(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3658034号

(P3658034)

(45)発行日　平成17年6月8日(2005.6.8)　(24)登録日　平成17年3月18日(2005.3.18)

| (51)Int.Cl.[7] | F I | | |
|---|---|---|---|
| G02B 27/02 | G02B | 27/02 | Z |
| G02B 17/08 | G02B | 17/08 | A |
| G02B 25/00 | G02B | 25/00 | A |

請求項の数 2　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願平7-66995
(22)出願日　平成7年2月28日(1995.2.28)
(65)公開番号　特開平8-234137
(43)公開日　平成8年9月13日(1996.9.13)
審査請求日　平成14年2月26日(2002.2.26)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　奥山　敦
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内
(72)発明者　山崎　章市
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

審査官　三橋　健二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】画像観察光学系及び撮像光学系

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

画像表示手段の表示面に表示した画像を、少なくとも第１の光学作用面と第２の光学作用面により拡大した拡大像として形成し、該拡大像を観察者に視認せしめる画像観察光学系において、

該第２の光学作用面は１つの対称面に対して対称な非球面反射面であって、該表示面の中心から該表示面に対して略垂直に該対称面内に出射する基準軸光線に対して傾斜して配置しており、

該第２の光学作用面は、該対称面に平行な平面と交わる箇所において、該対称面に直交する平面内の局所的な光学パワー$\rho_{Lx}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負又は小さい負の値から大きい負の値へと変化し、該対称面内の局所的な光学パワー$\rho_{Ly}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負へと変化し、

該第１の光学作用面は前記対称面に対して対称で全体として強い凹面の非球面反射面であって、該第２の光学作用面で反射された基準軸光線に対して傾斜して配置しており、

該対称面内での画角が該対称面に直交する平面内での画角に比して小さいことを特徴とする画像観察光学系。

【請求項２】

画像表示手段の表示面に表示した画像を、１つの光学素子により拡大した拡大像として形成し、該拡大像を観察者に視認せしめる画像観察光学系において、

該光学素子は共通の対称面を有する第１の光学作用面、第２の光学作用面、第３の光学

作用面を有しており、
該第３の光学作用面の形状は該対称面に対して対称な非球面であって、該表示面の中心から該表示面に対して略垂直に該対称面内に出射する基準軸光線に対し略直交して配置しており、
該第２の光学作用面の形状は該対称面に対して対称な非球面であって、該第３の光学作用面を屈折した該基準軸光線を全反射する角度に傾斜して配置しており、
該第２の光学作用面は、該対称面に平行な平面と交わる箇所において、該対称面に直交する平面内の局所的な光学パワー$\rho_{Lx}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負又は小さい負の値から大きい負の値へと変化し、該対称面内の局所的な光学パワー$\rho_{Ly}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負へと変化し、
該第１の光学作用面は該対称面に対して対称で全体として強い凹面の非球面反射面であって、該第２の光学作用面で全反射された基準軸光線に対して傾斜して配置しており、
該第１の光学作用面で反射された基準軸光線は該第２の光学作用面を透過し、
該対称面内での画角が該対称面に直交する平面内での画角に比して小さいことを特徴とする画像観察光学系。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】

本発明は画像観察光学系及び撮像光学系に関し、特にカメラのファインダーや所謂ヘッドマウントディスプレイなどの画像観察装置及びカメラなどの撮像装置に使用する場合に好適なものである。

【０００２】

【従来の技術】

従来、ヘッドマウントディスプレイなどにおいては、装置全体を小型化するための光学系がいろいろ考案されている。

【０００３】

例えば特開昭58-78116号公報においては、観察者の眼に対して傾けて設けた凹の球面反射面を持つプリズム形状の光学素子により撮影光学系で得られた１次結像面上の物体像を観察する光学装置が開示されている。

【０００４】

この従来例においては、反射面が傾いた球面であるので、そこで発生する非点収差等の光学収差を良好に補正することが難しい。同公報中にはこれらを改善する為に新たにレンズ系を追加する必要があることが記載されている。

【０００５】

特開平5-303055号公報ではこのようなレンズ系（リレーレンズ系）を追加したものが開示されている。しかし、このようなリレーレンズ系を付加することは、光学系の全長が長くなり光学系のコンパクト化を損なうという欠点がある。

【０００６】

特開平5-303054号公報，特開平5-303056号公報，特開平5-323229号公報等ではコンパクト化及び光学系の収差を改善する目的で、反射面に高次の非球面項を有する一般的な回転非球面、円錐係数で定義される円錐関数による回転放物面や回転楕円面、直交する座標軸においてそれぞれ異なる非球面関数で表現されるトーリック非球面（またはアナモフィック非球面）からなる一つの反射面を観察者の眼の光軸に対して傾けて設けた光学系が開示されている。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような光学系では、画像の歪み（ディストーション）、像面の弯曲、直交する方向のピント（非点収差）が補正されている必要がある。また、このように反射面を傾けた所謂偏心光学系のピント調整（視度調整）の方法としては、光学系を移動して行うと光学性能の変化が大きいので、光学系のピント面（画像表示素子や撮像素子）を移

動して行うのが望ましく、そのためには光学系をピント面に対してテレセントリックな光学系にするのが望ましい。

【０００８】

このような観点で、先の従来例をみると、特開平5-303054号公報では像面弯曲とディストーションの補正を行っているが、非点収差が補正されないまま残っている。

【０００９】

又、特開平5-303056号公報では非点収差とディストーションの補正を行っているが、像面の弯曲が補正されないまま残っている。

【００１０】

又、特開平5-323229号公報では像面弯曲と非点収差とディストーションの補正を行っているが、ピント面に対して光線の角度が大きく傾いており液晶パネルやＣＣＤ等の表示素子あるいは撮像素子をピント面に配する場合はこれらの素子の特性の角度依存性により性能が大幅に劣化する欠点がある。

【００１１】

また、これらで提案されている光学系においては、ディストーションは補正されているとはいえ、画像の歪みが一見して判別できる程度なので不十分である。

【００１２】

このように、一つの非球面の反射面の構成では全ての収差を十分に補正することができない欠点があった。

【００１３】

また、特開平3-180810号公報では、観察者の視点を遠ざけて光学系に対するF No. を大きくし、光学系の焦点深度を大きくとることで像面の弯曲と非点収差を補正し、画像の歪みを直交する座標系(x,y,z) のクロスターム(xy など）を有する非球面で補正した光学系が開示されている。

【００１４】

しかしながら、この光学系は視点を離して画像を観察する方法であるので、広角化や大画面化を行うことができず、また凸のミラーと凹のミラーを組み合わせてテレフォトタイプの光学系にしているものの全体としての大きさが大きくコンパクト化を計れないという欠点があった。

【００１５】

本発明は、極めてシンプルな構成でありながら、諸収差が良好に補正され、広画角であって、観察系として用いたときは画像表示手段の表示面に対して主光線が略垂直に出射するというテレセントリック条件を満たす光学系を利用した画像観察光学系及び撮像光学系の提供を目的とする。

【００１６】

【課題を解決するための手段】

請求項１の発明の画像観察光学系は、画像表示手段の表示面に表示した画像を、少なくとも第１の光学作用面と第２の光学作用面により拡大した拡大像として形成し、該拡大像を観察者に視認せしめる画像観察光学系において、

該第２の光学作用面は１つの対称面に対して対称な非球面反射面であって、該表示面の中心から該表示面に対して略垂直に該対称面内に出射する基準軸光線に対して傾斜して配置しており、

該第２の光学作用面は、該対称面に平行な平面と交わる箇所において、該対称面に直交する平面内の局所的な光学パワー$\rho_{Lx}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負又は小さい負の値から大きい負の値へと変化し、該対称面内の局所的な光学パワー$\rho_{Ly}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負へと変化し、

該第１の光学作用面は前記対称面に対して対称で全体として強い凹面の非球面反射面であって、該第２の光学作用面で反射された基準軸光線に対して傾斜して配置しており、

該対称面内での画角が該対称面に直交する平面内での画角に比して小さいことを特徴としている。

【００１７】
請求項２の発明の画像観察光学系は、画像表示手段の表示面に表示した画像を、１つの光学素子により拡大した拡大像として形成し、該拡大像を観察者に視認せしめる画像観察光学系において、
該光学素子は共通の対称面を有する第１の光学作用面、第２の光学作用面、第３の光学作用面を有しており、
該第３の光学作用面の形状は該対称面に対して対称な非球面であって、該表示面の中心から該表示面に対して略垂直に該対称面内に出射する基準軸光線に対し略直交して配置しており、
該第２の光学作用面の形状は該対称面に対して対称な非球面であって、該第３の光学作用面を屈折した該基準軸光線を全反射する角度に傾斜して配置しており、
該第２の光学作用面は、該対称面に平行な平面と交わる箇所において、該対称面に直交する平面内の局所的な光学パワー$\rho_{Lx}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負又は小さい負の値から大きい負の値へと変化し、該対称面内の局所的な光学パワー$\rho_{Ly}$が該表示面に遠い側から近い側へかけて正から負へと変化し、
該第１の光学作用面は該対称面に対して対称で全体として強い凹面の非球面反射面であって、該第２の光学作用面で全反射された基準軸光線に対して傾斜して配置しており、
該第１の光学作用面で反射された基準軸光線は該第２の光学作用面を透過し、
該対称面内での画角が該対称面に直交する平面内での画角に比して小さいことを特徴としている。

【００１８】
【実施例】
本発明の光学系の基本構成の光学的作用について図１及び図２を用いて説明する。図１及び図２は光学系を画像観察光学系として用いた場合を示している。図中、 Sは観察者の望ましき瞳孔位置、S1は第1 の反射面（光学作用面）、S2は第2 の反射面（光学作用面）、P は画像表示手段の表示面である。以下、光学系の説明は便宜上瞳孔S 側から光が入射し、表示面P に至る系で説明するが、画像観察光学系などの場合は、表示面P から光が発し、瞳孔S 側から光が射出する系となる。

【００１９】
本発明の光学系において、表示面P の中心$P_o$から該表示面P に対して略垂直に出射し、瞳孔S の中心に至る光線を基準軸光線Loとする。又、表示面P 上の各点から射出して瞳孔S の中心に至る光線を主光線L とする。

【００２０】
第1 の反射面S1の形状は瞳孔S からの主光線L が第1 の反射面S1における反射により表示面P に対してほぼテレセントリックとなり、さらに表示面P に表示した画像の平均像面QQが基準軸光線Loに垂直な平面 Hに略重なるように決定している。

【００２１】
ここで、平均像面QQとは略無限遠の物体から発し、瞳孔S を通る光束を紙面内で基準軸光線Loに直交する方向( 後述 y方向) と紙面に垂直な方向( 後述 x方向) の断面に分けて考え、それぞれの光線の結像位置の中間点を含む面のことである。図１においては、或る画角の光束において点Meが主光線上でx 方向の結像点であり、点Saがy 方向の結像点である。このとき主光線 Lにおける点Meと点Saとの中点 Qが平均像面 H上の点となり、点Meと点Saの差が非点収差である。主光線のテレセントリック性と像の歪みは反射面の全体的な形状に影響され、各光束の結像状態（像面、非点収差）は面の局所的な形状に影響される。

【００２２】
従来例で記したようにこれらの収差の補正を１つの反射面で達成することは困難であるので、第1 の反射面S1においては、その形状を主光線のテレセントリック性と像の歪みを補正し、且つ像面においては非点収差が図１に示すように発生するものの、この面では平均像面QQを前記平面 Hに揃えることを主眼とし、残存する非点収差は容易に補正できる第2 の反射面S2で補正をおこなうのである。

【００２３】
第2 の反射面S2は図２に示すような主に光束の非点収差を補正する形状をとる。具体的には、x 方向の面の局所的な面の結像倍率が第1 の反射面S1に近い側(A) から遠い側(B) に向かって小さくなるように、y 方向の面の局所的な面の結像倍率が第1 の反射面に近い側(A) から遠い側(B) に向かって大きくなるようにするのが好ましい。局所的な面の倍率とは、図２に示すように当該面の物体距離b'に対する像距離b"の比b'/b''のことである。
【００２４】
しかしながら、本発明において第2 の反射面S2の形状はy 方向の断面（ＹＺ断面）では第1 の反射面に近い側(A) から遠い側(B) に向かって局所的なパワー（$\rho_L = -2N/r_L$）が正から強い負へ変化する形状としているものの、x 方向の断面（ＸＹ断面）では第1 の反射面に近い側(A) から遠い側(B) に向かって局所的なパワーが正または弱い負から強い負へ変化する形状としている。
【００２５】
ここで示したような形状を有する２つの反射面により、像の歪み、像面、非点収差、テレセントリック性を補正することが可能となるが、第2 の反射面S2と表示面P の間の表示面の近傍に、第3 の光学作用面S3（不図示）を配置することにより、第2 の反射面S2の形状により変化する僅かな像の歪みやテレセントリック性のずれ、部分的な像面の変動をさらに良くすることができる。
【００２６】
第3 の光学作用面S3は屈折面でも良いし反射面でも良い。表示面P の近傍に第3 の光学作用面S3を設けると、表示面P の各点（像点）に至る光束の重なりが減少し、面の局所的な形状の変化で、像点の部分的な補正が可能となり、さきに述べた第1 の反射面S1、第2 の反射面S2により補正しきれない収差を容易に補正できる。
【００２７】
さらに、ガラスやプラスチックなどを媒質として第1 の反射面S1、第2 の反射面S2、第3 の光学作用面S3をその上に形成すれば、本発明の光学系を一つの光学素子で実現することができ、コンパクト化、ローコスト化において非常に有利である。このとき第2 の反射面S2での反射を全反射とし、表示面P から射出する光束はまず第3 の光学作用面S3を透過して第2 の反射面S2へ向かい、この面で全反射して第1 の反射面S1へ向かい、この面で反射して再び第2 の反射面へ向かい、今度はこの面を透過して観察者の瞳孔に達する。このような構成をとれば、さらなるコンパクト化が実現できる。
【００２８】
図３は本発明の画像観察光学系の実施例１の要部概略図である。図中、B1は光学素子であり、第1、第2、第3の光学作用面S1,S2,S3を有している。なお、いずれの面も１つの平面(Z-Y平面)（対称面）に対して対称な形状をしている。Sは観察者の望ましき瞳孔位置、Pは画像表示手段の表示面である。
【００２９】
第3 の光学作用面S3の形状は該対称面に対して対称な非球面であって、表示面P の中心から表示面P に対して略垂直に該対称面上に出射する基準軸光線Loに対し略直交して配置しており、第2 の光学作用面S2の形状は該対称面に対して対称な非球面であって、第3 の光学作用面S3を屈折した基準軸光線Loを全反射する角度に傾斜して配置しており、第1 の光学作用面S1は該対称面に対して対称で全体として強い凹面の非球面反射面（面上に反射膜を着けている）であって、第2 の光学作用面S2で全反射された基準軸光線Loに対して傾斜して配置しており、第1 の光学作用面S1で反射された基準軸光線Loは第2 の光学作用面S2を透過して瞳孔S に達している。
【００３０】
本実施例の光学的作用について説明する。表示面P で表示した画像から射出する光束はまず第3 の光学作用面S3を透過して第2 の光学作用面S2へ向かい、この面S2で全反射して第1 の光学作用面S1へ向かい、この面S1で反射して収束光となり、再び第2 の光学作用面S2へ向かい、今度はこの面S2を透過して画像の虚像を形成すると共に観察者の瞳孔S に達し

て観察者に虚像を視認させる。

【００３１】

本実施例の光学系は偏心面で構成しているので、光学系の形状を表す為に絶対座標系とローカル座標系を設定する。図１８は絶対座標系とローカル座標系の説明図である。これについて説明する。

【００３２】

絶対座標系の原点は観察者の望ましき瞳孔位置S の中心0 に設定し、Z 軸は点0 を通り瞳孔面に垂直な直線であり、前記平面上にある。Y 軸は原点0 を通り前記平面上でZ 軸に対して反時計回りに90°の角度をなす直線である。X 軸は原点0 を通り、Y,Z 軸に対して直交する直線である。なお、Z 軸は画像表示手段の表示面P の中心から表示面P に対して略垂直に発し、瞳孔S の中心に至る基準軸光線Loと重なっている。

【００３３】

ローカル座標の原点0iは絶対座標(SXi,SYi,SZi) で各面毎に設定する。ローカル座標のz 軸はYZ平面内で原点0iを通り、絶対座標系のZ 軸と角度Aiをなす直線である。y 軸は原点0iを通りz 軸に対して反時計回りに90°の角度をなす直線である。x 軸は原点0iを通り、y 軸及びz 軸に直交する直線である。

【００３４】

各面の形状はローカル座標で表す。本発明の各実施例において光学作用面の形状は、円錐係数で定義される円錐関数にゼルニケ多項式による非球面項を有する形状をしており、以下に示す関数により表す。

【００３５】

【数１】

$$z=\frac{c(x^2+y^2)}{1+\{1-(1+k)c^2(x^2+y^2)\}^{1/2}}$$

$$\begin{aligned}
&+c_1\ (x^2-y^2)\\
&+c_2\ (-1+2x^2+2y^2)\\
&+c_3\ (-2y+3x^2y+3y^3)\\
&+c_4\ (3x^2y-y^3)\\
&+c_5\ (x^4-6x^2y^2+y^4)\\
&+c_6\ (-3x^2+4x^4+3y^2-4y^4)\\
&+c_7\ (1-6x^2+6x^4-6y^2+12x^2y^2+6y^4)\\
&+c_8\ (3y-12x^2y+10x^4y-12y^3+20x^2y^3+10y^5)\\
&+c_9\ (-12x^2y+15x^4y+4y^3+10x^2y^3-5y^5)\\
&+c_{10}(5x^4y-10x^2y^3+y^5)
\end{aligned}$$

ここにc は曲率であり、 c＝1/r 、ただしr は各面の基本曲率半径である。

【００３６】

又、k は各面の円錐係数、$c_j$は各面におけるj 番目のゼルニケ多項式の非球面係数である。

【００３７】

表１は、実施例１の構成データーである。ただし、f は光学素子B1の焦点距離に相当する値で、無限遠物体からの入射光の入射角度θと、その光線が表示面P で結像する像高$y_m$から

$f = y_m / \tan(\theta)$
として算出したものであり、ここでは単に焦点距離と呼ぶこととする。
【００３８】
【表１】

表１

f=25　N=1.4917

| 面 | S1 | S2 | S3 | P |
|---|---|---|---|---|
| 1/r | -1.300e-02 | -3.019e-03 | 1.000e-18 | |
| k | 3.357e+00 | 2.893e+01 | 0.000e+00 | |
| $c_1$ | -1.140e-03 | 3.475e-03 | -7.305e-03 | |
| $c_2$ | 1.230e-04 | 7.479e-04 | -7.869e-03 | |
| $c_3$ | -1.090e-05 | -6.391e-06 | -6.117e-05 | |
| $c_4$ | -4.055e-05 | -1.239e-04 | -1.321e-04 | |
| $c_5$ | -1.380e-06 | -8.946e-07 | -3.732e-05 | |
| $c_6$ | -5.544e-08 | -8.408e-08 | 1.586e-05 | |
| $c_7$ | -7.316e-08 | -1.282e-08 | -3.997e-06 | |
| $c_8$ | 4.901e-09 | -4.941e-09 | 3.691e-07 | |
| $c_9$ | -1.070e-09 | -1.295e-08 | -6.127e-07 | |
| $c_{10}$ | 1.202e-08 | -2.201e-08 | 4.124e-07 | |
| SX | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00(mm) |
| SY | -9.03 | -20.56 | 19.26 | 26.08(mm) |
| SZ | 23.92 | 20.53 | 29.43 | 30.17(mm) |
| A | -30.70 | 0.29 | 54.37 | 50.00(deg) |

表２には第2 の光学作用面S2の局所的な曲率半径$r_{Lx}$ 及び$r_{Ly}$ を該作用面の６点において表す。表中の座標は面のローカル座標である。
【００３９】
局所的な曲率半径$r_{Lx}$ 及び$r_{Ly}$ について説明する。図１９は局所的な曲率半径$r_{Lx}$ 及び$r_{Ly}$ の説明図である。
【００４０】
局所的な曲率半径$r_{Lx}$ とは図１９(A) に示すように面Siとx-z 面に平行な平面（図ではy=$y_T$だけ離れている）との交線上における局所的な曲率半径である。
【００４１】
又、局所的な曲率半径$r_{Ly}$ とは図１９(B) に示すように面Siとy-z 面に平行な平面（図ではx=$x_T$だけ離れている）との交線上における局所的な曲率半径である。ただし、局所的な曲率半径$r_{Lx}$,$r_{Ly}$ は該光学作用面において光が入射する側に凹のとき負の値をとる。
【００４２】
そしてxz面の局所的な光学パワー$\rho_{Lx}$は、局所的な曲率半径$r_{Lx}$ と光の進む媒質の屈折率N から式：
$\rho_{Lx} = -2N/r_{Lx}$
により求められる。
【００４３】
又、yz面の局所的な光学パワー$\rho_{Ly}$は、局所的な曲率半径$r_{Ly}$ と光の進む媒質の屈折率Nから式：
$\rho_{Ly} = -2N/r_{Ly}$

により求められる。

【００４４】

【表２】

表２

$r_{Lx}$(mm)

| y \ x | 0 | 8.01 |
|---|---|---|
| 19.28 | 372.15 | 126.63 |
| 31.57 | 119.31 | 55.94 |
| 43.87 | 99.74 | 43.92 |

$r_{Ly}$(mm)

| y \ x | 0 | 8.01 |
|---|---|---|
| 19.28 | -1221.59 | -725.14 |
| 31.57 | 1295.43 | 3372.99 |
| 43.87 | 87.94 | 89.32 |

図４は実施例１の収差図である。収差図は基準軸光線Lo上の像点、基準軸光線Loに対してy 方向に±ωの像点、x 方向に+ ηの像点における横収差を示す。

【００４５】

又、図５は瞳孔S から表示面P へ光線追跡した際の像の歪みをを碁盤目状の物体について示している。仮に表示面P における像の歪みが糸巻き型であるとき、その光学系を表示面P から瞳孔S へ光線を追跡すれば、像の歪みは逆の形のたる型になる。

【００４６】

図６は本発明の画像観察光学系の実施例２の要部概略図である。本実施例は実施例１よりも全系の焦点距離を短くして広角化を図っている。表３は実施例２の構成データーである。

【００４７】

【表３】

表３

f=20.5　N=1.4917

| 面 | S1 | S2 | S3 | P |
|---|---|---|---|---|
| 1/r | -1.197e-02 | -3.098e-03 | 1.000e-18 | |
| k | 3.638e+00 | 5.894e+01 | 0.000e+00 | |
| $c_1$ | -2.424e-03 | 6.045e-04 | -3.577e-03 | |
| $c_2$ | 1.241e-03 | 1.703e-03 | -1.144e-02 | |
| $c_3$ | -5.818e-05 | -1.654e-05 | 9.935e-05 | |
| $c_4$ | -1.016e-04 | -1.183e-04 | 5.979e-04 | |
| $c_5$ | -2.822e-06 | -3.624e-07 | -5.158e-06 | |
| $c_6$ | -8.333e-08 | 1.161e-07 | -1.996e-05 | |
| $c_7$ | 1.132e-07 | -1.273e-07 | 1.104e-05 | |
| $c_8$ | 3.918e-09 | -4.273e-09 | 3.470e-07 | |
| $c_9$ | -3.311e-09 | -1.754e-08 | -1.034e-06 | |
| $c_{10}$ | 2.136e-08 | -3.668e-08 | 3.706e-07 | |
| SX | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00(mm) |
| SY | -13.79 | -14.41 | 20.87 | 22.97(mm) |
| SZ | 16.11 | 17.12 | 21.72 | 28.24(mm) |
| A | -33.64 | 2.95 | 63.43 | 44.00(deg) |

表４には本実施例の第2 の光学作用面S2の局所的な曲率半径$r_L$を該作用面の６点において

表す。

【００４８】

【表４】

表４

$r_{Lx}$(mm)

| y \ x | 0 | 7.43 |
|---|---|---|
| 13.09 | 194.78 | 100.45 |
| 24.36 | 85.73 | 50.16 |
| 35.62 | 64.39 | 34.95 |

$r_{Ly}$(mm)

| y \ x | 0 | 7.43 |
|---|---|---|
| 13.09 | -224.21 | -203.66 |
| 24.36 | -1105.56 | -632.99 |
| 35.62 | 53.99 | 47.78 |

図７は実施例２の収差図である。収差図は基準軸光線Lo上の像点、基準軸光線Loに対してy 方向に±ωの像点、x 方向に+ ηの像点における横収差を示す。

【００４９】

又、図８は瞳孔S から表示面P へ光線追跡した際の像の歪みをを碁盤目状の物体について示している。

【００５０】

図９は本発明の実施例３の要部概略図である。本実施例は光学素子B1の屈折率を実施例１より高くしたものである。表５は実施例３の構成データーである。

【００５１】

【表５】

表５

f=25　N=1.5709

| 面 | S1 | S2 | S3 | P |
|---|---|---|---|---|
| 1/r | -1.425e-02 | -3.458e-03 | -3.816e+05 | |
| k | 2.081e+00 | 3.740e+01 | -4.349e+19 | |
| $c_1$ | -1.552e-03 | -2.223e-03 | 3.382e-02 | |
| $c_2$ | -1.688e-05 | 7.360e-04 | -2.115e-02 | |
| $c_3$ | -1.525e-05 | -1.120e-06 | -9.858e-04 | |
| $c_4$ | 5.912e-06 | -7.827e-06 | 1.271e-03 | |
| $c_5$ | 2.190e-07 | 2.515e-07 | -2.113e-05 | |
| $c_6$ | -2.240e-09 | 5.836e-08 | 6.744e-06 | |
| $c_7$ | 2.052e-07 | 6.531e-09 | -4.684e-06 | |
| $c_8$ | 0.000e+00 | 0.000e+00 | 0.000e+00 | |
| $c_9$ | 0.000e+00 | 0.000e+00 | 0.000e+00 | |
| $c_{10}$ | 0.000e+00 | 0.000e+00 | 0.000e+00 | |
| SX | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00(mm) |
| SY | 4.52 | -17.48 | 23.49 | 25.16(mm) |
| SZ | 29.86 | 22.56 | 13.32 | 30.00(mm) |
| A | -17.14 | 12.02 | 93.16 | 47.74(deg) |

表６には本実施例の第2 の光学作用面S2の局所的な曲率半径$r_L$を該作用面の６点において表す。

【００５２】

【表６】

表６

$r_{Lx}$(mm)

| y \ x | 0 | 7.956 |
|---|---|---|
| 15.822 | 148.28 | 153.68 |
| 27.607 | 105.77 | 107.73 |
| 39.393 | 68.94 | 61.94 |

$r_{Ly}$(mm)

| y \ x | 0 | 7.956 |
|---|---|---|
| 15.822 | -262.35 | -281.74 |
| 27.607 | -493.24 | -627.27 |
| 39.393 | 78.11 | 61.94 |

図１０は実施例３の収差図である。収差図は基準軸光線Lo上の像点、基準軸光線Loに対してy 方向に±ωの像点、x 方向に+ ηの像点における横収差を示す。

【００５３】

又、図１１は瞳孔S から表示面P へ光線追跡した際の像の歪みをを碁盤目状の物体について示している。

【００５４】

図１２は本発明の画像観察光学系の実施例４の要部概略図である。本実施例はではz-x 面内の焦点距離fxとz-y 面内の焦点距離fyを異なるように設定した、所謂アナモフィックな光学系となっている。表７は本実施例の構成データである。

【００５５】

【表７】

表７

fx=18.9　　fy=25　　N=1.4917

| 面 | S1 | S2 | S3 | P |
|---|---|---|---|---|
| 1/r | -1.365e-02 | -3.666e-03 | 1.000e-18 | |
| k | 2.536e+00 | 4.900e+01 | 0.000e+00 | |
| $c_1$ | -1.680e-03 | -6.306e-04 | -1.937e-02 | |
| $c_2$ | -5.361e-05 | 7.103e-04 | -9.103e-03 | |
| $c_3$ | -1.661e-05 | -1.425e-05 | -6.073e-04 | |
| $c_4$ | -3.827e-05 | -5.428e-05 | 8.702e-04 | |
| $c_5$ | -8.021e-07 | 4.539e-07 | -1.450e-05 | |
| $c_6$ | 7.894e-07 | 3.904e-07 | 9.317e-06 | |
| $c_7$ | 2.509e-07 | 2.408e-07 | 3.628e-06 | |
| $c_8$ | 3.169e-09 | -2.739e-09 | 3.961e-07 | |
| $c_9$ | -7.055e-09 | -4.684e-09 | -6.382e-07 | |
| $c_{10}$ | 4.031e-09 | -2.042e-08 | -1.100e-07 | |
| SX | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00(mm) |
| SY | -13.43 | -13.71 | 19.27 | 23.92(mm) |
| SZ | 19.40 | 20.58 | 25.76 | 27.89(mm) |
| A | -35.10 | 4.64 | 65.10 | 53.42(deg |

表８には本実施例の第2 の光学作用面S2の局所的な曲率半径$r_L$を該作用面の６点において表す。

【００５６】

【表８】

表８

$r_{Lx}$(mm)

| y \ x | 0 | 9.29 |
|---|---|---|
| 11.49 | 150.81 | 172.70 |
| 22.61 | 103.08 | 88.38 |
| 33.74 | 86.24 | 53.95 |

$r_{Ly}$(mm)

| y \ x | 0 | 7.43 |
|---|---|---|
| 11.49 | -2089.76 | -1052.29 |
| 22.61 | 208.58 | 242.14 |
| 33.74 | 26.38 | 20.44 |

図１３は実施例４の収差図である。収差図は基準軸光線Lo上の像点、基準軸光線Loに対してy 方向に±ωの像点、x 方向に+ ηの像点における横収差を示す。

【００５７】

又、図１４は瞳孔S から表示面P へ光線追跡した際の像の歪みをを碁盤目状の物体について示している。z-y 面内の焦点距離$f_y$に対してz-x 面内の焦点距離$f_x$が短いので表示面Pに表示された画像の虚像はy 方向に対してx 方向に1.32倍伸長される。

【００５８】

図１５は本発明の画像観察光学系の実施例５の要部概略図である。本実施例は今までの実施例と異なって光学系を第1 の部材C1及び第2 の部材C2で構成し、第1 の部材C1は１つの対称面に対して対称な非球面の第1 の反射面（第1 の光学作用面）S1を有し、その面を基準軸光線Loに対して傾けて設置している。第2 の部材C2は前記対称面に対して対称な非球面の第2 の反射面（第2 の光学作用面）S2を有し、その面を第1 の反射面S1で反射された基準軸光線Loに対して傾けて設置している。

【００５９】

本実施例の作用を説明する。画像表示手段の表示面P に表示した画像から射出する光束は第2 の反射面S2で反射して第1 の反射面S1に向かい、この面S1で反射・収束して画像の拡大虚像を形成するとともに観察者の瞳孔(S) に入射して観察者に画像の拡大虚像を視認させる。

【００６０】

表９は本実施例の構成データである。

【００６１】

【表９】

表９

f=25

| 面 | S1 | S2 | P |
|---|---|---|---|
| 1/r | -2.180e-02 | 9.607e-03 | |
| k | -2.403e+00 | -8.765e+05 | |
| $c_1$ | -1.690e-03 | -4.942e-03 | |
| $c_2$ | 1.054e-04 | -3.316e-03 | |
| $c_3$ | -3.020e-06 | -7.399e-05 | |
| $c_4$ | -3.106e-05 | -1.343e-04 | |
| $c_5$ | -2.921e-07 | 4.469e-06 | |
| $c_6$ | 5.002e-07 | 1.861e-06 | |
| $c_7$ | 1.721e-07 | 1.291e-06 | |
| $c_8$ | 3.848e-09 | -1.302e-08 | |
| $c_9$ | 2.030e-08 | -6.965e-08 | |
| $c_{10}$ | -7.029e-09 | -1.790e-07 | |
| SX | 0.00 | 0.00 | 0.00(mm) |
| SY | 9.24 | 18.35 | 16.43(mm) |
| SZ | 25.99 | 11.79 | 18.48(mm) |
| A | -12.61 | -7.75 | 26.96(deg) |

表１０は本実施例の第2 の光学作用面S2の局所的なパワーを該作用面の６点において表す。

【００６２】

【表１０】

表10

$r_{Lx}$(mm)

| y \ x | 0 | 5.70 |
|---|---|---|
| -12.51 | 69.99 | -291.96 |
| -6.66 | 61.71 | 307.96 |
| -0.8 | 47.92 | 73.34 |

$r_{Ly}$(mm)

| y \ x | 0 | 5.70 |
|---|---|---|
| -12.51 | -94.08 | -126.87 |
| -6.66 | -411.04 | -1494.01 |
| -0.8 | 345.00 | 277.42 |

図１６は実施例５の収差図である。収差図は基準軸光線上の像点、基準軸光線に対してy方向に±ωの像点、x 方向に+ ηの像点における横収差を示す。

【００６３】

又、図１７は瞳孔S から表示面P へ光線追跡した際の像の歪みをを碁盤目状の物体について示している。

【００６４】

そして本実施例は特に簡単な構成でありながら、像の歪み（ディストーション）、像面弯曲、非点収差が良好に補正され、表示面に対してテレセントリック条件が略満たされた光学系を得ている。

【００６５】

以上の各実施例は画像観察光学系について示したが、瞳孔S の位置に絞りを設置し、画像表示手段の表示面P に替えて撮像手段の記録面を設置すると撮像光学系を構成することが

できる。その場合は、諸収差が良好に補正され、広画角で撮像面に対してテレセントリック条件を満たす撮像光学系を達成できる。

【００６６】

本発明は以上の構成により、簡単な構成でありながら良好な光学性能を示す画像観察光学系又は画像撮像光学系を達成できる。

【００６７】

特に、ガラスやプラスチックス等を媒質として第1 の光学作用面、第2 の光学作用面、第3 の光学作用面をその上に形成すれば、１つの光学素子で画像観察光学系を構成することができるので高性能な画像観察光学系を安価に製造することが可能となる。

【００６８】

【発明の効果】

本発明は以上の構成により、

極めてシンプルな構成でありながら、諸収差が良好に補正され、広画角であって、観察系として用いたときは画像表示手段の表示面に対して主光線が略垂直に出射するというテレセントリック条件を満たす光学系を利用した画像観察光学系及び撮像光学系を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の光学作用を説明する図

【図２】　本発明の光学作用を説明する図

【図３】　本発明の画像観察光学系の実施例１の要部概略図

【図４】　実施例１の光学系の収差図

【図５】　実施例１の光学系の像の歪みを表す図

【図６】　本発明の画像観察光学系の実施例２の要部概略図

【図７】　実施例２の光学系の収差図

【図８】　実施例２の光学系の像の歪みを表す図

【図９】　本発明の画像観察光学系の実施例３の要部概略図

【図１０】　実施例３の光学系の収差図

【図１１】　実施例３の光学系の像の歪みを表す図

【図１２】　本発明の画像観察光学系の実施例４の要部概略図

【図１３】　実施例４の光学系の収差図

【図１４】　実施例４の光学系の像の歪みを表す図

【図１５】　本発明の画像観察光学系の実施例５の要部概略図

【図１６】　実施例５の光学系の収差図

【図１７】　実施例５の光学系の像の歪みを表す図

【図１８】　各実施例の絶対座標系とローカル座標系の説明図

【図１９】　局所的な曲率半径$r_{Lx}$ 及び$r_{Ly}$ の説明図

【符号の説明】

S　瞳孔、　　Lo　基準軸光線

S1　第1 の反射面（第1 の光学作用面）

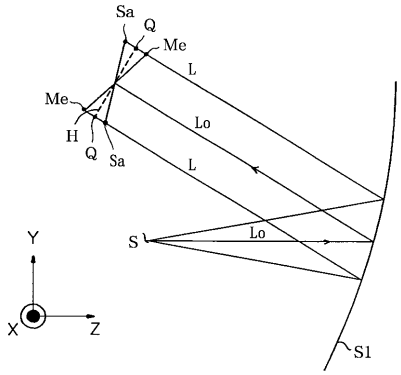
S2　第2 の反射面（第2 の光学作用面）

S3　第3 の光学作用面

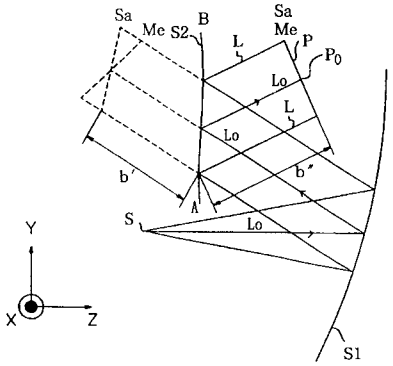
P　表示面　　$P_o$ 表示面の中心

B1 光学素子

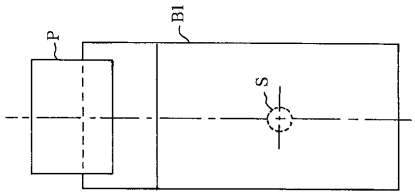
【図１】

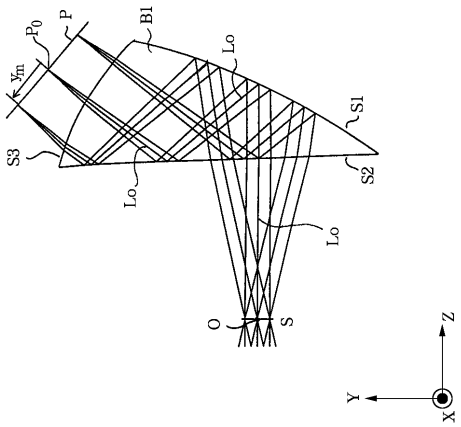



【図２】

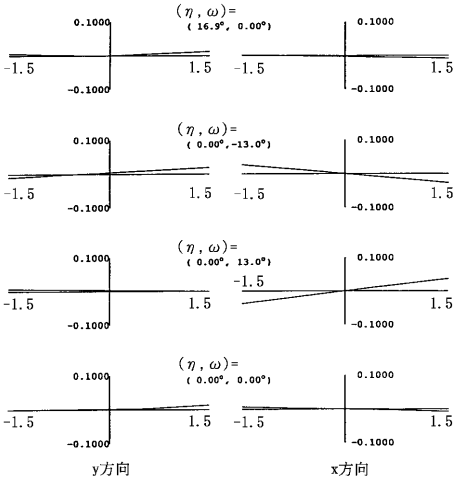



【図３】

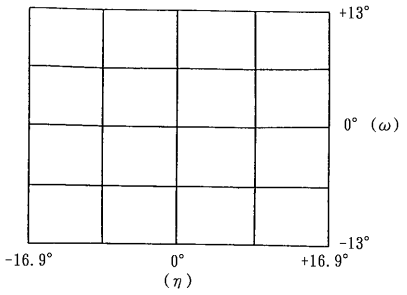


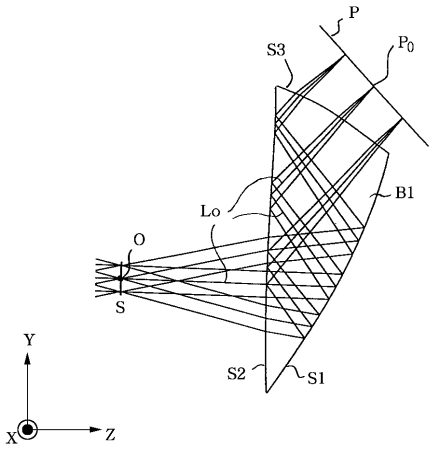

【図４】



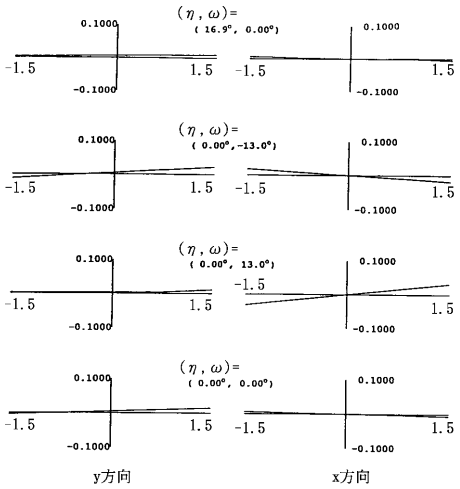

【図５】



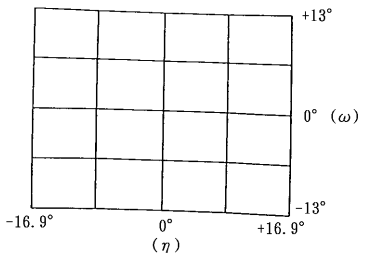

【図６】



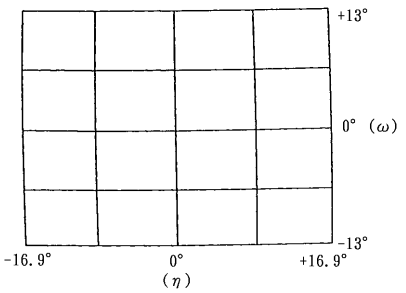
【図７】



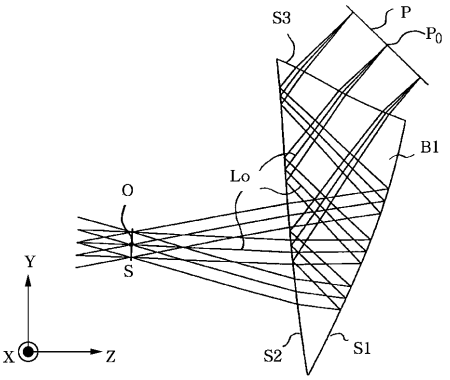

【図８】



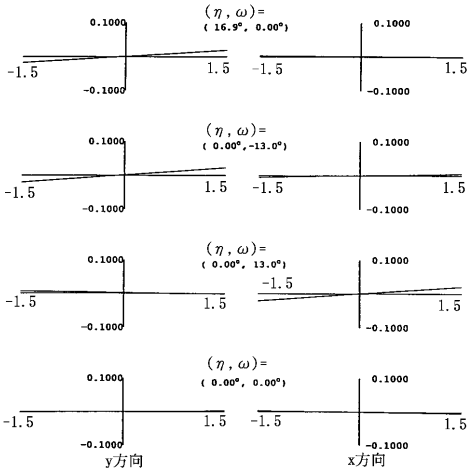

【図１１】



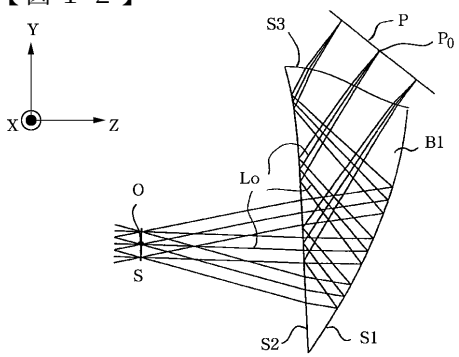

【図９】



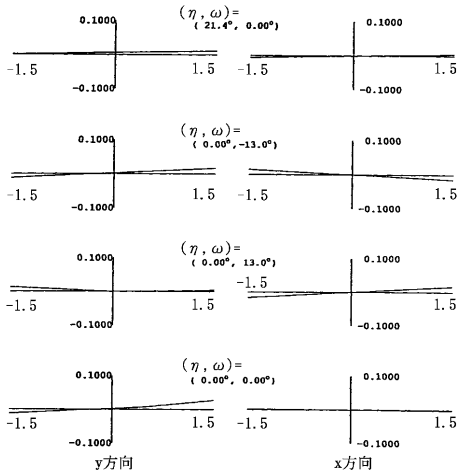

【図１０】



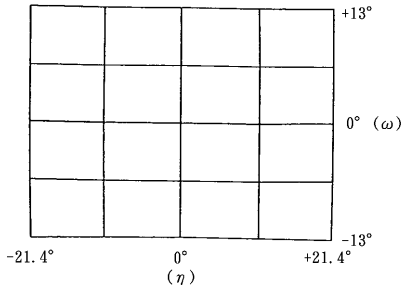

【図１２】



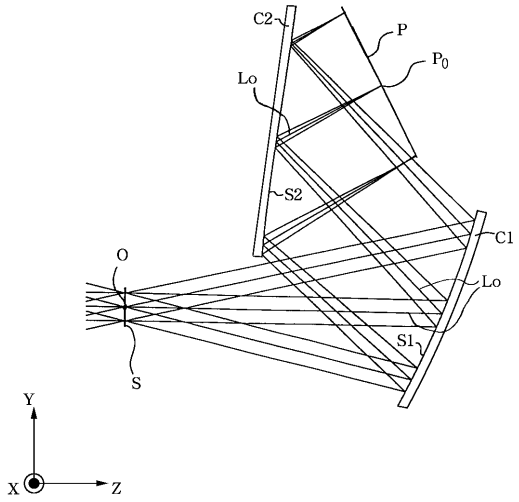

【図１３】



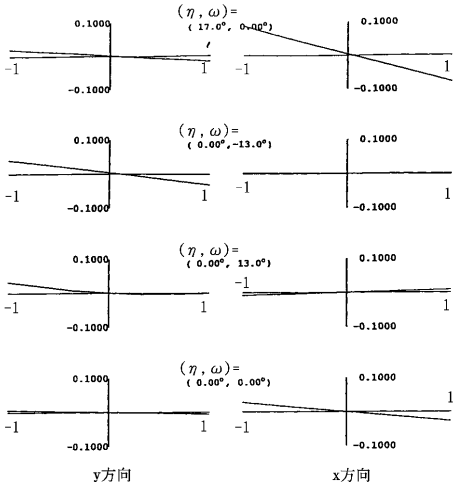
【図１４】



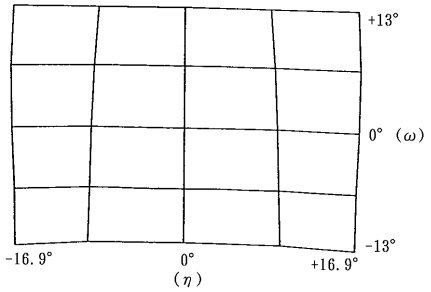

【図１５】



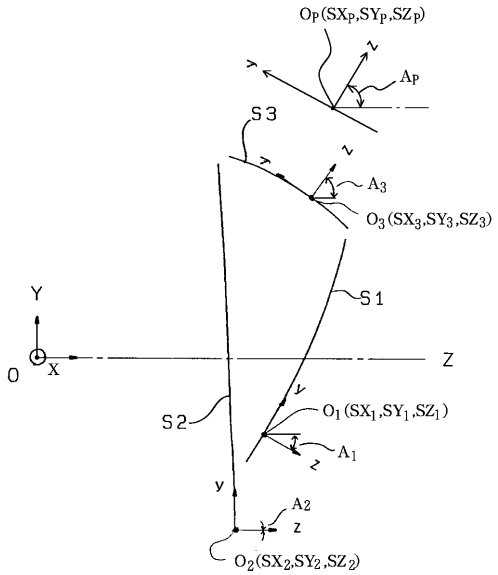

【図１６】



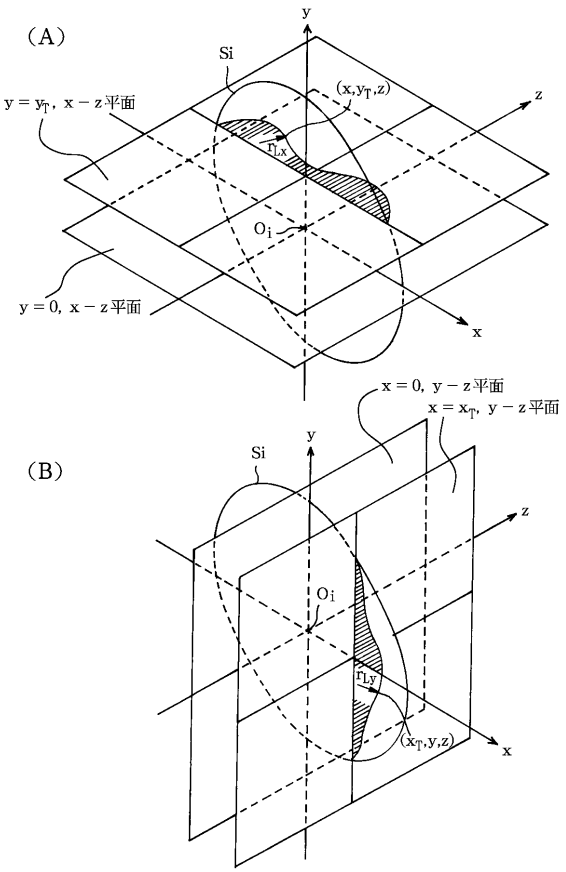

【図１７】




【図１８】




【図１９】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０６－０２７４０７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３２４２８３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 27/02
G02B 17/08
G02B 25/00