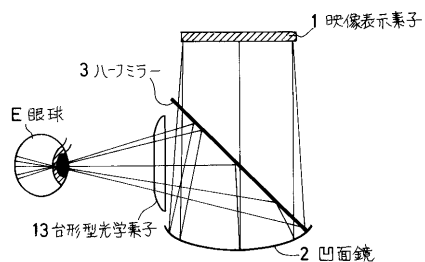
【 図 7 】



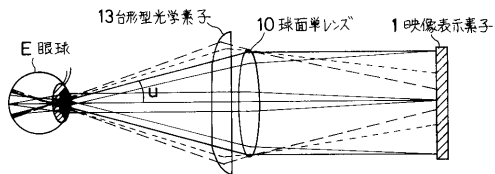
【 図 8 】



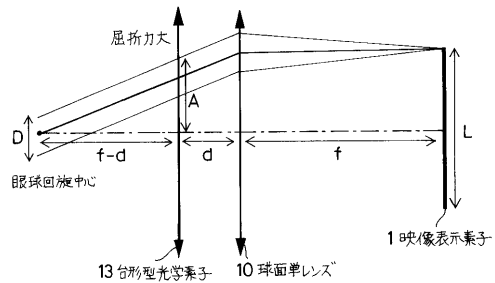
【 図 9 】



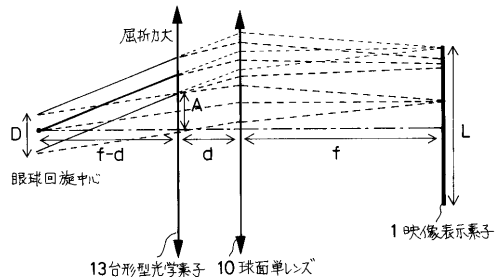
【 図 1 2 】



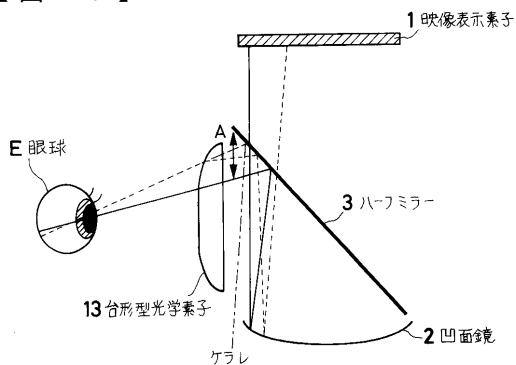
【 図 1 3 】



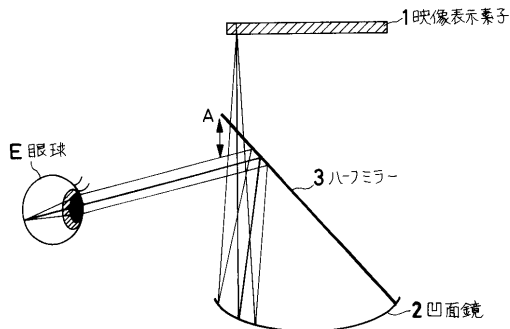
【 図 1 4 】



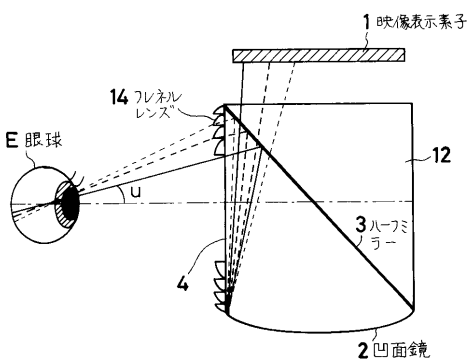
【 図 1 0 】



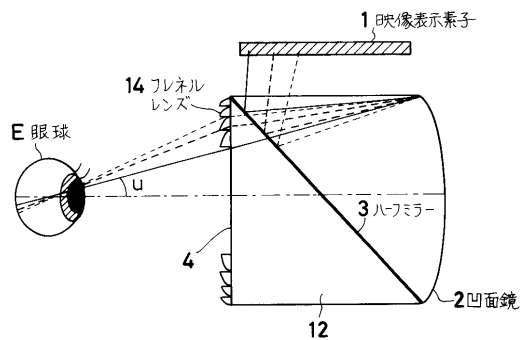
【 図 1 1 】



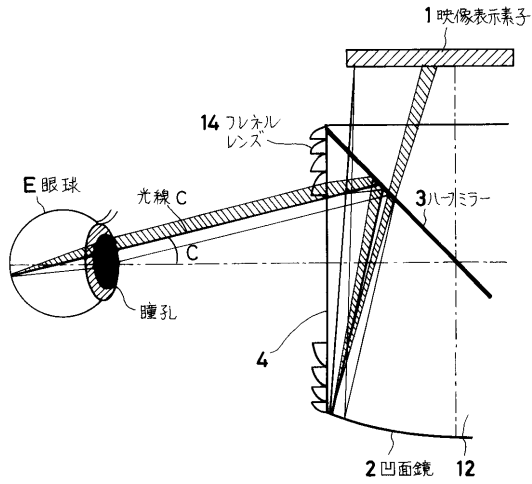
【 図 1 5 】



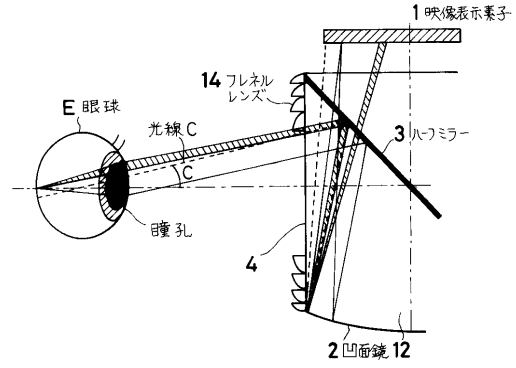
【 図 1 6 】



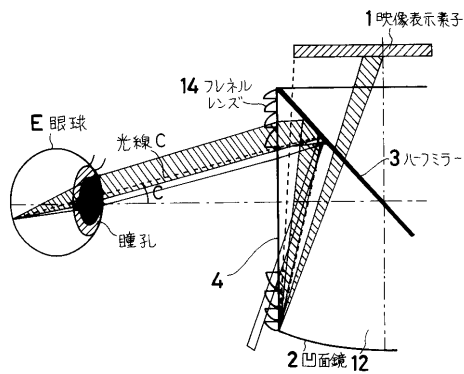
【図17】



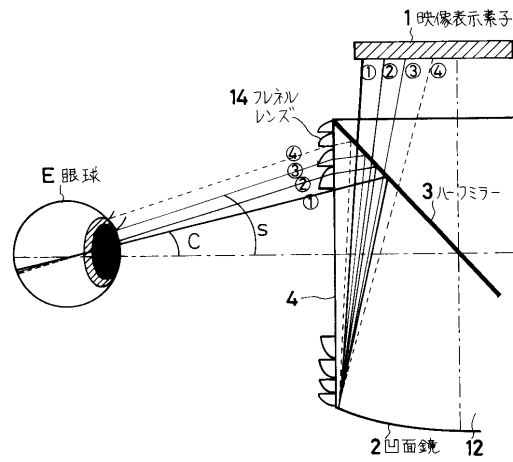
【図19】



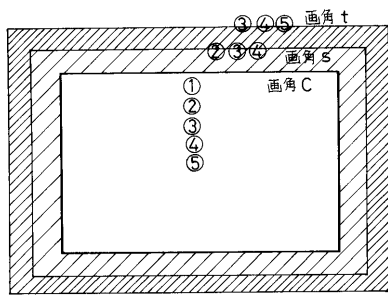
【図18】



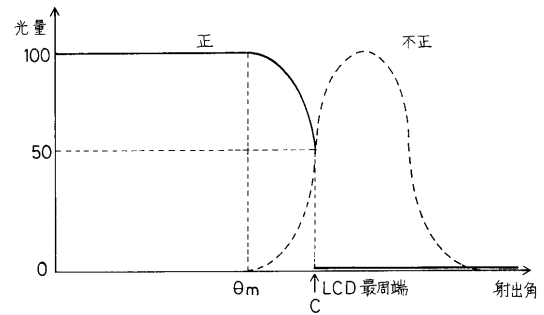
【図20】



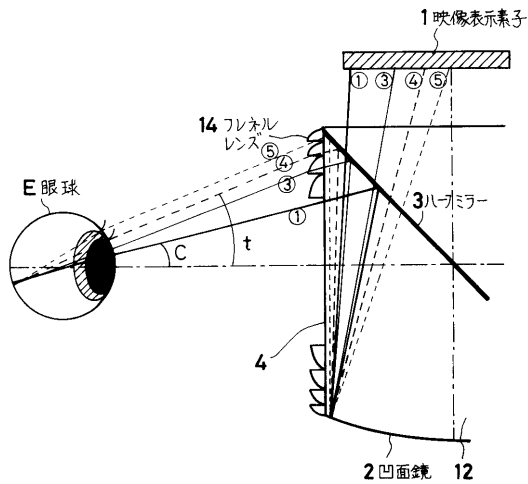
【図21】



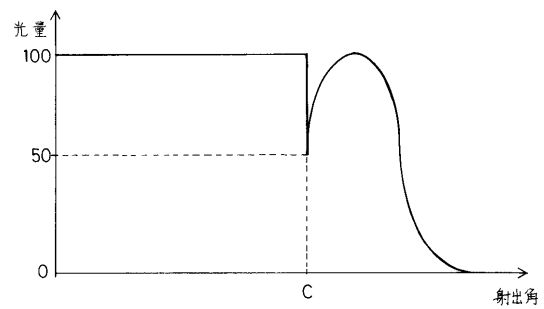
【図23】



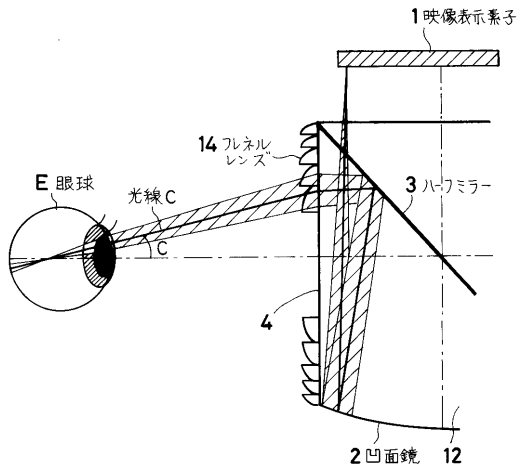
【図22】



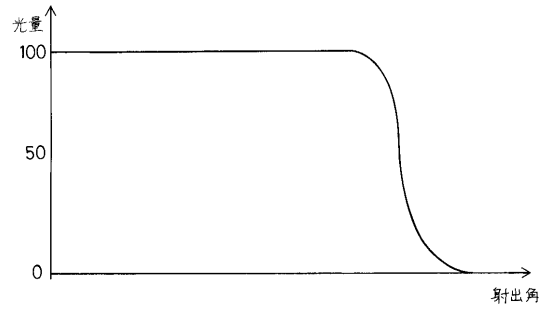
【図24】



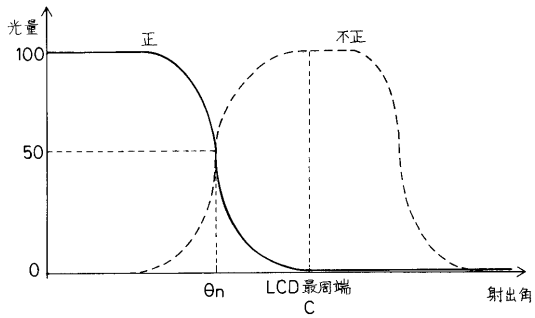
【図 2 5】



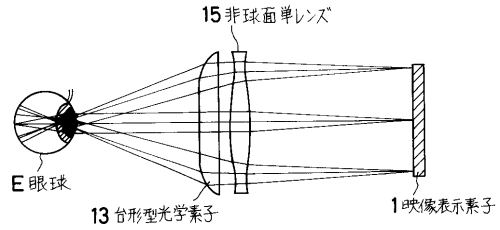
【図 2 7】



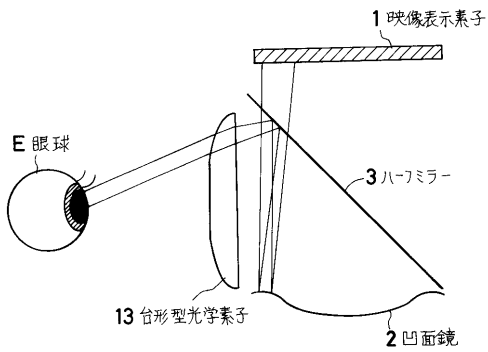
【図 2 6】



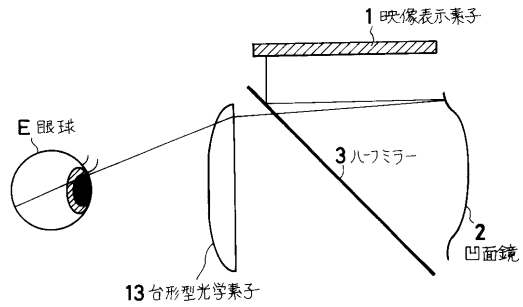
【図 2 8】



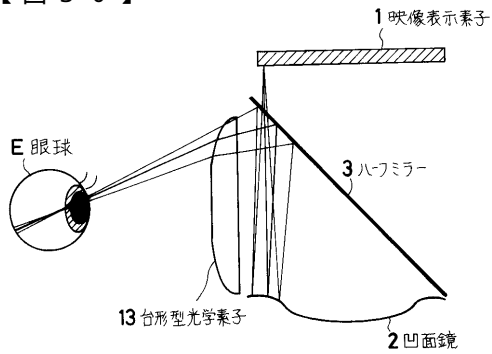
【図 2 9】



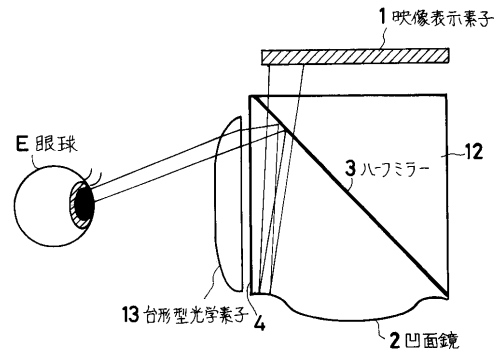
【図 3 1】



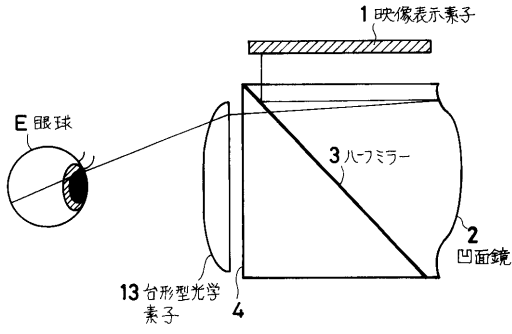
【図 3 0】



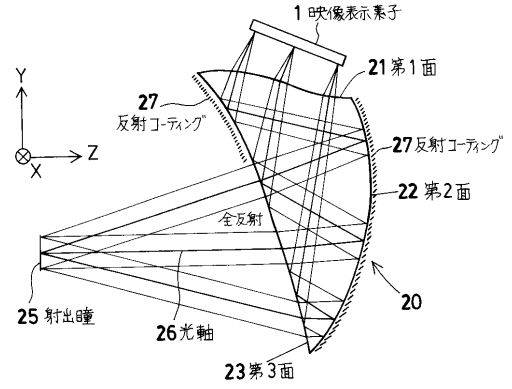
【図 3 2】



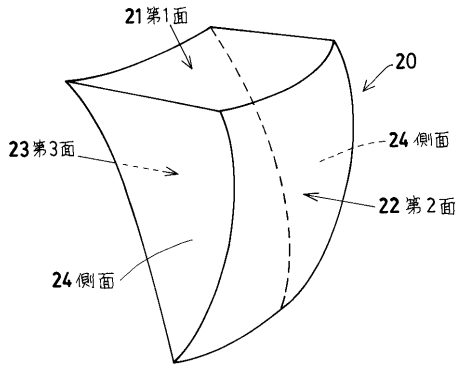
【 図 3 3 】



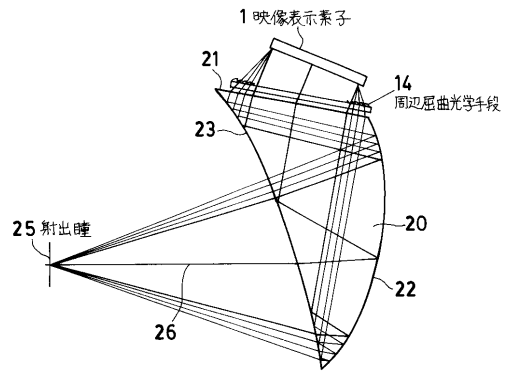
【 図 3 5 】



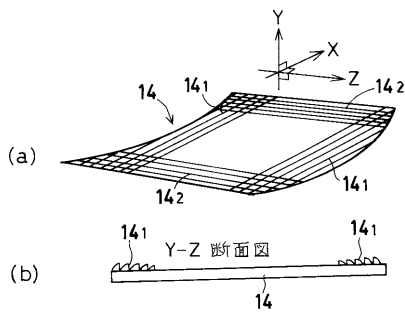
【 図 3 4 】



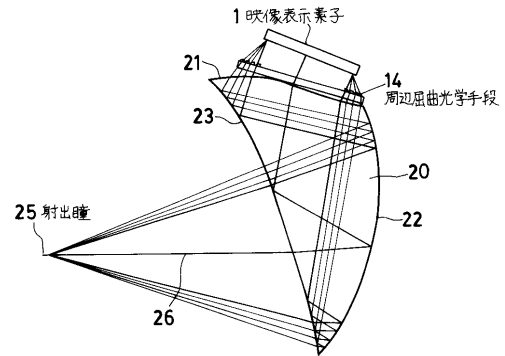
【 図 3 6 】



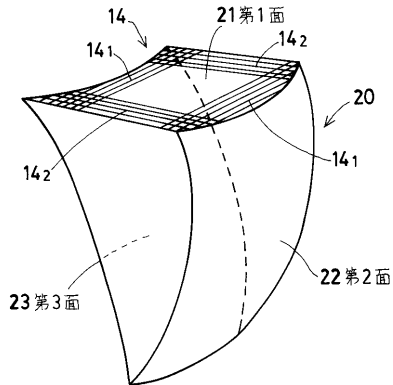
【 図 3 7 】



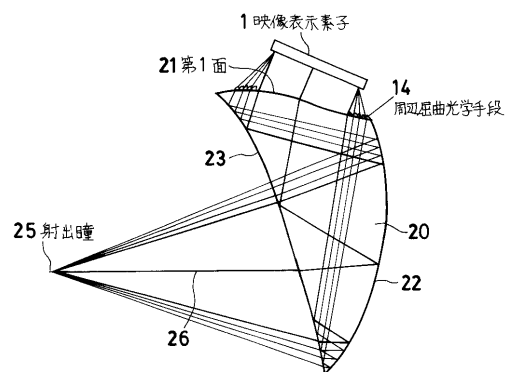
【 図 3 9 】



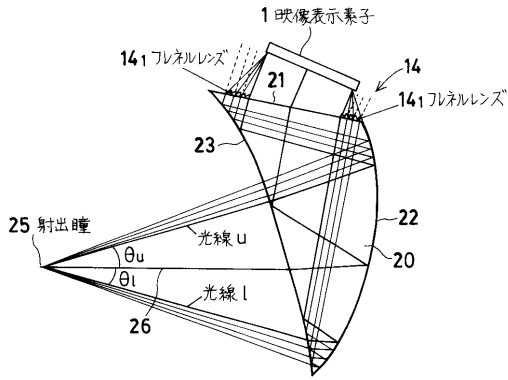
【 図 3 8 】



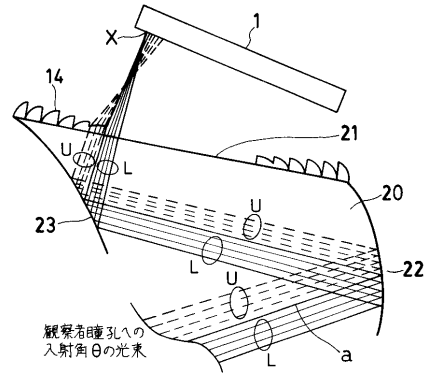
【 図 4 0 】



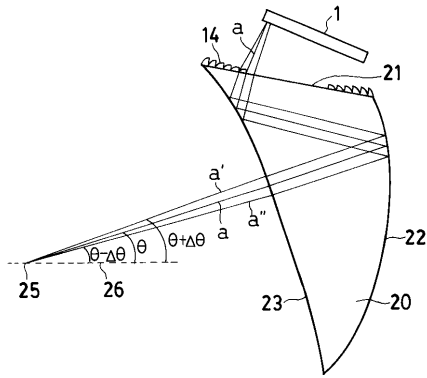
【 図 4 1 】



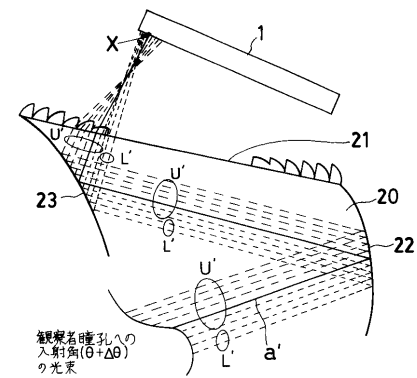
【 図 4 3 】



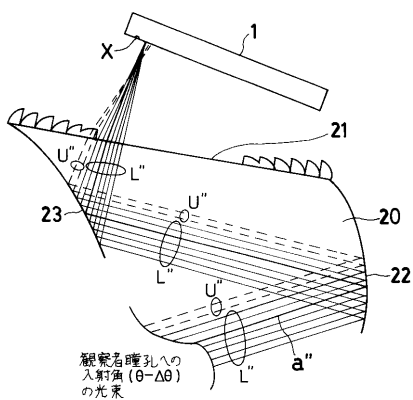
【 図 4 2 】



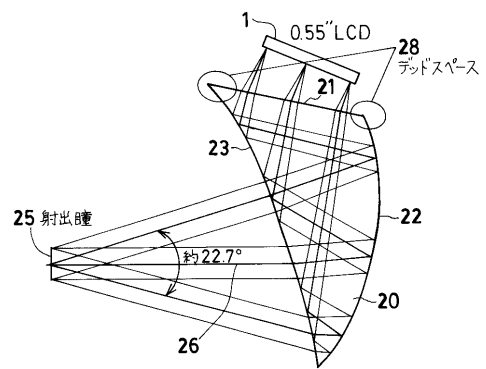
【 図 4 4 】



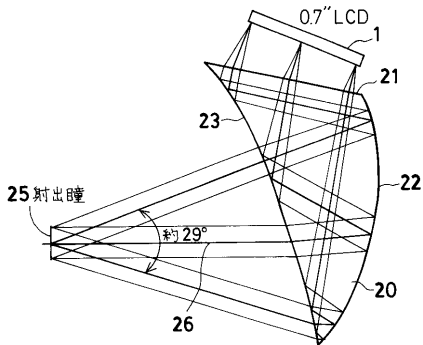
【 図 4 5 】



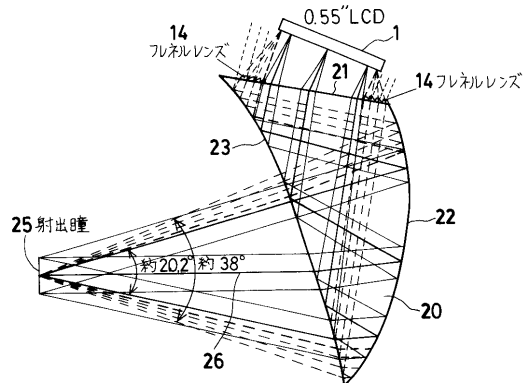
【 図 4 7 】



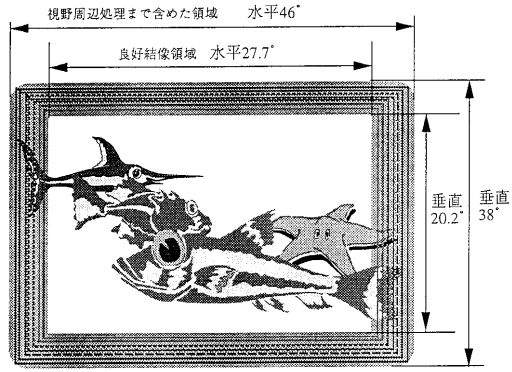
【 図 4 6 】



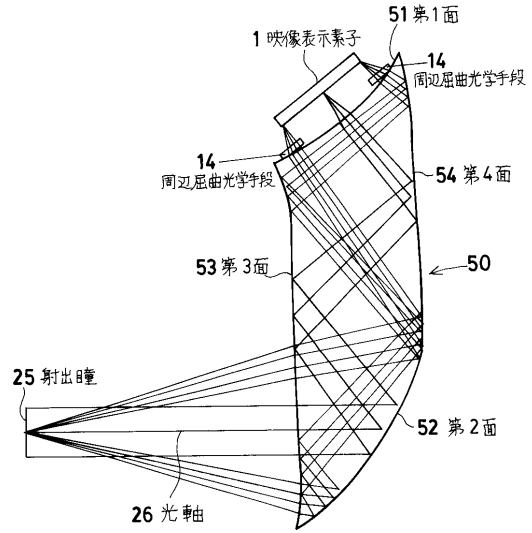
【 図 4 8 】



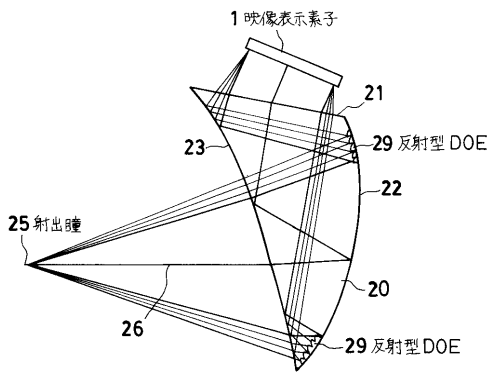
【 図 4 9 】



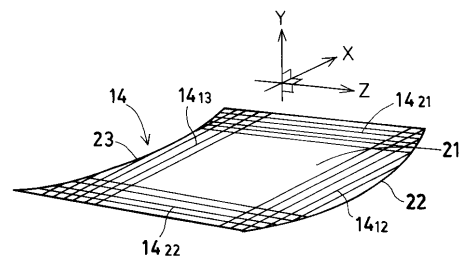
【 図 5 0 】



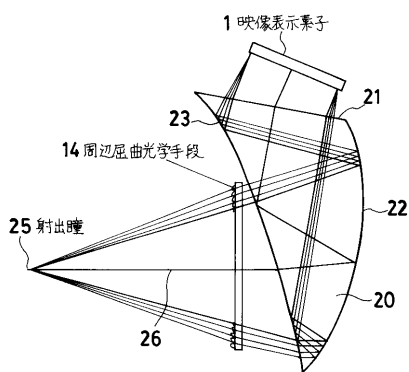
【 図 5 1 】



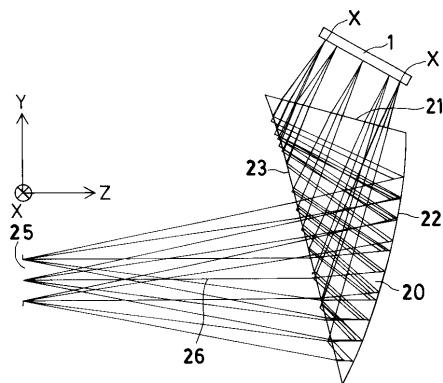
【 図 5 3 】



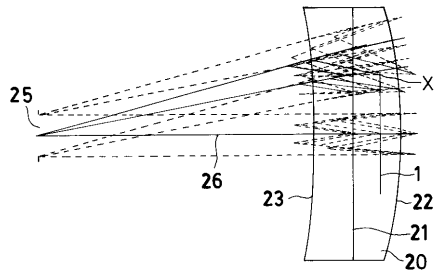
【 図 5 2 】



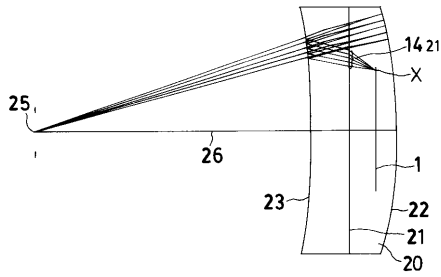
【 図 5 4 】



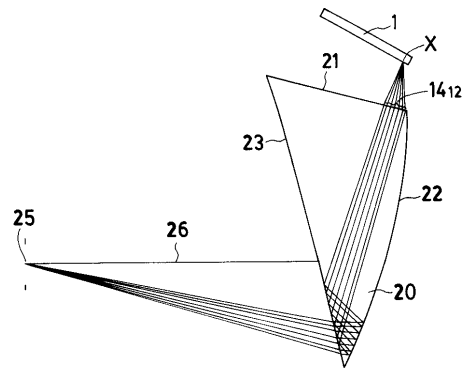
【図55】



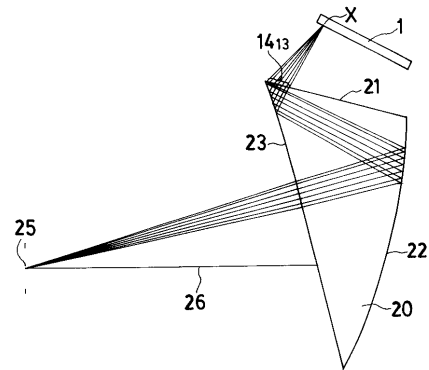
【図56】



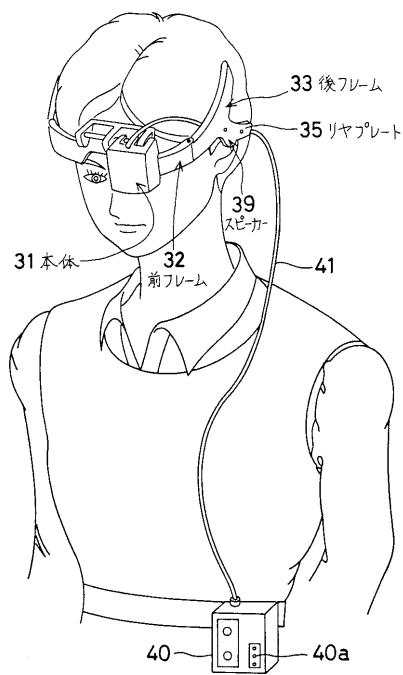
【図57】



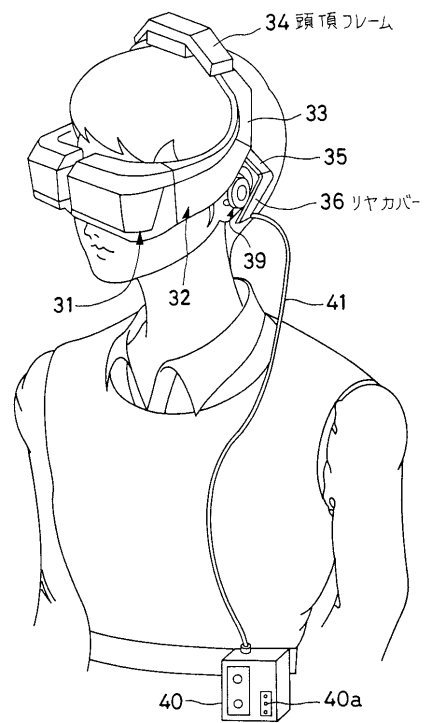
【図58】



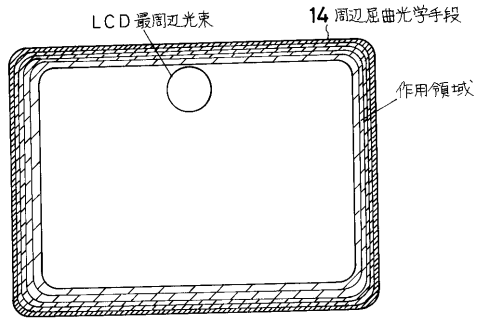
【図59】



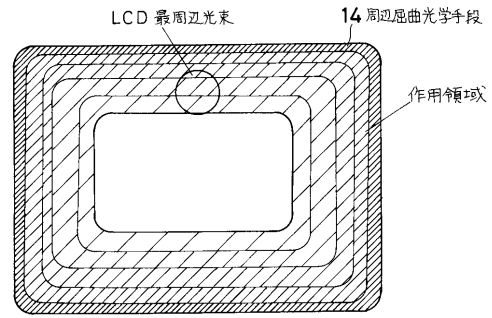
【図60】



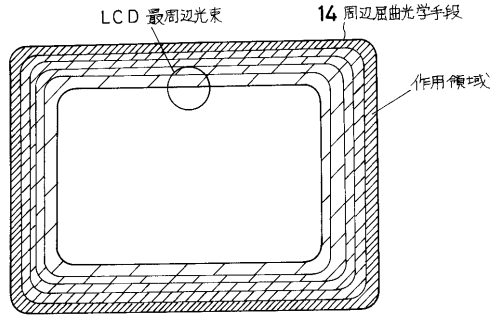
【図61】



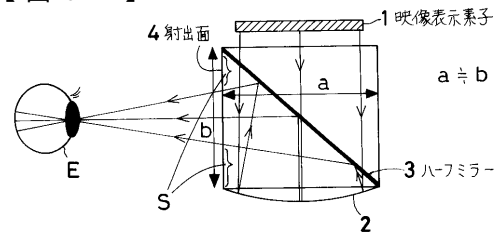
【図63】



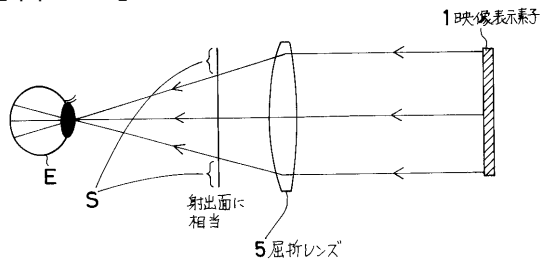
【図62】



【図64】



【図65】



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 花野和成

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 三橋 健二

(56)参考文献 特開平07-325266(JP,A)

特開平06-268944(JP,A)

特開平05-328258(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G02B 27/02

H04N 5/64