(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3594264号
(P3594264)
(45)発行日　平成16年11月24日(2004.11.24)　(24)登録日　平成16年9月10日(2004.9.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G02B 27/02	G02B	27/02	Z
G09F 9/00	G09F	9/00	359A
H04N 5/64	H04N	5/64	511A

請求項の数 8　(全 41 頁)

(21)出願番号　特願平7-266954
(22)出願日　平成7年10月16日(1995.10.16)
(65)公開番号　特開平9-113841
(43)公開日　平成9年5月2日(1997.5.2)
審査請求日　平成14年2月1日(2002.2.1)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100097777
弁理士　韮澤　弘
(74)代理人　100088041
弁理士　阿部　龍吉
(74)代理人　100092495
弁理士　蛭川　昌信
(74)代理人　100092509
弁理士　白井　博樹
(74)代理人　100095120
弁理士　内田　亘彦
(74)代理人　100095980
弁理士　菅井　英雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

画像を表示する画像表示素子と、前記画像表示素子によって形成された画像を投影し観察者眼球に導く接眼光学系とからなる画像表示装置において、

前記接眼光学系は、少なくとも３面を持ち、前記少なくとも３面によって形成される空間が屈折率が１より大きい透明媒質で満たされており、

前記観察者眼球から前記画像表示素子に向かって順に、屈折面かつ内部反射面である第１面、前記第１面に対向し、観察者視軸に対して偏心するかあるいは傾いた正のパワーを有する反射面である第２面、前記画像表示素子に最も近接している屈折面である第３面で構成され、

前記第２面が、前記媒質と反対側の面を空気と接して構成しており、

光線経路は、前記画像表示素子から発した光線が前記第３面を透過し、前記第１面で内部反射し、前記第２面で内部反射し、再び前記第１面に入射し透過して観察者眼球に導かれる際、前記第２面で反射後の軸上主光線と前記第２面での前記軸上主光線の反射点における前記第２面の法線とのなす角度θ_2　が、

$10° \leqq \theta_2 \leqq 40°$　　・・・（１）

の条件を満足することを特徴とする画像表示装置。

【請求項２】

前記接眼光学系の前記第１面で透過後の軸上主光線と前記第１面での前記軸上主光線の透過点における前記第１面の法線とのなす角度θ_{1t}が、

$-20° \leqq \theta_{1t} \leqq 25°$ ・・・（５）
を満足することを特徴とする請求項１記載の画像表示装置。
【請求項３】
前記接眼光学系の前記第１面で内部反射後の軸上主光線と前記第１面での前記軸上主光線の内部反射点における前記第１面の法線とのなす角度θ_{1h}が
$35° \leqq \theta_{1h} \leqq 60°$ ・・・（８）
を満足することを特徴とする請求項１記載の画像表示装置。
【請求項４】
前記接眼光学系の前記第３面で透過後の軸上主光線と前記第３面での前記軸上主光線の透過点における前記第３面の法線とのなす角度θ_3が、
$-20° \leqq \theta_3 \leqq 20°$ ・・・（１０）
を満足することを特徴とする請求項１記載の画像表示装置。
【請求項５】
画像を表示する画像表示素子と、前記画像表示素子によって形成された画像を投影し観察者眼球に導く接眼光学系とからなる画像表示装置において、
前記接眼光学系は、少なくとも３面を持ち、前記少なくとも３面によって形成される空間が屈折率が１より大きい透明媒質で満たされており、
前記観察者眼球から前記画像表示素子に向かって順に、屈折面かつ内部反射面である第１面、前記第１面に対向し、観察者視軸に対して偏心するかあるいは傾いた正のパワーを有する反射面である第２面、前記画像表示素子に最も近接している屈折面である第３面で構成され、
前記第２面が、前記媒質と反対側の面を空気と接して構成しており、
光線経路は、前記画像表示素子から発した光線が前記第３面を透過し、前記第１面で内部反射し、前記第２面で内部反射し、再び前記第１面に入射し透過して観察者眼球に導かれる際、前記画像表示素子の法線と前記観察者視軸とのなす角度θ_4が、
$-20° \leqq \theta_4 \leqq 80°$ ・・・（１３）
を満足することを特徴とする画像表示装置。
【請求項６】
前記接眼光学系の第１面の曲率半径をr_{y1}、前記第２面の曲率半径をr_{y2}とした場合、
$-10 \leqq r_{y1} / r_{y2} \leqq 10$ ・・・（１７）
を満足することを特徴とする請求項１記載の画像表示装置。
【請求項７】
観察者側から見た場合の前記接眼光学系の水平方向の１辺の長さＷは、
$20\text{mm} \leqq W \leqq 70\text{mm}$ ・・・（２０）
を満足することを特徴とする請求項１記載の画像表示装置。
【請求項８】
観察者側から見た場合の前記接眼光学系の水平方向の観察者視軸から鼻側の端部までの長さＷｈは、
$5\text{mm} \leqq Wh \leqq 35\text{mm}$ ・・・（２３）
を満足することを特徴とする請求項１記載の画像表示装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、画像表示装置に関し、特に、観察者の頭部又は顔面に保持することを可能にする頭部又は顔面装着式画像表示装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
頭部又は顔面装着式画像表示装置の従来の周知なものの１つとして、特開平３－１０１７０９号のものがある。図４７（ａ）にその全体の光学系を、図４７（ｂ）にその接眼光学

系の部分を示す。この画像表示装置は、画像表示素子の表示画像を正レンズよりなるリレー光学系によって空中像として伝達し、凹面反射鏡からなる接眼光学系でこの空中像を拡大して観察者の眼球内に投影するものである。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】

図４７（ａ）のように、画像表示素子の画像をリレーするタイプの画像表示装置では、接眼光学系の形式によらず、接眼光学系以外に、リレー光学系として数枚のレンズを用いなければならないため、光路長が長く光学系は大型になり、重量も重くなる。

【０００４】

また、図４７（ｂ）に示すように、接眼光学系のみを考えた場合、実像の位置近傍に画像表示素子が配置されると考えればよい。図において、観察者瞳に対向して近接している面をＡ面、凹面反射面をＢ面、実像Ｐ１側の屈折面をＣ面とした場合、

▲１▼観察者視軸に対するＡ面の傾き角、及び、Ｂ面の傾き角によって、Ａ面とＢ面の交わる点が決まる。この交点が観察者視軸から近い位置に構成されてしまうと、下側の軸外光線Ｌは接眼光学系から射出することができない。したがって、接眼光学系の画角に応じてこの交点の位置を決める必要がある。言い換えると、画角によってＡ面の傾き角とＢ面の傾き角には、ある範囲内においてのみ接眼光学系を構成することが可能となる。

【０００５】

▲２▼観察者視軸に対するＡ面の傾き角が大きくなるか、あるいは、画像表示素子面と観察者視軸のなす角度が小さければ、接眼光学系の奥行き方向の厚みが増大するため、装置全体が大型化し、重量も重くなる。他方、画像表示素子と観察者視軸のなす角度が大きくなると、接眼光学系と画像表示素子とが図において上下に分かれて配備されることとなるため、頭部に装着した場合には、顔面からの突出量が増大し、装置全体して大型化してしまう。

【０００６】

本発明は、従来の技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、広い画角において明瞭に観察が可能であり、さらに、非常に小型軽量である画像表示装置を提供することである。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第１の画像表示装置は、画像を表示する画像表示素子と、前記画像表示素子によって形成された画像を投影し観察者眼球に導く接眼光学系とからなる画像表示装置において、

前記接眼光学系は、少なくとも３面を持ち、前記少なくとも３面によって形成される空間が屈折率が１より大きい透明媒質で満たされており、

前記観察者眼球から前記画像表示素子に向かって順に、屈折面かつ内部反射面である第１面、前記第１面に対向し、観察者視軸に対して偏心するかあるいは傾いた正のパワーを有する反射面である第２面、前記画像表示素子に最も近接している屈折面である第３面で構成され、

前記第２面が、前記媒質と反対側の面を空気と接して構成しており、

光線経路は、前記画像表示素子から発した光線が前記第３面を透過し、前記第１面で内部反射し、前記第２面で内部反射し、再び前記第１面に入射し透過して観察者眼球に導かれる際、前記第２面で反射後の軸上主光線と前記第２面での前記軸上主光線の反射点における前記第２面の法線とのなす角度θ_2が、

$$10° \leqq \theta_2 \leqq 40° \quad \cdots (1)$$

の条件を満足することを特徴とするものである。

【０００８】

この場合、前記接眼光学系の前記第１面で透過後の軸上主光線と前記第１面での前記軸上主光線の透過点における前記第１面の法線とのなす角度θ_{1t}が、

$$-20° \leqq \theta_{1t} \leqq 25° \quad \cdots (5)$$

を満足することが望ましい。

【０００９】

本発明のもう１つの画像表示装置は、画像を表示する画像表示素子と、前記画像表示素子によって形成された画像を投影し観察者眼球に導く接眼光学系とからなる画像表示装置において、

前記接眼光学系は、少なくとも３面を持ち、前記少なくとも３面によって形成される空間が屈折率が１より大きい透明媒質で満たされており、

前記観察者眼球から前記画像表示素子に向かって順に、屈折面かつ内部反射面である第１面、前記第１面に対向し、観察者視軸に対して偏心するかあるいは傾いた正のパワーを有する反射面である第２面、前記画像表示素子に最も近接している屈折面である第３面で構成され、

前記第２面が、前記媒質と反対側の面を空気と接して構成しており、

光線経路は、前記画像表示素子から発した光線が前記第３面を透過し、前記第１面で内部反射し、前記第２面で内部反射し、再び前記第１面に入射し透過して観察者眼球に導かれる際、前記画像表示素子の法線と前記観察者視軸とのなす角度θ_4　が、

$$-20° \leqq \theta_4 \leqq 80° \quad \cdots (13)$$

を満足することを特徴とするものである。

【００１０】

以下に、上記本発明の画像表示装置の作用について説明する。この説明においては、特に指定しない場合には、画像表示素子から観察者眼球に向けて光線を追跡する順光線追跡によって行う。

【００１１】

本発明の基本的な構成は、後述する実施例１の断面図である図１に示すように、画像を表示する画像表示素子６と、画像表示素子６によって形成された画像を投影し観察者眼球１に導く接眼光学系７とからなる画像表示装置において、接眼光学系７は、少なくとも３面３、４、５を持ち、この少なくとも３面によって形成される空間が屈折率が１より大きい透明媒質で満たされており、観察者眼球１から画像表示素子６に向かって順に、屈折面かつ内部反射面である第１面３、第１面３に対向し、観察者視軸２に対して偏心するかあるいは傾いた正のパワーを有する反射面である第２面４、画像表示素子６に最も近接している屈折面である第３面５で構成され、第２面４で反射後の軸上主光線とその反射点における第２面４の法線とのなす角度θ_2　が、

$$10° \leqq \theta_2 \leqq 40° \quad \cdots (1)$$

の条件を満足することを特徴とするものである。この場合の角度の符号は、面の法線に対して軸上主光線又は観察者視軸が時計の反対回りを正、時計回りを負とする。以降、全ての面に対しても同様である。

【００１２】

このような構成をとった理由は、第１に、条件式（１）の上限である４０°を越えて大きくなると、画像表示素子６の反対側における第１面３と第２面４の交わる位置が、観察者視軸２に近い位置となるため、図における軸外光線Ｈが観察者眼球に到達できなくなる恐れが生じる。

【００１３】

第２に、第２面４は接眼光学系７の主な正のパワーを有する面であるため、この面における偏心収差の量をできるだけ抑えることが、光学系全体の収差を小さくすることになる。接眼光学系７の第３面５に入射した光線は、第１面３で内部反射して、第２面４に入射し、反射されるが、ここでの反射角が条件式（１）の上限である４０°よりも大きくなると、特に、偏心によるコマ収差、非点収差の発生量が接眼光学系７の他の面によって補正しきれなくなる程大きくなるため、明瞭な画像を投影できない。

【００１４】

一方、第２面４で反射後の光線は、第１面３に入射し、屈折して観察者眼球１に導かれるが、第１面３における入射角は内部において全反射を起こさないで角度で入射されなけれ

ばならない。上記条件式（１）の下限である１０°よりも小さい角度で第２面３で反射されると、第１面３での入射角が大きくなるため、いわゆる臨界角よりも大きく角度で第１面３に入射することになり、接眼光学系７から観察者眼球１に光線が射出できなくなる恐れが生じる。

【００１５】

ところで、観察者に大きな臨場感を与えるための必要な条件の１つは、観察者に大きい画面を呈示すること、すなわち、接眼光学系７の画角を広くすることである。しかしながら、広画角化すると、発生する収差の量が増大する。特に、偏心による収差が顕著に現れる。この偏心収差を抑えるためには、第２面４での反射角をできるだけ小さくすることが重要である。つまり、第２面４で反射後の軸上主光線とその反射点における第２面４の法線とのなす角度θ_2が、

$$10° \leqq \theta_2 \leqq 30° \quad \cdots (2)$$

の条件を満足することである。

【００１６】

広画角の接眼光学系７を目標とする場合、（２）式の上限の３０°を越えて大きくなると、第２面４で発生する偏心収差が大きくなり、他の面で補正することが困難となる。また、その下限の１０°を越えて小さくなる場合は、上述したように、接眼光学系７から観察者眼球に光線が射出できなくなる恐れが生じる。

【００１７】

さらに、広画角の場合で、高解像な画角を投影するためには、第２面４で反射後の軸上主光線とその反射点における第２面４の法線とのなす角度θ_2が、

$$10° \leqq \theta_2 \leqq 20° \quad \cdots (3)$$

の条件を満足することが望ましい。その上限の２０°を越えると、第２面４で発生する偏心によるコマ収差が解像力に影響を与える。また、下限の１０°を越えて小さくなる場合は、上述したように接眼光学系７から観察者眼球に光線が射出できなくなる恐れが生じる。

【００１８】

また、第３面５を透過した光線が第１面３で内部反射する反射領域と、第２面４で反射した後、観察者眼球１に投影するために射出する透過領域とを分離するためには、第２面４で反射後の軸上主光線とその反射点における第２面４の法線とのなす角度θ_2が、

$$20° \leqq \theta_2 \leqq 35° \quad \cdots (4)$$

の条件を満足することが重要である。下限の２０°より小さい場合には、反射角が小さいために、反射と透過の領域が重なる。上限の３５°より大きい場合は、上述したように、偏心による収差の発生量が大きくなる。

【００１９】

また、接眼光学系７の第１面３で透過後の軸上主光線と第１面３での軸上主光線の透過点における第１面３の法線とのなす角度θ_{1t}が、

$$-20° \leqq \theta_{1t} \leqq 25° \quad \cdots (5)$$

を満足することが接眼光学系７を構成する上で重要な条件である。

【００２０】

条件式（５）の下限である－２０°を越えると、画像表示素子６の反対側の観察者視軸２に近い位置において、第１面３と第２面４が重なりあってしまう。そのために、図１における周辺の光線Ｈが観察者に到達しない恐れが生じる。一方、上限の２５°を越えて大きくなると、画像表示素子６側において観察者視軸２に近い位置で第１面３と第３面５が重なり合う。そのために、図１における周辺の光線Ｌが観察者に到達しない恐れが生じる。

【００２１】

また、第１面３での内部反射を全反射とする場合には、上記（５）の条件が重要である。下限の－２０°を越えると、第１面３と第３面５を透過した光線のなす角度が小さくなるため、全反射条件である臨界角より大きい反射角を満足することができなくなる。

【００２２】

また、接眼光学系７の第１面３で透過後の軸上主光線と第１面３での軸上主光線の透過点における第１面３の法線とのなす角度θ_{1t}が、

$$-20° \leqq \theta_{1t} \leqq 7° \quad \cdots (6)$$

の条件を満足することが、第１面３で全反射することと高解像のために重要な条件である。上限である７°を越えて大きくなると、第１面３で反射した後の第２面４での反射角が大きくなり、偏心による収差の発生が大きくなる。下限の－２０°を越えて小さくなると、上述したように、全反射条件である臨界角より大きい反射角を満足することができなくなる。

【００２３】

さらに、第３面５を透過した光線が第１面３で内部反射する反射領域と、第２面４で反射した後観察者眼球１に投影するために射出する透過領域とを分離するためには、接眼光学系７の第１面３で透過後の軸上主光線と第１面３での軸上主光線の透過点における第１面３の法線とのなす角度θ_{1t}が、

$$7° \leqq \theta_{1t} \leqq -25° \quad \cdots (7)$$

の条件を満足することが重要である。下限の７°より小さい場合には、第１面３での屈折する方向がより画像表示素子６側になるため、反射と透過の領域が重なる。また、接眼光学系７自体が非常に大きくなる。

【００２４】

接眼光学系７の第１面３で内部反射後の軸上主光線と第１面３での軸上主光線の内部反射点における第１面３の法線とのなす角度θ_{1h}が

$$35° \leqq \theta_{1h} \leqq 60° \quad \cdots (8)$$

を満足することが重要である。

【００２５】

条件式（８）の下限の３５°を越えて小さくなると、第１面３で内部反射後の第２面４での反射角が大きくなり、第２面４で発生する偏心収差が大きくなる。上限の６０°を越えて大きくなると、第３面５と下側光線Ｌが干渉するため、周辺の光線が遮られてしまう。

【００２６】

第１面３での内部反射を全反射することは、第２面４における反射角を小さくできるために、偏心による収差、特にコマ収差の発生を小さくできる。さらに、光学系の厚みを薄くできる（Ｚ方向の長さ）という長所を有することになる。接眼光学系７の第１面３で内部反射後の軸上主光線と第１面３での軸上主光線の内部反射点における第１面３の法線とのなす角度θ_{1h}が

$$40° \leqq \theta_{1h} \leqq 60° \quad \cdots (9)$$

を満足することが、第１面３の内部反射を全反射させるために重要である。下限の４０°を越えて小さくなると、通常の光学素子に用いられる透明媒質における臨界角よりも入射角が小さくなるため、全反射できない。

【００２７】

接眼光学系７の第３面５で透過後の軸上主光線と第３面５での軸上主光線の透過点における第３面５の法線とのなす角度θ_{3}が、

$$-20° \leqq \theta_{3} \leqq 20° \quad \cdots (10)$$

を満足することが収差補正上重要である。

【００２８】

接眼光学系７においては、第１面３と第３面５が屈折面であるため、これら２面において発生する色収差をいかに抑えるかが、鮮明な画像を眼球に投影するための重要な条件である。しかし、光学系の媒質に分散がある限り、色収差は発生する。その色収差量を規制するための条件が（１０）式である。下限の－２０°を越えて小さくなると、第３面５において発生する色収差が大きくなる。同様に、上限の２０°を越えて大きくなると、第３面５で発生する色収差が大きくなり、光学系の他の部分で補正しきれなくなる。

【００２９】

接眼光学系７の第３面５で透過後の軸上主光線と第３面５での軸上主光線の透過点におけ

る第３面５の法線とのなす角度θ_3が、

$$-12° \leqq \theta_3 \leqq 12° \quad \cdots (11)$$

を満足することが収差補正上重要である。特に、接眼光学系７として光学素子の媒質を１つで構成する場合には重要である。下限の－１２°を越えて小さくなると、第３面５において発生する色収差が大きくなる。同様に、上限の１２°を越えて大きくなると、第３面５で発生する色収差が大きくなり、解像力が低下してしまう。

【００３０】

接眼光学系７の第３面５で透過後の軸上主光線と第３面５での軸上主光線の透過点における第３面５の法線とのなす角度θ_3が、

$$-5° \leqq \theta_3 \leqq 5° \quad \cdots (12)$$

を満足することが収差補正上重要である。特に、広画角な接眼光学系７を目標とする場合には重要である。下限の－５°を越えて小さくなると、第３面５において発生する倍率色収差が大きくなる。同様に、上限の５°を越えて大きくなると、第３面５で発生する倍率色収差が大きくなり、特に、広画角の場合には周辺の解像力が低下してしまう。

【００３１】

また、画像表示素子６の法線と観察者視軸２とのなす角度θ_4が、

$$-20° \leqq \theta_4 \leqq 80° \quad \cdots (13)$$

を満足することが、画像表示素子６を含めた接眼光学系７の大きさ、観察者顔面に装着する場合における配置を適当にする条件である。

【００３２】

この条件式（１３）の下限の－２０°を越えて小さくなると、画像表示素子６の位置が観察者の逆側に対向して配備されるために、光学系全体の突出量が大きくなる。特に、画像表示素子６がＬＣＤ（液晶表示素子）のようなバックライトが付属する場合には、その部分も前方に突出するため、装置全体が大きく、重心が前方になり、頭部に装着した場合にバランスの悪いものとなる。上限の８０°を越えて大きくなると、画像表示素子６と観察者視軸２が垂直な方向に配置されるため、光学系の厚み（Ｚ方向の距離）が大きくなる。さらに、画像表示素子６の付属品（ＬＣＤの場合のバックライト等）が顔面と干渉する危惧が生じる。

【００３３】

画像表示素子６の法線と観察者視軸２とのなす角度θ_4が、

$$20° \leqq \theta_4 \leqq 60° \quad \cdots (14)$$

を満足することは、画像表示素子６に対する主光線の傾きを小さく抑えられるため、視野角特性の良くない画像表示素子６を用いる場合に有効である。下限の２０°を越えて小さくなると、画像表示素子６に対する主光線の傾角が大きくなるため、ＬＣＤ等の視野角特性の良くない画像表示素子（見る角度によって色の変わるもの）を用いる場合には、観察像の色が変化してしまう。さらに、第２面４の有効径に画像表示素子６の大きさを加えた長さが必要となるため、光学系の全長（Ｙ方向）が大きくなる。上限の６０°を越えて大きくなると、画像表示素子６と観察者視軸２が垂直な方向に配置されるため、光学系の厚み（Ｚ方向の距離）が大きくなる。

【００３４】

第３面５を透過した光線が第１面３で内部反射する反射領域と、第２面４で反射した後観察者眼球１に投影するために射出する透過領域とを分離するためには、画像表示素子６の法線と観察者視軸２とのなす角度θ_4が、

$$-20° \leqq \theta_4 \leqq 20° \quad \cdots (15)$$

を満足することが有効な条件である。下限の－２０°を越えると、画像表示素子６の位置が観察者の逆側に対向して配備されるために、光学系全体の突出量が大きくなる。上限の２０°を越えると、第１面３での内部反射の位置が観察者視軸２側になるために、第１面３の透過領域と反射領域が分離できなくなる。

【００３５】

また、画像表示素子６の法線と観察者視軸２とのなす角度θ_4が、
$40° \leqq \theta_4 \leqq 60°$　　・・・（１６）
を満足することは、特に広画角の接眼光学系７を目標とする場合、画像表示素子６に対する主光線の傾きを小さく抑えられるため、収差補正上有効である。下限の４０°を越えて小さくなると、周辺光線の画像表示素子６に対する主光線傾角が大きくなるため、ＬＣＤ等の視野角特性の良くない画像表示素子（見る角度によって色の変わるもの）を用いる場合には、観察像の色が変化してしまう。上限の６０°を越えて大きくなると、画像表示素子６と観察者視軸２が垂直な方向に配置されるため、光学系の厚み（Ｚ方向の距離）が大きくなる。

【００３６】

接眼光学系７の第１面３の曲率半径をr_{y1}、第２面４の曲率半径をr_{y2}とした場合、
$-10 \leqq r_{y1} / r_{y2} \leqq 10$　　・・・（１７）
を満足することが収差補正上望ましい。
本発明の接眼光学系７は偏心系であり、第２面４での屈折力が光学系の主なパワーであるため、この面での偏心による収差が最も大きくなる。そのため、第１面３と第２面４のパワーの配分は（１７）式の範囲内であることが望ましい。下限である－１０を越えて小さくなると、第１面３が正のパワーを有することとなり、第２面４で発生する偏心コマ収差と同じ傾向の偏心収差が第１面３で発生するため、収差を補正しきれない。上限の１０を越えて大きくなると、第２面４の偏心コマ収差を第１面３において補正不足となり、明瞭な画像を投影することができなくなる。

【００３７】

接眼光学系７の第１面３の曲率半径をr_{y1}、第２面４の曲率半径をr_{y2}とした場合、
$-7 \leqq r_{y1} / r_{y2} \leqq 7$　　・・・（１８）
を満足することが収差補正上により望ましい。下限の－７を越えて小さくなると、第１面３での屈折によって倍率の色収差が増大する。また、第１面３での内部反射による偏心コマ収差の発生が増大する。上限の７を越えて大きくなると、広画角の場合には、第１面３で生じる偏心コマ収差の補正が不足してしまう。

【００３８】

また、接眼光学系７の第１面３の曲率半径をr_{y1}、第２面４の曲率半径をr_{y2}とした場合、
$-4 \leqq r_{y1} / r_{y2} \leqq 4$　　・・・（１９）
を満足することが、広画角の接眼光学系７を目標とする場合にはより望ましい。下限の－４を越えて小さくなると、第１面３の正のパワーが強くなり、前側焦点距離が短くなるため、十分なアイリリーフが確保できなくなる。上限の４を越えて大きくなると、上記と同様に、広画角の場合の画面周辺の収差の補正不足となる。

【００３９】

さて、図２に本発明の画像表示装置１０を観察者に装着した場合の正面図（ａ）及び側面図（ｂ）を示す。図に示すように、画像表示装置１０内にある接眼光学系７の水平方向の長さをW、観察者視軸２から観察者鼻側端部までの長さをＷｈとする。

【００４０】

観察者側から見た場合の接眼光学系７の水平方向の１辺の長さWは、
$20\text{mm} \leqq W \leqq 70\text{mm}$　　・・・（２０）
を満足することが、接眼光学系７を観察者の顔面に装着する上で重要な条件となる。特に、左右の接眼光学系７の融像領域を１００％とする場合において、重要となる。下限の２０ｍｍを越えて小さくなると、第１面３の有効面積を確保することができない。上限の７０ｍｍを越えて大きくなると、接眼光学系７は左右の眼に各１個配備するために、接眼光学系７の水平方向の長さが観察者の眼幅（通常５０～７０ｍｍ位）以上の幅を持つと、光学系の中心位置を光学系の視軸とした場合、観察者の瞳の位置よりも光学系の射出瞳の位置が外側になってしまうため、両眼同時に観察することができなくなる。

【００４１】

観察者側から見た場合の接眼光学系７の水平方向の１辺の長さＷが、
３０ｍｍ≦Ｗ≦７０ｍｍ　・・・（２１）
を満足することが、広画角な接眼光学系７を観察者の顔面に装着する上で重要な条件となる。下限の３０ｍｍを越えて小さくなると、広画角の接眼光学系第１面３の有効面積を確保することができない。上限の７０ｍｍを越えると、上記と同様の理由で、観察できなくなる。

【００４２】
また、観察者側から見た場合の接眼光学系７の水平方向の１辺の長さＷが、
４０ｍｍ≦Ｗ≦７０ｍｍ　・・・（２２）
を満足することが、広画角な接眼光学系７を観察者の顔面に装着する上で重要な条件となる。下限の４０ｍｍを越えて小さくなると、より広画角の接眼光学系第１面３の有効面積を確保することができない。上限の７０ｍｍを越えると、上記と同様の理由で、観察できなくなる。

【００４３】
また、観察者側から見た場合の接眼光学系７の水平方向の観察者視軸から鼻側の端部までの長さＷｈは、
５ｍｍ≦Ｗｈ≦３５ｍｍ　・・・（２３）
を満足することが、接眼光学系７を観察者の頭部又は顔面に装着する上で重要な条件となる。下限の５ｍｍを越えて小さくなると、第１面３の有効面積を確保することができないか、又は、観察者に提示する画像が視軸２より内側に非常に小さい領域のみを表示することとなる。上限の３５ｍｍを越えて大きくなると、接眼光学系７は左右の眼に各１個配備するために、接眼光学系７の水平方向の長さが観察者の眼幅（通常５０～７０ｍｍ位）以上の幅を持つと、観察者の瞳の位置よりも光学系の射出瞳の位置が外側になってしまうため、両眼同時に観察することができなくなる。

【００４４】
観察者側から見た場合の接眼光学系７の水平方向の観察者視軸から鼻側の端部までの長さＷｈが、
７ｍｍ≦Ｗｈ≦３５ｍｍ　・・・（２４）
を満足することが、広画角な接眼光学系７を観察者の顔面に装着する上で重要な条件となる。下限の７ｍｍを越えて小さくなると、広画角の接眼光学系第１面３の有効面積を確保することができない。上限の３５ｍｍを越えると、上記と同様の理由で、観察できなくなる。

【００４５】
さらに、観察者側から見た場合の接眼光学系７の水平方向の観察者視軸から鼻側の端部までの長さＷｈが、
１０ｍｍ≦Ｗｈ≦３５ｍｍ　・・・（２５）
を満足することが、広画角な接眼光学系７を観察者の顔面に装着する上で重要な条件となる。下限の１０ｍｍを越えて小さくなると、より広画角の接眼光学系第１面３の有効面積を確保することができない。上限の３５ｍｍを越えると、上記と同様の理由で、観察できなくなる。

【００４６】
【発明の実施の形態】
以下に、本発明の画像表示装置の実施例１から１１について、それぞれの単眼用の画像表示装置の断面図である図３～図１３を参照して説明する。

【００４７】
各実施例の構成パラメータは後記するが、以下の説明において、面番号は、観察者の瞳位置１から画像表示素子６へ向う逆追跡の面番号として示してある。そして、座標の取り方は、図３に示すように、観察者の虹彩位置１を原点とし、観察者視軸２を原点から接眼光学系７に向かう方向を正とするＺ軸、観察者視軸２に直交し、観察者眼球から見て上下方向の下から上を正とするＹ軸、観察者視軸２に直交し、観察者眼球からみて左右方向の右

から左を正とするＸ軸と定義する。つまり、紙面内をＹ－Ｚ面とし、紙面と垂直方向の面をＸ－Ｚ面とする。また、光軸は紙面のＹ－Ｚ面内で折り曲げられるものとする。

【００４８】

そして、後記する構成パラメータ中において、偏心量Ｙ，Ｚと傾き角θが記載されている面については、基準面である１面（瞳位置１）からのその面の面頂のＹ軸方向、Ｚ軸方向の偏心量、及び、その面の中心軸のＺ軸からの傾き角を意味し、その場合、θが正は反時計回りを意味する。なお、偏心量Ｙ，Ｚと傾き角θの記載のない面は、その前の面と同軸であることを意味する。

【００４９】

また、面間隔は、２面に関しては１面からのＺ軸に沿う距離であり、その位置が基準点になり、その基準点から偏心量Ｙの点が２面の面頂になる。同軸系部分についてはその面から次の面までの軸上間隔である。なお、面間隔は、光軸に沿って逆追跡の方向を正として示してある。

【００５０】

また、各面において、非回転対称な非球面形状は、その面を規定する座標上で、R_y、R_xはそれぞれＹ－Ｚ面（紙面）内の近軸曲率半径、Ｘ－Ｚ面内での近軸曲率半径、K_x、K_yはそれぞれＸ－Ｚ面、Ｙ－Ｚ面内の円錐係数、ＡＲ、ＢＲはそれぞれＺ軸に対して回転対称な４次、６次の非球面係数、ＡＰ、ＢＰはそれぞれＺ軸に対して回転非対称な４次、６次の非球面係数とすると、非球面式は以下に示す通りである。

【００５１】

$$Z = [(X^2/R_X)+(Y^2/R_y)] / [1+\{1-(1+K_X)(X^2/R_X^2) -(1+K_y)(Y^2/R_y^2)\}^{1/2}] +AR[(1-AP)X^2+(1+AP)Y^2]^2 +BR[(1-BP)X^2+(1+BP)Y^2]^3$$

また、回転対称な非球面形状は、Ｒは近軸曲率半径、Ｋは円錐係数、Ａ、Ｂはそれぞれ４次、６次の非球面係数、ｈは$h^2 = X^2 + Y^2$とすると、非球面式は以下に示す通りである。

$Z = (h^2/R)/[1+\{1-(1+K)(h^2/R^2)\}^{1/2}] + Ah^2 + Bh^6$

なお、面と面の間の媒質の屈折率はｄ線の屈折率で表す。長さの単位はｍｍである。

【００５２】

さて、以下に示す実施例は全て右眼用の画像表示装置であり、左眼用は構成す光学要素を全てＹ－Ｚ面に対称に配備することで実現できる。

また、実際の装置においては、接眼光学系によって光軸が屈曲する方向は、観察者の上方あるいは下方、側方何れの方向にあってもよいことは言うまでもない。

【００５３】

それぞれの断面図において、図中、１は観察者瞳位置、２は観察者視軸、３は接眼光学系の第１面、４は接眼光学系の第２面、５は接眼光学系の第３面、６は画像表示素子、７は接眼光学系、９は光学面である。

【００５４】

各実施例における実際の光線経路は、実施例１を例にとると、次のようになる。すなわち、画像表示素子６から発した光線束は、接眼光学系７の第３面５で屈折して接眼光学系７に入射し、第１面３で内部反射し、第２面４で反射されて、再び第１面３に入射して屈折されて、観察者の瞳の虹彩位置又は眼球の回旋中心を射出瞳１として観察者の眼球内に投影される。

【００５５】

実施例１

本実施例は、図３に断面を示すが、水平画角４０°、垂直画角３０．６°、瞳径４ｍｍで

ある。後記する構成パラメータにおいて、２、３、４面はアナモフィック非球面であり、５面は球面である。

【００５６】

実施例２

本実施例は、図４に断面を示すが、水平画角４５°、垂直画角３４．５°、瞳径４ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、２、３、４面はアナモフィック非球面であり、５面は平面である。

【００５７】

実施例３

本実施例は、図５に断面を示すが、水平画角４５°、垂直画角３４．５°、瞳径４ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、２、３、４、５面はアナモフィック非球面である。

【００５８】

実施例４

本実施例は、図６に断面を示すが、水平画角３０°、垂直画角２２．７°、瞳径４ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、３面はアナモフィック非球面であり、２、４面は平面、５面は球面である。

【００５９】

実施例５

本実施例は、図７に断面を示すが、水平画角３０°、垂直画角２２．７°、瞳径４ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、３、５面はアナモフィック非球面であり、２、４面は球面である。

【００６０】

実施例６

本実施例は、図８に断面を示すが、水平画角３０°、垂直画角２２．７°、瞳径４ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、３面はアナモフィック非球面であり、２、４、５面は球面である。

【００６１】

実施例７

本実施例は、図９に断面を示すが、水平画角４５°、垂直画角３４．５°、瞳径４ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、２、３、５、６、７面は球面、４面はアナモフィック非球面、８面は回転対称な非球面である。また、光学面９は、３面と５面と７面で定義されており、接眼光学系（偏心光学素子）７の２面と４面の間、４面と６面の間、６面と８面の間に視軸に対して偏心して配備されている。

【００６２】

実施例８

本実施例は、図１０に断面を示すが、水平画角４０°、垂直画角３０．５°、瞳径８ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、２、３、４、６、７面は球面、５面はアナモフィック非球面である。また、光学面９は、２面と３面で定義された正レンズであり、接眼光学系（偏心光学素子）７と観察者眼球の間に視軸に対して偏心して配備されている。

【００６３】

実施例９

本実施例は、図１１に断面を示すが、水平画角３０°、垂直画角２２．７°、瞳径８ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、３、５、７面は球面、２、４、６面はアナモフィック非球面である。また、光学面９は、３面と５面で定義されており、接眼光学系（偏心光学素子）７の２面と４面の間、４面と６面の間に視軸に対して偏心して配備されている。

【００６４】

実施例１０

本実施例は、図１２に断面を示すが、水平画角４５°、垂直画角３４．５°、瞳径８ｍｍ

である。後記する構成パラメータにおいて、５、６面は球面、２、３、４面はアナモフィック非球面である。また、光学面９は、６面で定義されており、接眼光学系（偏心光学素子）７の５面と負レンズを形成して視軸に対して偏心して偏心光学素子７に接合されている。

【００６５】

実施例１１

本実施例は、図１３に断面を示すが、水平画角３０°、垂直画角２２．７°、瞳径４ｍｍである。後記する構成パラメータにおいて、２、３、４、６、７面は球面、５面はアナモフィック非球面である。また、光学面９は、２面と第３面で定義された正レンズであり、接眼光学系（偏心光学素子）７と観察者眼球の間に視軸に対して偏心して配備されている。

次に、上記実施例１～１１の構成パラメータを示す。

【００６６】

実施例１

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	26.360				
2	R_y	-108.187			1.4922		57.50
	R_X	-73.105		Y	-24.028	θ	-14.70°
	K_y	0					
	K_X	0					
	AR	5.54186×10^{-7}					
	BR	8.17563×10^{-11}					
	AP	-0.0804376					
	BP	-1.37947					
3	R_y	-69.871			1.4922		57.50
	R_X	-60.374		Y	19.109	θ	36.66°
	K_y	-0.136826		Z	33.339		
	K_X	-0.123306					
	AR	-7.23291×10^{-11}					
	BR	-4.52937×10^{-12}					
	AP	29.0752					
	BP	-2.08536					
4	R_y	-108.187			1.4922		57.50
	R_X	-73.105		Y	-24.028	θ	-14.70°
	K_y	0		Z	26.360		
	K_X	0					
	AR	5.54186×10^{-7}					
	BR	8.17563×10^{-11}					
	AP	-0.0804376					
	BP	-1.37947					
5		77.772		Y	-35.215	θ	-47.77°

Z 18.817

6 (画像表示素子) (第１面より)

Y -30.892 θ -52.77°

Z 43.084

θ_2 ＝ 19.7 °

θ_{1t} ＝ -3.2 °

θ_{1h} ＝ 46.7 °

θ_3 ＝ 8.7 °

θ_4 ＝ 52.8 °

r_{y1}/r_{y2}＝ 1.55

【００６７】

実施例２

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	20.267				
2	R_y	-420.378			1.4922		57.50
	R_X	-99.789		Y	-49.262	θ	-13.94°
	K_y	5.709616					
	K_X	-2.785007					
	AR	5.37533×10^{-7}					
	BR	-6.41106×10^{-11}					
	AP	-0.422753					
	BP	-0.455912					
3	R_y	-122.291			1.4922		57.50
	R_X	-69.335		Y	-34.556	θ	37.99°
	K_y	0.774787		Z	24.367		
	K_X	-0.104426					
	AR	-1.82945×10^{-9}					
	BR	4.45272×10^{-14}					
	AP	5.40431					
	BP	-1.13468					
4	R_y	-420.378			1.4922		57.50
	R_X	-99.789		Y	-49.262	θ	-13.94°
	K_y	5.709616		Z	20.267		
	K_X	-2.785007					
	AR	5.37533×10^{-7}					
	BR	-6.41106×10^{-11}					
	AP	-0.422753					
	BP	-0.455912					
5		∞		Y	-33.816	θ	-56.84°

		Z	21.726	
6	(画像表示素子)	Y	-31.165	θ -50.91°
		Z	38.433	

θ_2 ＝ 21.0 °
θ_{1t} ＝-10.8 °
θ_{1h} ＝ 48.9 °
θ_3 ＝ -2.7 °
θ_4 ＝ 50.9 °
r_{y1} / r_{y2} ＝ 3.44 。

【００６８】

実施例３

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	19.657				
2	R_y	-178.469			1.4922		57.50
	R_X	-75.710		Y	-42.983	θ	-19.56°
	K_y	-4.700072					
	K_X	-1.222689					
	AR	9.71232×10^{-7}					
	BR	-1.79187×10^{-10}					
	AP	-0.426826					
	BP	-0.380615					
3	R_y	-81.632			1.4922		57.50
	R_X	-66.826		Y	30.011	θ	40.46°
	K_y	-0.070545		Z	26.362		
	K_X	-0.574123					
	AR	3.90381×10^{-11}					
	BR	-2.95604×10^{-14}					
	AP	-62.1044					
	BP	3.68602					
4	R_y	-178.469			1.4922		57.50
	R_X	-75.710		Y	-42.983	θ	-19.56°
	K_y	-4.700072		Z	19.657		
	K_X	-1.222689					
	AR	9.71232×10^{-7}					
	BR	-1.79187×10^{-10}					
	AP	-0.426826					
	BP	-0.380615					
5	R_y	-78.809		Y	-28.629	θ	-69.21°

R_X -15.380
K_y -12.000
K_X -7.201382
AR -9.38885×10^{-7}
BR -3.46619×10^{-9}
AP -0.995315
BP 0.706461

6 (画像表示素子) Y -30.077 θ -55.73°
Z 38.578

θ_2 = 20.1 °
θ_{1t} =-10.7 °
θ_{1h} = 48.4 °
θ_3 = 2.4 °
θ_4 = 55.7 °
r_{y1}/r_{y2} = 2.19

【００６９】

実施例４

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	35.674				
2		∞			1.4870		70.40
				Y	4.942	θ	15.45°
3	R_y	-166.785			1.4870		70.40
	R_x	-129.798		Y	-2.361	θ	30.67°
	K_y	0.644353		Z	64.642		
	K_x	-3.574565					
	AR	-1.34076×10^{-7}					
	BR	-6.16761×10^{-13}					
	AP	-0.140999					
	BP	-6.05079					
4		∞			1.4870		70.40
				Y	4.942	θ	15.45°
				Z	35.674		
5		92.827		Y	-21.834	θ	-50.80°
				Z	78.827		
6		(画像表示素子)		Y	-44.030	θ	-8.14°
				Z	74.025		

θ_2 ＝ 27.4 °
θ_{1t} ＝ 15.4 °
θ_{1h} ＝ 44.5 °
θ_3 ＝ 7.1 °
θ_4 ＝ 8.1 °
r_{y1}/r_{y2} ＝ 0

。

【００７０】

実施例５

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	32.614				
2		359.756			1.4870		70.40
				Y	2.346	θ	9.84°
3	R_y	-173.440			1.4870		70.40
	R_x	-140.501		Y	-1.857	θ	29.87°
	K_y	-8.751468		Z	58.946		
	K_x	4.994003					
	AR	2.50178×10^{-8}					
	BR	-1.79281×10^{-14}					
	AP	-3.8616					
	BP	23.172					
4		359.756			1.4870		70.40
				Y	2.346	θ	9.84°
				Z	32.614		
5	R_y	-71.035		Y	-28.993	θ	-50.31°
	R_x	-30.258		Z	64.366		
	K_y	0					
	K_x	-4.016232					
	AR	1.64494×10^{-5}					
	BR	-6.89738×10^{-9}					
	AP	0.757293					
	BP	-0.0405894					
6		(画像表示素子)		Y	-42.040	θ	-9.06°
				Z	63.493		

θ_2 ＝ 27.8 °

θ_{1t} ＝ 10.2 °

θ_{1h} ＝ 43.9 °

θ_3 ＝ 4.9 °

θ_4 ＝ 9.1 °

r_{y1}/r_{y2} ＝ -2.07 。

【００７１】

実施例６

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	31.861				
2		624.447			1.4870		70.40°
				Y	4.081	θ	12.08°
3	R_y	-205.155			1.4870		70.40
	R_x	-147.117		Y	-0.579	θ	31.42°
	K_y	5.070131		Z	59.565		
	K_x	-2.741334					
	AR	-9.17885×10^{-9}					
	BR	-4.90794×10^{-13}					
	AP	0.353607					
	BP	-8.4008					
4		624.447			1.4870		70.40
				Y	4.081	θ	12.08°
				Z	31.861		
5		62.779		Y	-30.891	θ	-54.73°
				Z	69.696		
6		(画像表示素子)		Y	-46.009	θ	-6.40°
				Z	71.400		

θ_2 ＝ 28.1 °
θ_{1t} ＝ 12.5 °
θ_{1h} ＝ 45.0 °
θ_3 ＝ 11.8 °
θ_4 ＝ 6.4 °
r_{y1}/r_{y2} ＝ -3.04

。

【００７２】

実施例７

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	25.798				
2		-96.979			1.7550		27.60
				Y	35.503	θ	19.41°
3		-371.916			1.7184		46.86
				Y	28.466	θ	1.64°
				Z	34.179		
4	R_y	-73.443			1.7184		46.86
	R_x	-69.804		Y	-27.105	θ	-5.80°
	K_y	0.36532		Z	50.843		
	K_x	-0.017813					
	AR	2.37314×10^{-10}					
	BR	3.61091×10^{-12}					
	AP	-8.04115					
	BP	0.142633					
5		-371.916			1.7550		27.60
				Y	28.466	θ	1.64°
				Z	34.179		
6		-96.979			1.7550		27.60
				Y	35.503	θ	19.41°
				Z	25.789		
7		-371.916			1.7184		46.86
				Y	28.466	θ	1.64°
				Z	34.171		
8	R	-64.000		Y	-5.065	θ	-14.73°
	K	0.032998		Z	55.928		
	A	-2.03599×10^{-6}					

B 8.44986×10^{-10}

9 (画像表示素子) Y -32.487 θ -42.92°

Z 46.354

θ_2 ＝ 16.6 °

θ_{1t} ＝ -1.9 °

θ_{1h} ＝ 40.5 °

θ_3 ＝ -8.6 °

θ_4 ＝ 42.9 °

r_{y1}/r_{y2}＝ 1.15 。

【００７３】

実施例８

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	5.434				
2		-67.198	12.671		1.4870		70.40
				Y	-28.840	θ	-62.14°
3		-55.775					
4		-108.280			1.7095		47.70
				Y	23.401	θ	20.84°
				Z	45.112		
5	R_y	-81.008			1.7095		47.70
	R_x	-76.504		Y	-20.800	θ	9.41°
	K_y	0.596647		Z	73.513		
	K_x	0.2904					
	AR	6.598×10^{-8}					
	BR	7.20621×10^{-12}					
	AP	-0.0350833					
	BP	-0.148558					
6		-108.280			1.7095		47.70
				Y	23.401	θ	20.84°
				Z	45.112		
7		-168.220		Y	-4.594	θ	-33.61°
				Z	96.768		
8		(画像表示素子)		Y	-44.345	θ	-40.19°
				Z	69.067		

θ_2 ＝ 24.6 °

θ_{1t} ＝ 15.1 °

θ_{1h} ＝ 50.1 °

θ_3 ＝ -3.7 °

θ_4 ＝ 40.2 °

r_{y1} / r_{y2} ＝ 1.34

。

【００７４】

実施例９

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	44.607				
2	R_y	-735.371			1.6792		51.00
	R_X	∞		Y	-18.782	θ	-7.75°
	K_y	0					
	K_X	0					
	AR	-1.57554×10^{-8}					
	BR	9.32392×10^{-14}					
	AP	-1.67996					
	BP	0.122856					
3		-61.610			1.6682		32.23
				Y	18.019	θ	29.91°
				Z	60.673		
4	R_y	-151.581			1.6682		32.23
	R_X	-170.090		Y	23.479	θ	23.76°
	K_y	-8.127909		Z	62.324		
	K_X	1.633055					
	AR	-5.16785×10^{-8}					
	BR	2.0965×10^{-12}					
	AP	0.595412					
	BP	0.638703					
5		-61.610			1.6792		51.00
				Y	18.019	θ	29.91°
				Z	60.673		
6	R_y	-735.371			1.6792		51.00
	R_X	∞		Y	-18.782	θ	-7.75°
	K_y	0		Z	44.607		

K_X 0
AR -1.57554×10^{-8}
BR 9.32392×10^{-14}
AP -1.67996
BP 0.122856

7	-290.903	Y	-40.650	θ -69.40°
		Z	38.685	
8	(画像表示素子)	Y	-44.086	θ -35.00°
		Z	77.749	

θ_2 = 17.1°
θ_{1t} = -6.3°
θ_{1h} = 39.0°
θ_3 = 18.4°
θ_4 = 35.0°
r_{y1}/r_{y2} = 4.85

【００７５】

実施例１０

面番号		曲率半径	間隔		屈折率 (偏心量)		アッベ数 (傾き角)
1		∞ (瞳)	27.648				
2	R_y	-127.773			1.7394		45.06
	R_X	-74.145		Y	-39.982	θ	-19.01°
	K_y	0					
	K_X	0					
	AR	3.66126×10^{-7}					
	BR	1.819×10^{-11}					
	AP	-0.356073					
	BP	-0.699016					
3	R_y	-81.881			1.7394		45.06
	R_X	-68.040		Y	28.434	θ	39.91°
	K_y	-0.111977		Z	37.099		
	K_X	-0.354898					
	AR	5.28817×10^{-12}					
	BR	-3.7857×10^{-12}					
	AP	37.4793					
	BP	-0.751459					
4	R_y	-127.773			1.7394		45.06
	R_X	-74.145		Y	-39.982	θ	-19.01°
	K_y	0		Z	27.648		
	K_X	0					
	AR	3.66126×10^{-7}					
	BR	1.819×10^{-11}					
	AP	-0.356073					
	BP	-0.699016					
5		-21.067	1.567		1.7550		27.60

Y -33.151 θ -59.68°
Z 46.009

6 -66.347
7 (画像表示素子)

Y -36.167 θ -50.37°
Z 52.703

θ_2 = 18.3 °
θ_{1t} = -2.8 °
θ_{1h} = 42.9 °
θ_3 = 6.5 °
θ_4 = 50.4 °
r_{y1} / r_{y2} = 1.56
【００７６】

。

実施例１１

面番号	曲率半径	間隔	屈折率 (偏心量)	アッベ数 (傾き角)
1	∞ (瞳)	25.000		
2	123.041	6.500	1.5940	61.72
			Y -24.800	θ 5.787°
3	-594.632			
4	239.449		1.4870	70.40
			Y -6.355	θ 14.22 °
			Z 34.191	
5	R_y -408.357		1.4870	70.40
	R_X -239.896		Y -11.547	θ 27.47°
	K_y -59.547081		Z 63.131	
	K_X 29.562822			
	AR 2.289885×10^{-7}			
	BR 8.51773×10^{-11}			
	AP -0.538645			
	BP -0.20468			
6	239.449		1.4870	70.40
			Y -6.355	θ 34.19°
			Z 34.191	
7	35.931		Y -36.256	θ -31.36°
			Z 52.780	
8	(画像表示素子)		Y -36.901	θ -6.46°
			Z 70.463	

θ_2 ＝ 30.3 °

θ_{1t} ＝ 21.3 °

θ_{1h} ＝ 39.4 °

θ_3 ＝ 16.6 °

θ_4 ＝ -6.5 °

r_{y1} / r_{y2} ＝ -0.58 。

【００７７】

次に、上記実施例１の横収差図を図１４～図１６に、同様に実施例２～１１の横収差図をそれぞれ図１７～図１９、図２０～図２２、図２３～図２５、図２６～図２８、図２９～図３１、図３２～図３４、図３５～図３７、図３８～図４０、図４１～図４３、図４４～

図４６に示す。これらの横収差図において、括弧内に示された数字は（水平画角，垂直画角）を表し、その画角における横収差を示す。

【００７８】

以上の本発明の画像表示装置は例えば次のように構成することができる。

〔１〕　画像を表示する画像表示素子と、前記画像表示素子によって形成された画像を投影し観察者眼球に導く接眼光学系とからなる画像表示装置において、

前記接眼光学系は、少なくとも３面を持ち、前記少なくとも３面によって形成される空間が屈折率が１より大きい透明媒質で満たされており、前記観察者眼球から前記画像表示素子に向かって順に、屈折面かつ内部反射面である第１面、前記第１面に対向し、観察者視軸に対して偏心するかあるいは傾いた正のパワーを有する反射面である第２面、前記画像表示素子に最も近接している屈折面である第３面で構成され、光線経路は、前記画像表示素子から発した光線が前記第３面を透過し、前記第１面で内部反射し、前記第２面で内部反射し、再び前記第１面に入射し透過して観察者眼球に導かれる際、前記第２面で反射後の軸上主光線と前記第２面での前記軸上主光線の反射点における前記第２面の法線とのなす角度θ_2　が、

$$10° \leqq \theta_2 \leqq 40° \quad \cdots (1)$$

の条件を満足することを特徴とする画像表示装置。

【００７９】

〔２〕　前記角度θ_2　が、

$$10° \leqq \theta_2 \leqq 30° \quad \cdots (2)$$

の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。

【００８０】

〔３〕　前記角度θ_2　が、

$$10° \leqq \theta_2 \leqq 20° \quad \cdots (3)$$

の条件を満足することを特徴とする上記〔２〕記載の画像表示装置。

【００８１】

〔４〕　前記角度θ_2　が、

$$20° \leqq \theta_2 \leqq 35° \quad \cdots (4)$$

の条件を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。

【００８２】

〔５〕　前記接眼光学系の前記第１面で透過後の軸上主光線と前記第１面での前記軸上主光線の透過点における前記第１面の法線とのなす角度θ_{1t}が、

$$-20° \leqq \theta_{1t} \leqq 25° \quad \cdots (5)$$

を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。

【００８３】

〔６〕　前記角度θ_{1t}が、

$$-20° \leqq \theta_{1t} \leqq 7° \quad \cdots (6)$$

の条件を満足することを特徴とする上記〔５〕記載の画像表示装置。

【００８４】

〔７〕　前記角度θ_{1t}が、

$$7° \leqq \theta_{1t} \leqq -25° \quad \cdots (7)$$

の条件を満足することを特徴とする上記〔５〕記載の画像表示装置。

【００８５】

〔８〕　前記接眼光学系の前記第１面で内部反射後の軸上主光線と前記第１面での前記軸上主光線の内部反射点における前記第１面の法線とのなす角度θ_{1h}が、

$$35° \leqq \theta_{1h} \leqq 60° \quad \cdots (8)$$

を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。

【００８６】

〔９〕　前記角度θ_{1h}が、

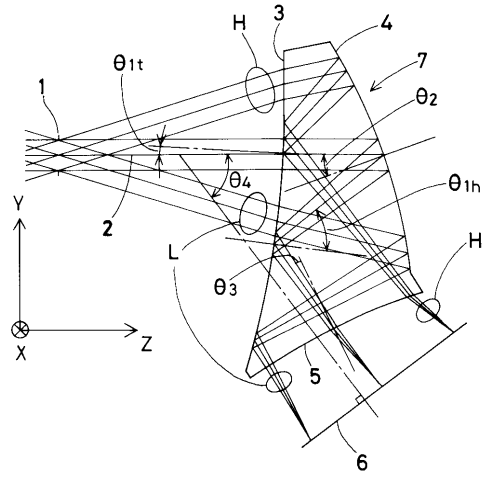
$$40° \leqq \theta_{1h} \leqq 60° \quad \cdots (9)$$

を満足することを特徴とする上記〔８〕記載の画像表示装置。
【００８７】
〔１０〕　前記接眼光学系の前記第３面で透過後の軸上主光線と前記第３面での前記軸上主光線の透過点における前記第３面の法線とのなす角度θ_3　が、
$-20° \leqq \theta_3 \leqq 20°$　　・・・（１０）
を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。
【００８８】
〔１１〕　前記角度θ_3　が、
$-12° \leqq \theta_3 \leqq 12°$　　・・・（１１）
を満足することを特徴とする上記〔１０〕記載の画像表示装置。
【００８９】
〔１２〕　前記角度θ_3　が、
$-5° \leqq \theta_3 \leqq 5°$　　・・・（１２）
を満足することを特徴とする上記〔１１〕記載の画像表示装置。
【００９０】
〔１３〕　画像を表示する画像表示素子と、前記画像表示素子によって形成された画像を投影し観察者眼球に導く接眼光学系とからなる画像表示装置において、
前記接眼光学系は、少なくとも３面を持ち、前記少なくとも３面によって形成される空間が屈折率が１より大きい透明媒質で満たされており、前記観察者眼球から前記画像表示素子に向かって順に、屈折面かつ内部反射面である第１面、前記第１面に対向し、観察者視軸に対して偏心するかあるいは傾いた正のパワーを有する反射面である第２面、前記画像表示素子に最も近接している屈折面である第３面で構成され、光線経路は、前記画像表示素子から発した光線が前記第３面を透過し、前記第１面で内部反射し、前記第２面で内部反射し、再び前記第１面に入射し透過して観察者眼球に導かれる際、前記画像表示素子の法線と前記観察者視軸とのなす角度θ_4　が、
$-20° \leqq \theta_4 \leqq 80°$　　・・・（１３）
を満足することを特徴とする画像表示装置。
【００９１】
〔１４〕　前記角度θ_4　が、
$20° \leqq \theta_4 \leqq 60°$
・・・（１４）
を満足することを特徴とする上記〔１３〕記載の画像表示装置。
【００９２】
〔１５〕　前記角度θ_4　が、
$-20° \leqq \theta_4 \leqq 20°$　　・・・（１５）
を満足することを特徴とする上記〔１３〕記載の画像表示装置。
【００９３】
〔１６〕　前記角度θ_4　が、
$40° \leqq \theta_4 \leqq 60°$　　・・・（１６）
を満足することを特徴とする上記〔１４〕記載の画像表示装置。
【００９４】
〔１７〕　前記接眼光学系の第１面の曲率半径をr_{y1}、前記第２面の曲率半径をr_{y2}とした場合、
$-10 \leqq r_{y1} / r_{y2} \leqq 10$　　・・・（１７）
を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。
【００９５】
〔１８〕　前記の曲率半径r_{y1}とr_{y2}が、
$-7 \leqq r_{y1} / r_{y2} \leqq 7$　　・・・（１８）
を満足することを特徴とする上記〔１７〕記載の画像表示装置。
【００９６】

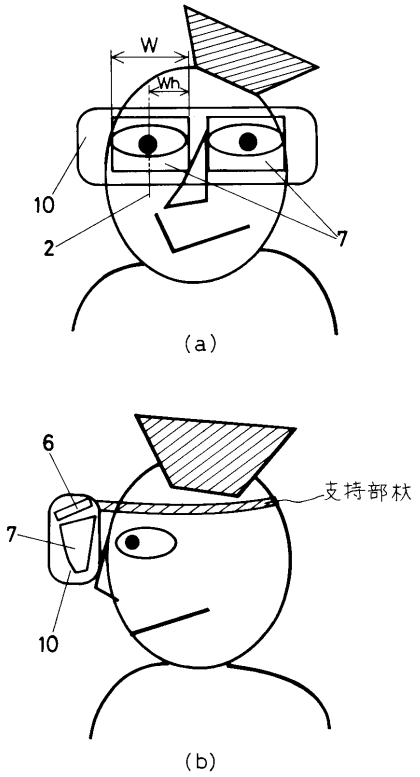
〔１９〕　前記の曲率半径r_{y1}とr_{y2}が、
$-4 \leqq r_{y1} / r_{y2} \leqq 4$　　・・・（１９）
を満足することを特徴とする上記〔１８〕記載の画像表示装置。
【００９７】
〔２０〕　観察者側から見た場合の前記接眼光学系の水平方向の１辺の長さＷは、
$20mm \leqq W \leqq 70mm$　　・・・（２０）
を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。
【００９８】
〔２１〕　前記の１辺の長さＷが、
$30mm \leqq W \leqq 70mm$　　・・・（２１）
を満足することを特徴とする上記〔２０〕記載の画像表示装置。
【００９９】
〔２２〕　前記の１辺の長さＷが、
$40mm \leqq W \leqq 70mm$　　・・・（２２）
を満足することを特徴とする上記〔２１〕記載の画像表示装置。
【０１００】
〔２３〕　観察者側から見た場合の前記接眼光学系の水平方向の観察者視軸から鼻側の端部までの長さＷｈは、
$5mm \leqq Wh \leqq 35mm$　　・・・（２３）
を満足することを特徴とする上記〔１〕記載の画像表示装置。
【０１０１】
〔２４〕　前記の長さＷｈが、
$7mm \leqq Wh \leqq 35mm$　　・・・（２４）
を満足することを特徴とする上記〔２３〕記載の画像表示装置。
【０１０２】
〔２５〕　前記の長さＷｈが、
$10mm \leqq Wh \leqq 35mm$　　・・・（２５）
を満足することを特徴とする上記〔２４〕記載の画像表示装置。
【０１０３】
【発明の効果】
以上の説明から明らかなように、本発明の画像表示装置によると、広い観察画角で、非常に小型軽量な画像表示装置を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明における各種パラメータの定義を示すための実施例１の画像表示装置の光路図である。
【図２】本発明の画像表示装置を観察者に装着した場合の正面図と側面図である。
【図３】本発明の画像表示装置の実施例１の光路図である。
【図４】本発明の画像表示装置の実施例２の光路図である。
【図５】本発明の画像表示装置の実施例３の光路図である。
【図６】本発明の画像表示装置の実施例４の光路図である。
【図７】本発明の画像表示装置の実施例５の光路図である。
【図８】本発明の画像表示装置の実施例６の光路図である。
【図９】本発明の画像表示装置の実施例７の光路図である。
【図１０】本発明の画像表示装置の実施例８の光路図である。
【図１１】本発明の画像表示装置の実施例９の光路図である。
【図１２】本発明の画像表示装置の実施例１０の光路図である。
【図１３】本発明の画像表示装置の実施例１１の光路図である。
【図１４】本発明の実施例１の横収差図の一部である。
【図１５】本発明の実施例１の横収差図の残りの一部である。
【図１６】本発明の実施例１の横収差図の残りの部分である。

【図１７】本発明の実施例２の横収差図の一部である。
【図１８】本発明の実施例２の横収差図の残りの一部である。
【図１９】本発明の実施例２の横収差図の残りの部分である。
【図２０】本発明の実施例３の横収差図の一部である。
【図２１】本発明の実施例３の横収差図の残りの一部である。
【図２２】本発明の実施例３の横収差図の残りの部分である。
【図２３】本発明の実施例４の横収差図の一部である。
【図２４】本発明の実施例４の横収差図の残りの一部である。
【図２５】本発明の実施例４の横収差図の残りの部分である。
【図２６】本発明の実施例５の横収差図の一部である。
【図２７】本発明の実施例５の横収差図の残りの一部である。
【図２８】本発明の実施例５の横収差図の残りの部分である。
【図２９】本発明の実施例６の横収差図の一部である。
【図３０】本発明の実施例６の横収差図の残りの一部である。
【図３１】本発明の実施例６の横収差図の残りの部分である。
【図３２】本発明の実施例７の横収差図の一部である。
【図３３】本発明の実施例７の横収差図の残りの一部である。
【図３４】本発明の実施例７の横収差図の残りの部分である。
【図３５】本発明の実施例８の横収差図の一部である。
【図３６】本発明の実施例８の横収差図の残りの一部である。
【図３７】本発明の実施例８の横収差図の残りの部分である。
【図３８】本発明の実施例９の横収差図の一部である。
【図３９】本発明の実施例９の横収差図の残りの一部である。
【図４０】本発明の実施例９の横収差図の残りの部分である。
【図４１】本発明の実施例１０の横収差図の一部である。
【図４２】本発明の実施例１０の横収差図の残りの一部である。
【図４３】本発明の実施例１０の横収差図の残りの部分である。
【図４４】本発明の実施例１１の横収差図の一部である。
【図４５】本発明の実施例１１の横収差図の残りの一部である。
【図４６】本発明の実施例１１の横収差図の残りの部分である。
【図４７】従来の画像表示装置の光学系を示す図である。
【符号の説明】
１…観察者瞳位置
２…観察者視軸
３…接眼光学系の第１面
４…接眼光学系の第２面
５…接眼光学系の第３面
６…画像表示素子
７…接眼光学系
１０…頭部装着式画像表示装置

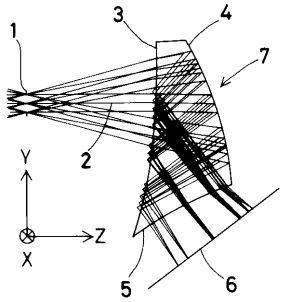
【図１】



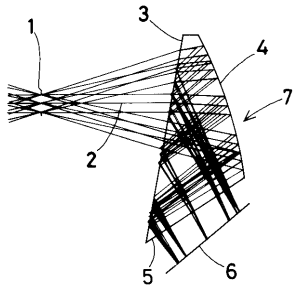
【図２】



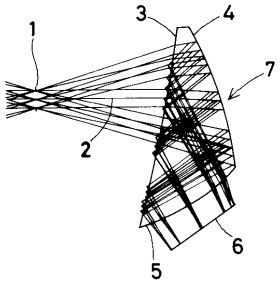
【図３】



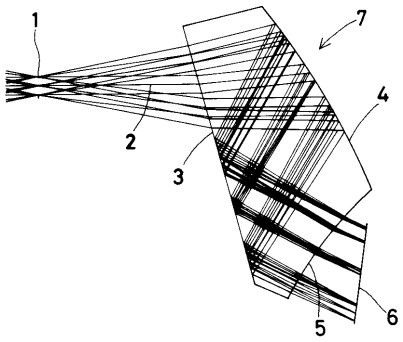
【図４】



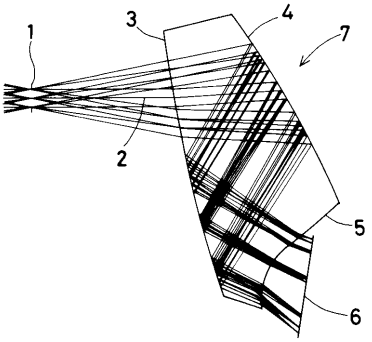
【図５】



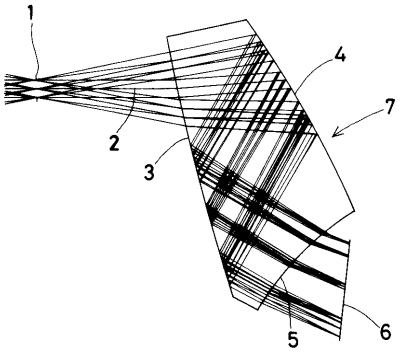
【図６】



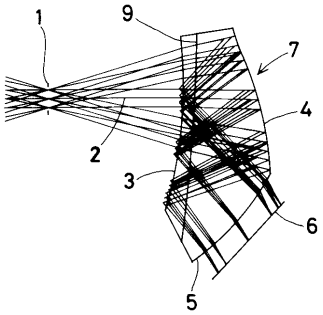
【図７】



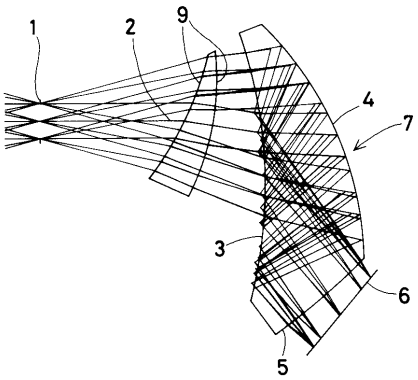
【図８】



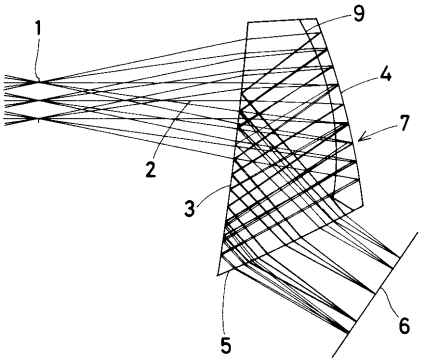
【図９】



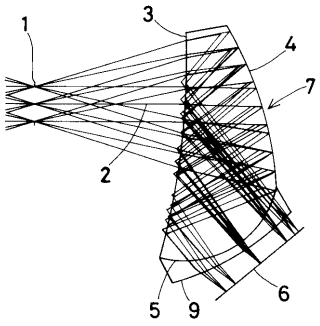
【図１０】



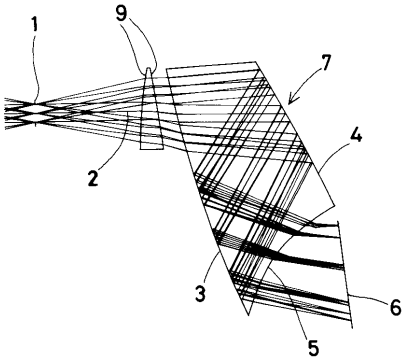
【図１１】



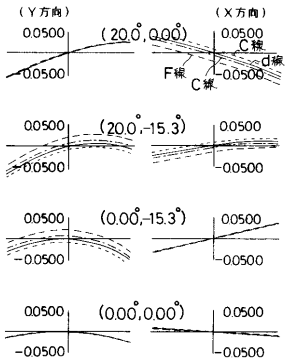
【図１２】



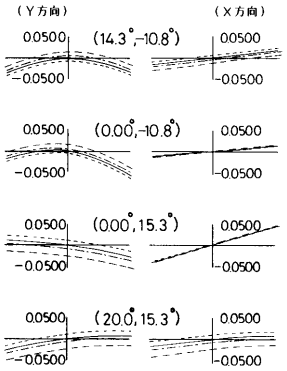
【図１３】



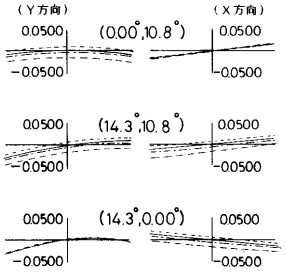
【図１４】



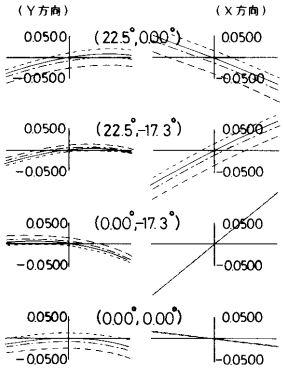
【図１５】



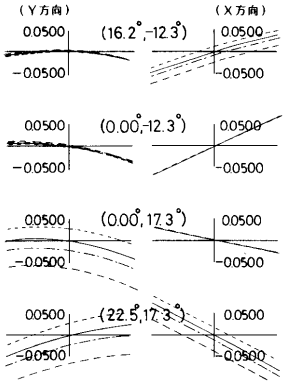
【図１６】



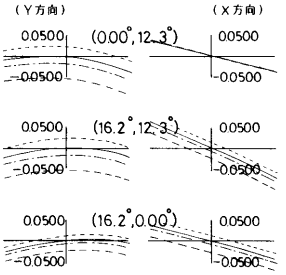
【図１７】



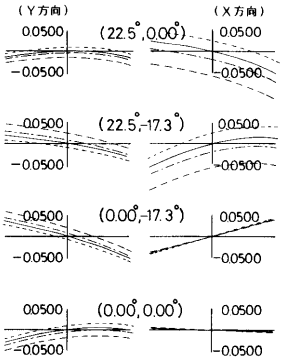
【図１８】



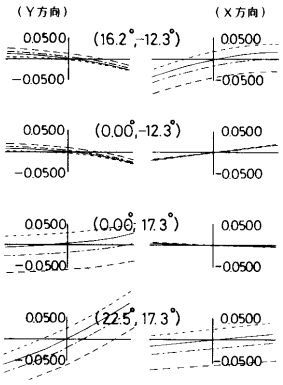
【図１９】



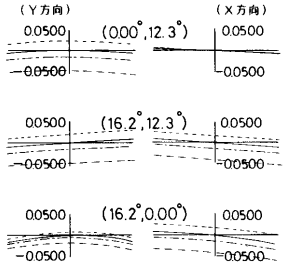
【図２０】



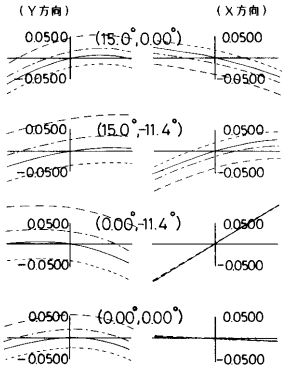
【図２１】



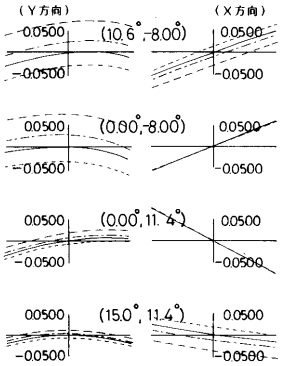
【図２２】



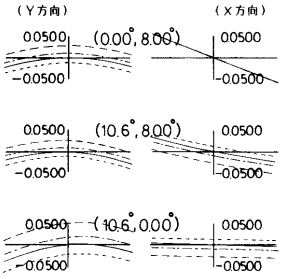
【図２３】



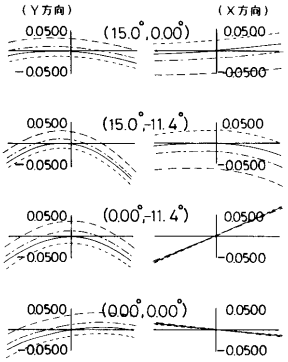
【図２４】



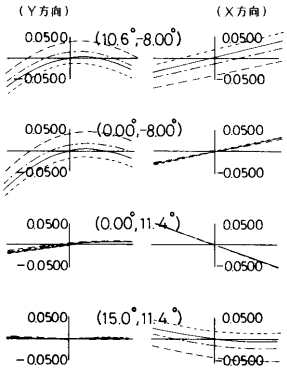
【図２５】



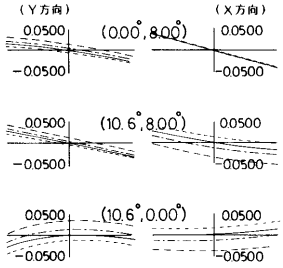
【図２６】



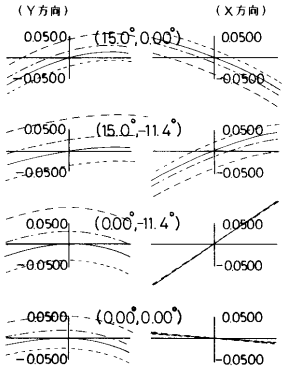
【図２７】



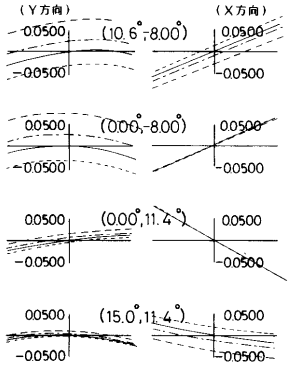
【図２８】



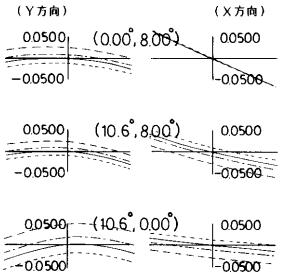
【図２９】



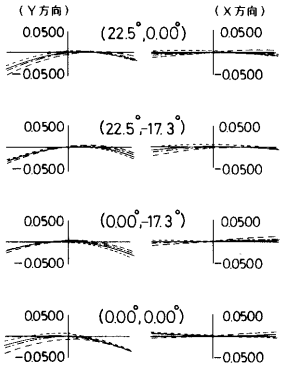
【図３０】



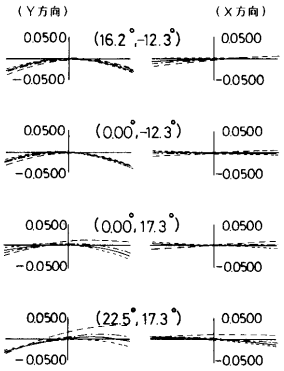
【図３１】



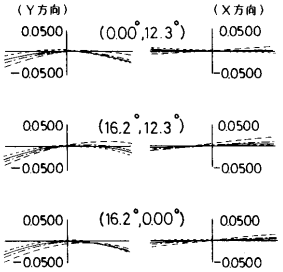
【図３２】



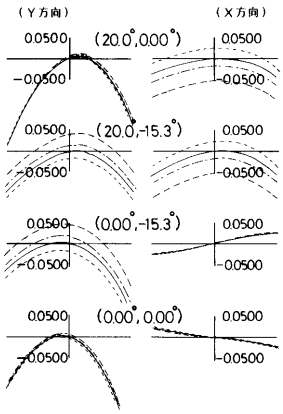
【図３３】



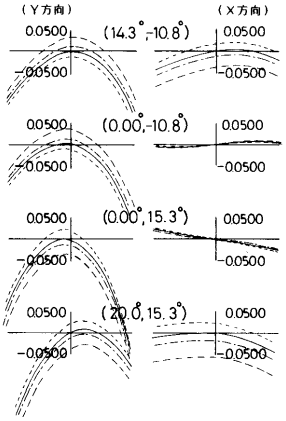
【図３４】



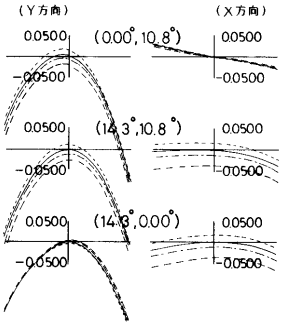
【図３５】



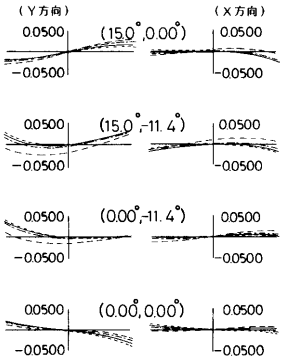
【図３６】



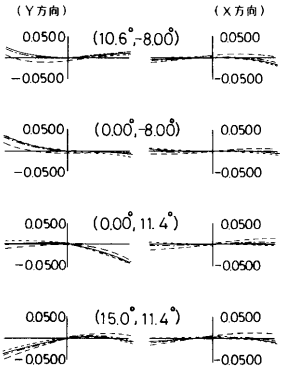
【図３７】



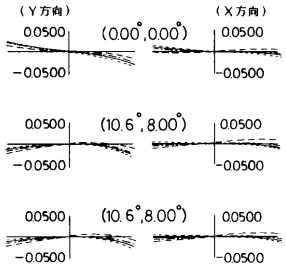
【図３８】



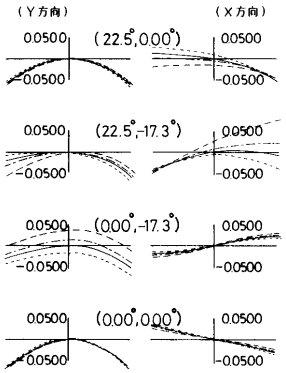
【図３９】



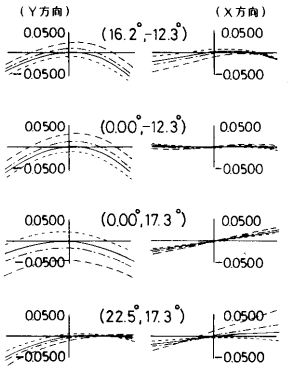
【図４０】



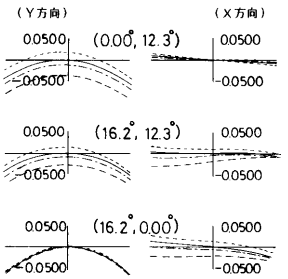
【図４１】



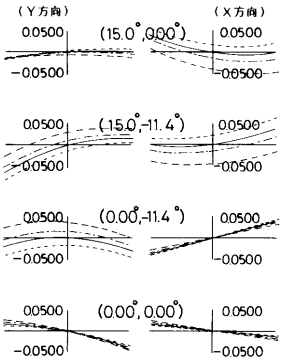
【図４２】



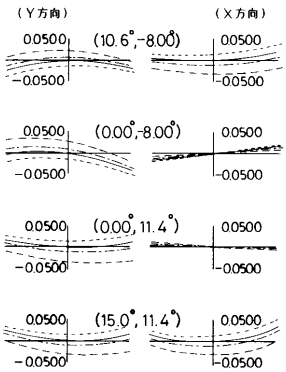
【図４３】



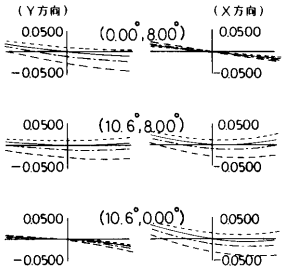
【図４４】



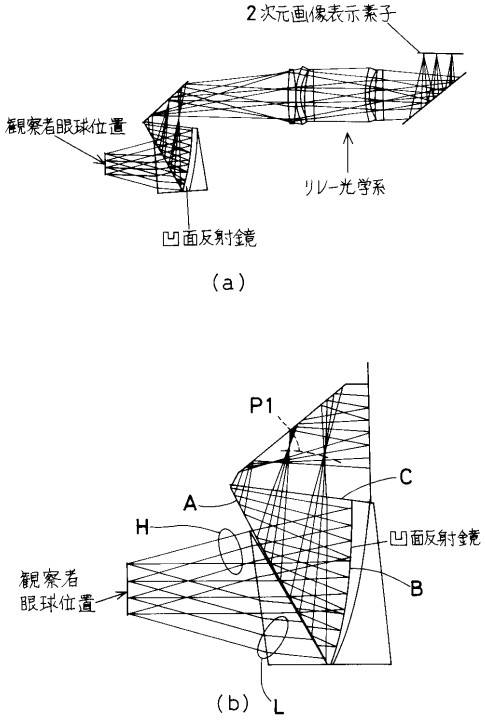
【図４５】



【図４６】


(Y方向)
(X方向)
0.0500
-0.0500
(0.00°,8.00°)
(10.6°,8.00°)
(10.6°,0.00°)

【図４７】


2次元画像表示素子
観察者眼球位置
リレー光学系
凹面反射鏡
(a)
P1
C
A
H
凹面反射鏡
観察者
眼球位置
B
L
(b)

フロントページの続き

(74)代理人 100094787
弁理士 青木 健二
(74)代理人 100091971
弁理士 米澤 明
(72)発明者 高橋浩一
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 田部 元史

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
G02B 27/02