

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5506757号
(P5506757)

(45) 発行日 平成26年5月28日 (2014. 5. 28)

(24) 登録日 平成26年3月28日 (2014. 3. 28)

(51) Int. Cl.	F 1	
G 0 2 B 17/08 (2006. 01)	G O 2 B 17/08	A
G O 3 B 21/14 (2006. 01)	G O 3 B 21/14	Z
G O 3 B 21/00 (2006. 01)	G O 3 B 21/00	D
G O 2 B 13/18 (2006. 01)	G O 2 B 13/18	
G O 2 B 13/24 (2006. 01)	G O 2 B 13/24	

請求項の数 3 (全 42 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2011-215186 (P2011-215186)	(73) 特許権者	509189444
(22) 出願日	平成23年9月29日 (2011. 9. 29)		日立コンシューマエレクトロニクス株式会社
(62) 分割の表示	特願2006-166434 (P2006-166434) の分割		東京都千代田区大手町二丁目2番1号
原出願日	平成18年6月15日 (2006. 6. 15)	(74) 代理人	110000350
(65) 公開番号	特開2012-42969 (P2012-42969A)		ポレール特許業務法人
(43) 公開日	平成24年3月1日 (2012. 3. 1)	(72) 発明者	平田 浩二
審査請求日	平成23年9月29日 (2011. 9. 29)		神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 デジタルメディア事業部内
		(72) 発明者	久田 隆紀
			神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 ユビキタスプラットフォーム開発研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投写型映像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

映像表示素子と、当該映像表示素子に表示された映像を拡大して投写面に投写する投写光学ユニットとを備えた投写型映像表示装置であって、前記投写光学ユニットは、

前記映像表示素子に対して光の進行方向に配置され、回転対称な面形状を有する正のパワーを有する複数の屈折レンズから構成される前方レンズ群と；

前記前方レンズ群に対して光の進行方向に配置され、回転非対称の自由曲面の形状を有する複数のレンズと回転対称な面形状を有する負のパワーを有する屈折レンズとから構成される後方レンズ群と；

前記後方レンズ群からの出射光を、自由曲面を有する反射面により反射して投写面上に傾斜して投写する反射ミラーとを備え、

前記投写光学ユニットの画面中央光線が前記投写面に向かう経路上における、前記後方レンズ群の最終面から前記反射ミラー反射面に至るまでの光路長が、前記前方レンズ群の焦点距離の5倍又はそれ以上であることを特徴とする投写型映像表示装置。

【請求項2】

前記請求項1に記載の投写型映像表示装置において、前記後方レンズ群を前記前方レンズ群に対して光軸方向に移動させるロッドを備えることを特徴とする投写型映像表示装置。

【請求項3】

前記請求項2に記載の投写型映像表示装置において、前記ロッドは、当該投写型映像表

示装置の外部から操作可能となっていることを特徴とする投写型映像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、映像表示素子の画像を拡大してスクリーンなどの投写面上に投写して画像表示を行う投写型映像表示装置、特に、フロント投写型の映像表示装置に適した投写型映像表示装置、更には、そのための投写光学ユニットに関する。

【背景技術】

【0002】

映像表示素子の画像を、複数のレンズから構成される投写光学ユニットを介してスクリーン（投写面）上に拡大して投写するカラー映像表示装置においては、スクリーン上で十分な大きさの拡大映像を、歪みなく得ることが要求される。これを実現するため、例えば下記の特許文献1～2に記載されているように、投影画面を投影系の光軸に対して垂直方向にシフトすると共に、やはり投影系の光軸に対して所定の角度傾けて配置された付加光学系とを用いて、映像をスクリーンに対して斜め方向に拡大投影する投影装置又は光学系が既に知られている。なお、ここで言う付加光学系（アフォーカルコンバータ）とは、投影像の大きさを変換する作用を有する光学系であり、スクリーンに対する斜め方向からの投写に伴う投影像の歪を補正・低減して長方形の投影像を得るためのものである。

10

【0003】

また、上記のレンズ（透過系光学素子）に代えて複数の反射鏡（反射系光学素子）を用い、映像表示素子の画像をスクリーン（投写面）上に拡大して投写する反射型結像光学系は、例えば下記の特許文献3によって、既に、知られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平5-134213号公報

【特許文献2】特開2000-162544号公報

【特許文献3】特開2004-157560号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

即ち、映像をスクリーンに対して斜め方向から投写すると、投写映像には、所謂、台形歪みが生じる。これを解消するために、上記特許文献1に記載の投写光学ユニットでは、スクリーン側に配置された付加光学系（アフォーカルコンバータ）を偏心させて台形歪み抑える構成としている。しかしながら、かかる偏心付加光学系を構成するレンズは、倍率が低いため広角化が困難であり、そのため、必要な倍率の投影像を得るためには、投写装置からスクリーンまでの距離が大きくなってしまい、また、投影画面と投影系との間の距離も大きくなってしまい、そのため、装置全体が大きく（特に、光学ユニットの光軸方向の長さ）になってしまうという問題点がある。加えて、上述した偏心付加光学系を構成するレンズとしては、口径の大きな付加光学系が必要となるが、それに伴って、投写光学ユニットのコスト上昇の原因となってしまうことにもなる。

40

【0006】

また、上記特許文献2に記載の投写光学ユニットにおいても、上記特許文献1と同様、倍率が低いために広角化が困難であり、かつ、使用するレンズを個別に偏心させる必要があるため、その製造が難しく、加えて、やはり口径の大きな付加光学系が必要となり、投写光学ユニットのコスト上昇の原因となってしまう。

【0007】

一方、上記特許文献3に記載の反射型結像光学系においては、従来の透過型の結像光学系（レンズ系）に代えて反射光学系（反射鏡）を利用することにより、結像光学系の大型化を抑え且つ広画角化を図るものである。しかしながら、反射鏡での光の偏心（偏向）量

50

が大きなことから、特に、装置内において、その傾斜角度も含めて複数の反射鏡を正確な位置に配置することが難しく、また、振動によっても容易に反射鏡の傾斜角度等が変化してしまうことから、やはり、その製造が極めて難しいという問題点があった。

【0008】

そこで、本発明では、上記従来技術における問題点に鑑み、装置の外形が大きくなることなく広角化を可能とすると共に、その製造も比較的容易な投写型映像表示装置と、そのための投写光学ユニットとを提供することをその目的とする。即ち、口径の大きな付加光学系を必要とすることなく、かつ、台形歪みが生じず、投写形表示装置自体を、よりコンパクトな外形寸法とするのに好適な技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明によれば、上記の目的を達成するため、まず、映像表示素子と、当該映像表示素子に表示された映像を拡大して投写面に投写する投写光学ユニットとを備えた投写型映像表示装置であって、前記投写光学ユニットは、前記映像表示素子に隣接して配置され、かつ、複数の投写用レンズを含んで構成されるレンズ群と；前記レンズ群からの出射光を反射して前記投写面上に傾斜して投写する反射ミラーとを備えており、前記レンズ群は、前記映像表示素子と前記反射ミラーの間に配置され、回転非対称の自由曲面の形状を有する複数のレンズを備えており、かつ、前記レンズ群からの出射光を反射する前記反射ミラーは、その一部が反射方向に凸形状の回転非対称の凸面反射ミラーである投写型映像表示装置が提供される。

【0010】

また、本発明では、前記の投写型映像表示装置において、前記投写光学ユニットを構成する前記後方レンズ群を構成する回転非対称の自由曲面の形状を有する複数のレンズの一部は、前記投写面の下端部に入射する光線が通過する部分の曲率と、前記投写面上端部に入射する光線が通過する部分の曲率が異なるように形成することが好ましく、又は、前記投写光学ユニットを構成する前記後方レンズ群は、前記非対称レンズの他に、少なくとも一つの回転対称の球面レンズと、少なくとも一つの回転対称の非球面レンズを含むことが好ましい。或いは、前記投写光学ユニットを構成する前記凸面反射ミラーは、前記投写面の下端部に入射する光線を反射する部分の曲率が、前記スクリーンの上端に入射する光線を反射する部分の曲率よりも大きく形成されていることが好ましい。

【0011】

更に、本発明では、前記の投写型映像表示装置において、前記投写光学ユニットを構成する前記凸面反射ミラーは、前記スクリーンの下端に入射する光線を反射する部分はその反射方向に対し凸の形状を為し、前記スクリーンの上端に入射する光線を反射する部分はその反射方向に凹の形状を為すことが好ましく、又は、前記投写光学ユニットでは、画面中央光線と当該画面中央光線が入射する位置における前記投写面の法線とを含む平面内において、前記反射ミラーの反射面から前記投写面上端に入射する光線の経路の距離を L_1 、前記反射ミラーの反射面から前記投写面下端に入射する光線の経路の距離を L_2 、前記投写面での画面の上端から下端までの距離を D_v 、前記画面中央光線と前記投写面の法線との成す角度を s としたとき、次の式を満足するように形成されていることが好ましい。

$$|L_1 - L_2| < 1.2 * \sin s * D_v$$

また、本発明では、前記の投写型映像表示装置において、前記投写光学ユニットを構成する前記レンズ群のほぼ光軸上に配置された前記映像表示素子の表示面中央の法線を、前記レンズ群の光学系の光軸に対して傾けることが好ましい。

【0012】

また、本発明では、前記の投写型映像表示装置において、前記投写光学ユニットを構成する前記レンズ群は、回転対称な面形状を有する正のパワーを有する複数の屈折レンズを含む前方レンズ群と、前記回転非対称の自由曲面の形状を有する複数のレンズを含む後方レンズ群とを備えていることが好ましく、更には、前記投写光学ユニットの画面中央光線

10

20

30

40

50

が前記投写面に向かう経路上における、前記レンズ群の最終面から前記反射ミラー反射面に至るまでの光路長が、前記レンズ群の前記前方レンズ群の焦点距離の5倍又はそれ以上であることが好ましい。或いは、前記後方レンズ群は、更に、回転対称な面形状を有する負のパワーを有する屈折レンズを含んでおり、かつ、前記後方レンズ群は、前記前方レンズ群に対して、光軸方向に移動可能になっていることが好ましい。

【0013】

更に、本発明では、前記の投写型映像表示装置において、更に、前記後方レンズ群を光軸方向に移動する手段を備えることが好ましく、又は、前記後方レンズ群移動手段は、当該装置の外部から操作可能となっていることが好ましい。或いは、前記投写光学ユニットは、更に、前記回転非対称の凸面反射ミラーからの反射光を反射する平面ミラーを備えていることが好ましく、又は、前記の投写型映像表示装置において、更に、当該装置の筐体底面には、当該装置からの出射光の進行角度を調整するための位置決め機構を備えていることが好ましい。

10

【0014】

また、本発明によれば、やはり上述の目的を達成するため、映像表示素子に隣接して配置され、かつ、複数の投写用レンズを含んで構成されるレンズ群と、前記レンズ群からの出射光を反射して前記投写面上に傾斜して投写する反射ミラーとを備えた投写光学ユニットであって、前記反射ミラーの中心から前記投写面までの距離 (L_p) に対する当該投写面の対角寸法 (L_o) との間の比 (L_o / L_p) が、少なくとも2以上である投写光学ユニットが提供される。

20

【0015】

そして、本発明では、映像表示素子と、当該映像表示素子に表示された映像を拡大して投写面に投写する投写光学ユニットとを備えた投写型映像表示装置であって、前記投写光学ユニットとして前記に記載した投写光学ユニットを用いた投写型映像表示装置が提供される。

【発明の効果】

【0016】

以上の本発明によれば、口径の大きな付加光学系を必要とすることなく、広角角化を可能とすると共に、投写面（スクリーン）までの位置が変更しても歪みや収差を最小限に抑えることが可能であり、性能が良好で、かつ、便利で使い勝手にも優れた投写型映像表示装置装置を実現することを可能とするという優れた効果を発揮する。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施の形態になる投写型映像表示装置装置の全体構成を示す斜視図である。

【図2】上記投写型映像表示装置装置の投写光学ユニットの基本構成を示す断面図である。

【図3】上記光学ユニットのレンズ配置の一例を示す斜視図である。

【図4】上記光学ユニットのレンズ面を説明するための垂直方向及び水平方向の断面図である。

40

【図5】本発明の他の実施形態になる投写型映像表示装置装置の全体構成を示す斜視図である。

【図6】上記他の実施形態になる投写型映像表示装置装置における光学ユニットのレンズ配置の一例を示す斜視図である。

【図7】上記光学ユニットのレンズ面を説明するための垂直方向の断面図である。

【図8】上記本発明の投写型映像表示装置装置における光路を示すYZ断面図である。

【図9】上記本発明の投写型映像表示装置装置における光路を示すXZ断面図である。

【図10】本発明の実施例1になる光学ユニットの歪性能を示す図である。

【図11】本発明の実施例1になる光学ユニットのスポット性能を示す図である。

【図12】本発明の実施例2になる光学ユニットの歪性能を示す図である。

50

【図 1 3】本発明の実施例 2 になる光学ユニットのスポット性能を示す図である。

【図 1 4】本発明の実施例 3 になる光学ユニットの歪性能を示す図である。

【図 1 5】本発明の実施例 3 になる光学ユニットのスポット性能を示す図である。

【図 1 6】本発明の実施例 4 になる光学ユニットの歪性能を示す図である。

【図 1 7】本発明の実施例 4 になる光学ユニットのスポット性能を示す図である。

【図 1 8】上記の投写光学ユニットを投写型映像表示装置に適用してスクリーン上に画像を拡大投射した状態を示す図である。

【図 1 9】上記の投写光学ユニットを適用した投写型映像表示装置において、投写距離変化させた場合の状態を示す図である。

【図 2 0】上記の投写光学ユニットを適用した投写型映像表示装置において、投写距離変化させた場合の歪性能とスポット性能を示す図である。

10

【図 2 1】上記の投写光学ユニットを適用した投写型映像表示装置において、投写距離変化させた場合の歪性能とスポット性能を示す図である。

【図 2 2】上記の投写光学ユニットにおいて後方レンズ群を移動させた状態を示す図である。

【図 2 3】上記投写型映像表示装置において、投写光学ユニットにおける後方レンズ群を移動させるための構造の一例を示す、一部断面を含む斜視図である。

【図 2 4】上記の投写光学ユニットにおけるレンズ面を説明するための水平方向の断面図である。

【図 2 5】上記の投写光学ユニットにおいて後方レンズ群を移動させた場合における歪性能を示す図である。

20

【図 2 6】上記の投写光学ユニットにおいて後方レンズ群を移動させた場合におけるスポット性能を示す図である。

【図 2 7】本発明の更に他の実施形態になる投写型映像表示装置装置の全体構成を示す斜視図である。

【図 2 8】上記更に他の実施形態になる投写型映像表示装置装置における投写光学ユニットの基本構成を示す断面図である。

【図 2 9】本発明の投写型映像表示装置装置の一部に取り付けられた位置決め機構の構造と使用方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0018】

以下、本発明の実施形態について、添付の図面を参照しながら詳細に説明する。

【0019】

まず、添付の図 1 は、本発明の一実施の形態になる投写型映像表示装置の全体構成を示す斜視図である。即ち、この図において、投写型映像表示装置 100 を構成する略箱型の筐体 110 の内部には、例えば、外部のパーソナルコンピュータから入力される画像又は映像を表示する画像表示素子 1 と、高輝度の白色光を発生するランプなどの光源 8 とを備えており、更に、その構造については以下に詳細に説明するが、当該光源 8 から照射されて画像表示素子 1 で変調された光を拡大して照射するための投写光学ユニットが搭載されている。そして、この投写型映像表示装置を室内で使用する場合、当該投写光学ユニットから出射した光は、図に矢印で示すように、その筐体 110 の一方向（図では、長手方向）に対向して位置する部屋の壁面やシート状のスクリーン等、所謂、スクリーン 5 上に投写されることとなる。

40

【0020】

次に、添付の図 2 の断面図を参照しながら、上記投写型映像表示装置を構成する投写光学ユニットの基本的な光学構成について説明する。なお、この図 2 の断面は、上記図 1 の右下方向（図の白抜きの矢印を参照）から見た断面を示しており、この図 2 に示した X Y Z 直交座標系（図中に矢印で示す）における Y Z 断面に相当する。

【0021】

この図 2 にも示すように、本発明になる投写光学ユニットは、光源 8 からの光を入射し

50

て所望の映像を射出する画像表示素子1とプリズム10、前方レンズ群2と後方レンズ群3とを含む2つのレンズ群から構成される透過(レンズ)光学系、そして、回転対称でない(即ち、非回転対称)の自由曲面形状の反射面を有する反射鏡(以下、自由曲面ミラーと言う)4を含む反射光学系とによって構成される。

【0022】

ここでは、上記画像表示素子1として、例えば、液晶パネルに代表される透過型のものを採用した例を示しているが、本発明では、これに限らず、例えば、CRTのような自発光型のものでもよい。また、上記画像表示素子1として、例えば上述した液晶パネルなどの透過型のものを採用する場合には、液晶パネルを照射する光源8となるランプが必要となる。また、当該液晶パネルとして、所謂、3板式のように、R、G、Bの複数の画像を合成する方式でもよく、その場合には、映像合成用のプリズム等が必要となる。しかしながら、これら液晶パネルの詳細やこれを照射する光源8となるランプ等については、後に説明することとし、ここでは直接的に関係しないため、その図示は省略している。一方、CRTのような自発光型のものでは、上記光源8を必要としないことは明らかであろう。

【0023】

以上のような構成になる本発明の投写光学ユニットでは、上記画像表示素子1からプリズム10を介して射出した光は、まず、レンズ光学系を構成する前方レンズ群2に入射される。なお、後にもその詳細を説明するが、この前方レンズ群2は、回転対称な面形状を有する、正のパワー及び負のパワーを有する複数の屈折レンズを含んで構成されている。その後、この前方レンズ群2から射出した光は、少なくとも一方の面が回転対称でない(回転非対称の)自由曲面の形状を有する複数の(本例では2枚)のレンズを含めた複数のレンズから構成される後方レンズ群3を通過する。そして、この後方レンズ群3から射出した光は、更に、回転対称でない自由曲面形状の反射面を有する反射鏡(以下、自由曲面ミラーと言う)4を含む反射光学系で拡大反射された後、所定のスクリーン5(例えば、部屋の壁面やシート状のスクリーン等)上に投写されることとなる。

【0024】

なお、本実施の形態では、上記図2からも明らかなように、従来技術(特に、上述の特許文献1や2)のように投影画面(表示素子)を投影系の光軸に対して垂直方向にシフトし、更には、投影系の光軸に対して所定の角度傾けて付加光学系を配置する光学系とは異なり、上記画像表示素子1は、その表示画面の中央がレンズ光学系のほぼ光軸上に位置するように配置されている(即ち、共軸光学系を形成している)。従って、上記画像表示素子1の表示画面の中央から出てレンズ光学系の入射瞳の中央を通過してスクリーン5上の画面中央に向かう光線11は、ほぼ、レンズ光学系(上記前方レンズ群2と後方レンズ群3を含む)の光軸に沿って進む(以下、これを「画面中央光線」という)。その後、この画面中央光線11は、上記反射光学系(自由曲面ミラーを含む)の自由曲面形状を有する反射面4上の点P2で反射された後、スクリーン5上の画面中央の点P5に、スクリーンの法線7に対して下方から斜めに入射する。この角度を以下、「斜め入射角度」と称し、 s で表わすこととする。このことは、即ち、前記レンズ光学系の光軸に沿って通過した光線がスクリーンに対して斜めに入射していることで、実質的にレンズ光学系の光軸がスクリーンに対して斜めに設けられている(斜め入射系となる)ことを意味することとなる。

【0025】

なお、上述したように、スクリーンに対して光線を斜めに入射すると、上記画像表示素子1から投写された長方形の形状が台形になる、所謂、台形歪を含め、その他にも、光軸に対して回転対称でないことによる種々の収差が生じることとなるが、しかしながら、本発明では、これらを前記レンズ光学系を構成する後方レンズ群3と、そして、前記反射光学系の反射面とで補正するものである。

【0026】

特に、上記画像表示素子1から投写された光線を、前記反射光学系を構成する反射鏡4の反射面で拡大反射してスクリーン5上に斜めに入射することによれば、レンズにより得られる光の偏心量(偏向角)に比較し、より大きな偏心量(偏向角)が得られ、また、収

10

20

30

40

50

差も生じ難いことから、装置の大型化を抑え、且つ、広画角化を図ることが可能となる。即ち、上記前方レンズ群 2 と後方レンズ群 3 を含むレンズ光学系を、上述した従来技術（特に、上述の特許文献 1 や 2 ）の付加光学系（アフォーカルコンバータ）を偏心させて台形歪み抑える構成に比較して、より口径の小さな光学系として構成することが可能となる。

【 0 0 2 7 】

また、上記反射光学系を構成する反射鏡 4 の反射面に入射する光を、上述したように、前記レンズ光学系により所定の大きさまで拡大して投射することから、従来の反射鏡だけで拡大投射系を構成する構造（例えば、上述した特許文献 3 ）に比較しても、その製造が容易となる。即ち、レンズ光学系を反射光学系とは個別に製造し、その後、装置筐体内において、これら両者の位置を固定調整する構成とすることにより、特に、量産に適したものとなる。また、上記のように、台形歪等を補正するための後方レンズ群 3 を、前記前方レンズ群 2 の前方に配置する構成によれば、この後方レンズ群 3 と前方レンズ群 2 との間隔を小さくして配置することが可能となることから、当該投写光学ユニットを搭載する装置を全体的にコンパクトとすることができ、特に、スクリーンの下部での高さを小さく出来るといふ好適な効果が得られる。

【 0 0 2 8 】

このように、自由曲面形状を有する透過型のレンズ光学系と、自由曲面形状を有する反射光学系とを組み合わせることによれば、特に、フロント投写型の映像表示装置に適した場合、フロント投写型で強く要求される広画角化を、确实かつ比較的容易に、かつ、装置全体を小さくしたコンパクトな投写型映像表示装置として実現することが可能となる。

【 0 0 2 9 】

次に、添付の図 3 及び図 4 には、上記投写型映像表示装置を構成する投写光学ユニットのレンズ光学系及び反射光学系を含む光学素子の詳細が示されている。即ち、図 3 は上記投写光学ユニットの斜視図であり、図 4 はその垂直方向断面（図 4（a））及びその水平方向断面（図 4（b））をそれぞれ示している。

【 0 0 3 0 】

これらの図にも示されるように、レンズ光学系では、映像表示素子 1 からプリズム 1 0 を介して出射される映像は、まず、回転対称形状を有する複数のレンズを含む前方レンズ群 2 に入射される。上述したように、前方レンズ群 2 は、回転対称の球面レンズと非球面レンズとを含んでいる。又は、添付の図 5 や図 6 に示すように、前方レンズ群 2 と後方レンズ群 3 の途中に折り曲げミラー 3 5 を配置して光線を直角に折り曲げる構成としてもよい。

【 0 0 3 1 】

また、後方レンズ群 3 は、少なくとも 2 つの自由曲面レンズにより構成されている。これらの図にも示すように、反射鏡 4 の反射面 S 2 2 に最も近い自由曲面レンズ 3 1 は、その光の射出方向に凹部を向けており、かつ、前記スクリーンの下端に入射する光線が通過する部分の曲率が、前記スクリーンの上端に入射する光線が通過する部分の曲率よりも大きく設定されている。即ち、自由曲面レンズとは、その光の射出方向に凹部を向けて湾曲されており、かつ、スクリーンの下端に入射する光線が通過する部分の曲率が、前記スクリーンの上端に入射する光線が通過する部分の曲率よりも大きい形状を有するものとする。

【 0 0 3 2 】

また、本実施形態では、次の条件を満たすように構成されている。即ち、上記の図 2 に示す断面内において、上記画像表示素子 1 の画面下端から射出されて前方レンズ群 2 の入射瞳の中央を通り、スクリーン 5 の画面上端の点 P 6 に入射する光線を光線 1 2 とする。この光線 1 2 が自由曲面ミラー 4 を通過する点 P 3 からスクリーン上の点 P 6 にまで至る光路長を L 1 とする。また、上記画像表示素子 1 の画面上端から射出されて前方レンズ群 2 の入射瞳の中央を通り、スクリーン 5 の画面下端の点 P 4 に入射する光線を光線 1 3 とする。この光線 1 3 が自由曲面ミラー 4 を通過する点 P 1 からスクリーン上の点 P 4 にま

10

20

30

40

50

で至る光路長を L_2 とする。そして、上述した投写光学ユニットでは、上記 L_1 、 L_2 が次の式を満足するように構成されている。

【0033】

【数1】

【数1】

$$|L_1 - L_2| < 1.2 * \sin \theta_s * D_v$$

但し、ここで、 D_v は図2の断面内でのスクリーン上の画面の大きさであり、言い換えると、スクリーン上の画面上端の点 P_6 から画面下端の点 P_4 までの距離である。また、 s は上記斜め入射角度である。

10

【0034】

一方、前記画像表示素子1は、その表示画面の中央を前記レンズ光学系の光軸上に位置するように配置されているが、或いは、添付の図7にも示すように、当該表示画面の法線は前記レンズ光学系の光軸に対して僅かに傾けて配置することが望ましいであろう。

【0035】

なお、上記の図2を見ると、前述したように、点 P_3 から点 P_6 に到る光路長は、点 P_1 から点 P_4 に到る光路長よりも長くなっている。これは、レンズ光学系から見て、スクリーン上の像点 P_6 が像点 P_4 よりも遠くにあることを意味している。そこで、スクリーン上の像点 P_6 に対応する物点（表示画面上の点）がよりレンズ光学系に近い点に、また、像点 P_4 に対応する物点がよりレンズ光学系から遠い点にあれば、像面の傾きを補正できる。そのためには、上記図7にも示すように、前記画像表示素子1の表示画面中央の法線ベクトルを、スクリーン5の法線と画面中央光線を含む平面内において、レンズ光学系の光軸に対して僅かに傾けるようにすることが好ましい。そして、その傾斜の方向は、スクリーン5が位置する方向と反対方向とすることが好ましい。

20

【0036】

なお、光軸に対して傾いた像平面を得るのに物平面を傾ける方法は知られているが、実用的な大きさの画角では、物平面の傾きによる像面は、光軸に対して非対称な変形を生じ、回転対称な投写レンズでは補正が困難であった。本実施形態では、上記の後方レンズ群3において、回転非対称の自由曲面レンズ31を、更には、やはり自由曲面レンズ32を用いているため、非対称な像面の変形に対応することができる。このため、物平面を傾けること、すなわち映像表示素子の表示面を傾けることで、低次の像面の歪を大きく低減できることから、自由曲面による収差補正を補助する上で効果的である。

30

【0037】

次に、上記した各光学要素の作用については、前記レンズ光学系ではその前方レンズ群2（レンズ21～25）が、前記画像表示素子1の表示画面をスクリーン5上に投写するための主レンズを構成しており、回転対称な光学系における基本的な収差を補正する。また、前記レンズ光学系の後方レンズ群3（レンズ31～34）は回転対称でない（回転非対称）自由曲面形状を有するレンズで構成されている。更に、前記反射光学系4は、回転対称でない自由曲面形状を有する反射面で構成されるため、主として、斜め入射によって生じる収差の補正を行う。このように、前記反射光学系をなすミラー4が主として台形歪を補正し、他方、レンズ光学系の後方レンズ系群3が主として像面の歪みなどの非対称な収差の補正を行う構成となっている。

40

【0038】

以上のように、本発明の実施形態では、前記反射光学系は回転対称でない自由曲面形状を有する1枚の反射面（ミラー）4で構成され、前記レンズ光学系の後方レンズ群3は、両面共に回転非対称な自由曲面形状を有する2枚の透過型レンズを（反射ミラー4側のレンズ31及び32）含んで構成されている。なお、ここで、自由曲面ミラー4は、その反射方向に凸部を向けるように湾曲されている。そして、自由曲面ミラー4のスクリーンの下端に入射する光線を反射する部分の曲率は、前記スクリーンの上端に入射する光線を反

50

射する部分の曲率よりも大きく設定されている。また、スクリーンの下端に入射する光線を反射する部分とその反射方向に対し凸形状を為し、他方、前記スクリーンの上端に入射する光線を反射する部分とその反射方向に凹形状を為すようにしてもよい。

【0039】

反射光学系の反射面（ミラー）4における座標原点と、前方レンズ群2のうち最も反射面（ミラー）4に近いレンズ面との間の光軸方向での距離は、前方レンズ群2の焦点距離の5倍、又は、それ以上に設定することが望ましい。これによれば、反射光学系の自由曲面形状を有する反射面により、台形歪収差をより効果的に補正し、もって、良好な性能を得ることができる。

【0040】

以下、本発明の具体的な数値実施例について説明する。

【実施例1】

【0041】

まず、添付の図8及び図9、更には、以下の表1～表4を用いて、上記に説明した本実施例になる投写光学ユニットの詳細を、特に、そのレンズ光学系及び反射光学系を含む光学素子の具体的な数値を示しながら説明する。なお、これらの図は、第1の数値例に基づく本発明に係る光学系の光線図を示している。即ち、図8は、前述した図2のXYZ直交座標系におけるYZ断面、即ち、光学系をZ軸方向に展開して示している。また、図9はXZ断面での構成を示している。なお、図9では、その詳細構造を添付の図5及び図6に示すように、レンズ光学系を構成するレンズ光学系の前方レンズ群2と後方レンズ群3との途中に折り曲げミラー35を設置し、もって、光路をX軸方向に一度折り曲げている例を示している。

【0042】

本例において、図4の下側に表示した映像表示素子1から射出した光は、複数のレンズを含むレンズ光学系のうち、まず回転対称形状の面のみを有するレンズのみで構成される前方レンズ群2を通過する。そして、回転非対称の自由曲面レンズを含む後方レンズ群3を通り、反射光学系である自由曲面ミラー4の反射面で反射される。その反射光は、その後スクリーン5に入射される。

【0043】

ここで、レンズ光学系の前方レンズ群2は、全て、回転対称な形状の屈折面を持つ複数のレンズにより構成されており、これらレンズの屈折面のうち4つは回転対称な非球面であり、他は球面である。なお、ここに用いられた回転対称な非球面は、各面毎のローカルな円筒座標系を用いて、次の式で表される。

【0044】

【数2】

【数2】

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + A \cdot r^4 + B \cdot r^6 + C \cdot r^8 + D \cdot r^{10} + E \cdot r^{12} + F \cdot r^{14} + G \cdot r^{16} + H \cdot r^{18} + J \cdot r^{20}$$

ここで、「r」は光軸からの距離であり、「Z」はサグ量を表している。また、「c」は頂点での曲率、「k」は円錐定数、「A」から「J」は上記「r」のべき乗の項の係数である。

【0045】

一方、前記レンズ光学系の後方レンズ群3を構成する自由曲面は、各面の面頂点を原点とするローカルな直交座標系(x、y、z)を用い、X、Yの多項式を含む次の式で表わされる。

【0046】

10

20

30

40

【数3】

【数3】

$$Z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_m \sum_n (C(m,n) \cdot x^m \cdot y^n)$$

ここで、「Z」はX、Y軸に垂直な方向で自由曲面の形状のサグ量を表わしており、「c」は頂点での曲率、「r」はX、Y軸の平面内での原点からの距離、「k」は円錐定数、「C(m、n)」は多項式の係数である。

10

【0047】

次に、以下の表1は、本実施例に係る光学系の数値データを示している。この表1において、S0～S23は、上記図4に示された符号S0～S23にそれぞれ対応している。ここで、符号S0は映像表示素子11の表示面、すなわち物面を示しており、S23は自由曲面ミラー5の反射面を示している。また、符号S24は、これらの図では示されていないが、上記図1のスクリーン5の入射面、すなわち、像面を示している。

【0048】

【表1】

【表1】

20

Surface	Rd	TH	nd	νd
S0	Infinity	10.00		
S1	Infinity	31.34	1.51827	48.0
S2	Infinity	7.06		
S3	246.358	4.65	1.85306	17.2
S4	-84.858	18.00		
S5 *	-83.708	9.00	1.49245	42.9
S6 *	-75.314	0.10		
S7	41.651	9.32	1.49811	60.9
S8	-42.282	2.50	1.76014	20.0
S9	29.550	0.10		
S10	29.476	9.00	1.49811	60.9
S11	-79.153	25.90		
S12	Infinity	9.10		
S13	-265.353	6.00	1.85306	17.2
S14	-53.869	65.00		
S15	-24.898	4.19	1.74702	33.2
S16	-58.225	9.00		
S17 *	-27.332	10.00	1.49245	42.9
S18 *	-32.424	2.50		
S19 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S20 #	Infinity	20.51		
S21 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S22 #	Infinity	160.99		
S23 #	Infinity	-705.00	REFL	

30

40

また、上記表1において、「Rd」は各面の曲率半径であり、上記図3において面の左側に曲率の中心がある場合は正の値で、逆の場合は負の値で表わしている。また、上記表1において、「TH」は面間距離であり、そのレンズ面の頂点から次のレンズ面の頂点までの距離を示す。そのレンズ面に対して、次のレンズ面が図の中で左側にある時には面間

50

距離は正の値、右側にある場合は負の値で表している。

【 0 0 4 9 】

更に、上記表 1 において、S 5、S 6、S 1 7、S 1 8 は回転対称な非球面であり、この表 1 では面の番号の横に「*」を付けて分かり易く表示しており、これら 4 つ面の非球面の係数を以下の表 2 に示している。

【 0 0 5 0 】

【表 2】

【表 2】

Surface	非球面係数							
S5	K	-11.7678542	C	-1.159E-11	F	2.98642E-20	J	-1.255E-26
	A	-2.7881E-06	D	-3.2834E-14	G	1.05201E-21		
	B	9.67791E-09	E	1.09359E-16	H	1.96001E-24		
S6	K	-5.4064901	C	2.0324E-12	F	3.0211E-19	J	-1.4982E-26
	A	6.14967E-07	D	-2.2078E-14	G	4.30049E-22		
	B	4.60362E-09	E	-8.0538E-17	H	4.79618E-24		
S17	K	1.016429122	C	-9.0262E-11	F	-1.0521E-18	J	-6.0837E-26
	A	-1.1068E-05	D	-1.3984E-13	G	-8.1239E-23		
	B	7.21301E-08	E	3.1153E-16	H	3.86174E-23		
S18	K	0.742867686	C	-2.2719E-11	F	1.09398E-19	J	9.02232E-29
	A	1.51788E-07	D	-4.6853E-14	G	1.62146E-22		
	B	2.10472E-08	E	2.9666E-17	H	-3.0801E-25		

10

20

また、上記表 1 において S 1 9 から S 2 2 は前記レンズ光学系の後方レンズ群を構成する自由曲面形状を有する屈折面であり、S 2 3 は反射光学系の自由曲面 S 2 3 形状を有する反射面であって、面の番号の横に # を付けて表示した。これら 5 つの自由曲面の形状を表す係数の値を以下の表 3 に示す。

【 0 0 5 1 】

【表 3】

【表 3】

Surface	自由曲面係数							
S19			C17	5.38933E-07	C34	-1.2381E-09	C51	-7.4126E-14
	K	0	C19	8.33432E-07	C36	1.13944E-09	C53	2.05074E-12
	C4	0.013500584	C21	-4.6367E-08	C37	3.87771E-12	C55	-9.2166E-13
	C6	0.003493312	C22	-6.2643E-09	C39	1.04779E-11	C56	-2.5867E-15
	C8	-0.00083921	C24	-2.2449E-08	C41	1.80038E-11	C58	-8.7122E-15
	C10	-0.00032098	C26	-5.6706E-08	C43	5.23019E-11	C60	2.85321E-14
	C11	8.59459E-06	C28	9.69952E-10	C45	1.69253E-11	C62	-8.5084E-14
	C13	2.14814E-06	C30	-1.1968E-10	C47	-2.7E-14	C64	1.25198E-13
	C15	7.54355E-06	C32	-1.3638E-09	C49	7.30978E-13	C66	-5.6277E-14
S20			C17	7.49262E-07	C34	-5.7462E-10	C51	-3.6141E-13
	K	0	C19	1.19039E-06	C36	1.27396E-09	C53	8.54188E-14
	C4	0.015488689	C21	-1.2953E-07	C37	-4.7746E-12	C55	-5.3469E-13
	C6	0.006553414	C22	5.115E-10	C39	7.32855E-12	C56	8.92545E-17
	C8	-0.00116756	C24	-2.1936E-08	C41	5.30157E-11	C58	-5.3434E-15
	C10	-0.00033579	C26	-5.9543E-08	C43	5.05014E-11	C60	1.96533E-14
	C11	7.5015E-06	C28	2.03972E-08	C45	-2.1894E-11	C62	-1.3923E-13
	C13	-2.5728E-06	C30	1.16701E-11	C47	-1.2515E-13	C64	1.06322E-13
	C15	-1.3543E-06	C32	-1.6198E-09	C49	7.64489E-13	C66	-4.6602E-15
S21			C17	-1.0379E-07	C34	2.81743E-10	C51	-8.1775E-15
	K	0	C19	3.0082E-08	C36	6.05663E-10	C53	3.06022E-14
	C4	0.015096874	C21	7.95521E-08	C37	8.39381E-13	C55	-9.1775E-13
	C6	0.009982808	C22	-1.3911E-09	C39	4.98531E-12	C56	-7.8543E-17
	C8	0.000358347	C24	9.33292E-10	C41	1.37477E-11	C58	-8.9588E-16
	C10	0.000209267	C26	3.54468E-09	C43	-1.0671E-11	C60	-6.0768E-15
	C11	-3.8593E-07	C28	4.1615E-09	C45	9.04109E-12	C62	-1.9528E-14
	C13	-6.8336E-06	C30	-1.2331E-11	C47	2.48401E-14	C64	2.6781E-14
	C15	-2.2455E-05	C32	-2.3367E-10	C49	6.92603E-14	C66	-1.4324E-14
S22			C17	-3.6973E-07	C34	4.8045E-10	C51	-2.9795E-13
	K	0	C19	-3.0682E-07	C36	1.43328E-10	C53	-2.5306E-14
	C4	0.022813527	C21	4.12093E-08	C37	-2.0707E-12	C55	-3.9401E-13
	C6	0.012060543	C22	4.07969E-09	C39	-4.9221E-12	C56	6.88651E-16
	C8	0.000638931	C24	8.5986E-09	C41	-2.3681E-12	C58	1.55006E-15
	C10	0.000196027	C26	2.1713E-08	C43	-2.1567E-11	C60	-1.4674E-15
	C11	-7.1204E-06	C28	1.63499E-08	C45	-2.3679E-12	C62	-9.9822E-15
	C13	-1.269E-05	C30	1.38704E-10	C47	-5.7167E-15	C64	2.72925E-14
	C15	-2.5184E-05	C32	2.02372E-10	C49	-9.0337E-14	C66	-1.1966E-14
S23			C17	-1.1083E-09	C34	-4.9118E-14	C51	-5.4918E-19
	K	0	C19	-5.7768E-10	C36	8.12546E-14	C53	-2.2569E-18
	C4	0.001597194	C21	1.60076E-10	C37	-7.486E-17	C55	-3.5657E-18
	C6	0.001324181	C22	1.91534E-12	C39	6.80626E-16	C56	1.09883E-21
	C8	1.37885E-05	C24	-1.0665E-11	C41	-5.1295E-17	C58	-2.1535E-20
	C10	1.34349E-05	C26	-8.6063E-12	C43	-3.6526E-16	C60	2.01763E-20
	C11	-4.8064E-08	C28	-1.1125E-12	C45	1.46399E-15	C62	-1.2016E-20
	C13	5.24071E-08	C30	6.24714E-14	C47	-2.1563E-18	C64	3.21408E-21
	C15	9.53861E-08	C32	-3.4381E-14	C49	2.86073E-18	C66	-1.4922E-19

また、本発明では、上記の図 7 に示すように、画像表示素子 1 の表示画面である物面を、前記レンズ光学系の光軸に対して - 1 . 1 6 3 度傾けている。なお、傾斜の方向は、この図 7 の断面内で物面の法線が時計回りに回転する方向を正の値で表わすことにする。従って、本実施例では物面を図 7 の断面内で、前記レンズ光学系の光軸に垂直な位置から反時計回り方向に 1 . 1 6 3 度傾けていることになる。

【 0 0 5 2 】

また、上記の図 3 又は図 7 中の符号 S 2 3 で示す自由曲面ミラー 4 は、そのローカル座

10

20

30

40

50

標の原点を前記レンズ光学系の光軸上に置き、ローカル座標の原点での法線、すなわち、Z軸を、前記レンズ光学系の光軸と平行な位置から約+29度だけ傾斜して配置している。なお、この傾きの方向は、前記物面と同様に、上記図3又は図7の断面内で反時計回りに回転する方向を正とし、従って、反時計回りに傾いていることになる。これによって、画像表示素子1の画面中央から出て、ほぼ、前記レンズ光学系の光軸に沿って進んできた画面中央光線は、S23で反射後、前記レンズ光学系の光軸に対して前記傾き角度の2倍の58度だけ傾いた方向に進む(図の矢印を参照)。

【0053】

更に、本実施例における、各面のローカル座標系の傾き又は偏心の様子を以下の表4に示す。この表4において、面番号の右側に傾き角度、偏心の値を示しており、「ADE」は図4の断面と平行な面内での傾きの大きさであり、その表示規則は上に示した通りである。また、「YDE」は偏心の大きさであり、偏心は上記図4の断面と平行な面内であつ光軸に垂直な方向で設定され、上記図4の断面において下側への偏心を正とする。なお、以降に説明する実施例においても、光学要素の傾きや偏心は、表示した断面に平行な断面内での方向で設定される。

10

【0054】

【表4】

【表4】

Surface	ADE(°)	YDE(mm)
S0	-1.163	0.0
S23	29.000	0.0

20

なお、上記の表1、表3を見ると、本実施例では、曲率「c」とコーニック係数「k」が零(0)となっていることがわかる。即ち、斜め入射による台形歪は、斜め入射の方向に極端に大きく発生し、これと垂直な方向での歪量は小さい。従って、斜め入射の方向とこれに垂直な方向とは、大幅に異なる機能が必要であり、回転対称で全方向に機能する上記曲率「c」やコーニック係数「k」を利用しないことにより、非対称な収差を良好に補正することが可能となる。

【0055】

また、上記表4において、面S23の「ADE」は、上記図2に示す mと同じであり、スクリーン5の面上での「ADE」は、上記図2に示すように、 sである。これらの両者の値から、前記条件を満足しており、従って、スクリーンの下部の高さをより小さくして、コンパクトな光学系を実現している。

30

【0056】

また、上記の式1に示す光路長の差 |L1 - L2| の値は、スクリーンの画面の高さの0.42倍であり、 sが30度であることから、上記数1の条件を満足している。上記表1~表4の数値は、物面(例えば、比率16:9の液晶パネル)上の範囲(12.16 x 6.84 mm)の映像を像面(60" + over-scan: 1452.8 x 817.2 mm)上に拡大して投写する場合の一例である。そのときの図形歪を、添付の図10に示す。この図10の縦方向は、上記図8の上下方向であり、上記図2におけるY軸の方向である。また、この図10の横方向はスクリーン上でY軸の垂直な方向であり(上記図9の縦方向)、図の長方形における中央部が画面の中央である。なお、この図10は、画面の縦方向を4分割、横方向を8分割して表示した場合における、各直線の曲がりの状態を表示し、もって、図形歪の様子を示している。

40

【0057】

更に、スポットダイアグラムを添付の図11に示す。この図11では、映像表示素子5の表示画面上、即ち、X、Y座標の値で、(8, 4.5)、(0, 4.5)、(4.8, 2.7)、(8, 0)、(0, 0)、(4.8, -2.7)、(8, -4.5)、(0, -4.5)の8点から射出した光束のスポットダイアグラムを上から順に(図では、丸で囲んだ(1)~(8)の順に)示す。なお、単位はmmである。各スポットダイアグラム

50

の横方向はスクリーン上でのX方向、縦方向はスクリーン上でのY方向である。両者ともに、良好な性能を維持している。

【0058】

加えて、上記によって得られた投射画像（例えば、図1のスクリーン5）の対角寸法を「 L_o 」とし、自由曲面ミラー5の中心から投射画像までの距離を「 L_p 」とした場合（上記図1を参照）、 $L_o = 1524 \text{ mm}$ 、 $L_p = 700 \times \cos 45^\circ = 495 \text{ mm}$ であることから、これらの間の比率が2以上（ $L_o / L_p > 2$ ）となり、比較的近い距離（ L_p ）でも、物面を十分大きな画面に拡大して投射することが出来ること、即ち、投射拡大率に優れていることが分る。

【実施例2】

【0059】

次に、図12及び図13と表5～表8を用いて第2の実施例について説明する。ここで、レンズ光学系の前方レンズ群2は、全て、回転対称な形状の屈折面で構成されており、これらレンズの屈折面のうち4つは回転対称な非球面であり、他は球面である。ここに用いられた軸対称な非球面は、各面ごとのローカルな円筒座標系を用いて、前記に示した式、[数2]で表される。

【0060】

また、前記レンズ光学系の後方レンズ群3を構成するレンズの自由曲面は、各面の面頂点を原点とするローカルな直交座標系（ x 、 y 、 z ）を用い、 X 、 Y の多項式を含む、前記に示した式、[数3]で表される。

【0061】

以下の表5は、本数値実施例のレンズデータを示しており、面番号は物面をS0、順にS1からS23までである。この表5において、「 R_d 」は各面の曲率半径であり、また、「 TH 」は面間距離であり、そのレンズ面の頂点から次のレンズ面の頂点までの距離を示す。

【0062】

10

20

【表 5】

【表 5】

Surface	Rd	TH	nd	νd
S0	Infinity	10.00		
S1	Infinity	31.34	1.51827	48.0
S2	Infinity	7.65		
S3	210.000	4.65	1.85306	17.2
S4	-92.276	18.00		
S5 *	-119.154	9.00	1.49245	42.9
S6 *	-99.255	0.10		
S7	41.165	9.32	1.49811	60.9
S8	-43.298	2.50	1.76014	20.0
S9	29.535	0.10		
S10	29.472	9.00	1.49811	60.9
S11	-81.846	25.90		
S12	Infinity	9.10		
S13	-259.960	6.00	1.85306	17.2
S14	-54.061	65.00		
S15	-24.878	4.19	1.74702	33.2
S16	-64.884	9.00		
S17 *	-29.009	10.00	1.49245	42.9
S18 *	-28.892	2.50		
S19 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S20 #	Infinity	20.51		
S21 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S22 #	Infinity	159.95		
S23 #	Infinity	-852.00	REFL	

この表 5 において面 S 5、S 6、S 1 7、S 1 8 は回転対称な非球面であり、表 1 では面の番号の横に「*」を付けて分かり易く表示しており、これら 4 つ面の非球面の係数を以下の表 6 に示している。

【 0 0 6 3 】

【表 6】

【表 6】

Surface	非球面係数										
	K	A	B	C	D	E	F	G	H	J	
S5	K	-23.3033479		C	-9.6351E-12		F	6.40059E-20		J	5.14145E-27
	A	-2.4809E-06		D	-3.1244E-14		G	-2.06E-22			
	B	6.68597E-09		E	1.70809E-16		H	-1.9587E-24			
S6	K	-7.95321673		C	-2.8461E-12		F	1.68916E-19		J	-4.2604E-27
	A	8.81129E-07		D	-4.2436E-16		G	-4.7764E-22			
	B	3.27597E-09		E	-2.4174E-17		H	3.1265E-24			
S17	K	1.294916014		C	-8.1246E-11		F	-8.1666E-19		J	-9.4083E-26
	A	-1.7719E-05		D	-1.8651E-13		G	7.81036E-22			
	B	5.73314E-08		E	2.9427E-16		H	3.77766E-23			
S18	K	0.463935076		C	-1.1724E-11		F	1.23091E-19		J	-2.0819E-28
	A	-3.417E-06		D	-5.4303E-14		G	1.99428E-22			
	B	1.57331E-08		E	1.37371E-17		H	-3.4914E-25			

また、上記表 5 において、面 S 1 9 から S 2 2 は前記レンズ光学系の後群を構成する自由曲面形状を有する屈折面であり、S 2 3 は前記反射光学系の自由曲面形状を有する反射面であって、面の番号の横に「#」を付けて表示した。これら 5 つの自由曲面の形状を表す係数の値を以下の表 7 に示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

【 表 7 】

【 表 7 】

Surface	自由曲面係数							
S19			C17	5.06259E-07	C34	-1.4837E-09	C51	-1.0027E-12
	K	0	C19	4.85077E-07	C36	1.31263E-09	C53	6.99745E-13
	C4	0.017559144	C21	-1.5853E-07	C37	1.83299E-12	C55	-1.6619E-12
	C6	0.001733207	C22	-5.42E-09	C39	-4.3583E-13	C56	-1.9766E-15
	C8	-0.00066382	C24	-1.5702E-08	C41	2.72981E-11	C58	1.40369E-15
	C10	-0.00013226	C26	-5.9063E-08	C43	3.0878E-11	C60	1.05828E-14
	C11	8.28618E-06	C28	-7.7982E-09	C45	2.26152E-11	C62	-8.9296E-14
	C13	1.03545E-06	C30	-1.0233E-10	C47	2.99348E-14	C64	7.84407E-14
	C15	8.99822E-06	C32	-8.8036E-10	C49	4.57827E-13	C66	-9.1078E-14
S20			C17	7.92636E-07	C34	-1.6758E-09	C51	-3.5813E-13
	K	0	C19	8.89146E-07	C36	1.45469E-09	C53	6.84539E-13
	C4	0.021458089	C21	-1.4324E-07	C37	-7.7649E-12	C55	-1.511E-12
	C6	0.004154169	C22	-1.0382E-09	C39	-2.0012E-12	C56	1.77674E-15
	C8	-0.00099953	C24	-1.3146E-08	C41	5.28532E-11	C58	5.96659E-15
	C10	-0.00011911	C26	-5.677E-08	C43	2.30872E-11	C60	-2.0891E-15
	C11	8.42605E-06	C28	6.05026E-09	C45	1.03045E-11	C62	-9.4541E-14
	C13	-6.6069E-06	C30	2.65443E-11	C47	-1.2622E-13	C64	1.01913E-13
	C15	-3.2455E-07	C32	-1.5185E-09	C49	7.4513E-13	C66	-8.0588E-14
S21			C17	-1.0996E-07	C34	6.726E-11	C51	-1.0707E-13
	K	0	C19	1.27907E-07	C36	7.7809E-10	C53	-6.8789E-14
	C4	0.016481821	C21	1.59073E-07	C37	1.78369E-12	C55	-1.3595E-12
	C6	0.009814027	C22	-2.3156E-09	C39	5.1641E-12	C56	-4.5963E-16
	C8	0.000360473	C24	-1.533E-10	C41	1.45879E-11	C58	-1.5431E-15
	C10	0.000256882	C26	6.12508E-09	C43	4.21499E-12	C60	-9.4112E-15
	C11	-1.2641E-06	C28	4.69033E-09	C45	2.24112E-11	C62	-1.7181E-14
	C13	-7.1071E-06	C30	-3.0818E-11	C47	5.4765E-14	C64	1.14179E-14
	C15	-2.6709E-05	C32	-3.7474E-10	C49	3.77477E-14	C66	-1.4481E-14
S22			C17	-4.2509E-07	C34	6.03428E-10	C51	-4.5666E-13
	K	0	C19	-2.8996E-07	C36	2.79273E-10	C53	-1.1058E-13
	C4	0.024865431	C21	1.2041E-08	C37	-1.9296E-12	C55	-5.1945E-13
	C6	0.013574823	C22	4.59025E-09	C39	-4.3532E-12	C56	5.15206E-16
	C8	0.000656946	C24	9.31761E-09	C41	-1.0393E-11	C58	1.80646E-15
	C10	0.00023588	C26	3.01345E-08	C43	-1.737E-11	C60	-1.4435E-16
	C11	-9.5439E-06	C28	2.56904E-08	C45	-6.9004E-13	C62	-1.1182E-14
	C13	-1.3485E-05	C30	1.87694E-10	C47	-2.2366E-16	C64	1.55635E-14
	C15	-3.0664E-05	C32	1.26944E-10	C49	-1.2748E-13	C66	-1.4201E-14
S23			C17	-9.3593E-10	C34	-4.9686E-14	C51	1.8026E-18
	K	0	C19	-6.409E-10	C36	-5.1319E-14	C53	-8.6197E-18
	C4	0.001494744	C21	3.91751E-10	C37	-8.103E-17	C55	1.1354E-17
	C6	0.001287983	C22	1.80884E-12	C39	5.19251E-16	C56	1.89778E-21
	C8	1.19776E-05	C24	-8.191E-12	C41	1.38639E-16	C58	-1.6083E-20
	C10	1.18228E-05	C26	-7.7154E-12	C43	-8.0016E-16	C60	9.98054E-21
	C11	-4.3922E-08	C28	9.92084E-14	C45	2.67935E-16	C62	4.42337E-21
	C13	3.28597E-08	C30	4.90899E-14	C47	-1.5465E-18	C64	-1.4286E-20
	C15	8.20779E-08	C32	-1.3332E-14	C49	1.58291E-18	C66	6.04404E-21

更に、以下の表 8 には、この第 2 の実施例における各面の傾きと偏心の大きさを示している。この表 8 における「A D E」、「Y D E」の値の表示の規則は前述した通りである。また、本実施例における各面の傾きは、先の実施例 1 とほぼ同じ量である。

【 0 0 6 5 】

【表 8】

【表 8】

Surface	ADE (°)	YDE(mm)
S0	-1.289	0.0
S15	0.0	-0.193
S17	0.0	0.193
S23	28.814	0.0

なお、上記表 8 において、S 2 3 の A D E (= m) と、スクリーン面 5 の A D E (= s) から、前記条件を満足してスクリーンの下部の高さが小さいコンパクトな光学系を

10

実現している。

【 0 0 6 6 】

また、式 1 に示す光路長の差 $|L 1 - L 2|$ の値は、スクリーンの画面の高さの 0 . 4 3 倍であり、 s が 3 0 度であることから、上記 [数 1] の条件を満足していることがわかる。

【 0 0 6 7 】

一方、この第 2 の実施例では、上記表 8 に示すように、S 1 5 を - 0 . 1 9 3 mm だけ偏心させ、S 1 7 面を逆に 0 . 1 9 3 mm だけ偏心させている。ある面を偏心させた場合、以後の面ではその偏心量だけ光軸が移動する。従って、この S 1 5 と S 1 7 の偏心は、S 1 5 と S 1 6 で構成される 1 枚のレンズを光軸から - 0 . 1 9 3 mm 偏心させることを

20

意味している。なお、この偏心量は微量であり、レンズのサイズを大きくするような悪影響は生じないが、この偏心によって、非対称な色収差の微調整を実現している。

【 0 0 6 8 】

また、上記の表 5 及び表 7 を見ると、この実施例では、曲率「 c 」とコーニック係数「 k 」が零 (0) となっていることがわかる。斜め入射による台形歪は、斜め入射の方向に極端に大きく発生し、これと垂直な方向に歪量は小さい。従って、斜め入射の方向とこれに垂直な方向とは、大幅に異なる機能が必要であり、回転対称で全方向に機能する上記曲率「 c 」やコーニック係数「 k 」を利用しないことにより、図形歪を良好に補正することが可能となる。

【 0 0 6 9 】

以上に述べた数値による第 2 の実施例の有効範囲は、物面 (比率 1 6 : 9) 上の範囲を像面 (7 0 " + over-scan : 1 6 9 4 . 9 × 9 5 3 . 4 mm) 上に拡大して投写しており、その図形歪を図 1 2 に示す。この図 1 2 の縦方向は図 1 の上下方向であり、Y 軸の方向である。図 1 2 の横方向はスクリーン上で Y 軸の垂直な方向であり、図の長方形の中央が画面の中央である。図は画面の縦方向を 4 分割、横方向を 8 分割した直線の曲がりの状態を表示して図形歪の様子を示している。

30

【 0 0 7 0 】

また、第 2 の実施例のスポットダイアグラムを図 1 3 に示す。この図 1 3 では、映像表示素子 6 1 の表示画面上、X , Y 座標の値で、(8 , 4 . 5)、(0 , 4 . 5)、(4 . 8 , 2 . 7)、(8 , 0)、(0 , 0)、(4 . 8 , - 2 . 7)、(8 , - 4 . 5)、(0 , - 4 . 5) の 8 点から射出した光束のスポットダイアグラムを上から順に (図では、丸で囲んだ (1) ~ (8) の順に) 示す。単位は mm である。各スポットダイアグラムの横方向はスクリーン上での X 方向、縦方向はスクリーン上での Y 方向である。即ち、両者ともに、良好な性能を維持していることが分る。

40

【 0 0 7 1 】

また、この例でも、得られる投射画像の対角寸法を「 $L o$ 」と、自由曲面ミラー 5 の中心から投射画像までの距離を「 $L p$ 」として、 $L o = 1 5 2 4$ mm、 $L p = 7 0 0 \times \cos 4 5 ^\circ = 4 9 5$ mm であることから、これらの間の比率が 2 以上 ($L o / L p > 2$) となり、比較的近い距離 ($L p$) でも、物面を十分大きな画面に拡大して投射することが出来ることが、即ち、投射拡大率に優れていることが分る。

50

【実施例 3】

【0072】

次に、図 1 4 及び図 1 5 と表 9 ~ 表 1 2 を用いて、本発明になる第 3 の実施例について説明する。ここでも、レンズ光学系の前方レンズ 2 群は、全て、回転対称な形状の屈折面で構成されており、これら屈折面の内の 4 つは回転対称な非球面であり、他は球面である。ここに用いられた軸対称な非球面も、各面ごとのローカルな円筒座標系を用いて、前記に示した式 [数 2] で表される。

【0073】

前記レンズ光学系の後方レンズ群 3 を構成する自由曲面は、各面の面頂点を原点とするローカルな直交座標系 (x 、 y 、 z) を用い、X、Y の多項式を含む、前記に示した [数 3] で表わされる。

【0074】

以下の表 9 は、第 3 の実施例におけるレンズデータを示しており、面番号は物面を S 0 、順に S 1 から S 2 3 までである。この表 9 において「R d」は各面の曲率半径である。また、「T H」は面間距離を示しており、そのレンズ面の頂点から次のレンズ面の頂点までの距離を示す。

【0075】

【表 9】

【表 9】

Surface	Rd	TH	nd	νd
S0	Infinity	10.00		
S1	Infinity	31.34	1.51827	48.0
S2	Infinity	5.00		
S3	69.501	4.65	1.85306	17.2
S4	-477.064	18.00		
S5 *	-54.329	9.00	1.49245	42.9
S6 *	-53.208	0.10		
S7	48.857	9.32	1.49811	60.9
S8	-29.376	2.50	1.76014	20.0
S9	40.402	0.10		
S10	40.607	9.00	1.49811	60.9
S11	-54.359	25.90		
S12	Infinity	9.10		
S13	2090.112	6.00	1.85306	17.2
S14	-66.019	65.00		
S15	-45.540	4.19	1.74702	33.2
S16	108.965	9.00		
S17 *	-37.449	10.00	1.49245	42.9
S18 *	-75.474	2.50		
S19 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S20 #	Infinity	19.35		
S21 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S22 #	Infinity	122.15		
S23 #	Infinity	-605.00	REFL	

この表 9 においても、面 S 5 、 S 6 、 S 1 7 、 S 1 8 は回転対称な非球面であり、面の番号の横に「*」を付けて分かり易く表示しており、また、これら 4 つ面の非球面の係数を以下の表 1 0 に示している。

【0076】

【表 1 0】

【表 1 0】

Surface	非球面係数							
S5	K	-13.108806	C	1.46508E-11	F	-2.0555E-19	J	8.25281E-27
	A	-2.6018E-06	D	-4.7767E-14	G	1.12416E-21		
	B	1.95435E-08	E	-1.5302E-16	H	-7.5179E-25		
S6	K	-8.59084843	C	1.51155E-11	F	-1.6279E-19	J	1.22719E-26
	A	7.67114E-07	D	-4.743E-15	G	-1.8394E-21		
	B	9.20816E-09	E	-9.3745E-17	H	3.4992E-24		
S17	K	3.170476396	C	-4.2843E-12	F	1.18119E-18	J	2.06192E-26
	A	-8.7308E-06	D	1.96465E-13	G	-4.5716E-21		
	B	-3.8136E-08	E	7.89179E-16	H	-1.5681E-23		
S18	K	9.315246698	C	2.51005E-11	F	-5.9791E-20	J	3.13406E-28
	A	-4.2604E-06	D	3.09426E-14	G	-6.6563E-23		
	B	-1.5518E-08	E	-8.892E-18	H	7.14735E-26		

10

また、上記の表 9 において、面 S 1 9 から S 2 2 は前記レンズ光学系の後方レンズ群を構成する自由曲面形状を有する屈折面であり、S 2 3 は前記反射光学系の自由曲面形状を有する反射面であって、面の番号の横に「#」を付けて表示した。なお、これら 5 つの自由曲面の形状を表す係数の値を以下の表 1 1 に示す。

【 0 0 7 7 】

20

【表 1 1】

【表 1 1】

Surface	自由曲面係数							
S19		C17	3.43096E-07	C34	-2.7065E-10	C51	1.99077E-13	
	K	0	C19	2.13857E-06	C36	1.31926E-09	C53	-5.2135E-12
	C4	-0.00503963	C21	9.15856E-08	C37	2.1077E-12	C55	-2.1831E-12
	C6	0.020700865	C22	-1.9441E-09	C39	-6.1349E-11	C56	-3.3204E-15
	C8	-0.0007276	C24	-9.6181E-09	C41	-6.9182E-11	C58	1.52276E-14
	C10	-0.00062901	C26	2.71279E-09	C43	-1.1634E-10	C60	4.722E-14
	C11	4.83792E-06	C28	1.5813E-08	C45	1.55247E-11	C62	3.79581E-14
	C13	1.58097E-05	C30	-4.1204E-10	C47	1.79452E-14	C64	3.11821E-14
	C15	-1.9636E-05	C32	-2.3107E-09	C49	-6.0452E-13	C66	-1.876E-13
S20		C17	6.40078E-08	C34	-1.0668E-09	C51	-4.5767E-13	
	K	0	C19	2.35312E-06	C36	-3.2106E-10	C53	-3.1387E-12
	C4	-0.00417899	C21	9.31605E-07	C37	1.82824E-12	C55	1.09346E-12
	C6	0.031326266	C22	-5.0811E-10	C39	-2.9101E-11	C56	-1.6513E-15
	C8	-0.00077771	C24	-3.1548E-08	C41	1.04208E-10	C58	8.47256E-15
	C10	-0.00097819	C26	-8.825E-08	C43	7.01421E-11	C60	-1.694E-15
	C11	2.05947E-06	C28	3.84368E-08	C45	-1.0493E-10	C62	-1.7011E-13
	C13	2.31241E-05	C30	-9.4717E-11	C47	2.95795E-14	C64	6.71828E-14
	C15	-3.0456E-05	C32	-8.4146E-10	C49	-7.9902E-13	C66	1.92712E-14
S21		C17	-1.4263E-07	C34	-1.7091E-10	C51	-4.2269E-14	
	K	0	C19	-3.1384E-08	C36	-2.9029E-10	C53	2.21959E-14
	C4	0.016712489	C21	3.78605E-07	C37	2.14998E-13	C55	-9.5144E-15
	C6	0.024854646	C22	7.83561E-10	C39	1.12281E-12	C56	-1.3876E-16
	C8	0.000280556	C24	-1.1076E-09	C41	3.49849E-12	C58	-2.0224E-16
	C10	-5.99E-05	C26	-5.1644E-09	C43	2.81764E-12	C60	4.00029E-17
	C11	-4.5381E-06	C28	-1.9091E-09	C45	-1.5444E-12	C62	-4.1764E-15
	C13	-7.3701E-06	C30	2.60008E-11	C47	-3.3945E-15	C64	1.05212E-15
	C15	-1.0002E-05	C32	2.73923E-11	C49	2.75972E-14	C66	-3.6542E-15
S22		C17	-1.7327E-07	C34	-3.122E-10	C51	-3.8555E-14	
	K	0	C19	-1.5061E-07	C36	-6.1374E-10	C53	2.3681E-13
	C4	0.016645995	C21	5.38912E-07	C37	9.78887E-14	C55	1.87115E-13
	C6	0.021101685	C22	8.11263E-10	C39	1.08112E-12	C56	-9.9798E-17
	C8	0.00032094	C24	-1.1477E-10	C41	3.69407E-12	C58	-2.3837E-16
	C10	-5.1172E-05	C26	-4.8707E-09	C43	-5.8299E-13	C60	-2.2734E-16
	C11	-4.3183E-06	C28	-1.1809E-09	C45	-3.7079E-12	C62	-3.0547E-15
	C13	-8.5909E-06	C30	3.39643E-11	C47	-2.9359E-15	C64	5.55175E-15
	C15	-1.0155E-05	C32	1.47622E-10	C49	-5.9302E-15	C66	-1.0145E-15
S23		C17	-2.203E-09	C34	8.2099E-14	C51	-1.2799E-17	
	K	0	C19	2.39237E-09	C36	-4.3614E-14	C53	4.0335E-18
	C4	0.002149003	C21	1.39508E-09	C37	-1.7915E-16	C55	-3.2746E-18
	C6	0.000317113	C22	4.22192E-12	C39	1.80308E-15	C56	3.62609E-21
	C8	2.85992E-05	C24	-3.3322E-11	C41	-2.7999E-15	C58	-3.5037E-20
	C10	9.52914E-06	C26	1.45814E-11	C43	7.24461E-16	C60	6.79833E-20
	C11	-8.2644E-08	C28	1.00262E-11	C45	-1.0528E-15	C62	-3.7507E-20
	C13	2.89938E-07	C30	1.34005E-13	C47	-4.0973E-18	C64	5.06597E-21
	C15	1.20082E-07	C32	-3.6767E-13	C49	1.4053E-17	C66	5.93238E-21

10

20

30

40

更に、以下の表 1 2 には、第 3 の実施例における各面の傾きと偏心の大きさを示している。なお、この表 1 2 における「A D E」、「Y D E」の値の表示の規則は前述した通りである。

【 0 0 7 8 】

【表 1 2】

【表 1 2】

Surface	ADE (°)	YDE(mm)
S0	-2.000	0.0
S15	0.0	0.304
S17	0.0	-0.304
S23	35.000	0.0

なお、この表 1 2 からは、前述した条件は満足していないことが分る。しかしながら、この第 3 の実施例では、その分奥行きが小さく、奥行きを優先した構成となっている。

10

【 0 0 7 9】

また、上記表 1 2 に示すように、先の実施例 2 と同様に、面 S 1 5 と S 1 6 で構成される 1 枚のレンズを、光軸から - 0 . 3 0 4 mm 偏心させている。この偏心量は微量であり、レンズのサイズを大きくするような悪影響は生じないが、この偏心によって、非対称な色収差の微調整を実現している。

【 0 0 8 0】

さらに、上記 [数 1] に示す光路長の差 $|L 1 - L 2|$ の値は、スクリーンの画面高さの 0 . 6 2 倍であり、 s が 4 5 度であることから、上述の条件を満足している。

【 0 0 8 1】

また、上記の表 9 及び表 1 1 からは、この第 3 の実施例では、曲率「 c 」とコーニック係数「 k 」が零 (0) となっていることがわかる。斜め入射による台形歪は、斜め入射の方向に極端に大きく発生し、これと垂直な方向に歪量は小さい。従って、斜め入射の方向とこれに垂直な方向とでは、大幅に異なる機能が必要であり、回転対称で全方向に機能する上記曲率「 c 」やコーニック係数「 k 」を利用しないことにより、図形歪を良好に補正することが可能である。

20

【 0 0 8 2】

また、上記第 3 の実施例の有効範囲は、物面 (比率 1 6 : 9) 上の範囲を像面 (5 0 " + over-scan : 1 2 1 0 . 7 x 6 8 1 . 0) 上に拡大して投写しており、その際の図形歪を図 1 4 に示す。この図 1 4 の縦方向は上記図 2 の上下方向であり、即ち、Y 軸の方向である。図 1 4 の横方向はスクリーン上で Y 軸に垂直な方向 (横方向) であり、図の長方形の中央が画面の中央である。図 1 4 は画面の縦方向を 4 分割、横方向を 8 分割した直線の曲がりの状態を表示して図形歪の様子を示している。

30

【 0 0 8 3】

本数値実施例のスポットダイアグラムを図 1 5 に示す。この図 1 5 では、映像表示素子 6 1 の表示画面上、X、Y 座標の値で、(8 , 4 . 5)、(0 , 4 . 5)、(4 . 8 , 2 . 7)、(8 , 0)、(0 , 0)、(4 . 8 , - 2 . 7)、(8 , - 4 . 5)、(0 , - 4 . 5) の 8 点から射出した光束のスポットダイアグラムを上から順に (図では、丸で囲んだ (1) ~ (8) の順に) 示す。なお、単位は mm である。各スポットダイアグラムの横方向はスクリーン上での X 方向、縦方向はスクリーン上での Y 方向である。即ち、両者ともに、良好な性能を維持していることが分る。

40

【 0 0 8 4】

また、この例でも、得られる投射画像の対角寸法を「 $L o$ 」と、自由曲面ミラー 5 の中心から投射画像までの距離を「 $L p$ 」として、 $L o = 1 5 2 4 \text{ mm}$ 、 $L p = 7 0 0 \times \cos 4 5 ^\circ = 4 9 5 \text{ mm}$ であることから、これらの間の比率が 2 以上 ($L o / L p > 2$) となり、比較的近い距離 ($L p$) でも、物面を十分大きな画面に拡大して投射することが出来ること、即ち、投射拡大率に優れていることが分る。

【実施例 4】

【 0 0 8 5】

図 1 6 及び図 1 7 と表 1 3 ~ 表 1 6 を用いて、本発明による第 4 の実施例について説明する。

50

【 0 0 8 6 】

ここでも、画像表示素子 1 から射出した光は、回転対称な面形状を有する透過型レンズで構成されるレンズ光学系の前方レンズ群 2、自由曲面形状を有する透過型レンズで構成されるレンズ光学系の後方レンズ群 3 の順で通過後、反射光学系の自由曲面形状を有する反射面 4 で反射され、スクリーン 5 に入射する。

【 0 0 8 7 】

即ち、ここでも、レンズ光学系の前方レンズ群 2 は、全て、回転対称な形状の屈折面で構成されており、各屈折面の内の 4 つは回転対称な非球面であり、他は球面である。また、ここに用いられた軸対称な非球面は、各面ごとのローカルな円筒座標系を用いて、前述した式 [数 1] で表される。

【 0 0 8 8 】

前記レンズ光学系の後方レンズ群 3 を構成する自由曲面は、やはり、各面の面頂点を原点とするローカルな直交座標系 (x、y、z) を用い、X、Y の多項式を含む前述した [数 2] で表わされる。

【 0 0 8 9 】

以下の表 1 3 は、第 4 の実施例のレンズデータを示しており、面番号は物面を S 0、順に S 1 から S 2 4 まであり S 2 5 は像面である。表 1 3 において「R d」は各面の曲率半径であり、上記図 3 又は図 7 の中で面の左側に曲率の中心がある場合は正の値で、逆の場合は負の値で表わしている。

【 0 0 9 0 】

【表 1 3】

Surface	Rd	TH	nd	νd
S0	Infinity	10.00		
S1	Infinity	31.34	1.51827	48.0
S2	Infinity	4.97		
S3	49.017	4.65	1.85306	17.2
S4	201.672	18.00		
S5 *	-60.233	9.00	1.49245	42.9
S6 *	-55.360	0.10		
S7	56.669	9.32	1.49811	60.9
S8	-27.651	2.50	1.76014	20.0
S9	46.949	0.10		
S10	47.407	9.00	1.49811	60.9
S11	-46.719	25.90		
S12	Infinity	9.10		
S13	-9457.081	6.00	1.85306	17.2
S14	-64.870	65.00		
S15	-42.429	4.19	1.74702	33.2
S16	137.716	9.00		
S17 *	-34.874	10.00	1.49245	42.9
S18 *	-63.364	2.50		
S19 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S20 #	Infinity	19.55		
S21 #	Infinity	8.00	1.49245	42.9
S22 #	Infinity	121.95		
S23 #	Infinity	-742.00	REFL	

この表 1 3 において、「T H」は面間距離であり、そのレンズ面の頂点から次のレンズ面の頂点までの距離を示す。また、そのレンズ面に対して、次のレンズ面が左側にある時には、面間距離は正の値で、右側にある場合は負の値で表している。

【 0 0 9 1 】

この表 1 3 において S 5、S 6、S 1 7、S 1 8 は回転対称な非球面であり、表 1 3 では面の番号の横に「*」を付けて分かり易く表示しており、これら 4 つ面の非球面の係数を、以下の表 1 4 に示している。

【 0 0 9 2 】

【表 1 4】

【表 1 4】

Surface	非球面係数							
S5	K	-7.49933947	G	8.20794E-12	F	1.67212E-19	J	2.75191E-26
	A	-4.2871E-06	D	-3.3905E-14	G	1.22978E-22		
	B	1.47929E-08	E	5.30418E-18	H	-9.2584E-24		
S6	K	-5.10683146	C	2.31215E-12	F	1.4876E-19	J	1.40237E-26
	A	-4.215E-08	D	-8.8141E-15	G	-2.1285E-21		
	B	9.97857E-09	E	2.96852E-17	H	3.39217E-25		
S17	K	2.729972673	C	-6.3329E-11	F	-5.5239E-19	J	2.95633E-25
	A	-6.7402E-06	D	3.24143E-13	G	-2.1415E-20		
	B	-1.1095E-08	E	1.38117E-15	H	-4.6503E-23		
S18	K	5.628556104	C	2.5008E-11	F	-6.694E-20	J	4.08388E-28
	A	-1.8686E-06	D	1.72887E-14	G	-5.6024E-23		
	B	-1.1602E-08	E	-2.9081E-17	H	5.15556E-26		

10

また、この表 1 3 において、S 1 9 から S 2 2 は前記レンズ光学系の後方レンズ群 3 を構成する自由曲面形状を有する屈折面であり、S 2 3 は前記反射光学系の自由曲面形状を有する反射面であって、面の番号の横に「#」を付けて表示した。これら 5 つの自由曲面の形状を表す係数の値を、以下の表 1 5 に示す。

20

【 0 0 9 3 】

【表 15】

【表 15】

Surface	自由曲面係数							
S19			C17	3.06092E-07	C34	-1.504E-09	C51	1.89916E-12
	K	0	C19	2.31689E-06	C36	9.24213E-10	C53	-2.6408E-12
	C4	-0.00523704	C21	3.17855E-07	C37	2.73895E-12	C55	-2.2305E-12
	C6	0.022327058	C22	-2.18E-09	C39	-5.7332E-11	C56	-2.3991E-15
	C8	-0.00076156	C24	-1.35E-08	C41	-6.5197E-11	C58	2.74339E-14
	C10	-0.00059005	C26	-4.4124E-09	C43	-1.4355E-10	C60	9.09554E-14
	C11	4.88728E-06	C28	2.72086E-08	C45	-2.1121E-11	C62	2.42098E-14
	C13	1.92499E-05	C30	-4.0242E-10	C47	4.94771E-14	C64	1.85581E-13
	C15	-1.9167E-05	C32	-2.6688E-09	C49	5.78829E-13	C66	-1.2907E-13
S20			C17	4.41515E-08	C34	-2.1067E-09	C51	1.36481E-13
	K	0	C19	2.59357E-06	C36	-1.3645E-09	C53	-1.7814E-12
	C4	-0.00380713	C21	1.34672E-06	C37	2.55427E-12	C55	1.48598E-12
	C6	0.034310744	C22	-6.3335E-10	C39	-3.0724E-11	C56	-1.1411E-15
	C8	-0.00082075	C24	-3.2842E-08	C41	9.74292E-11	C58	1.71485E-14
	C10	-0.00096306	C26	-9.4354E-08	C43	5.80355E-11	C60	1.60064E-14
	C11	1.46478E-06	C28	5.63114E-08	C45	-1.3903E-10	C62	-1.6566E-13
	C13	2.57064E-05	C30	-1.5828E-10	C47	7.97383E-14	C64	1.4173E-13
	C15	-3.3719E-05	C32	-9.3186E-10	C49	-2.2316E-13	C66	5.32957E-14
S21			C17	-1.4847E-07	C34	-1.578E-10	C51	-3.1391E-14
	K	0	C19	-4.1463E-08	C36	-3.154E-10	C53	4.92021E-14
	C4	0.01628158	C21	3.75928E-07	C37	1.44753E-13	C55	-1.2229E-14
	C6	0.024536292	C22	8.73333E-10	C39	1.02001E-12	C56	-1.1929E-16
	C8	0.000287791	C24	-1.3318E-09	C41	4.04083E-12	C58	-1.9881E-16
	C10	-5.6467E-05	C26	-5.0191E-09	C43	2.15125E-12	C60	-1.1661E-16
	C11	-4.4889E-06	C28	-1.338E-09	C45	1.05501E-13	C62	-3.9789E-15
	C13	-7.4216E-06	C30	2.11331E-11	C47	-1.2171E-15	C64	1.92077E-15
	C15	-9.5063E-06	C32	3.73498E-11	C49	1.57629E-14	C66	-5.4374E-15
S22			C17	-1.7539E-07	C34	-2.5651E-10	C51	-3.1411E-14
	K	0	C19	-1.5271E-07	C36	-6.0608E-10	C53	2.14522E-13
	C4	0.016419443	C21	5.09788E-07	C37	1.26957E-13	C55	1.76045E-13
	C6	0.021115451	C22	7.02901E-10	C39	1.00917E-12	C56	-9.5762E-17
	C8	0.000323178	C24	-1.3689E-10	C41	3.91234E-12	C58	-2.6471E-16
	C10	-4.5525E-05	C26	-4.0137E-09	C43	-1.1163E-12	C60	-2.2728E-16
	C11	-4.138E-06	C28	1.70813E-10	C45	-4.4694E-12	C62	-3.086E-15
	C13	-9.223E-06	C30	2.82551E-11	C47	-7.7346E-16	C64	5.99803E-15
	C15	-9.9105E-06	C32	1.42902E-10	C49	-1.2051E-14	C66	-1.1247E-15
S23			C17	-2.5231E-09	C34	7.66238E-14	C51	-2.3328E-17
	K	0	C19	2.58369E-09	C36	3.37658E-15	C53	1.85177E-17
	C4	0.002289792	C21	1.24861E-09	C37	-1.5632E-16	C55	-4.0416E-18
	C6	0.000330451	C22	4.81491E-12	C39	2.15761E-15	C56	1.15938E-21
	C8	3.09058E-05	C24	-3.7371E-11	C41	-3.7026E-15	C58	-3.3248E-20
	C10	1.02245E-05	C26	1.56104E-11	C43	1.35291E-15	C60	7.75597E-20
	C11	-9.5057E-08	C28	7.8498E-12	C45	-3.329E-16	C62	-8.1537E-20
	C13	3.1048E-07	C30	1.56487E-13	C47	-4.2776E-18	C64	8.41917E-20
	C15	1.27367E-07	C32	-4.1734E-13	C49	1.73654E-17	C66	-2.3609E-20

更に、以下の表 16 には、本実施例における各面の傾きと偏心の大きさを示している。この表 16 における「A D E」、「Y D E」の値の表示の規則は、前述した通りであり、本実施例における各面の傾きも、先の実施例 1 とほぼ同じ量である。

【 0 0 9 4 】

【表 16】

【表 16】

Surface	ADE (°)	YDE(mm)
S0	-2.000	0.0
S15	0.0	0.230
S17	0.0	-0.230
S23	35.000	0.0

即ち、この表 16 を見ると、前述した条件は満足していないことが分る。しかしながら、その分奥行きが小さく、奥行きを優先した実施例となっている。

10

【0095】

一方、この第 4 の実施例では、上記の表 16 に示すように、S15 面を -0.23 mm 偏心させ、S17 面を逆に 0.23 mm 偏心させている。ある面を偏心させた場合、以後の面ではその偏心量だけ光軸が移動する。従って、この S15 と S17 の偏心は、S15 と S16 で構成される 1 枚のレンズを光軸から -0.193 mm 偏心させることを意味している。この偏心量は微量であり、レンズのサイズを大きくするような悪影響は生じないが、この偏心によって、非対称な色収差の微調整を実現している。

【0096】

さらに、光路長の差 $|L1 - L2|$ の値は、スクリーン画面の高さの 0.64 倍であり、 θ が 45 度であることから、上記 [数 1] の条件を満足している。

20

【0097】

また表 13 及び表 15 を見ると、この第 4 の実施例では、曲率「c」とコーニック係数「k」が零(0)となっていることがわかる。斜め入射による台形歪は、斜め入射の方向に極端に大きく発生し、これと垂直な方向に歪量は小さい。従って、斜め入射の方向とこれに垂直な方向とは、大幅に異なる機能が必要であり、回転対称で全方向に機能する上記曲率「c」やコーニック係数「k」を利用しないことにより、図形歪を良好に補正することができる。

【0098】

なお、本実施例の有効範囲は、物面(比率: 16:9)上の範囲を像面(60" + over-scan: 1452.8 x 817.2 mm)上に拡大して投写しており、その図形歪を図 16 に示す。この図 16 の縦方向は上記図 2 の上下方向、即ち、Y 軸の方向である。また、この図 14 の横方向はスクリーン上で Y 軸の垂直な方向(横方向)であり、図の長方形の中央が画面の中央である。そして、この図 14 は、画面の縦方向を 4 分割、横方向を 8 分割した直線の曲がりの状態を表示することによって、図形歪の様子を示している。

30

【0099】

さらに、この第 4 の実施例のスポットダイアグラムを図 17 に示す。この図 17 では、映像表示素子 61 の表示画面上、X, Y 座標の値で、(8, 4.5)、(0, 4.5)、(4.8, 2.7)、(8, 0)、(0, 0)、(4.8, -2.7)、(8, -4.5)、(0, -4.5) の 8 点から射出した光束のスポットダイアグラムを上から順に(図では、丸で囲んだ(1)~(8)の順に)示す。単位は mm である。各スポットダイアグラムの横方向はスクリーン上での X 方向、縦方向はスクリーン上での Y 方向である。即ち、両者ともに、良好な性能を維持している。

40

【0100】

そして、上記によって得られた投射画像の対角寸法を「Lo」とし、自由曲面ミラー 5 の中心から投射画像までの距離を「Lp」とした場合(上記図 1 を参照)、 $L_o = 2032 \text{ mm}$ 、 $L_p = 996 \times \cos 45^\circ = 704 \text{ mm}$ であることから、これらの間の比率が 2 以上 ($L_o / L_p > 2$) となり、比較的近い距離(Lp)でも、物面を十分大きな画面に拡大して投射することが出来ること、即ち、投射拡大率に優れていることが分る。

【0101】

次に、添付の図 18 には、以上に詳述した投写光学ユニットを投写型映像表示装置に適

50

用し、例えば、部屋の壁面やシート状のスクリーン等の上に画像を拡大投射した状態が示されており、更に、添付の図19には、投写光学ユニットからスクリーンまでの投写距離を変えた場合の問題を示している。即ち、図19からも明らかなように、自由曲面を用い、スクリーンに対して光軸を傾けて斜め投写する方式では、投写距離を設計した距離から大きく変化させると、図形歪が大きくなり、スポットサイズも大きくなって解像性能が劣化する。

【0102】

例えば、上記の図19に示すように、スクリーン5の位置を、設計位置65（設計された画面サイズ、例えば、80インチ相当）から、投射画面を小さくする方向の位置66（例えば、画面サイズ60インチ相当）に置いた場合のスポット形状と歪の状態を添付の図20に、他方、画面を大きくする方向の位置67に（例えば、画面サイズ100インチ相当）置いた場合のスポット形状とその歪の状態を図21に示す。これら図20及び図21からも明らかなように、歪の大きさは画面縦幅の約2%以上にまで大きくなり、スポット形状は設計位置の場合の3倍以上に大きくなり解像性能が劣化する。

10

【0103】

なお、スポットの増大は、例えばパネルの位置を前後に移動させてピント合わせを行っても、画面全体スポット形状を良好にすることはできない。その理由は、光学系が回転対称でないため、パネルや回転対称のレンズの移動では、画面の一部のフォーカスを合わせると、他の部分のフォーカスが大きくずれることになるためである。また、自由曲面レンズである後方レンズ群のレンズ31や32のみを移動しただけでは、やはり、このスポット形状の補正はできない。これは、スクリーン位置の移動に伴う歪の補正には、回転対称レンズのパワーが必要になるためである。

20

【0104】

そこで、上記の実施例を基に、スクリーン位置の移動に対応して、レンズを移動させ、もって、スポット形状の歪や解像性能の改善に効果があるレンズを調査した結果、特に、前記後方レンズ群を構成する負のパワーを有するレンズ33、34（上記の図2又は図6を参照）と共に、自由曲面を有する透過レンズ31と32とを、その光軸方向に移動させることが有効であることを見出した。なお、前記自由曲面を有するミラー4の移動も効果的である。しかしながら、傾いて設置され、かつ、比較的サイズが大きい自由曲面のミラー4を移動させることは、装置の構造上からも、困難な点が多いため、特に、上記後方レンズ群3を構成するレンズ31～34を移動することが最も有効である。

30

【0105】

添付の図22には、上記後方レンズ群3を構成するレンズ、即ち、自由曲面を有する透過レンズ31と、やはり自由曲面を有する透過レンズ32と、そして、負のパワーを有する回転対称な2枚の透過レンズ33、34を移動させた状態を示している。なお、図22(a)は、上記図16において、投射画面を小さくする方向の位置66（画面サイズ60インチ相当）に置いた場合、図22(b)は、投射画面を設計位置65（画面サイズ80インチ相当）に位置する場合、そして、図22(c)は、投射画面を投射画面を大きくする方向の位置67に移動した場合をそれぞれ示している。即ち、この実施例では、スクリーン位置の移動に対して、上記後方レンズ群3を構成する負のパワーを有するレンズとその近傍の回転対象なレンズを合せて一体としたレンズ群と、そして、自由曲面を有する2枚の透過レンズを1つのレンズ群とし、このレンズ群をその光軸方向に移動させてスクリーン位置に対して調整することにより、スクリーンを位置66から67までの間で、良好な性能を得られるようにしている。

40

【0106】

なお、上述したように、上記後方レンズ群3を構成するレンズ31～34を移動するための構造としては、例えば、添付の図23(a)にも示すように、投写型映像表示装置100の内部に、それぞれ、上記前方レンズ群2（回転対称のレンズ21～25）と後方レンズ群3（レンズ31～34）を個別の搭載台210、220に組み込み、一方の搭載台210を装置の筐体110の底部111上に固定すると共に、他方の搭載台220は、例

50

えば、レール上に滑動可能に取り付ける。また、この他方の搭載台 220 からは、例えば、ロッド状の部材 221 を上方に延長しており、上記筐体 110 の上面に形成したスリット部 112 から外部に突出させる。そして、この他方の搭載台（例えば、搭載台 220）には、予め溝 221、222、223 を形成しておくと共に、当該搭載台 220 を上記搭載台 210 に対して（この例では、図に矢印で示すように、レンズ群の光軸方向に対して直角方向に）移動可能に装置内に設置する。

【0107】

なお、上記後方レンズ群 3 を構成するレンズ 31 ~ 34 は、上記の図 23 (b) にも示すように、レンズ 33 と 34 とを纏めて一体とし、即ち、レンズ 31、レンズ 32、そして、レンズ 33 及び 34 からなる 3 群に分けられており、そして、そのそれぞれの位置を、スクリーンに投射して得られる画面のサイズ（60 インチ、80 インチ、100 インチ）に対応して移動する。即ち、上記の溝 221、222、223 は、これら 3 群のレンズに対応して、即ち、各レンズ群に対して所望の傾斜角度で形成されている。かかる構成によれば、上記移動可能な搭載台 220 から筐体外部に突出したロッド部材 221 を、予め筐体 110 の表面上に「60」インチ、「80」インチ、「100」インチなどの印を付けておいた位置に移動することにより、上記 3 群のレンズ、即ち、レンズ 31、レンズ 32、そして、レンズ 33 及び 34 が、それぞれ、溝 221、222、223 に沿って移動することにより、所望に位置に配置されることとなる。即ち、かかる構成によれば、投写型映像表示装置の外部から、上記ロッド状部材 221 の先端を図の矢印方向に移動することにより、投射画面の大きさを、スポット形状の歪や解像性能の劣化を伴うことなく、変更することが可能となる。

【0108】

または、上述した構造に代えて、図示はしないが、やはり上記のような溝をその外周に形成した円筒を利用することによっても、上記と同様の機能を達成することも出来る。なお、その場合、特に、後方レンズ群 3 において自由曲面を有する 2 枚の透過レンズ 31、32 は、光軸方向の相対位置の変更にもかかわらず、回転を伴う必要がない。このことから、例えば、上記筒状部材を互いに独立に回転可能に、即ち、先端側と後端側に分離し、その先端側を回転しないような構造とすることが好ましい。更には、例えば、電動モータなどを含む駆動手段を用いて、後方レンズ群 3（レンズ 31 ~ 34）をそれぞれ移動する構造を採用することも可能であろう。即ち、これによれば、映像を投射するスクリーンの位置（即ち、装置からスクリーンまでの距離）の変更に対応して、スポット形状の歪や解像性能の改善する効果が得られる。

【0109】

続いて、上記に示した実施例のレンズデータを、以下の表 17 ~ 21 及び図 24 ~ 26 を参照しながら、以下に示す。

【0110】

なお、ここでも、自由曲面の式は、上記の [数 1] と同様である。また、以下の表 17 ~ 20 の数値は、物面（比率 16 : 9）上の範囲の映像を像面（60" + over-scan : 1841.9 × 1036.1 mm）上に拡大投写する場合の一例を示したものである。また、この場合の投写光学ユニットにおける光学素子のレンズ面が、図 24 に示されている。なお、この実施例が上記の実施例と異なるのは、上記図 4 において S9 と S10 で示されるレンズ面が、この図 21 では、これらが一体になっており、そのため、S0 ~ S22 の面で構成されている。

【0111】

まず、表 17 において「Rd」は各面の曲率半径であり、図中で面の左側に曲率の中心がある場合には正の値で、逆の場合は負の値で表わされている。また、この表 17 において「TH」は面間距離であり、そのレンズ面の頂点から次のレンズ面の頂点までの距離を示す。あるレンズ面に対して、次のレンズ面が左側に位置するときには面間距離は正の値で、右側に位置する場合は負の値で表わされている。更に、この表 17 において S5、S6、S16、S17（上記図 4 を参照）は回転対称な非球面であり、表 17 では面の番号の

横に「*」を付けて示している。なお、これら4つ面の非球面の係数を以下の表18に示している。

【0112】

【表17】

【表17】

Surface	Rd	TH	nd	νd
S0	Infinity	7.600		
S1	Infinity	22.200	1.51827	48.0
S2	Infinity	7.343		
S3	62.278	4.500	1.85306	17.2
S4	-266.980	19.016		
S5 *	-51.942	5.000	1.49245	42.9
S6 *	-47.349	0.100		
S7	32.165	11.700	1.48876	52.8
S8	-32.506	2.246	1.85306	17.2
S9	33.772	10.500	1.48876	52.8
S10	-42.116	18.784		
S11	Infinity	6.916		
S12	198.090	5.500	1.85306	17.2
S13	-59.931	41.959		
S14	-20.939	3.200	1.74702	33.2
S15	134.847	4.782		
S16 *	-27.918	6.000	1.49245	42.9
S17 *	-31.695	6.437		
S18 #	Infinity	6.000	1.49245	42.9
S19 #	Infinity	11.138		
S20 #	Infinity	6.000	1.49245	42.9
S21 #	Infinity	91.557		
S22 #	Infinity	-996.000	REFL	

10

20

30

また、上記の表17においてS18からS21は自由曲面レンズの各屈折面であり、S22は自由曲面ミラーの反射面であって、面の番号の横に「#」を付けて示している。これら5つの自由曲面の形状を表す係数の値を表18に示す。

【0113】

【表 1 8】

【表 1 8】

Surface	非球面係数							
5	K	-19.19	C	1.6E-10	F	1.19E-17	J	1.28E-24
	A	-1.3E-05	D&	-8.9E-13	G	1.59E-19		
	B	7.24E-08	E	-3.5E-15	H&	-8.8E-22		
6	K	-14.7411	C	1.79E-10	F	2.48E-17	J	3.16E-25
	A	-6.9E-06	D&	-1.1E-12	G	-3.2E-20		
	B	6.14E-08	E	-1.8E-15	H&	-1.4E-22		
16	K	-2.80795	C	-3.6E-10	F	-6.5E-17	J	4.91E-24
	A	1.18E-05	D&	2.15E-12	G	-8.8E-19		
	B	-2.2E-07	E	2.24E-14	H&	6.62E-22		
17	K	-3.04559	C	-1.3E-11	F	-6.7E-18	J	1.47E-25
	A	7.14E-06	D&	8.97E-13	G	-2.7E-20		
	B	-1.5E-07	E	8.7E-17	H&	-3.1E-23		

10

次に、以下の表 1 9 においては、係数の名称と値を左右に並べて枠の組で表示しており、右側が係数の値であり、左側が名称で括弧内のカンマで区切った 2 組の数値は式 2 に示した「m」と「n」の値を示している。

【 0 1 1 4 】

【表 19】

【表 19】

Surface	自由曲面係数							
18			C(4,1)	1.66E-06	C(2,5)	-6.4E-09	C(4,5)	2.8E-12
	K	0	C(2,3)	2.53E-06	C(0,7)	7.43E-09	C(2,7)	5.2E-11
	C(2,0)	-0.01616	C(0,5)	1.98E-06	C(8,0)	-4.6E-11	C(0,9)	-2E-11
	C(0,2)	-0.01788	C(6,0)	4.65E-08	C(6,2)	-2.1E-10	C(10,0)	-1.7E-13
	C(2,1)	-0.00075	C(4,2)	-5.3E-09	C(4,4)	-9.1E-10	C(8,2)	4.71E-13
	C(0,3)	-0.00079	C(2,4)	2.61E-08	C(2,6)	-3E-10	C(6,4)	2.11E-12
	C(4,0)	9.37E-06	C(0,6)	-4.1E-08	C(0,8)	1.55E-10	C(4,6)	2.48E-12
	C(2,2)	2.32E-05	C(6,1)	-5.2E-09	C(8,1)	1.38E-12	C(2,8)	1.11E-12
19			C(4,1)	3.72E-07	C(2,5)	1.86E-09	C(4,5)	-8.4E-12
	K	0	C(2,3)	7.05E-07	C(0,7)	6.3E-09	C(2,7)	1.61E-11
	C(2,0)	-0.01514	C(0,5)	5.2E-07	C(8,0)	2.16E-12	C(0,9)	-6.2E-12
	C(0,2)	-0.01501	C(6,0)	3.39E-08	C(6,2)	-2.8E-12	C(10,0)	-1.2E-13
	C(2,1)	-0.00072	C(4,2)	-5E-08	C(4,4)	-2.8E-10	C(8,2)	5.85E-14
	C(0,3)	-0.00078	C(2,4)	-5.5E-08	C(2,6)	1.8E-10	C(6,4)	7.47E-13
	C(4,0)	4.19E-06	C(0,6)	-1.1E-07	C(0,8)	2.33E-10	C(4,6)	4.42E-13
	C(2,2)	2.77E-05	C(6,1)	-9.1E-10	C(8,1)	-1.6E-12	C(2,8)	7.55E-15
20			C(4,1)	-8.8E-07	C(2,5)	2.22E-09	C(4,5)	-2.3E-12
	K	0	C(2,3)	-6.1E-07	C(0,7)	-1.9E-09	C(2,7)	1.21E-12
	C(2,0)	0.027017	C(0,5)	-2E-07	C(8,0)	1.23E-12	C(0,9)	1.01E-13
	C(0,2)	0.013975	C(6,0)	7.2E-10	C(6,2)	2.59E-11	C(10,0)	-1.4E-16
	C(2,1)	0.00078	C(4,2)	-2E-08	C(4,4)	6.17E-11	C(8,2)	-2.1E-14
	C(0,3)	0.000502	C(2,4)	-8.2E-09	C(2,6)	1.19E-10	C(6,4)	-1.7E-14
	C(4,0)	-6.8E-06	C(0,6)	-3.4E-08	C(0,8)	7.66E-12	C(4,6)	-1.1E-13
	C(2,2)	-1.9E-06	C(6,1)	4.75E-10	C(8,1)	4.11E-14	C(2,8)	-5.5E-14
21			C(4,1)	-1.3E-06	C(2,5)	3.4E-09	C(4,5)	-2.6E-12
	K	0	C(2,3)	-9.9E-07	C(0,7)	-1.7E-09	C(2,7)	-9.2E-13
	C(2,0)	0.028429	C(0,5)	-6.1E-07	C(8,0)	2.33E-12	C(0,9)	1.91E-12
	C(0,2)	0.011865	C(6,0)	8.35E-10	C(6,2)	2.38E-11	C(10,0)	-5.5E-16
	C(2,1)	0.001007	C(4,2)	-1.8E-08	C(4,4)	5.95E-11	C(8,2)	-2.2E-14
	C(0,3)	0.000596	C(2,4)	1.32E-08	C(2,6)	6.51E-11	C(6,4)	-2.8E-14
	C(4,0)	-7.9E-06	C(0,6)	-6.9E-09	C(0,8)	-5.8E-11	C(4,6)	-8.9E-14
	C(2,2)	-2.8E-06	C(6,1)	9.14E-10	C(8,1)	-1.1E-13	C(2,8)	-4.5E-14
22			C(4,1)	-1.55E-08	C(2,5)	-3.17E-12	C(4,5)	-8.31E-17
	K	0	C(2,3)	1.79E-09	C(0,7)	1.00E-12	C(2,7)	-8.62E-16
	C(2,0)	0.003857	C(0,5)	5.04E-09	C(8,0)	-6.30E-15	C(0,9)	2.81E-16
	C(0,2)	0.001542	C(6,0)	5.14E-11	C(6,2)	5.88E-14	C(10,0)	2.50E-19
	C(2,1)	6.83E-05	C(4,2)	-3.38E-10	C(4,4)	-1.90E-14	C(8,2)	-3.80E-18
	C(0,3)	3.28E-05	C(2,4)	-1.19E-10	C(2,6)	-6.92E-14	C(6,4)	7.75E-18
	C(4,0)	-3.7E-07	C(0,6)	4.08E-11	C(0,8)	2.52E-14	C(4,6)	-4.39E-18
	C(2,2)	7.66E-07	C(6,1)	2.63E-12	C(8,1)	-2.66E-16	C(2,8)	-1.82E-18
		C(4,3)	-4.13E-12	C(6,3)	8.19E-16	C(0,10)	3.67E-19	

更に、この実施例における、各面のローカル座標系の傾き又は偏心の様子を以下の表 20 に示す。なお、この表 20 において、「ADE」は図の断面と平行な面内での傾きの大きさと、傾きの方向は図の断面内で反時計回りに回転する方向を正とし、単位は度である。また、「YDE」は偏心の大きさであり、偏心は図の断面内でかつ光軸に垂直な方向で設定され、図の断面において下側への偏心を正とし、単位はmmである。

【 0 1 1 5 】

【表 2 0】

【表 2 0】

Surface	ADE (°)	YDE(mm)
S3	3.251	1.647
S22	33.000	0.0

この表 2 0 に示した傾き又は偏心では、表示された面番号を含むそれ以降の面は、全て、表示された面の傾いた光軸の上に配置される。但し、S 2 2 面の傾きは 2 2 面のみの光軸の傾きを示しており、その後の 2 3 面は 2 2 面の傾き量の 2 倍傾いた光軸の上に配置される。

10

【 0 1 1 6】

表 2 1 は、スクリーン位置の移動に対応して移動するレンズ群について、それらの面間距離の変化を示している。

【 0 1 1 7】

【表 2 1】

【表 2 1】

Surface	TH		
	Sc65	Sc67	Sc66
S13	41.959	41.935	41.991
S17	6.437	7.841	4.000
S19	11.138	10.169	12.785
S21	91.557	91.145	92.314
S22	-996.000	-1259.800	-732.335

20

なお、この表 9 の S c 6 5、S c 6 7、S c 6 6 に対応する欄の値が、スクリーン位置 6 5、6 7、6 6 でのレンズ間隔を表示している。

【 0 1 1 8】

また、添付の図 2 5 は、上記スクリーンが、それぞれ、上記図 1 9 において 6 6、6 5、6 7 の位置にある場合の歪の様子を示しており、また、添付の図 2 6 は、その場合のスポット形状の様子をそれぞれ示している。

30

【 0 1 1 9】

即ち、図 2 5 (a) ~ (c) では、物面 (比率 1 6 : 9) 上の範囲を、それぞれ、6 0 インチの像面、8 0 インチの像面、1 0 0 インチの像面上に拡大して投写した場合の図形歪を示す。この図 2 4 の縦方向は上記図 1 の上下方向、即ち、Y 軸の方向である。また、この図 2 2 の横方向はスクリーン上で Y 軸の垂直な方向であり、図の長方形の中央が画面の中央である。そして、この図 2 4 は、画面の縦方向を 4 分割、横方向を 8 分割した直線の曲がりの状態を表示することによって、図形歪の様子を示している。

【 0 1 2 0】

40

一方、図 2 6 では、スクリーンをそれぞれの位置 6 6、6 5、6 7 (上記図 1 9 を参照) に配置した場合に得られたスポットダイアグラムを示す。なお、この図では、映像表示素子 1 の表示画面上、X、Y 座標の値で、(8、4.5)、(0、4.5)、(4.8、2.7)、(8、0)、(0、0)、(4.8、-2.7)、(8、-4.5)、(0、-4.5) の 8 点から射出した光束のスポットダイアグラムを上から順に (図では、丸で囲んだ (1) ~ (8) の順に) 示しており、また、その横方向には、それぞれの位置 6 6、6 5、6 7 でのスクリーン位置 (S c 6 6、S c 6 5、S c 6 7) を示している。なお、単位は mm であり、各スポットダイアグラムの横方向はスクリーン上での X 方向、縦方向はスクリーン上での Y 方向である。即ち、これらの図からも明らかなように、その何れの場合においても、両者ともに良好な性能を維持していることが分る。

50

【0121】

そして、上記によって得られた投射画像の対角寸法を「 L_o 」とし、自由曲面ミラー5の中心から投射画像までの距離を「 L_p 」とした場合（上記図1を参照）、 $L_o = 2032\text{ mm}$ 、 $L_p = 996 \times \cos 45^\circ = 704\text{ mm}$ であることから、これらの間の比率が2以上（ $L_o / L_p > 2$ ）となり、比較的近い距離（ L_p ）でも、物面を十分大きな画面に拡大して投射することが出来ること、即ち、投射拡大率に優れていることが分る。

【0122】

次に、添付の図27には、本発明の他の実施形態になる投写型映像表示装置が示されている。即ち、図からも明らかなように、この他の実施形態になる投写型映像表示装置100'では、上記図1又は図5に示した投写型映像表示装置の投写光学ユニットの構成に加え、その自由曲面の反射鏡4とスクリーン5との間の光路に、更に、平面の反射鏡27を配置して投写光学ユニットを構成している。なお、この図の例では、この平面の反射鏡27は、上記自由曲面の反射鏡4に対応して装置筐体110の上面に形成された開口部を覆うための蓋をも兼ね、その上方で開閉自在に設けられている。

【0123】

かかる投写光学ユニットの構成では、添付の図28にも示すように、画像表示素子1からプリズム10を介して射出した光は、まず、レンズ光学系を構成する前方レンズ群2に入射される。その後、この前方レンズ群2から射出した光は、やはり少なくとも一方の面が回転対称でない（回転非対称の）自由曲面の形状を有する複数（本例では2枚）のレンズを含めた複数のレンズから構成される後方レンズ群3を通過する。そして、この後方レンズ群3から射出した光は、回転対称でない自由曲面形状の反射面を有する反射鏡（以下、自由曲面ミラーと言う）4を含む反射光学系で拡大反射された後、更に、上記平面の反射鏡27により反射されて所定のスクリーン5（例えば、部屋の壁面やシート状のスクリーン等）上に投写されることとなる。即ち、この図からも明らかなように、上述した実施例（例えば、図2や図4）とは反対の方向に投写する。このことから、この他の実施形態になる投写型映像表示装置100'の投写光学ユニットの構成では、自由曲面ミラー4からスクリーン5までの光路を上記平面反射鏡27により折り返すことから、スクリーン5までの距離をより小さくすることが可能となり、広角化を可能とするのに好適である。

【0124】

また、この投写光学ユニットの構成では、図28において破線で示すように、上記平面反射鏡27は、その傾斜角度を微小な角度で調整可能となるように構成されている。即ち、これによれば、やはり図中に破線及び矢印で示すように、この平面反射鏡27の傾斜角度を変えることにより、スクリーン5上での投写画像の位置を上下に変更することが可能となり、特に、投写型映像表示装置においては、好適な機能を提供することが可能となる。なお、この平面反射鏡27は、当該投写型映像表示装置の使用状況に応じてユーザがその傾斜角度を調整することが出来、或いは、ここでは図示しないが、例えば、電動モータなどを含む駆動機構によって筐体110上面の開口部を覆おう位置から移動し（立ち上がり）、そして、ユーザによって設定された角度に傾斜して配置されるように構成することも可能であろう。

【0125】

なお、以上に述べた本発明の実施例になる投写型映像表示装置では、画像表示素子1からの映像（画像）は、上記の投写光学ユニットから出射して自由曲面ミラー4で反射され、又は、更に平面反射鏡27により反射されてスクリーン5上に投写される。そのため、当該装置100、100'の位置を、映像（画像）を投写するスクリーン5に対して正確に位置決めする必要がある。即ち、上記図5に示した画面中央の光線が上記スクリーン5の面に対して垂直になるよう、その配置を調整することが、特に、その全体において歪みや収差を最小限に抑え、良好な投写画面を得るために重要である。

【0126】

そこで、本発明の実施例になる投写型映像表示装置では、装置の位置決め機構をその一

10

20

30

40

50

部に備えており、その具体的な例を、以下に説明する。

【0127】

添付の図29は、上記位置決め機構を備えた投写型映像表示装置100が示されており、特に、図29(a)は、位置決め機構を備えた投写型映像表示装置100の上面からの斜視図を、図29(b)は、当該装置の底面からの斜視図を、そして、図29(c)は、上記図29(b)におけるc-c拡大断面をそれぞれ示している。

【0128】

即ち、図29(b)にも示すように、投写型映像表示装置100の筐体110の底面には、光の投射方向(図の右方向)の縁部に隣接して、その中央部には、例えば、ゴム等の弾性体を略円錐形状に形成してなる中心ストッパ113が取り付けられ、他方、上記縁部とは反対側の縁部に隣接して、その両端付近には、例えば、回転ボールからなる一対の移動部材114、114が設けられている。

【0129】

なお、上記一対の移動部材114、114の各々は、図29(c)にも示すように、筐体110の底面に形成した受孔115内にボール116を回転可能に保持しており、更に、当該筐体110の内部には、その矢印方向の移動によって上記ボール116の回転を停止する拘束部材(又は、押圧部材)117を備えている。即ち、図の拘束部材(又は、押圧部材)117をユーザが矢印方向に押下することにより(但し、図29(c)は、上下を逆転して示す)、ボール116を受孔115の内壁面に押し付けてその回転を停止する。

【0130】

上述した位置決め機構の使用方法の一例を図29(a)に示す。まず、拘束部材(又は、押圧部材)117を上方に移動した状態(即ち、ボール116を回転可能にする)で、投写型映像表示装置100を、その筐体110の底面を下にして、例えば、机等の上に平行に配置する。そして、図に矢印で示すように、映像(画像)をスクリーン5上に投写しながら、その側面を押す等により、当該装置100(100')を上記ストッパ113を中心として回転移動する。そして、投写型映像表示装置100がスクリーン5に対して所望の角度位置になった時点で、装置筐体110の両側面に設けられた一対の移動部材114、114を押下げる。即ち、上述の位置決め機構を備えた投写型映像表示装置100によれば、以上に述べた操作により、簡単に、スクリーン5に対して正確に位置決めすることが可能となり、更には、上記した平面反射鏡27や後方レンズ群3の移動機構を適宜設定することによれば、スクリーン5上に、その全体において歪みや収差を最小限に抑えた良好な投写画面を得ることが可能になる。

【0131】

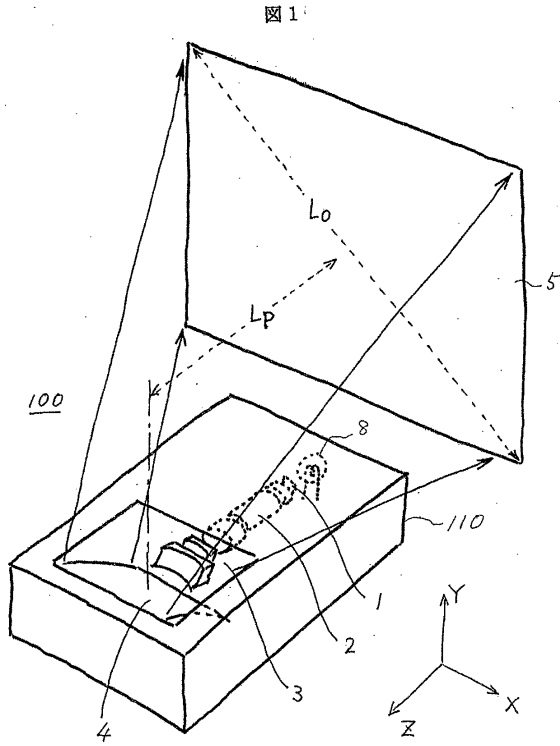
以上述べたように、本発明によれば、上述した従来技術のように使用するレンズを偏心させる必要がないことから、口径の大きな付加光学系を必要とすることなく、しかも広角角化を可能とすると共に、スクリーンまでの位置が変更しても歪みを最小限に抑えることが可能であり、かつ、その製造も比較的容易な投写型映像表示装置が提供される。そして、かかる投写型映像表示装置によれば、その全体において歪みや収差を最小限に抑えた良好な投写画面を得ることが出来、使い勝手にも優れた投写型映像表示装置装置を実現することが可能となる。

【符号の説明】

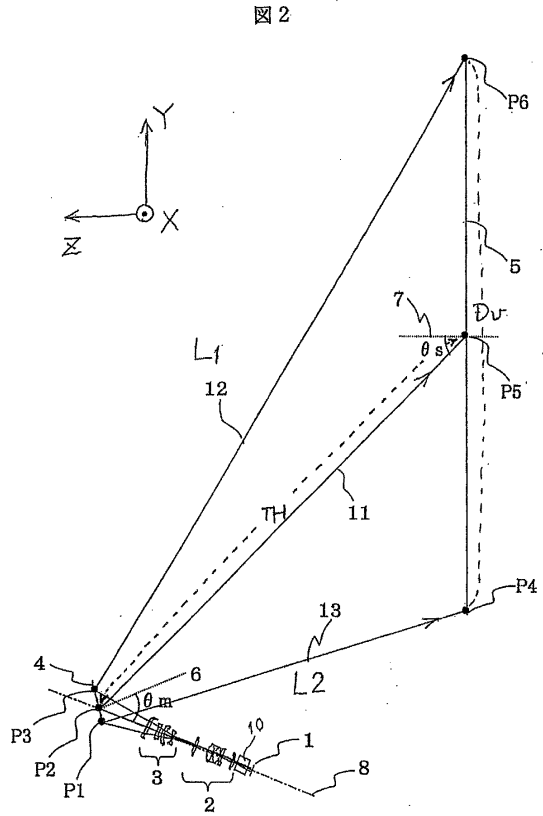
【0132】

1...映像発生源、2...前方レンズ群、3...後方レンズの後、4...自由曲面ミラー、5...スクリーン、6...自由曲面ミラーの原点座標の法線、7...スクリーンの法線、100、100'...投写型映像表示装置装置、110...筐体、27...平面反射鏡、113...ストッパ、114...移動部材

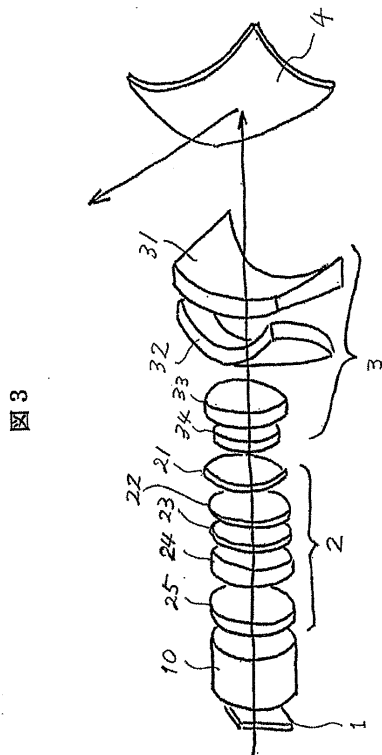
【 図 1 】



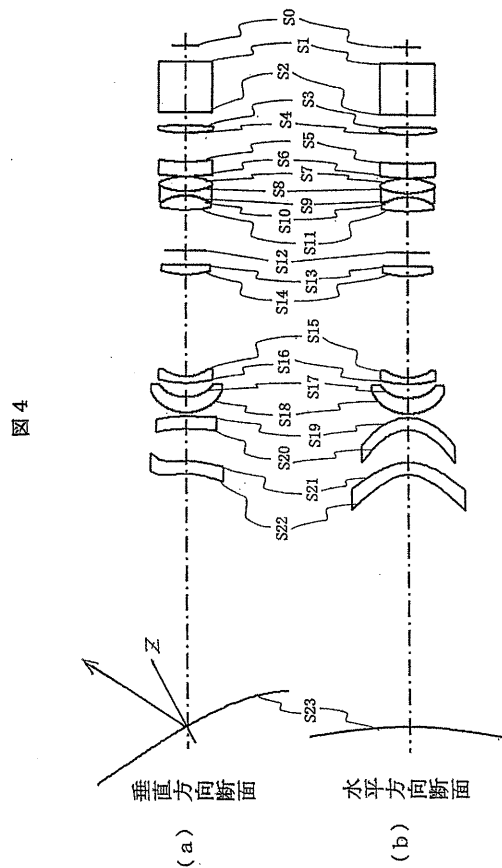
【 図 2 】



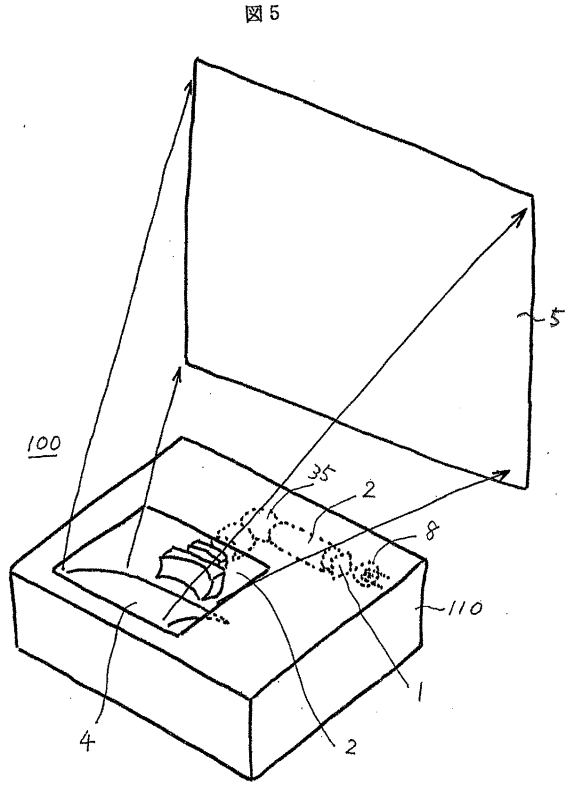
【 図 3 】



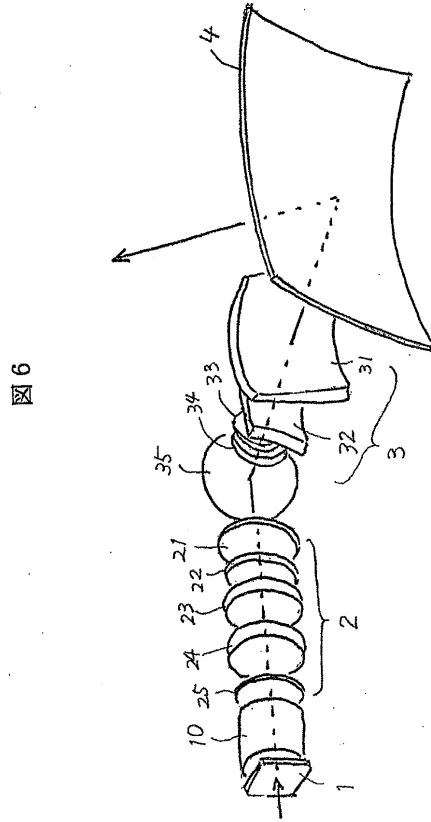
【 図 4 】



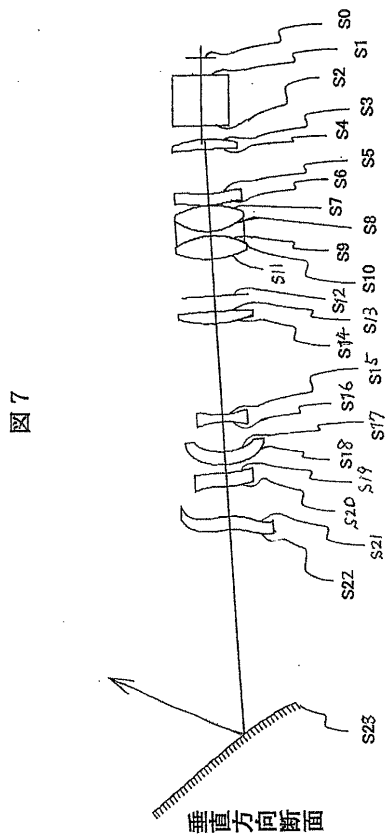
【 图 5 】



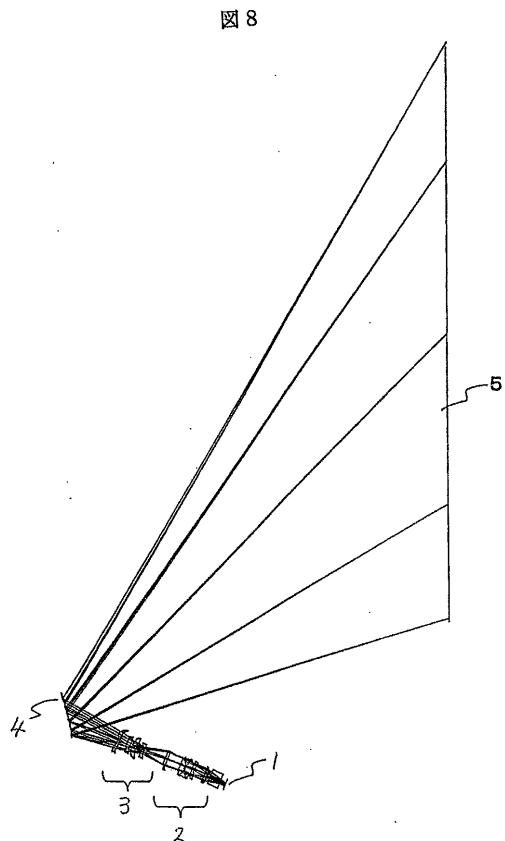
【 图 6 】



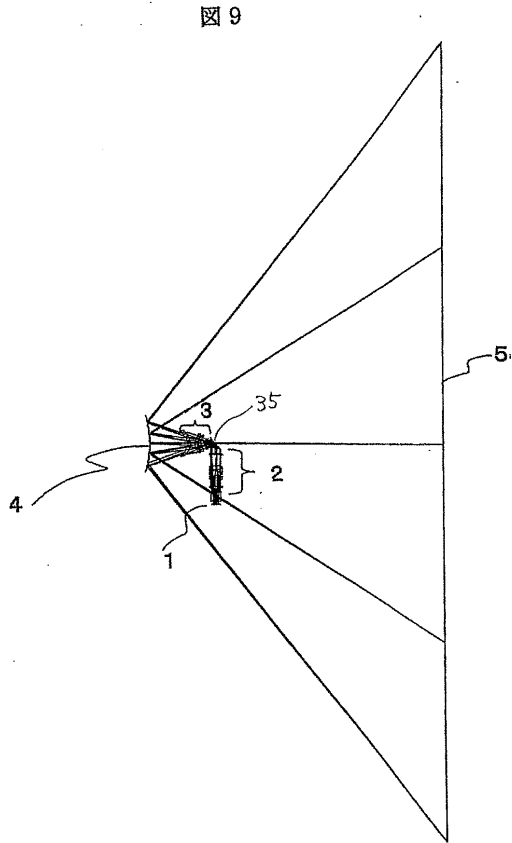
【 图 7 】



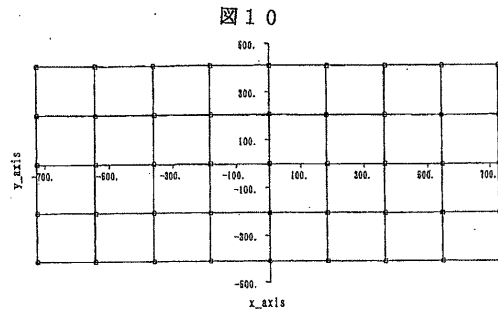
【 图 8 】



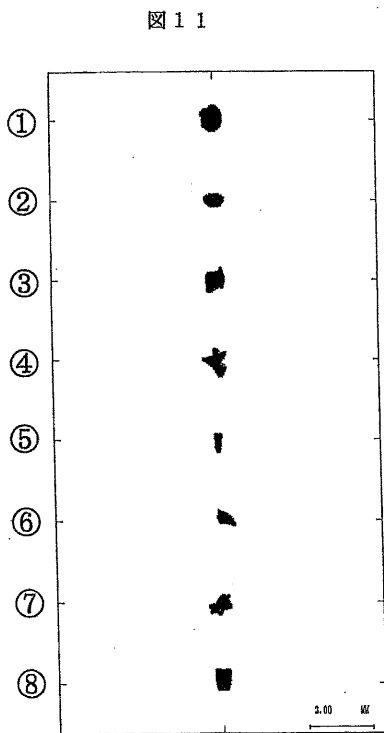
【図 9】



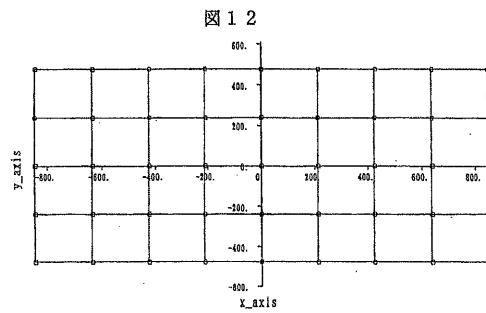
【図 10】



【図 11】

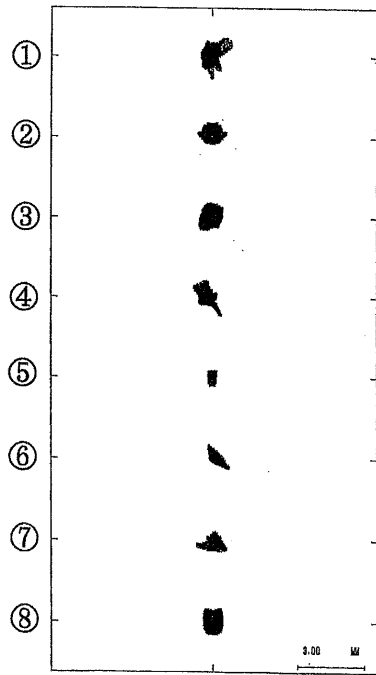


【図 12】



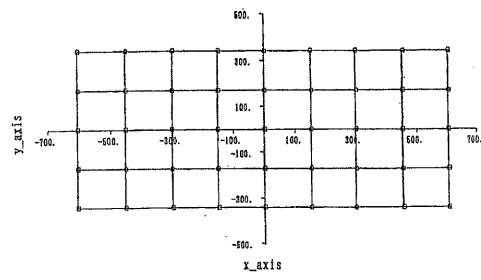
【 図 1 3 】

図 1 3



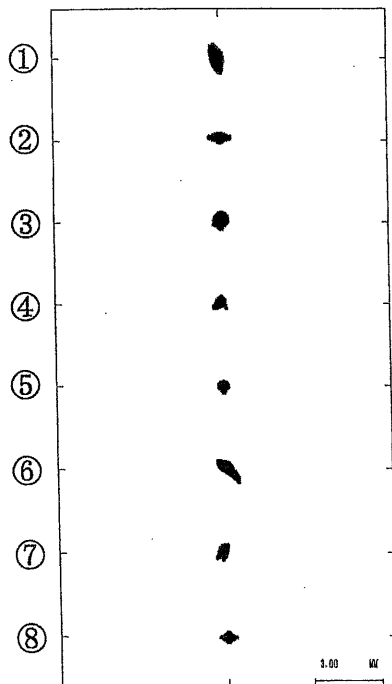
【 図 1 4 】

図 1 4



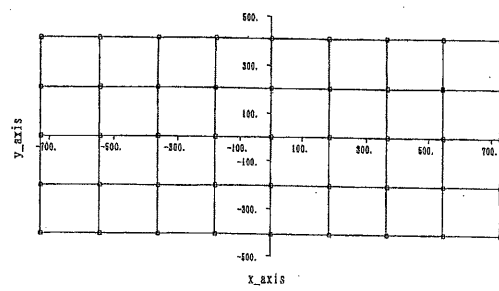
【 図 1 5 】

図 1 5



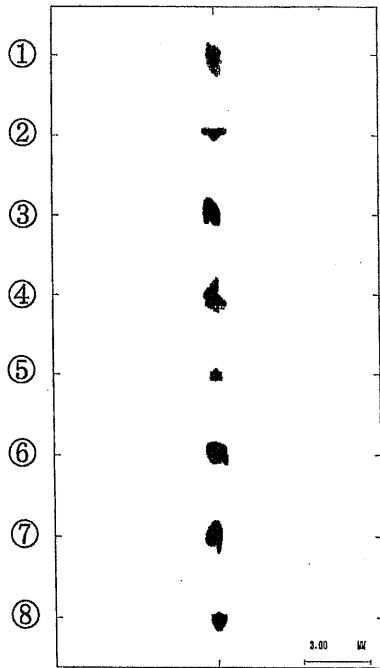
【 図 1 6 】

図 1 6



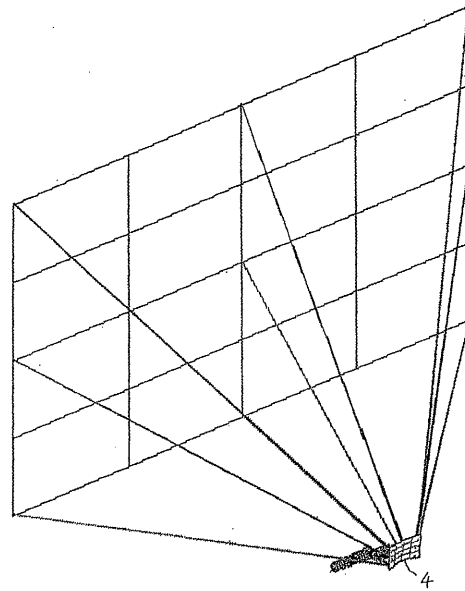
【図17】

図17



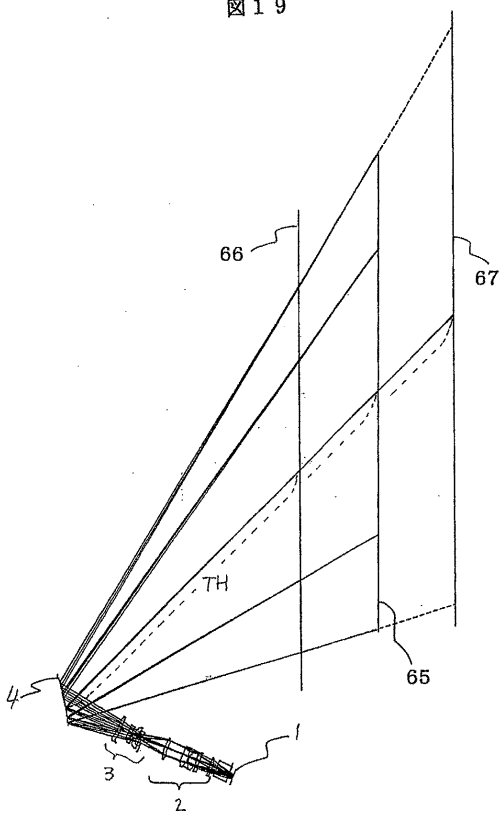
【図18】

図18



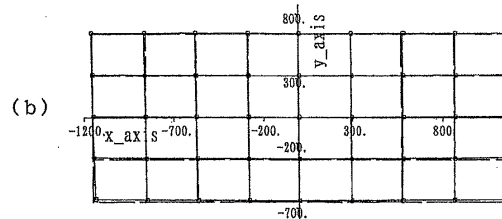
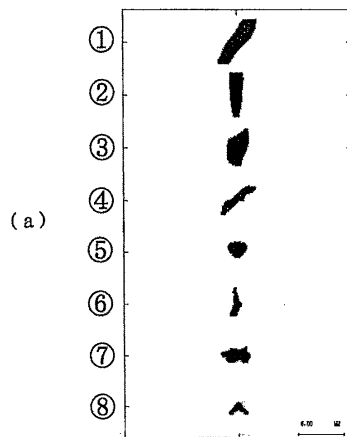
【図19】

図19



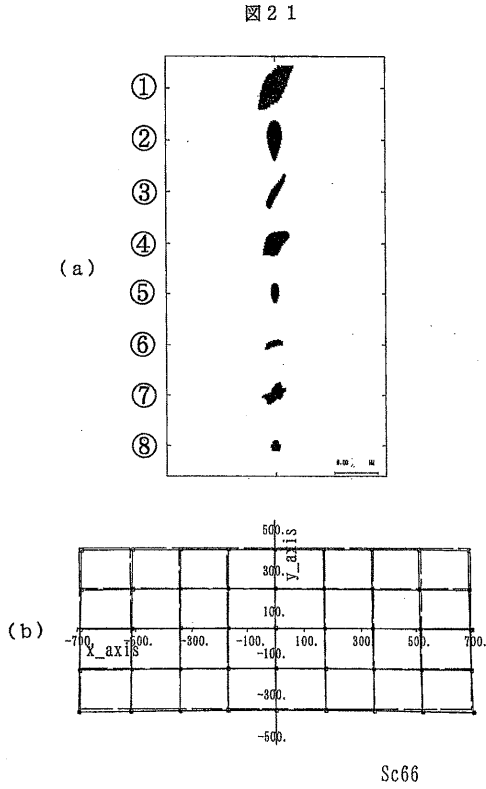
【図20】

図20

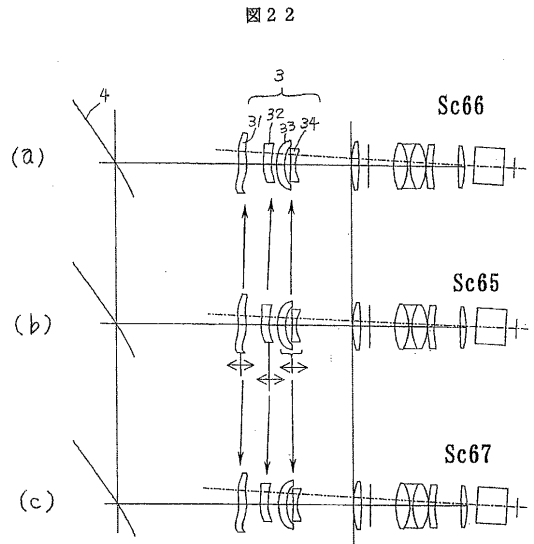


Sc67

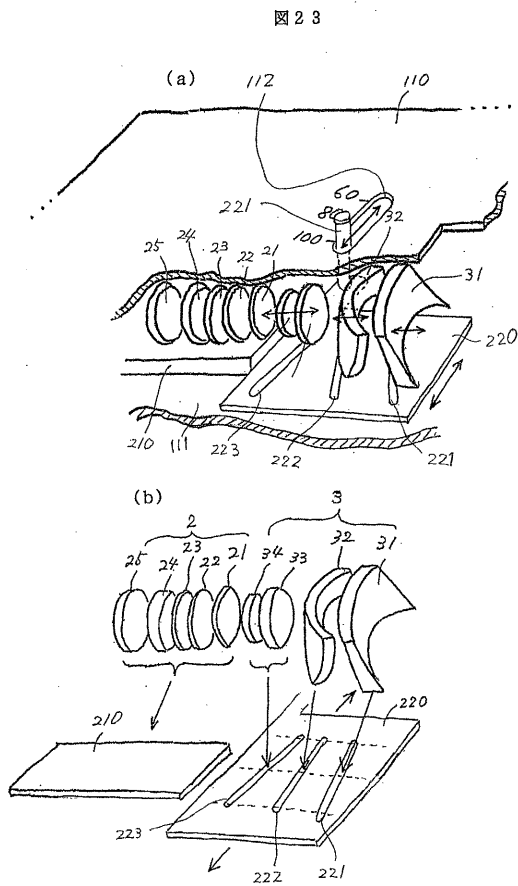
【 図 2 1 】



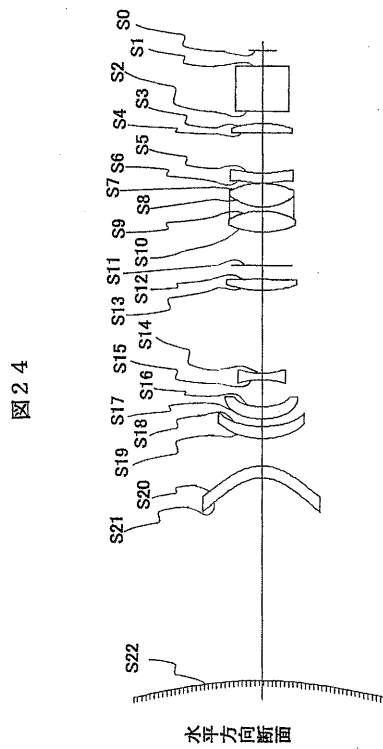
【 図 2 2 】



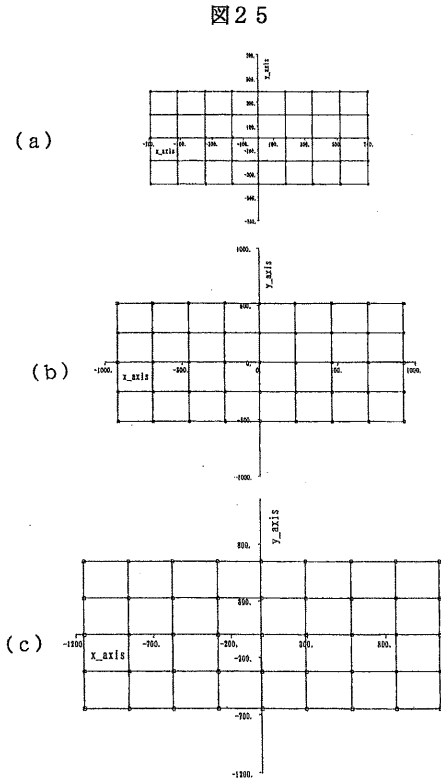
【 図 2 3 】



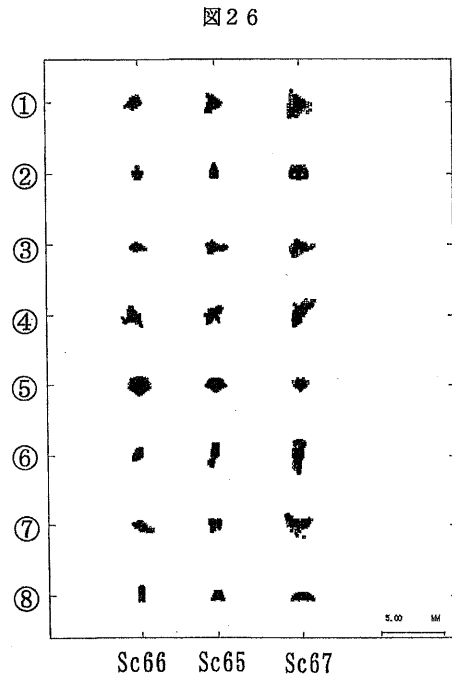
【 図 2 4 】



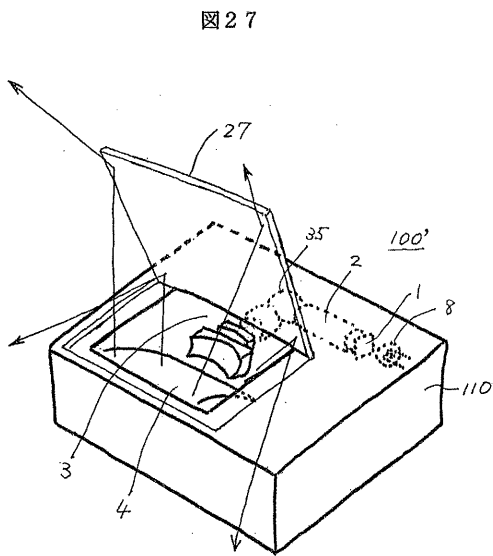
【 図 2 5 】



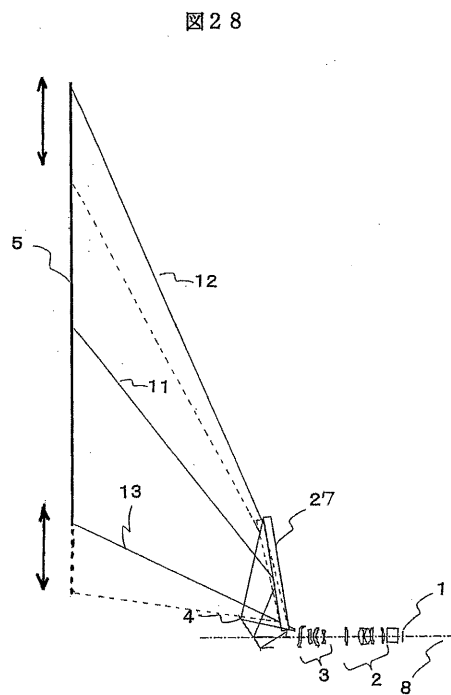
【 図 2 6 】



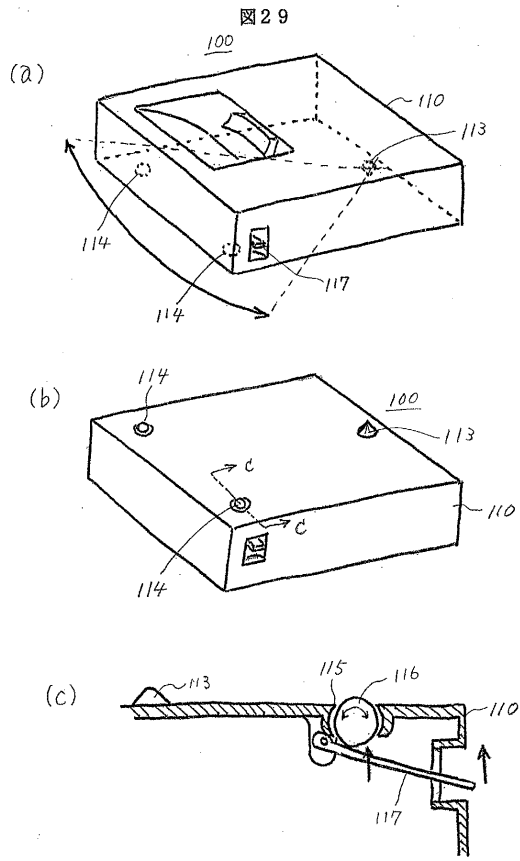
【 図 2 7 】



【 図 2 8 】



【図 29】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 2 F 1/1335 (2006.01) G 0 2 F 1/1335

(72)発明者 谷津 雅彦
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 デジタルメディア事業部内

審査官 請園 信博

(56)参考文献 特開2001-215412(JP,A)
特開2001-264634(JP,A)
特開2004-295042(JP,A)
特開2006-154720(JP,A)
国際公開第2005/106560(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 1 0
2 1 / 1 2 - 2 1 / 1 3
2 1 / 1 3 4 - 2 1 / 3 0
H 0 4 N 5 / 6 6 - 5 / 7 4
G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4