

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-164184  
(P2019-164184A)

(43) 公開日 令和1年9月26日 (2019.9.26)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>G02B</b>	<b>17/08</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	17/08	A	2H087		
<b>G02B</b>	<b>13/16</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	13/16		2K203		
<b>G02B</b>	<b>13/18</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	13/18				
<b>G03B</b>	<b>21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B	21/00	E			
<b>G03B</b>	<b>21/14</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B	21/14	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2018-50566 (P2018-50566)  
(22) 出願日 平成30年3月19日 (2018.3.19)

(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
(74) 代理人 100116665  
弁理士 渡辺 和昭  
(74) 代理人 100194102  
弁理士 磯部 光宏  
(74) 代理人 100179475  
弁理士 仲井 智至  
(74) 代理人 100216253  
弁理士 松岡 宏紀  
(72) 発明者 峯藤 延孝  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

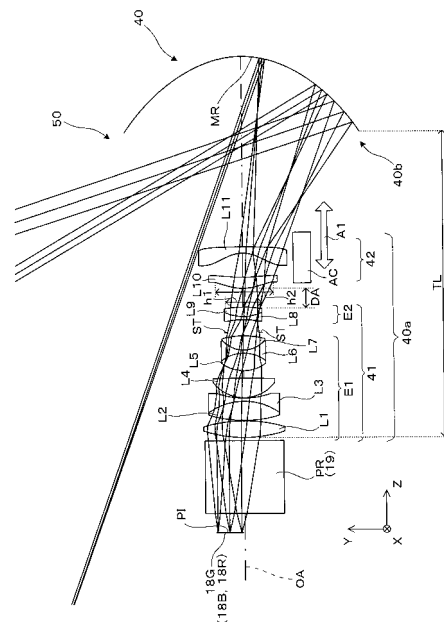
(54) 【発明の名称】 投射光学系及び投射型画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 光学系全体をコンパクトな構成とすることができる投射光学系及び投射型画像表示装置を提供すること。

【解決手段】 中間像を形成する第1光学群40aと、第1光学群40aで形成された中間像を拡大投射する第2光学群40bとが、諸条件を満たしている。これにより、投射光学系40におけるレンズ全系の全長を短くし直線配置とする、あるいは、第1光学群40aと第2光学群40bの間隔を大きく開けて光路途中に光路を偏向させる光路偏向部を配置させて光路を屈曲させる。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

縮小側から順に、複数のレンズからなり正のパワーを有する第 1 光学群と、凹面形状を有する 1 つの反射面からなる第 2 光学群とからなる投射光学系であって、

前記第 1 光学群は、縮小側共役位置の画像の中間像を形成し、

前記第 2 光学群は、前記第 1 光学群で形成された中間像を拡大投影し、

前記第 1 光学群は、各レンズの空気間隔を挟んで縮小側のレンズ面の有効径を  $h_1$  とし、拡大側の有効径を  $h_2$  とするとき、縮小側から順に  $h_2 / h_1$  が、初めて 1.2 を超える空気間隔を境として、縮小側に正のパワーを有する第 1 - 1 レンズ群と、拡大側に正または負のパワーを有する第 1 - 2 レンズ群から構成され、

前記第 1 - 2 レンズ群は、2 枚のレンズから構成され、

前記第 1 光学群の焦点距離を  $f_1$  とし、前記第 1 光学群の最も縮小側の面から前記第 2 光学群の拡大側の面までの距離を  $TL$  とするとき、条件式

$$0.05 < f_1 / TL < 0.2 \dots (1)$$

を満足することを特徴とする投射光学系。

## 【請求項 2】

レンズ全系の焦点距離を  $f$  とし、前記第 2 光学群の焦点距離を  $f_2$  とするとき、条件式

$$0.1 < f / |f_2| < 0.3 \dots (2)$$

を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の投射光学系。

## 【請求項 3】

前記第 1 - 2 レンズ群は、縮小側から順に縮小側に凸面を向けた正のパワーを有する正レンズと、負のパワーを有する負レンズとから構成され、複数の面が非球面であり、

レンズ全系の焦点距離を  $f$  とし、前記第 1 - 2 レンズ群の焦点距離を  $f_{12}$  とし、前記正レンズの焦点距離を  $f_p$  とし、前記負レンズの焦点距離を  $f_n$  とするとき、条件式

$$|f / f_{12}| < 0.1 \dots (3)$$

$$0.2 < |f_n / f_p| < 1.2 \dots (4)$$

を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の投射光学系。

## 【請求項 4】

前記第 1 - 2 レンズ群は、変倍に伴うフォーカスの際に少なくとも 1 枚のレンズを光軸方向に動かすことにより合焦を行うことを特徴する請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の投射光学系。

## 【請求項 5】

前記第 1 光学群と前記第 2 光学群との間に、光路を偏向させるための少なくとも 1 つの光路偏向部を有していることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の投射光学系。

## 【請求項 6】

前記第 1 光学群と前記第 2 光学群との間に、光路を偏向させるための 2 つの光路偏向部を有していることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の投射光学系。

## 【請求項 7】

前記 2 つの光路偏向部は、互いに向き合った 2 つの反射面で構成されることを特徴とする請求項 6 に記載の投射光学系。

## 【請求項 8】

前記 2 つの光路偏向部は、一体成型された保持部で位置決めされることを特徴とする請求項 6 乃至 7 のいずれか一項に記載の投射光学系。

## 【請求項 9】

前記第 1 光学群と前記第 2 光学群との空気間隔を  $D$  とするとき、条件式

$$0.1 < f_1 / D < 0.3 \dots (5)$$

を満足することを特徴とする請求項 5 乃至 8 のいずれか一項に記載の投射光学系。

## 【請求項 10】

光源からの光を変調して前記画像を形成する光変調素子と、

10

20

30

40

50

前記光変調素子の画像を投射する請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の投射光学系とを備える投射型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示素子の画像を拡大投影するプロジェクター等の投射型画像表示装置への組み込みに適した投射光学系及びこれを用いた投射型画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、例えば特許文献 1～3 等に示されるように、近距離から投射して大画面を得ることが可能なプロジェクター用の投射光学系が提案されている。

【0003】

しかしながら、投射光学系を屈折光学系のみで構成する特許文献 1 の場合、半画角 60° 程度が広画角化の限界となっている。これに対して、例えば特許文献 2 では、屈折光学系と凹面ミラーとを用いることで、例えば半画角 70° 以上の超広画角化も可能となっている。しかし、特許文献 2 では、中間像を作ることによってレンズ全長が長くなる構成となっているといった問題がある。このほか、例えば特許文献 3 では、屈折系を 6 枚程度で構成して低コスト化を達成しているが、半画角 52° 程度であれば屈折系のみでも対応できる画角であり、また、簡素な構成とすることでフォーカス群を省くと、変倍範囲を広くとることができない等の問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 147970 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 235516 号公報

【特許文献 3】特開 2011 - 150030 号公報

【発明の概要】

【0005】

本発明に係る投射光学系は、縮小側から順に、複数のレンズからなり正のパワーを有する第 1 光学群と、凹面形状を有する 1 つの反射面からなる第 2 光学群とからなる投射光学系であって、第 1 光学群は、縮小側共役位置の画像の中間像を形成し、第 2 光学群は、第 1 光学群で形成された中間像を拡大投影し、第 1 光学群は、各レンズの空気間隔を挟んで縮小側のレンズ面の有効径を  $h_1$  とし、拡大側の有効径を  $h_2$  とするとき、縮小側から順に  $h_2 / h_1$  が、初めて 1.2 を超える空気間隔を境として、縮小側に正のパワーを有する第 1 - 1 レンズ群と、拡大側に正または負のパワーを有する第 1 - 2 レンズ群から構成され、第 1 - 2 レンズ群は、2 枚のレンズから構成され、第 1 光学群の焦点距離を  $f_1$  とし、第 1 光学群の最も縮小側の面から第 2 光学群の拡大側の面までの距離を  $TL$  とするとき、条件式

$$0.05 < f_1 / TL < 0.2 \dots (1)$$

を満足することを特徴とする。

【0006】

上記投射光学系では、中間像を形成する第 1 光学群と、第 1 光学群で形成された中間像を拡大投影する第 2 光学群とが、上記諸条件を満たしている。これにより、まず、プロジェクター等の投射型画像表示装置への組み込まれた場合に、近距離から投射して大画面を良好に映し出すことを可能にしている。その上で、さらに、レンズ全系の全長を短くし直線配置としてコンパクト化することが可能である、あるいは、第 1 光学群と第 2 光学群の間隔を広くして光路途中に 2 方向に光路を偏向させる部材を配置することが可能である。すなわち、光学系全体を従来よりもコンパクトな構成とすることができる。

【0007】

また、本発明に係る投射型画像表示装置は、光源からの光を変調して画像を形成する光

変調素子と、光変調素子の画像を投射する上記投射光学系とを備える。この場合、投射型画像表示装置は、上記投射光学系を備えることで、近距離から投射した大画面を良好に表示させることが可能であって、かつ、装置のコンパクト化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態の投射光学系を組み込んだプロジェクターの概略構成を示す図である。

【図2】第1実施形態又は実施例1の投射光学系における物体面から投射面までの構成および光線図である。

【図3】図2のうち、物体面から凹面反射ミラーまでの一部拡大図である。

10

【図4】第2実施形態のプロジェクターに組み込まれた投射光学系について概念的に示す平面図である。

【図5】第2実施形態又は実施例2の投射光学系における物体面から凹面反射ミラーまでの一部拡大図である。

【図6】投射光学系における光路の様子を別の方向から示すための背面図である。

【図7】実施例1の投射光学系の構成を示す図である。

【図8】実施例1の投射光学系の縮小側収差図である。

【図9】実施例2の投射光学系の構成を示す図である。

【図10】実施例2の投射光学系の縮小側収差図である。

【図11】実施例3の投射光学系の構成を示す図である。

20

【図12】実施例3の投射光学系の縮小側収差図である。

【図13】実施例4の投射光学系の構成を示す図である。

【図14】実施例4の投射光学系の縮小側収差図である。

【図15】実施例5の投射光学系の構成を示す図である。

【図16】実施例5の投射光学系の縮小側収差図である。

【図17】実施例6の投射光学系の構成を示す図である。

【図18】実施例6の投射光学系の縮小側収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

〔第1実施形態〕

30

以下に図面を参照して、本発明の第1実施形態に係る投射光学系及びこれを組み込んだ投射型画像表示装置について詳細に説明する。

【0010】

図1に示すように、第1実施形態に係る投射光学系を組み込んだ投射型画像表示装置であるプロジェクター2は、画像光を投射する光学系部分50と、光学系部分50の動作を制御する回路装置80とを備える。

【0011】

光学系部分50において、光源10は、例えば超高圧水銀ランプであって、R光、G光、及びB光を含む光を射出する。ここで、光源10は、超高圧水銀ランプ以外の放電光源であってもよいし、LEDやレーザーのような固体光源であってもよい。第1インテグレーターレンズ11及び第2インテグレーターレンズ12は、アレイ状に配列された複数のレンズ素子を有する。第1インテグレーターレンズ11は、光源10からの光束を複数に分割する。第1インテグレーターレンズ11の各レンズ素子は、光源10からの光束を第2インテグレーターレンズ12のレンズ素子近傍にて集光させる。第2インテグレーターレンズ12のレンズ素子は、重畳レンズ14と協働して、第1インテグレーターレンズ11のレンズ素子の像を液晶パネル18R、18G、18Bに形成する。このような構成により、光源10からの光が液晶パネル18R、18G、18Bの表示領域の全体を略均一な明るさで照明する。

40

【0012】

偏光変換素子13は、第2インテグレーターレンズ12からの光を所定の直線偏光に変

50

換させる。重畳レンズ 14 は、第 1 インテグレーターレンズ 11 の各レンズ素子の像を、第 2 インテグレーターレンズ 12 を介して液晶パネル 18 R、18 G、18 B の表示領域上で重畳させる。

【0013】

第 1 ダイクロイックミラー 15 は、重畳レンズ 14 から入射した R 光を反射させ、G 光及び B 光を透過させる。第 1 ダイクロイックミラー 15 で反射された R 光は、反射ミラー 16 及びフィールドレンズ 17 R を経て、光変調素子である液晶パネル 18 R へ入射する。液晶パネル 18 R は、R 光を画像信号に応じて変調することにより、R 色の画像を形成する。

【0014】

第 2 ダイクロイックミラー 21 は、第 1 ダイクロイックミラー 15 からの G 光を反射させ、B 光を透過させる。第 2 ダイクロイックミラー 21 で反射された G 光は、フィールドレンズ 17 G を経て、光変調素子である液晶パネル 18 G へ入射する。液晶パネル 18 G は、G 光を画像信号に応じて変調することにより、G 色の画像を形成する。第 2 ダイクロイックミラー 21 を透過した B 光は、リレーレンズ 22、24、反射ミラー 23、25、及びフィールドレンズ 17 B を経て、光変調素子である液晶パネル 18 B へ入射する。液晶パネル 18 B は、B 光を画像信号に応じて変調することにより、B 色の画像を形成する。

10

【0015】

クロスダイクロイックプリズム 19 は、光合成用のプリズムであり、各液晶パネル 18 R、18 G、18 B で変調された光を合成して画像光とし、投射光学系 40 へ進行させる。

20

【0016】

投射光学系 40 は、各液晶パネル 18 G、18 R、18 B によって変調されたクロスダイクロイックプリズム 19 で合成された画像光を不図示のスクリーン上に拡大投射する投射用ズームレンズである。

【0017】

回路装置 80 は、ビデオ信号等の外部画像信号が入力される画像処理部 81 と、画像処理部 81 の出力に基づいて光学系部分 50 に設けた液晶パネル 18 G、18 R、18 B を駆動する表示駆動部 82 と、投射光学系 40 に設けた駆動機構（不図示）を動作させて投射光学系 40 の状態を調整するレンズ駆動部 83 と、これらの回路部分 81、82、83 等の動作を統括的に制御する主制御部 88 とを備える。

30

【0018】

画像処理部 81 は、入力された外部画像信号を各色の諧調等を含む画像信号に変換する。なお、画像処理部 81 は、外部画像信号に対して歪補正や色補正等の各種画像処理を行うこともできる。

【0019】

表示駆動部 82 は、画像処理部 81 から出力された画像信号に基づいて液晶パネル 18 G、18 R、18 B を動作させることができ、当該画像信号に対応した画像又はこれに画像処理を施したものに对应する画像を液晶パネル 18 G、18 R、18 B に形成させることができる。

40

【0020】

レンズ駆動部 83 は、主制御部 88 の制御下で動作し、投射光学系 40 を構成する一部の光学要素をアクチュエーター AC を介して光軸 OA に沿って適宜移動させることにより、投射光学系 40 によるスクリーン上への画像の投射において変倍に伴うフォーカス（変倍時のフォーカス）を行うことができる。なお、レンズ駆動部 83 は、投射光学系 40 全体を光軸 OA に垂直な上下方向に移動させるアオリの調整により、スクリーン上に投射される画像の縦位置を変化させることもできる。

【0021】

以上のように、プロジェクター 2 は、光源 10 からの光を変調して画像を形成する光変

50

調素子である液晶パネル 18R、18G、18Bと、光変調素子である液晶パネル 18R、18G、18Bの画像を投射する投射光学系 40とを備える投射型画像表示装置である。

【0022】

以下、図2及び図3等を参照して、本実施形態の投射光学系40について具体的に説明する。なお、図2等で例示した投射光学系40は、後述する実施例1の投射光学系40と同一の構成となっている。

【0023】

本実施形態の投射光学系40は、液晶パネル18G(18R, 18B)に形成された画像を不図示のスクリーン等の被照射面上に投射する。ここで、投射光学系40と液晶パネル18G(18R, 18B)の間には、図1のクロスダイクロイックプリズム19に相当するプリズムPRが配置されている。

10

【0024】

投射光学系40は、縮小側から順に、複数のレンズからなり正のパワーを有する第1光学群40aと、1枚の凹面非球面形状を有する反射面を含むミラーMRで構成される第2光学群40bとからなる。

【0025】

第1光学群40aは、縮小側共役位置に配置された画像表示素子である液晶パネル18G(18R, 18B)の中間像を形成する。

【0026】

第2光学群40bは、第1光学群40aで形成された中間像をスクリーン等の被照射面に向けて拡大投影する。

20

【0027】

ここで、一般に、中間像を形成するリレー光学系では、レンズ全長が中間像を形成しない一般的な光学系と比較すると長くなることが避けられない。これに対して、本実施形態では、ストレート構成を取る場合に光学系全体を従来よりも短く構成することを可能にしている。

【0028】

第1光学群40aは、縮小側に設けられ、正のパワーを有する第1-1レンズ群41と、拡大側に設けられ、正または負のパワーを有する第1-2レンズ群42とからなる。なお、第1光学群40aは、11枚のレンズL1~L11で構成されており、これらのレンズの一部が第1-1レンズ群41であり、残りが第1-2レンズ群42である。

30

【0029】

ここで、第1光学群40aにおいて、第1-1レンズ群41と、第1-2レンズ群42とは、第1光学群40aを構成する各レンズの空気間隔を挟んで縮小側のレンズ面の有効径の比率によりその境界が規定されている。具体的に説明すると、まず、各レンズの空気間隔を挟んで隣り合うレンズ面について縮小側のレンズ面の有効径を有効径h1とし、拡大側の有効径を有効径h2とする。このときに、縮小側から順にこれらの有効径の比h2/h1を比較していき、比h2/h1が、初めて1.2を超える空気間隔を境として、縮小側を第1-1レンズ群41、拡大側を第1-2レンズ群42と定めている。図示の例では、縮小側から数えて9枚目のレンズL9と、10枚目のレンズL10との間の空気間隔DAが境となる。すなわち、空気間隔DAにおける縮小側のレンズ面であるレンズL9の拡大側のレンズ面の有効径h1と、空気間隔DAにおける拡大側のレンズ面であるレンズL10の縮小側のレンズ面の有効径h2とが、上記した比についての条件を満たす。

40

【0030】

なお、第1-1レンズ群41は、内部に開口絞りSTを有しており、ここでは、開口絞りSTよりも縮小側のレンズ群E1と、開口絞りSTよりも拡大側のレンズ群E2とからなるものとする。図示の例では、レンズ群E1は、レンズL1~L7で構成され、レンズ群E2は、レンズL8, L9で構成される。

【0031】

50

また、図示の例では、第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、2 枚のレンズすなわちレンズ L 1 0 , L 1 1 から構成されている。これらのうち、縮小側のレンズ L 1 0 は、縮小側に凸面を向けた正のパワーを有する正レンズである。一方、拡大側のレンズ L 1 1 は、負のパワーを有する負レンズである。また、第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、複数の面に非球面を有している。

#### 【 0 0 3 2 】

第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、変倍に伴うフォーカスの際に光軸方向に移動する。すなわち、第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、変倍に伴うフォーカスの際に、アクチュエーター A C により、2 枚のレンズ L 1 0 , L 1 1 のうち、少なくとも 1 枚のレンズを光軸方向、すなわち光軸 O A に沿った方向 A 1 に動かすことにより合焦を行う。なお、アクチュエーター A C によるレンズの移動については、変倍時のフォーカスの態様により種々の態様が可能である。例えばレンズをまったく独立に移動させてもよいし、カム機構等を利用して互いに連動させて移動させてもよい。

10

#### 【 0 0 3 3 】

ここで、第 1 光学群 4 0 a のうち、第 1 - 1 レンズ群 4 1 は、画像表示素子である液晶パネル 1 8 G ( 1 8 R , 1 8 B ) からの光束を効率よく取り込むための構造となっていることが重要である。これに対して、第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、投射倍率を変化させる際のフォーカスの役割を担う。一方、光路下流側に配置される第 2 光学群 4 0 b は、1 枚の非球面ミラーのみで構成されている。このため、最終的に歪が小さく、像面湾曲の少ない高解像度の画像を得るためには、フォーカス群となる第 1 - 2 レンズ群 4 2 においてできるだけ歪や像面湾曲を含む中間像を形成しておく必要がある。すなわち、1 枚の非球面ミラーで構成される第 2 光学群 4 0 b だけだと、像面湾曲や歪が大きな像を作ってしまうことになるため、第 1 光学系 4 0 a において、第 2 光学群 4 0 b で発生する像面湾曲や歪をキャンセルさせるように、逆符号の像面湾曲や歪を含む中間像を形成しておく必要がある。また、近接投射を行うための投射光学系 4 0 のような超広角レンズの場合、変倍時に歪曲収差や非点収差が発生する。したがって、フォーカス時において、収差変動についても十分小さく抑える必要がある。このため、第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、少なくとも 2 枚の非球面レンズを配置することが好ましい。さらに、非球面を効果的にしようとする、レンズ径を大きくし、かつ、非球面量が大きなものになってしまう。このような口径が大きく、非球面量の大きな非球面レンズをガラス非球面とするのは難しく、かつ非常に高価なものになってしまう。すなわち、当該非球面レンズを樹脂レンズで構成するのが好ましい。

20

30

#### 【 0 0 3 4 】

以下、投射光学系 4 0 における光学系の焦点距離等に関する諸条件について説明する。本実施形態では、例えば 1 1 枚という近接投射の光学系としては少ないレンズ構成で投射光学系 4 0 の全長を短くして装置全体の光軸方向の長さを短縮する構成をとることにより、装置全体の小型化を図る構成とすることを特徴としている。

#### 【 0 0 3 5 】

まず、投射光学系 4 0 を構成する光学系全体に関して、第 1 光学群 4 0 a の焦点距離を焦点距離  $f_1$  とし、第 1 光学群 4 0 a の最も縮小側の面から第 2 光学群 4 0 b の拡大側の面までの距離を距離  $T_L$  とするとき、条件式

40

$$0.05 < f_1 / T_L < 0.2 \dots (1)$$

を満足している。

#### 【 0 0 3 6 】

条件式 ( 1 ) は、第 1 光学群 4 0 a の焦点距離  $f_1$  と投射光学系 4 0 の全長である距離  $T_L$  との比に関する条件式であり、第 1 光学群 4 0 a で形成される中間像の大きさを適切にすることで、第 2 光学群 4 0 b を大きくすることなく拡大投影を可能とするための条件式となっている。

#### 【 0 0 3 7 】

条件式 ( 1 ) の下限を超えると、第 1 光学群 4 0 a の焦点距離  $f_1$  が投射光学系 4 0 の全長である距離  $T_L$  に対して短くなり過ぎてしまい、十分なバックフォーカスを維持しな

50

がら、少ないレンズ構成の第1光学群40aであっても収差補正を良好に行えるようにする、ということが困難になる。

【0038】

条件式(1)の上限を超えると、第2光学群40bの焦点距離 $f_1$ が長くなり過ぎてしまい、第1光学群40aから中間像までの距離が長くなりすぎることになる。これに従い中間像も大きくなる。このため、第2光学群40bを大きくする必要が生じてしまう。すなわち、小型化という観点からは、好ましくないものとなる。

【0039】

次に、投射光学系40は、レンズ全系の焦点距離を焦点距離 $f$ とし、第2光学群40bの焦点距離を焦点距離 $f_2$ とするとき、条件式

$$0.1 < f / |f_2| < 0.3 \dots (2)$$

を満足している。

【0040】

条件式(2)の下限を超えると、第2光学群40bを構成するミラーの集光パワーが小さくなり過ぎ、広い画角に対応することが困難になる、あるいは第2光学群40bを構成するミラーが大きくなり小型化という点で好ましくないものとなる。

【0041】

条件式(2)の上限を超えると、第2光学群40bの焦点距離 $f_2$ が短くなり過ぎ、すなわち第2光学群40bを構成するミラーが深い凹面鏡となり過ぎ、光軸OAに対する周辺部の傾きが強くなるため、加工上、あるいは成形時において、良好な面形成が難しくなる。

【0042】

さらに、投射光学系40において、第1-2レンズ群42は、縮小側から順に縮小側に凸面を向けた正のパワーを有する正レンズと、負のパワーを有する負レンズとから構成され、複数の面が非球面であり、第1-2レンズ群42の焦点距離を焦点距離 $f_{12}$ とし、正レンズすなわちレンズL10の焦点距離を焦点距離 $f_p$ とし、負レンズすなわちレンズL11の焦点距離を焦点距離 $f_n$ とするとき、条件式

$$|f / f_{12}| < 0.1 \dots (3)$$

$$0.2 < |f_n / f_p| < 1.2 \dots (4)$$

を満足している。

【0043】

条件式(3)は、フォーカス群の役割をなす第1-2レンズ群42の焦点距離 $f_{12}$ と投射光学系全系の焦点距離 $f$ との比に関する条件である。

【0044】

ここで、投射光学系40のような超広角光学系では、焦点距離 $f$ が通常の投射光学系に比べて非常に短いため、投射距離を変更することによって変倍した時の焦点移動は相対的に小さくなる。しかし、この種の超広角光学系では、特に周辺部におけるスクリーンへの入射角が非常に大きくなっているため、投射距離を変化させると像面湾曲、非点収差が大きく発生しコントラストが低下するとともに、歪曲収差も大きく変化する。そのため、これらの収差がフォーカスで十分小さく補正されるようにするには、フォーカス群である第1-2レンズ群42を構成する2枚の非球面レンズの間隔を変化させフォーカスおよび収差補正を同時に行うのが好ましい。

【0045】

前述のように、フォーカス群は、樹脂レンズとするのが好ましいが、樹脂レンズは、温度や湿度などの環境条件などにより、形状変化や屈折率変化による性能変化を起こしやすくなる。条件式(3)の上限を超えると、フォーカス群のパワーが強くなり過ぎ、すなわちフォーカス群内のレンズのパワーが強くなり過ぎてしまい、環境変化の影響を受けやすくなり好ましくない。

【0046】

本実施形態では、あるいはこれに対応する後述の実施例1では、変倍範囲を比較的広く

10

20

30

40

50



とっているため、第 1 - 2 レンズ群 4 2 を構成する 2 枚のレンズを独立して移動させている。ただし、変倍範囲を小さく設定する場合には、これらのうち 1 枚のレンズのみの移動や、または 2 枚のレンズをセットでの移動でも十分なフォーカスが可能となる場合もある。

【 0 0 4 7 】

上記のような観点から、焦点距離  $f_{12}$  や焦点距離  $f_p$  ,  $f_n$  等について、上記条件式 ( 3 ) や条件式 ( 4 ) を満足することが好ましい。

【 0 0 4 8 】

なお、条件式 ( 4 ) は、環境変化などの影響をできるだけ小さく保ちながら、フォーカス時の性能変化を十分小さく抑えるための条件である。例えば、第 1 - 2 レンズ群 4 2 を構成する正レンズの焦点距離  $f_p$  と負レンズの焦点距離  $f_n$  との比が、条件式 ( 4 ) の範囲を外れると、焦点移動が大きくなり、他のレンズでの収差をキャンセルするように補正することが困難となる。

10

【 0 0 4 9 】

また、条件式 ( 4 ) の下限を超えて正レンズの焦点距離  $f_p$  が大きくなり過ぎる、すなわち正のパワーが弱くなり過ぎると、フォーカス時の像面湾曲、非点収差を補正することが困難になる。

【 0 0 5 0 】

また、条件式 ( 4 ) の上限を超えて負レンズの焦点距離  $f_n$  が大きくなり過ぎる、すなわち負のパワーが弱くなり過ぎると、第 1 光学群 4 0 a のバックフォーカスを長くすることが困難になる。

20

【 0 0 5 1 】

以下、投射光学系 4 0 のうち、第 1 光学群 4 0 a を構成する各レンズについて縮小側から順に説明する。まず、既述のように、第 1 光学群 4 0 a は、第 1 - 1 レンズ群 4 1 と第 1 - 2 レンズ群 4 2 とが、全体で 11 枚のレンズによって構成されている。第 1 - 1 レンズ群 4 1 のうち、縮小側のレンズ群 E 1 は、レンズ L 1 ~ L 7 を有し、拡大側のレンズ群 E 2 は、レンズ L 8 , L 9 を有する。第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、2 枚のレンズ L 1 0 , L 1 1 を有する。

【 0 0 5 2 】

第 1 - 1 レンズ群 4 1 のうち、開口絞り S T よりも縮小側に設けられたレンズ群 E 1 について、レンズ L 1 , L 2 , L 4 , L 5 , L 7 は、正凸レンズであり、レンズ L 3 , L 6 は、負凹レンズである。レンズ L 2 とレンズ L 3 とは、接合レンズとなっており、レンズ L 4 は、両面非球面の非球面レンズとなっており、レンズ L 5 とレンズ L 6 とレンズ L 7 とは接合レンズとなっている。

30

【 0 0 5 3 】

第 1 - 1 レンズ群 4 1 のうち、開口絞り S T よりも拡大側に設けられたレンズ群 E 2 について、レンズ L 8 は、負凹レンズであり、レンズ L 9 は、正凸レンズである。レンズ L 8 とレンズ L 9 とは、接合レンズとなっている。

【 0 0 5 4 】

なお、レンズ L 1 ~ L 9 は、ガラス製であり、レンズ L 4 を除き球面レンズである。また、レンズ L 1 ~ L 9 は、光軸 O A について軸対称な円形状である。

40

【 0 0 5 5 】

第 1 - 2 レンズ群 4 2 のうち、レンズ L 1 0 は、正メニスカスレンズであり、レンズ L 1 1 は、負メニスカスレンズである。なお、レンズ L 1 0 , L 1 1 は、両面非球面で樹脂製の非球面レンズであり、光軸 O A について軸対称な円形状となっている。

【 0 0 5 6 】

以上のように、第 1 光学群 4 0 a は、全体として 11 枚のレンズ ( レンズ L 1 ~ L 1 1 ) で構成されている。

【 0 0 5 7 】

第 2 光学群 4 0 b は、既述のように、1 枚の凹面非球面形状を有する光軸 O A について

50

軸対称なミラーMRで構成されている。ミラーMRは、第1光学群40aから射出された映像光をスクリーン等の被照射面に向けて反射する。

【0058】

なお、上記のように、第1光学群40aを構成するレンズL1~L11や第2光学群40bを構成するミラーMRは、光軸OAについて軸対称な形状となっている。すなわち、レンズL1~L11と、ミラーMRが有する反射面とは、共通の光軸OAに対して回転対称である。

【0059】

また、以上のような構成の投射光学系40では、第1光学群40aにより、第2光学群40bの手前で中間像を形成している。すなわち、投射光学系40は、まず、第1光学群40aにおいて、ミラーである第2光学群40bの手前で画像を結像させている、言い換えると、第1光学群40aは、ミラーMRの手前で1次像(中間像)を作っている。その後、投射光学系40は、第2光学群40bによって画像をスクリーンに再結像させることで、近接投射を行っている。

10

【0060】

また、図示のように、投射光学系40において、縮小側は、略テレセントリックである。これにより、例えば上記のように、クロスダイクロイックプリズム19において各液晶パネル18R、18G、18Bで変調された光を合成して画像光とする場合において組み立てのバラツキを吸収しやすいものとすることができる。

【0061】

以上のように、本実施形態に係る投射光学系40及びこれを用いた投射型画像表示装置であるプロジェクター2では、投射光学系40において、中間像を形成する第1光学群40aと、第1光学群40aで形成された中間像を拡大投射する第2光学群40bとが、上記したレンズの有効径の比 $h_2/h_1$ や、条件式(1)等について諸条件を満たしている。これにより、まず、プロジェクター2へ投射光学系40が組み込まれた場合に、近距離から投射して大画面を良好に映し出すことを可能にしている。その上で、さらに、投射光学系40におけるレンズ全系の全長を短くし直線配置としてコンパクト化することが可能となっている。すなわち、光学系全体をコンパクトな構成とすることができる。

20

【0062】

〔第2実施形態〕

以下、図4等を参照して、第2実施形態に係る投射光学系及びこれを組み込んだ投射型画像表示装置について詳細に説明する。本実施形態は、第1実施形態の変形例であり、投射光学系において光路偏向部を有することを除いて、第1実施形態の場合と同様であるので、同一の機能を有するものについては、同じ名称や符号を適用し、各部の詳細な説明については省略する。特に、投射光学系全体の図示及び説明については、図1、図2を参照して説明した場合と同様であるので、省略する。

30

【0063】

図4は、本実施形態に係る投射型画像表示装置に適用される投射光学系について概念的に説明するための概略平面図である。ここでの投射光学系は、既述のように、光路偏向部を有するものとなっている。また、図5は、投射型画像表示装置としてのプロジェクターにおける物体面から凹面反射ミラーまでの一部拡大図であり、図3に対応する図である。ただし、光路偏向部による折り曲げの様子を見やすくするために図3とは方向が異なっている。さらに、図6は、投射光学系における光路の様子を別の方向から示すための背面図である。すなわち、図6は、投射光学系を画像表示素子側から見た図である。

40

【0064】

本実施形態に係る投射光学系40は、第1光学群40aと第2光学群40bとの間に、光路を偏向させるための少なくとも1つ以上の光路偏向部を有することにより光路を折り曲げている点において第1実施形態に例示した投射光学系と異なっている。ここでは、一例を図示するように、第1光学群40aと第2光学群40bとの間に、光路を偏向させるため、第1光路偏向部AP1と、第2光路偏向部AP2との2つの光路偏向部を有するも

50

のについて説明する。

【0065】

第1実施形態においては、少ないレンズ構成で投射光学系の全長を短くして装置全体の光軸方向の長さを短縮する構成をとる態様としていたが、本実施形態では、第1実施形態の場合とは逆に、投射光学系40の全長を長くする、すなわち図4等に示すように、第1光学群40aと第2光学群40bとの間隔を大きく開け、間に設置した第1及び第2光路偏向部AP1、AP2により投射光学系40の光路を屈曲させることで、装置全体の小型化を図る構成とすることを特徴としている。

【0066】

以下、図4、図5及び図6等を参照して、本実施形態の投射光学系40について具体的に説明する。なお、図5等で例示した投射光学系40は、後述する実施例2の投射光学系40と同一の構成となっている。

【0067】

ここでは、図4に示すように、投射光学系40は、レンズや曲面ミラー等で構成される光学的機能としての主要部である第1光学群40a及び第2光学群40bのほか、光軸OAに対して傾斜した反射面を有する平面ミラーでそれぞれ構成され光路を折り曲げるための第1光路偏向部AP1と第2光路偏向部AP2とを有する。すなわち、第1光路偏向部AP1と第2光路偏向部AP2とは、第1光学群40aと第2光学群40bとの間において互いに向き合った2つの反射面を形成するものとして一対構成で配置され、画像光の光路を偏向させる。また、図4に例示するように、第1光路偏向部AP1と第2光路偏向部AP2とは、一体成型された保持部PPで位置決めされることで、光軸OAに対して、特定の角度で傾いた状態となるとともに互いの配置関係が維持された状態で固定されている。なお、図示のように、ここでは、光路上流側に第1光路偏向部AP1が配置され、光路下流側に第2光路偏向部AP2が配置されている。さらに、図5に示すように、第1光路偏向部AP1は、第1光学群40aにより形成される中間像の位置よりも光路上流側に位置する一方、第2光路偏向部AP2は、中間像の位置よりも光路下流側に位置する。さらに、第1及び第2光路偏向部AP1、AP2は、図4～6に示すように、上下方向すなわちY方向について光路を折り曲げるのみならず、左右方向すなわちX方向についても、光路を折り曲げるものとなるように反射面を傾けて配置されている。

【0068】

以下、投射光学系40のうち光学的機能としての主要部である第1光学群40a及び第2光学群40bの構成についての具体的一構成例を説明する。

【0069】

投射光学系40は、縮小側から順に、複数のレンズからなり正のパワーを有する第1光学群40aと、1枚の凹面非球面形状を有する反射面を含むミラーMRで構成される第2光学群40bとからなる。

【0070】

なお、第1実施形態の場合と同様に、第1光学群40aは、縮小側共役位置に配置された画像表示素子の中間像を形成し、第2光学群40bは、第1光学群40aで形成された中間像をスクリーン等の被照射面に向けて拡大投影する。

【0071】

第1光学群40aは、縮小側に設けられ、正のパワーを有する第1-1レンズ群41と、拡大側に設けられ、正または負のパワーを有する第1-2レンズ群42とからなる。なお、第1光学群40aは、10枚のレンズL1～L10で構成されており、これらのレンズの一部が第1-1レンズ群41であり、残りが第1-2レンズ群42である。

【0072】

ここで、第1光学群40aにおいて、第1-1レンズ群41と、第1-2レンズ群42とは、各レンズの空気間隔を挟んで隣り合うレンズ面の有効径 $h_1$ 、 $h_2$ についての比 $h_2/h_1$ が、初めて1.2を超える空気間隔を境として定められる。図示の例では、縮小側から数えて8枚目のレンズL8と、9枚目のレンズL9との間の空気間隔DAが境とな

10

20

30

40

50

る。すなわち、空気間隔  $D_A$  における縮小側のレンズ面であるレンズ  $L_8$  の拡大側のレンズ面の有効径  $h_1$  と、空気間隔  $D_A$  における拡大側のレンズ面であるレンズ  $L_9$  の縮小側のレンズ面の有効径  $h_2$  とが、上記した比についての条件を満たす。

【0073】

なお、第1-1レンズ群41は、内部に開口絞りSTを有しており、ここでは、開口絞りSTよりも縮小側のレンズ群E1と、開口絞りSTよりも拡大側のレンズ群E2とからなるものとする。図示の例では、レンズ群E1は、レンズL1~L7で構成され、レンズ群E2は、レンズL8で構成される。

【0074】

また、図示の例では、第1-2レンズ群42は、2枚のレンズすなわちレンズL9, L10から構成されている。これらのうち、縮小側のレンズL9は、拡大側に凸面を向けた正のパワーを有する正レンズである。一方、拡大側のレンズL10は、負のパワーを有する負レンズである。また、第1-2レンズ群42は、複数の面に非球面を有している。

【0075】

第1-2レンズ群42は、変倍に伴うフォーカスの際に光軸方向に移動する。すなわち、第1-2レンズ群42は、変倍に伴うフォーカスの際に、図示を省略するアクチュエーターにより、2枚のレンズL9, L10のうち、少なくとも1枚のレンズを光軸方向、すなわち光軸OAに沿った方向に動かすことにより合焦を行う。

【0076】

また、本実施形態においてにおいても、第1実施形態の場合と同様に、条件式(1)~(4)を満たしている。

【0077】

条件式(1)の下限を超えると、第1光学群40aの焦点距離 $f_1$ が投射光学系40の全長である距離TLに対して短くなり過ぎてしまい、十分なバックフォーカスを維持しながら、少ないレンズ構成の第1光学群40aであっても収差補正を良好に行えるようにする、ということが困難になる。また、第1光学群40aの焦点距離 $f_1$ が短くなり過ぎると、第1光学群40aから発散される角度がきつくなり、ミラーである第2光学群40b等のサイズを小さく抑えながら第1光学群40aと第2光学群40bとの間隔を広くする、ということが困難になる。

【0078】

また、条件式(1)の上限を超えると、第2光学群40bの焦点距離が長くなり過ぎてしまい、第1光学群40aから中間像までの距離が長くなりすぎ、これに従い中間像も大きくなるため、第2光学群40bを大きくする必要が生じてしまう。すなわち、小型化という観点からは、好ましくないものとなる。

【0079】

さらに、本実施形態では、投射光学系40は、第1光学群40aと第2光学群40bとの空気間隔をDとするとき、条件式

$$0.1 < f_1 / D < 0.3 \dots (5)$$

を満足している。

【0080】

条件(5)は、第1光学群40aと第2光学群40bとの中間像までの距離の比に関する条件であり、光路偏向手段である第1及び第2光路偏向部AP1, AP2を効率よく配置するための条件である。

【0081】

例えば、2枚のミラーを第1及び第2光路偏向部AP1, AP2として配置する場合、第1光学群40aと中間像の間には、第1光路偏向部AP1が配置され、第1光路偏向部AP1と第2光学群40bとの間に第2光路偏向部AP2が配置される。この場合に、条件式(5)の下限を超えると、中間像と第2光学群40bの距離が短くなり過ぎ、第2光路偏向部AP2を、中間像と第1光路偏向部AP1との間に配置しなくてはならなくなり、設計上好ましくない。また、条件式(5)の上限を超えると、第1光学群40aと中間

10

20

30

40

50

像の距離が短くなり過ぎ、第1及び第2光路偏向部AP1, AP2を配置するための間隔を十分に確保することが困難になる。

【0082】

以下、図5を参照して、投射光学系40のうち、第1光学群40aを構成する各レンズについて縮小側から順に説明する。まず、既述のように、第1光学群40aは、第1-1レンズ群41と第1-2レンズ群42とが、全体で10枚のレンズによって構成されている。第1-1レンズ群41のうち、縮小側のレンズ群E1は、レンズL1~L7を有し、拡大側のレンズ群E2は、レンズL8を有する。第1-2レンズ群42は、2枚のレンズL9, L10を有する。

【0083】

第1-1レンズ群41のうち、開口絞りSTよりも縮小側に設けられたレンズ群E1について、レンズL1, L2, L4, L5, L7は、正凸レンズであり、レンズL3, L6は、負凹レンズである。レンズL2とレンズL3とは、接合レンズとなっており、レンズL4は、両面非球面で正のメニスカスレンズとなっており、レンズL5とレンズL6とレンズL7とは接合レンズとなっている。

【0084】

第1-1レンズ群41のうち、開口絞りSTよりも拡大側に設けられたレンズ群E2について、レンズL8は、拡大側に凸面を向けた正のメニスカスレンズである。

【0085】

なお、レンズL1~L8は、ガラス製であり、レンズL4を除き球面レンズである。また、レンズL1~L8は、光軸OAについて軸対称な円形状である。

【0086】

第1-2レンズ群42のうち、レンズL9は、拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズであり、レンズL10は、光軸近傍で凹面形状の負メニスカスレンズである。なお、レンズL9, L10は、両面非球面で樹脂製の非球面レンズであり、光軸OAについて軸対称な円形状となっている。

【0087】

以上のように、第1光学群40aは、全体として10枚のレンズ(レンズL1~L10)で構成されている。

【0088】

第2光学群40bは、既述のように、1枚の凹面非球面形状を有する光軸OAについて軸対称なミラーMRで構成されている。ミラーMRは、第1光学群40aから射出された映像光をスクリーン等の被照射面に向けて反射する。

【0089】

なお、上記のように、第1光学群40aを構成するレンズL1~L10や第2光学群40bを構成するミラーMRは、光軸OAについて軸対称な形状となっている。すなわち、レンズL1~L10と、ミラーMRが有する反射面とは、共通の光軸OAに対して回転対称である。

【0090】

以上のように、本実施形態に係る投射光学系40及びこれを用いた投射型画像表示装置であるプロジェクター2では、投射光学系40において、中間像を形成する第1光学群40aと、第1光学群40aで形成された中間像を拡大投射する第2光学群40bとが、上記したレンズの有効径の比 $h_2/h_1$ や、条件式(1)等について諸条件を満たしている。これにより、まず、プロジェクター2へ投射光学系40が組み込まれた場合に、近距離から投射して大画面を良好に映し出すことを可能にしている。その上で、さらに、第1光学群40aと第2光学群40bの間隔を大きく開けて光路途中に2方向に光路を偏向させる第1及び第2光路偏向部AP1, AP2を配置させて光路を屈曲させることにより、コンパクト化することが可能となっている。すなわち、光学系全体をコンパクトな構成とすることができる。

【0091】

10

20

30

40

50

なお、第1実施形態において例示した投射光学系の構成について、本実施形態のように光路偏向部を設けることも考えられ、逆に、本実施形態において例示した投射光学系の構成について、第1実施形態のように投射光学系の全長を短くする態様とすることも考えられる。すなわち、投射光学系40について、レンズ全系の全長を短くし直線配置としてコンパクト化することも可能であり、第1光学群40aと第2光学群40bの間隔を広くして光路途中に2方向に光路を偏向させる部材を配置することも可能である。

【0092】

また、本実施形態では、第1光学群40aと第2光学群40bとの間に、他の光学素子を入れることなく2つの光路偏向部AP1, AP2を設け、光路を2回屈曲させている。

【0093】

この際、上記では、2つの光路偏向部AP1, AP2を向き合わせに配置していることで、例えば、第1レンズ群の光路と第2レンズ群の光路を平面視において平行となるように移動させることが可能となる。したがって、例えば、第1光学群40aから射出された画像光の光軸OAの向きを、第1光路偏向部AP1により画面長手方向に偏向し、第1光路偏向部AP1により偏向された光軸OAの向きを第2光路偏向部AP2によって第1光学群40aから射出されたときの向きと同じ進行方向に戻す、といったことが可能になる。

【0094】

なお、従来の光学系においても、装置の小型化のために光路を2回屈曲させることが試みられていた。しかし、従来において、光路を2回屈曲させるためには、結像レンズ内において、リレー光学系や、光路偏向光学素子等を入れる、といったことが必要であった。これに対して、本願では、光路偏向部AP1, AP2を中間像が形成される空間に設けており、結像レンズ内に設けるよりも性能などへの影響が小さいものとなっている。

【0095】

また、例えば一般的な小型プロジェクターでは、電源部、光源などからなる光学エンジン部分はまとめて配置され、これらが本体の半分以上を占めていた。このため、投射光学系は、それらの光学エンジン部を避けて、筐体の端に配置されることが多く、左右非対称になることが多い。これに対して、本願の構成を適用すれば、光路を偏向させることで、光射出部を、プロジェクターの筐体の中央部に配置させることが可能となる。

【0096】

また、本願の第2光学群40bのように、光路下流側にミラーを用いるミラー系の投射光学系では、一般に当該ミラーの部分が飛び出してしまうことが多く、また、光射出部が光軸の近くにくるので筐体の一部を切り欠かないといけない、あるいは、光軸について軸対称な当該ミラーの一部を切り欠かないといけない、といった欠点もあった。これに対して、本実施形態では、互いに向い合せた2つの光路偏向部AP1, AP2を光軸OAに対して傾けることで、ミラー部分すなわち第2光学群40bをシフトさせることが可能となる。これにより、例えば、ミラー底部の飛び出しがなくするとともに、光射出部も第1光学群40aから離れた位置に移動させることができ、また、全体的に薄型化を図ることも可能となる。

【0097】

また、最も拡大側に凹面ミラーを使用した直線光学系では、最終的なスクリーン上の画面位置を下げようとした場合、当該凹面ミラーで反射した光路が、屈折光学系の拡大側に配置されたフォーカス群と干渉する場合がある。このような場合、当該フォーカス群のレンズの一部を切り欠く必要があり、一般的な円筒上の鏡筒が使用できなくなり、変形鏡筒を使用する必要が生じる。これに対して、上記のように、光路偏向部AP1, AP2により光路を偏向させ、最も拡大側の第2光学群40bの光軸の高さを、屈折光学系を構成する第1光学群40aの光軸の高さと比べて変化させることで、第1光学群40aの拡大側のレンズとの干渉を防ぐことができる。これにより、第1光学群40aは、一般的な円筒形状の鏡筒とすることが可能となる。

【0098】

10

20

30

40

50

〔実施例〕

以下、投射光学系 40 の具体的な実施例について説明する。以下に説明する実施例 1 ~ 6 に共通する諸元の意義を以下にまとめた。

- f 全系の焦点距離
- 半画角
- NA 開口数
- R 曲率半径
- D 軸上面間隔（レンズ厚又はレンズ間隔）
- Nd d線の屈折率
- Vd d線のアッペ数
- H 有効半径

10

【0099】

非球面は、以下の多項式（非球面式）によって特定される。

偶数次高次非球面

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)c^2h^2}} + A04 \cdot h^4 + A06 \cdot h^6 + A08 \cdot h^8 + A10 \cdot h^{10} + A12 \cdot h^{12} + A14 \cdot h^{14}$$

奇数次高次非球面

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)c^2h^2}} + A04 \cdot h^3 + A06 \cdot h^4 + A08 \cdot h^5 + A10 \cdot h^6 + A12 \cdot h^7 + A14 \cdot h^8 + A04 \cdot h^9 + A06 \cdot h^{10} + A08 \cdot h^{11} + A10 \cdot h^{12} + A12 \cdot h^{13} + A14 \cdot h^{14}$$

20

ただし、

- c : 曲率（1 / R）
- h : 光軸からの高さ
- k : 非球面の円錐係数
- Ai : 非球面の高次非球面係数

なお、OBJは、パネル面PIを意味し、STOは開口絞りSTを意味し、IMGは、スクリーン上の像面（被投射面）を意味する。また、面番号の後に「\*」や「\*\*」が記載されている面は、非球面形状を有する面であり、「\*」は、偶数次高次非球面であり、「\*\*」は、奇数次高次非球面である。

30

【0100】

（実施例1）

実施例1のレンズ面のデータを以下の表1に示す。

〔表1〕

F 2.83  
 FNo 2.00  
 71.8

40

面番号	R	D	Nd	Vd	H
OBJ	Infinity	6.060			
1	Infinity	22.920	1.51633	64.1	
2	Infinity	1.000			
3	41.478	5.195	1.92286	20.9	11.65
4	-44.377	0.150			11.51
5	38.163	6.000	1.49700	81.5	10.12
6	-18.859	1.000	1.92286	20.9	9.25
7	25.459	0.150			8.59
*8	12.500	6.166	1.49700	81.5	8.78

50

*9	-100.333	2.294			8.15
10	11.483	5.500	1.48749	70.2	6.20
11	-11.328	1.000	2.00100	29.1	5.52
12	8.663	4.500	1.92286	20.9	5.30
13	-24.491	1.051			5.24
STO	Infinity	4.000			4.87
15	-24.932	1.000	2.00100	29.1	4.74
16	13.443	3.000	1.84666	23.8	4.98
17	-30.427	d17			5.20
*18	14.320	3.500	1.53116	56.0	9.30
*19	34.843	d19			9.84
*20	-9.588	2.000	1.53116	56.0	11.07
*21	-101.953	d21			12.75
*22	-29.990	d22	反射面		
IMG	Infinity				

10

以上の表 1 及び以下の表において、10 のべき乗数 (例えば  $1.00 \times 10^{+18}$ ) を E (例えば  $1.00E+18$ ) を用いて表すものとする。

【 0 1 0 1 】

以下の表 2 は、実施例 1 のレンズ面の非球面係数である。

〔表 2〕

20

偶数次非球面係数

面番号	8	9	18	19
K	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A04	2.6279E-05	4.8641E-05	-2.2504E-04	-2.3357E-04
A06	7.5019E-08	-1.6686E-08	1.7238E-06	2.9542E-06
A08	1.8515E-10	-1.7012E-09	-1.5666E-08	-1.5173E-08
A10	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A14	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	20	21	22	
	-0.52745	0.00000	-0.60293	
	1.5923E-04	4.8134E-05	3.0133E-06	
	1.5304E-06	-4.5729E-07	-1.7929E-09	
	-4.5527E-09	1.9175E-09	1.6901E-12	
	0.0000E+00	-5.4530E-12	-7.3894E-16	
	0.0000E+00	0.0000E+00	3.3042E-20	
	0.0000E+00	0.0000E+00	6.1366E-23	

30

【 0 1 0 2 】

以下の表 3 は、投射距離を変更した場合において、表 1 中の可変間隔 d 1 7 , d 1 9 , d 2 1 , d 2 2 の値を示している。

40

〔表 3〕

可変間隔

投射距離	基準距離	近距離	遠距離
d17	5.808	5.652	5.946
d19	7.587	7.614	7.552
d21	60.119	60.247	60.016
d22	-376.756	-305.590	-503.072

【 0 1 0 3 】

図 7 は、実施例 1 の投射光学系の断面図である。図 7 の投射光学系は、第 1 実施形態の

50



投射光学系 40 に相当する。図 7 において、投射光学系 40 は、パネル面 P I 上の像をスクリーンまでの距離に応じた倍率で拡大投射するものである。投射光学系 40 の第 1 光学群 40 a は、縮小側から順に、第 1 - 1 レンズ群 41 のレンズ群 E 1 を構成するレンズ L 1 ~ L 7 と、レンズ群 E 2 を構成するレンズ L 8 , L 9 と、第 1 - 2 レンズ群 42 を構成するレンズ L 10 , L 11 との 11 枚のレンズ L 1 ~ L 11 を有する。例えば壁面投射から床面投射に変更する場合のように、投射位置が変わる（投射距離が変わる）ことにより変倍が行なわれる。このような変倍に伴うフォーカスに際して、第 1 - 1 レンズ群 41 は固定されたままである一方、第 1 - 2 レンズ群 42 はそれぞれ移動する。すなわち、第 1 - 2 レンズ群 42 は、変倍時に、2 つのレンズ L 10 , L 11 を独立に移動させることで合焦を行う。

10

【 0 1 0 4 】

なお、各レンズ L 1 ~ L 11 等について詳しい説明は、図 3 を参照して説明したが、以下、縮小側から順に、纏めて記載すると、第 1 光学群 40 a は、両凸形状で正の第 1 レンズ L 1 と、両凸形状で正の第 2 レンズ L 2 と両凹形状で負の第 3 レンズ L 3 との接合レンズと、両凸形状で両面に非球面が施された正の第 4 レンズ L 4 と、両凸形状で正の第 5 レンズ L 5 と両凹形状で負の第 6 レンズ L 6 と両凸形状の正の第 7 レンズとの 3 枚接合レンズと、両凹形状で負の第 8 レンズ L 8 と両凸形状で正の第 9 レンズ L 9 との接合レンズと、縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された正の第 10 レンズ L 10 と、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された負の第 11 レンズ L 11 と、からなる 11 枚のレンズで構成される。なお、各レンズの曲率等の具体的データについては、上記表 1 に示す通りである。

20

【 0 1 0 5 】

また、上記のうち、第 9 レンズ L 9 と第 10 レンズ L 10 との間において有効径の比が初めて 1 . 2 を超えている。また、ミラー M R は、凹面形状の 1 枚の非球面ミラーで構成されている。

【 0 1 0 6 】

図 8 は、投射倍率を変更したときの投射光学系の縮小側収差図（球面収差、非点収差、歪曲収差）であり、上段、中段、下段がそれぞれ表 3 の基準距離、近距離、遠距離での縮小側収差図に対応する。

30

【 0 1 0 7 】

（実施例 2）

実施例 2 のレンズ面のデータを以下の表 4 に示す。

〔表 4〕

F 2.84  
 FNo 2.00  
 71.9

面番号	R	D	Nd	Vd	H
OBJ	Infinity	6.060			
1	Infinity	22.920	1.51633	64.1	
2	Infinity	1.000			
3	826.547	4.793	1.92286	20.9	12.70
4	-32.098	0.150			12.87
5	18.689	6.000	1.75700	47.8	11.20
6	-753.540	1.000	1.92286	20.9	10.21
7	19.533	4.000	1.51633	64.1	8.92
8	92.555	1.669			8.10
9	12.438	5.000	1.48749	70.2	6.40
10	-20.781	1.000	2.00100	29.1	5.44
11	7.530	3.500	1.53172	48.8	4.78

40

50

12	90.116	0.626			4.77
STO	Infinity	4.000			4.77
*14	-18.968	2.000	1.92286	20.9	5.62
*15	-12.388	d15			6.02
*16	15.653	4.034	1.53116	56.0	13.55
*17	84.941	d17			14.04
*18	-5291.749	1.800	1.53116	56.0	14.97
*19	17.902	d19			15.63
*20	-32.630	d20	反射面		
IMG	Infinity				

10

【 0 1 0 8 】

以下の表 5 は、実施例 2 のレンズ面の非球面係数である。

〔表 5〕

偶数次非球面係数

面番号	14	15	16	17
K	2.33407	1.23752	0.00000	0.00000
A04	-4.4759E-05	-2.2674E-05	-4.6664E-05	1.1546E-04
A06	0.0000E+00	1.0675E-07	2.7283E-07	3.4973E-07
A08	0.0000E+00	6.8553E-09	-3.5462E-09	-6.3042E-09
A10	0.0000E+00	0.0000E+00	2.5965E-12	1.2651E-11
A12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A14	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	18	19	20	
	-89.00000	-0.14237	-0.80452	
	8.4106E-05	-1.2854E-04	3.5649E-06	
	-2.0060E-07	4.2684E-07	-2.6410E-09	
	6.7402E-10	-1.1337E-09	2.3227E-12	
	-3.3643E-12	-2.2743E-13	-1.4153E-15	
	0.0000E+00	0.0000E+00	4.8696E-19	
	0.0000E+00	0.0000E+00	-6.9656E-23	

20

30

【 0 1 0 9 】

以下の表 6 は、投射距離を変更した場合において、表 4 中の可変間隔 d 1 5 , d 1 7 , d 1 9 , d 2 0 の値を示している。

〔表 6〕

可変間隔

投射距離	基準距離	近距離	遠距離
d15	18.194	17.835	18.556
d17	4.252	4.249	4.260
d19	113.000	113.363	112.631
d20	-376.756	-305.433	-503.842

40

【 0 1 1 0 】

以下の表 7 は、光路を折り曲げる屈曲面である第 1 及び第 2 光路偏向部 A P 1 , A P 2 と、ミラー M R すなわち第 2 光学群 4 0 b についてのデータである。回転は、第 1 光学群 4 0 a の射出時における光軸 O A の向きに対する各反射面の傾きを示している。なお、投射距離については、基準距離でのデータを示している。

〔表 7〕

屈曲面データ

面番号	R	D	回転
*19	17.902	23.000	0.0

50

19-1	Infinity	0.000	-40.0	反射面
19-2	Infinity	-50.000	-40.0	
19-3	Infinity	0.000	40.0	反射面
19-4	Infinity	40.000	40.0	
*20	-32.630	-376.756	0.0	反射面

## 【0111】

図9は、実施例2の投射光学系の断面図である。図9の投射光学系は、第2実施形態の投射光学系40に相当する。なお、図示では、光路を折り曲げるのみでパワーを有しない第1及び第2光路偏向部AP1、AP2については省略し、これらの箇所での折り曲げについては、展開した図としている。図9において、投射光学系40は、パネル面PI上の像をスクリーンまでの距離に応じた倍率で拡大投射するものである。投射光学系40の第1光学群40aは、縮小側から順に、第1-1レンズ群41のレンズ群E1を構成するレンズL1~L7と、レンズ群E2を構成するレンズL8と、第1-2レンズ群42を構成するレンズL9、L10との10枚のレンズL1~L10を有する。

10

## 【0112】

なお、各レンズL1~L10等について詳しい説明は、図5を参照して説明したが、以下、縮小側から順に、纏めて記載すると、第1光学群40aは、両凸の正の第1レンズL1と、両凸形状で正の第2レンズL2と両凹形状で負の第3レンズL3と縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で正の第4レンズL4との3枚接合レンズと、両凸形状で正の第5レンズL5と両凹形状で負の第6レンズL6と縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で正の第7レンズL7との3枚接合レンズと、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された正の第8レンズL8と、縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された正の第9レンズL9と、光軸近傍において両凹形状で両面に非球面が施された負の第10レンズL10と、からなる10枚のレンズで構成される。なお、各レンズの曲率等の具体的データについては、上記表4に示す通りである。

20

## 【0113】

また、上記のうち、第8レンズL8と第9レンズL9との間において有効径の比が初めて1.2を超えている。また、ミラーMRは、凹面形状の1枚の非球面ミラーで構成されている。

## 【0114】

図10は、投射倍率を変更したときの投射光学系の縮小側収差図（球面収差、非点収差、歪曲収差）であり、上段、中段、下段がそれぞれ表6の基準距離、近距離、遠距離での縮小側収差図に対応する。

30

## 【0115】

実施例2では、第10レンズL10とミラーMRとの間隔を非常に広くとった構成としている。こうすることで、これらの間に光路を偏向させる手段である光路偏向部が設置可能となっている。これにより、例えば折り曲げずに直線で配置するよりも光軸方向の短縮化が可能となり、かつ、レンズ群を筐体の左右どちらかに配置しても、最終的な光束の射出位置を筐体の中央に配置することが可能となり、さらに、デザインの的にも有利にできる。

40

## 【0116】

また、例えば、光路偏向部により光軸を偏向することで、画像表示素子の縦軸または横軸に対して傾けることにより、光束の射出位置を光軸から離すことができ、かつ、光射出側のミラーの底部を光軸に近づけることが可能となり、装置全体の薄型化も可能となる。

## 【0117】

(実施例3)

実施例3のレンズ面のデータを以下の表8に示す。本実施例及び後述する実施例4では、実施例1のような小型形状を維持しながら、第1光学群40aよりも簡略化を行い、実施例1では9枚構成としていた第1光学群40aの第1-1レンズ群41を、実施例3では7枚構成、実施例4では6枚構成としている。なお、第1-2レンズ群42については

50

、 2 枚構成としている。

〔表 8〕

F 2.81  
FNo 2.00  
72.1

面番号	R	D	Nd	Vd	H	
OBJ	Infinity	6.060				
1	Infinity	22.920	1.51633	64.1		
2	Infinity	1.000				10
*3	35.000	4.967	1.72903	54.0	10.51	
*4	-48.571	0.150			10.04	
5	19.653	4.500	1.49700	81.5	8.97	
6	-245.467	0.100			8.03	
7	158.455	1.686	2.00069	25.5	7.71	
8	34.653	0.100			6.93	
9	15.357	5.000	1.57099	50.8	6.50	
10	-13.107	1.200	2.00100	29.1	5.91	
11	969.127	6.299			5.68	
STO	Infinity	3.000			4.72	20
13	605.915	1.000	2.00100	29.1	4.99	
14	12.975	3.000	1.84666	23.8	5.07	
15	-36.800	d15			5.20	
*16	15.167	3.500	1.53116	56.0	10.02	
*17	27.732	d17			10.80	
*18	-11.886	2.000	1.53116	56.0	11.08	
*19	207.359	d19			13.21	
*20	-31.891	d20	反射面			
IMG	Infinity	0				

【 0 1 1 8 】

30

以下の表 9 は、実施例 3 のレンズ面の非球面係数である。

〔表 9〕

偶数次非球面係数

面番号	3	4	16	17	
K	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	
A04	7.2822E-05	5.6369E-05	-1.6403E-04	-2.0601E-04	
A06	7.0327E-08	1.6600E-07	1.1653E-06	2.1175E-06	
A08	-8.5854E-10	-1.6173E-09	-1.2931E-08	-9.7774E-09	
A10	4.5881E-12	4.7174E-12	0.0000E+00	0.0000E+00	
A12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	40
A14	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
	18	19	20		
	-0.36623	0.00000	-0.76477		
	6.0490E-05	6.0573E-06	2.6087E-06		
	7.8490E-07	-2.7606E-07	-2.1636E-09		
	4.1586E-09	1.4009E-09	1.7707E-12		
	2.5469E-11	-3.8783E-12	-9.2004E-16		
	-3.8495E-13	-1.1434E-14	2.3075E-19		
	0.0000E+00	0.0000E+00	-2.2054E-23		50

## 【 0 1 1 9 】

以下の表 1 0 は、投射距離を変更した場合において、表 8 中の可変間隔 d 1 5 , d 1 7 , d 1 9 , d 2 0 の値を示している。

## 〔表 1 0〕

可変間隔

投射距離	基準距離	近距離	遠距離
d15	8.604	8.400	8.797
d17	5.086	5.134	5.036
d19	69.827	69.983	69.684
d20	-376.756	-306.717	-501.359

10

## 【 0 1 2 0 】

図 1 1 は、実施例 3 の投射光学系の断面図である。実施例 3 では、第 1 光学群 4 0 a は、両凸形状で両面に非球面が施された正の第 1 レンズ L 1 と、両凸形状で正の第 2 レンズ L 2 と、縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で負の第 3 レンズ L 3 と、両凸形状で正の第 4 レンズ L 4 と両凹形状で負の第 5 レンズ L 5 との接合レンズと、縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で負の第 6 レンズ L 6 と両凸形状で正の第 7 レンズとの接合レンズ L 7 と、縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された正の第 8 レンズ L 8 と、両凹形状で両面に非球面が施された負の第 9 レンズ L 9 と、からなる 9 枚のレンズで構成される。

## 【 0 1 2 1 】

また、上記のうち、第 7 レンズ L 7 と第 8 レンズ L 8 との間において有効径の比が初めて 1 . 2 を超えている。すなわち、第 1 - 1 レンズ群 4 1 は、レンズ L 1 ~ L 7 で構成され、第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、レンズ L 8 , L 9 で構成されている。また、開口絞り S T は、第 5 レンズ L 5 と第 6 レンズ L 6 との間に位置している。すなわち、第 1 - 1 レンズ群 4 1 のうち、レンズ群 E 1 は、レンズ L 1 ~ L 5 で構成され、レンズ群 E 2 は、レンズ L 6 , L 7 で構成されている。また、第 2 光学群 4 0 b を構成するミラー M R は、凹面形状の 1 枚の非球面ミラーで構成されている。

20

## 【 0 1 2 2 】

上記実施例 3 では、実施例 1 に対して、屈折率 2 程度の高屈折ガラスを適所に配置することで、実施例 1 と同等の性能を維持しつつ、レンズ構成枚数を実施例 1 の場合よりも 2

30

## 【 0 1 2 3 】

図 1 2 は、投射倍率を変更したときの投射光学系の縮小側収差図（球面収差、非点収差、歪曲収差）であり、上段、中段、下段がそれぞれ表 1 0 の基準距離、近距離、遠距離での縮小側収差図に対応する。

## 【 0 1 2 4 】

（実施例 4）

実施例 4 のレンズ面のデータを以下の表 1 1 に示す。

## 〔表 1 1〕

F 2.80  
FNo 2.00  
72.0

40

面番号	R	D	Nd	Vd	H
OBJ	Infinity	6.060			
1	Infinity	22.920	1.51633	64.1	
2	Infinity	1.000			
3	17.084	6.000	1.49700	81.5	12.54
4	43.400	0.200			11.99
*5	14.486	6.678	1.49700	81.5	11.16

50

*6	-189.534	5.246			10.16
7	21.957	5.000	1.49700	81.5	6.50
8	-11.622	1.200	2.00100	29.1	5.67
9	-84.761	4.974			5.54
STO	Infinity	6.000			4.67
11	-67.913	1.000	1.95375	32.3	4.50
12	23.369	3.000	1.84666	23.8	4.95
13	-27.528	d13			5.80
*14	12.017	2.000	1.53116	56.0	10.43
*15	14.944	d15			10.92
*16	-70.187	2.000	1.53116	56.0	11.99
*17	17.198	d17			13.53
*18	-32.821	d18	反射面		
IMG	Infinity				

10

## 【 0 1 2 5 】

以下の表 1 2 は、実施例 4 のレンズ面の非球面係数である。

〔表 1 2〕

偶数次非球面係数

面番号	5	6	14	15
K	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A04	-1.6097E-05	6.2859E-05	1.0403E-04	2.9044E-04
A06	3.9511E-08	4.8403E-08	-3.3133E-06	-5.2525E-06
A08	1.1967E-10	9.2184E-10	1.3741E-09	1.4807E-08
A10	1.4798E-12	-5.6495E-12	0.0000E+00	0.0000E+00
A12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A14	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	16	17	18	
	30.60944	0.00000	-0.80891	
	4.2739E-06	-2.6911E-04	2.1462E-06	
	-3.9946E-07	1.8068E-06	-2.0677E-09	
	1.4408E-08	-1.0467E-08	1.7429E-12	
	-1.0827E-10	3.7751E-11	-9.6782E-16	
	2.6614E-13	-7.5006E-14	2.6821E-19	
	0.0000E+00	0.0000E+00	-3.0315E-23	

20

30

## 【 0 1 2 6 】

以下の表 1 3 は、投射距離を変更した場合において、表 1 1 中の可変間隔 d 1 3 , d 1 5 , d 1 7 , d 1 8 の値を示している。

〔表 1 3〕

可変間隔

投射距離	基準距離	近距離	遠距離
d13	8.649	8.300	8.972
d15	6.889	7.033	6.725
d17	71.184	71.389	71.025
d18	-376.756	-306.393	-501.541

40

## 【 0 1 2 7 】

図 1 3 は、実施例 4 の投射光学系の断面図である。実施例 4 では、第 1 光学群 4 0 a は、縮小側に凸面を向けたメニスカス正の第 1 レンズ L 1 と、光軸近傍において両凸形状で両面に非球面が施された正の第 2 レンズ L 2 と、両凸形状で正の第 3 レンズ L 3 と拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で負の第 4 レンズ L 4 との接合レンズと、両凹形状で負の

50

第5レンズL5と両凸形状で正の第6レンズL6との接合レンズと、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された正の第7レンズL7と、両凹形状で両面に非球面が施された負の第8レンズL8と、からなる8枚のレンズで構成される。

【0128】

また、上記のうち、第6レンズL6と第7レンズL7との間において有効径の比が初めて1.2を超えている。すなわち、第1-1レンズ群41は、レンズL1～L6で構成され、第1-2レンズ群42は、レンズL7, L8で構成されている。また、開口絞りSTは、第4レンズL4と第5レンズL5との間に位置している。すなわち、第1-1レンズ群41のうち、レンズ群E1は、レンズL1～L4で構成され、レンズ群E2は、レンズL5, L6で構成されている。また、第2光学群40bを構成するミラーMRは、凹面形状の1枚の非球面ミラーで構成されている。

10

【0129】

図14は、投射倍率を変更したときの投射光学系の縮小側収差図（球面収差、非点収差、歪曲収差）であり、上段、中段、下段がそれぞれ表13の基準距離、近距離、遠距離での縮小側収差図に対応する。

【0130】

（実施例5）

実施例5のレンズ面のデータを以下の表14に示す。本実施例及び後述する実施例6では、第1光学群40aと第2光学群40bとの間隔を広くとったタイプである実施例2に対して、レンズ全長の制限を緩和する、すなわち長くなることを許容することで、第1光学群40aの構成の簡略化を達成している。この場合において、実施例3、実施例4と同様に、高屈折率ガラスや奇数次非球面を効果的に配置することで、実施例2と比較して、第1光学群40aの第1-1レンズ群41におけるレンズ枚数を、実施例5では2枚、実施例6では3枚削減している。なお、第1-2レンズ群42については、2枚構成としている。

20

〔表14〕

F 2.87

FNo 2.03

72.1

30

面番号	R	D	Nd	Vd	H
OBJ	Infinity	6.060			
1	Infinity	22.920	1.51633	64.1	
2	Infinity	1.000			
*3	-36185.342	4.000	1.53116	56.0	11.87
*4	-42.399	0.100			11.25
5	22.163	7.000	1.49700	81.5	11.32
6	-30.801	1.500	2.00069	25.5	11.00
7	-69.549	24.975			10.93
STO	Infinity	3.000			7.52
9	-53.215	4.000	1.59551	39.2	7.65
10	-12.839	1.000	2.00100	29.1	7.83
11	-18.719	d11			8.23
*12	222.683	4.000	1.53116	56.0	13.28
*13	-35.444	d13			13.69
**14	-78.648	2.000	1.53116	56.0	16.09
**15	26.330	d15			16.95
**16	-34.762	d16	反射面		
IMG	Infinity				

40

【0131】

50

以下の表 1 5 は、実施例 5 のレンズ面の非球面係数である。

〔表 1 5〕

偶数次

非球面係数

面番号	3	4	12	13
K	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A04	1.0613E-04	9.2392E-05	-1.2591E-04	-1.0691E-04
A06	2.3054E-07	4.4605E-07	-2.0326E-07	1.8193E-07
A08	-9.3474E-10	-1.2445E-09	4.0089E-09	1.1177E-09
A10	6.8572E-12	1.3931E-11	-7.0349E-12	-3.6568E-13
A12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A14	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

10

奇数次

非球面係数

面番号	14	15	16
K	-1.00000	0.00000	-2.51308
A03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A04	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A05	-2.1271E-04	-2.0210E-04	-2.8104E-05
A06	3.9331E-05	-1.7266E-05	3.2554E-07
A07	-1.5372E-06	2.7738E-07	-7.5845E-08
A08	2.4381E-07	-1.1949E-07	1.9325E-09
A09	1.4585E-08	1.5406E-09	-9.4264E-12
A10	-3.1734E-09	8.2651E-12	-1.9227E-13
A11	5.8452E-11	-2.3320E-12	0.0000E+00
A12	2.0366E-12	-2.1941E-13	2.8040E-17
A13	0.0000E+00	2.0247E-14	0.0000E+00
A14	0.0000E+00	1.8615E-16	0.0000E+00

20

## 【 0 1 3 2 】

以下の表 1 6 は、投射距離を変更した場合において、表 1 4 中の可変間隔 d 1 1 , d 1 3 , d 1 5 , d 1 6 の値を示している。

30

〔表 1 6〕

可変間隔

投射距離	基準距離	近距離	遠距離
d11	29.955	29.306	30.787
d13	9.490	9.586	9.394
d15	129.000	129.554	128.265
d16	-376.756	-306.271	-503.064

## 【 0 1 3 3 】

以下の表 1 7 は、光路を折り曲げる屈曲面である第 1 及び第 2 光路偏向部と、ミラー M R すなわち第 2 光学群 4 0 b についてのデータである。回転は、第 1 光学群 4 0 a の射出時における光軸 O A の向きに対する各反射面の傾きを示している。なお、投射距離については、基準距離でのデータを示している。

40

〔表 1 7〕

屈曲面データ

面番号	R	D	回転	
**15	26.330	29.000	0.0	
15-1	Infinity	0.000	-35.0	反射面
15-2	Infinity	-55.000	-35.0	
15-3	Infinity	0.000	35.0	反射面

50



15-4 Infinity 45.000 35.0  
 \*\*16 -34.762 376.756 0.0 反射面

【 0 1 3 4 】

図 1 5 は、実施例 5 の投射光学系の断面図である。なお、図示では、光路を折り曲げるのみでパワーを有しない第 1 及び第 2 光路偏向部については省略し、これらの箇所での折り曲げについては、展開した図としている。実施例 5 では、第 1 光学群 4 0 a は、縮小側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された正の第 1 レンズ L 1 と、両凸形状で正の第 2 レンズ L 2 と拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で負の第 3 レンズ L 3 との接合レンズと、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で正の第 4 レンズ L 4 と、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された負の第 5 レンズ L 5 と、両凸形状で両面に非球面が施された正の第 6 レンズ L 6 と、両凹形状で両面に非球面が施された負の第 7 レンズ L 7 と、からなる 7 枚のレンズで構成される。

10

【 0 1 3 5 】

また、上記のうち、第 5 レンズ L 5 と第 6 レンズ L 6 との間において有効径の比が初めて 1 . 2 を超えている。すなわち、第 1 - 1 レンズ群 4 1 は、レンズ L 1 ~ L 5 で構成され、第 1 - 2 レンズ群 4 2 は、レンズ L 6 , L 7 で構成されている。また、開口絞り S T は、第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 との間に位置している。すなわち、第 1 - 1 レンズ群 4 1 のうち、レンズ群 E 1 は、レンズ L 1 ~ L 3 で構成され、レンズ群 E 2 は、レンズ L 4 , L 5 で構成されている。また、第 2 光学群 4 0 b を構成するミラー M R は、凹面形状の 1 枚の非球面ミラーで構成されている。

20

【 0 1 3 6 】

図 1 6 は、投射倍率を変更したときの投射光学系の縮小側収差図（球面収差、非点収差、歪曲収差）であり、上段、中段、下段がそれぞれ表 1 6 の基準距離、近距離、遠距離での縮小側収差図に対応する。

【 0 1 3 7 】

( 実施例 6 )

実施例 6 のレンズ面のデータを以下の表 1 8 に示す。

〔 表 1 8 〕

F 2.86  
 FNo 2.00  
 72.0

30

面番号	R	D	Nd	Vd	H
OBJ	Infinity	6.060			
1	Infinity	22.920	1.51633	64.1	
2	Infinity	1.000			
*3	19.650	9.000	1.61881	63.9	11.56
*4	-21.338	1.729			11.00
5	-24.111	1.000	2.00069	25.5	9.62
6	-61.886	20.002			9.60
STO	Infinity	3.000			6.86
8	-27.009	4.000	1.59551	39.2	7.01
9	-10.097	1.000	2.00100	29.1	7.29
10	-14.448	d10			7.86
*11	42.699	4.000	1.53116	56.0	13.38
*12	-49.865	d12			13.64
**13	1178.074	2.000	1.53116	56.0	15.52
**14	19.155	d14			16.61
**15	-33.310	d15	反射面		

40

50

IMG Infinity 0

【 0 1 3 8 】

以下の表 1 9 は、実施例 6 のレンズ面の非球面係数である。

〔表 1 9〕

偶数次

非球面係数

面番号	3	4	11	12
K	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
A04	-6.8964E-06	4.1370E-05	-1.8207E-04	-1.7074E-04
A06	1.1594E-08	1.3996E-08	-1.7112E-07	7.9482E-07
A08	-4.5818E-12	0.0000E+00	3.5106E-09	-3.4158E-09
A10	3.2041E-13	0.0000E+00	-2.4709E-12	1.2368E-11
A12	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A14	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

10

奇数次

非球面係数

面番号	13	14	15
K	-1.00000	0.00000	-2.36678
A03	1.3870E-05	0.0000E+00	-1.6949E-05
A04	2.9341E-05	-1.7758E-05	1.9216E-07
A05	4.3396E-07	0.0000E+00	-5.9830E-08
A06	3.4114E-07	-4.8134E-07	1.2839E-09
A07	1.2704E-09	0.0000E+00	-1.0566E-11
A08	-5.0653E-09	1.0297E-09	1.0607E-13
A09	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A10	1.8614E-11	1.7032E-13	-7.2515E-18
A11	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A12	-2.5474E-14	-3.9102E-15	-2.6254E-20
A13	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
A14	0.0000E+00	0.0000E+00	8.1641E-24

20

30

【 0 1 3 9 】

以下の表 2 0 は、投射距離を変更した場合において、表 1 8 中の可変間隔 d 1 0 , d 1 2 , d 1 4 , d 1 5 の値を示している。

〔表 2 0〕

可変間隔

投射距離	基準距離	近距離	遠距離
d10	26.680	26.134	27.486
d12	5.155	5.202	5.118
d14	140.724	141.225	139.956
d15	-376.756	-305.860	-503.928

40

【 0 1 4 0 】

以下の表 2 1 は、光路を折り曲げる屈曲面である第 1 及び第 2 光路偏向部と、ミラー M R すなわち第 2 光学群 4 0 b についてのデータである。回転は、第 1 光学群 4 0 a の射出時における光軸 O A の向きに対する各反射面の傾きを示している。なお、投射距離については、基準距離でのデータを示している。

〔表 2 1〕

屈曲面データ

面番号	R	D	回転	
**14	19.155	30.724	0.0	
14-1	Infinity	0.000	-32.0	反射面

50

14-2	Infinity	-61.000	-32.0	
14-3	Infinity	0.000	32.0	反射面
14-4	Infinity	49.000	32.0	
**15	-33.310	d15	0.0	反射面

【0141】

図17は、実施例6の投射光学系の断面図である。なお、図示では、光路を折り曲げるのみでパワーを有しない第1及び第2光路偏向部については省略し、これらの箇所での折り曲げについては、展開した図としている。実施例6では、第1光学群40aは、両凸形状で正の第1レンズL1と、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で負の第2レンズL2と、拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で正の第3レンズL3と拡大側に凸面を向けたメニスカス形状の負の第4レンズL4との接合レンズと、両凸形状で両面に非球面が施された正の第5レンズL5と、光軸近傍で拡大側に凸面を向けたメニスカス形状で両面に非球面が施された負の第6レンズL6と、からなる6枚のレンズで構成される。

10

【0142】

また、上記のうち、第4レンズL4と第5レンズL5との間において有効径の比が初めて1.2を超えている。すなわち、第1-1レンズ群41は、レンズL1~L4で構成され、第1-2レンズ群42は、レンズL5, L6で構成されている。また、開口絞りSTは、第2レンズL2と第3レンズL3との間に位置している。すなわち、第1-1レンズ群41のうち、レンズ群E1は、レンズL1, L2で構成され、レンズ群E2は、レンズL3, L4で構成されている。また、第2光学群40bを構成するミラーMRは、凹面形状の1枚の非球面ミラーで構成されている。

20

【0143】

図18は、投射倍率を変更したときの投射光学系の縮小側収差図(球面収差、非点収差、歪曲収差)であり、上段、中段、下段がそれぞれ表20の基準距離、近距離、遠距離での縮小側収差図に対応する。

【0144】

上記実施例5および実施例6では、レンズ全長を多少緩和する、すなわち長くなることを許容することと、高屈折率ガラスの採用と、第1-2レンズ群42において奇数次非球面を採用することで、さらなるレンズ枚数の削減化を行っている。

【0145】

〔実施例のまとめ〕

いずれの実施例においても、広角端での半画角70度以上の広い画角を実現しながらも、コンパクトな構成を実現可能としている。なお、各実施例について、各条件式(1)~(5)の上記諸条件は、下記の通りとなっており、いずれの実施例も満たすものとなっている。

30

〔表22〕

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
TL	120.020	175.020	120.020	130.020	220.020	218.292
f	2.832	2.840	2.813	2.805	2.873	2.857
f1	10.896	20.750	11.600	11.902	23.289	26.618
f2	-14.995	-16.315	-15.946	-16.411	-17.381	-16.655
f12	-72.129	174.446	-45.448	-44.284	-210.152	2459.270
fp	43.045	35.277	57.237	92.979	57.660	43.800
fn	-20.000	-33.460	-21.017	-25.703	-36.754	-36.541
D	60.119	113.000	69.827	71.184	129.000	140.724

40

条件式 数値実施例

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1) $0.05 < f1/TL < 0.2$	0.091	0.119	0.097	0.092	0.106	0.122
(2) $0.1 < f/ f2  < 0.3$	0.189	0.174	0.176	0.171	0.165	0.172
(3) $ f/f12  < 0.1$	0.039	0.016	0.062	0.063	0.014	0.001

50

(4) $0.3 <  f_n/f_p  < 1.5$	0.465	0.948	0.367	0.276	0.637	0.834
(5) $0.1 < f_1/D < 0.3$	0.181	0.184	0.166	0.167	0.181	0.189

## 【0146】

以上のように、本発明の具体的な側面では、レンズ全系の焦点距離を  $f$  とし、第2光学群の焦点距離を  $f_2$  とするとき、条件式

$$0.1 < f / |f_2| < 0.3 \dots (2)$$

を満足することを特徴とする。この場合、広い画角に対応することや、第2光学群を構成するミラーが大きくなりすぎないようにすることができる。また、第2光学群40bを構成するミラーが深くなり過ぎることを回避できる。

## 【0147】

また、本発明の別の側面では、第1-2レンズ群は、縮小側から順に縮小側に凸面を向けた正のパワーを有する正レンズと、負のパワーを有する負レンズとから構成され、複数の面が非球面であり、レンズ全系の焦点距離を  $f$  とし、第1-2レンズ群の焦点距離を  $f_{12}$  とし、正レンズの焦点距離を  $f_p$  とし、負レンズの焦点距離を  $f_n$  とするとき、条件式

$$|f / f_{12}| < 0.1 \dots (3)$$

$$0.2 < |f_n / f_p| < 1.2 \dots (4)$$

を満足することを特徴とする。この場合、フォーカスの性能を良好に維持できる。

## 【0148】

また、本発明のさらに別の側面では、第1-2レンズ群は、変倍に伴うフォーカスの際に少なくとも1枚のレンズを光軸方向に動かすことにより合焦を行うことを特徴とする。この場合、第1-2レンズ群を利用して所望のフォーカスがなされる。

## 【0149】

また、本発明のさらに別の側面では、第1光学群と第2光学群との間に、光路を偏向させるための少なくとも1つの光路偏向部を有していることを特徴とする。この場合、光路を屈曲させることができる。

## 【0150】

また、本発明のさらに別の側面では、第1光学群と第2光学群との間に、光路を偏向させるための2つの光路偏向部を有していることを特徴とする。この場合、光路を2回屈曲させることができる。

## 【0151】

また、本発明のさらに別の側面では、2つの光路偏向部は、互いに向き合った2つの反射面で構成されることを特徴とする。この場合、第2光学群をシフトさせることが可能となる。

## 【0152】

また、本発明のさらに別の側面では、2つの光路偏向部は、一体成型された保持部で位置決めされることを特徴とする。この場合、第1光路偏向部と第2光路偏向部との間において、光軸に対して、特定の角度で傾いた状態となるとともに互いの配置関係が維持された状態で固定できる。

## 【0153】

また、本発明のさらに別の側面では、第1光学群と第2光学群との空気間隔を  $D$  とするとき、条件式

$$0.1 < f_1 / D < 0.3 \dots (5)$$

を満足することを特徴とする。この場合、例えば第1光学群と第2光学群との間を大きくとることができ、2つの光路偏向部を効率よく配置できる。

## 【0154】

この発明は、上記の実施形態又は実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することが可能である。

## 【0155】

例えば、各実施例において、各レンズ群を構成するレンズの前後又は間に1つ以上の実

10

20

30

40

50

質的にパワーを持たないレンズを追加することができる。

【0156】

また、投射光学系40による拡大投射の対象は、液晶パネルに限らず、マイクロミラーを画素とするデジタル・マイクロミラー・デバイス等の光変調素子によって形成された画像を投射光学系40によって拡大投射することができる。

【符号の説明】

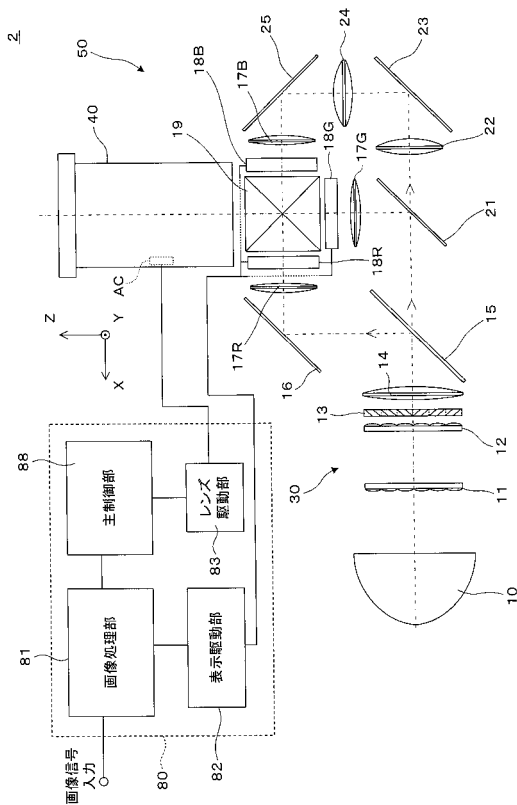
【0157】

2... プロジェクター、10... 光源、11... インテグレーターレンズ、12... インテグレーターレンズ、13... 偏光変換素子、14... 重畳レンズ、15... ダイクロイックミラー、16... 反射ミラー、17B... フィールドレンズ、17G... フィールドレンズ、17R... フィールドレンズ、18G, 18R, 18B... 液晶パネル、19... クロスダイクロイックプリズム、21... ダイクロイックミラー、22... リレーレンズ、23... 反射ミラー、40... 投射光学系、40a... 第1光学群、40b... 第2光学群、41... 第1-1レンズ群、42... 第1-2レンズ群、50... 光学系部分、80... 回路装置、81... 画像処理部、82... 表示駆動部、83... レンズ駆動部、88... 主制御部、A1... 方向、AC... アクチュエーター、AP1... 第1光路偏向部、AP2... 第2光路偏向部、DA... 空気間隔、E1... レンズ群、E2... レンズ群、f... 焦点距離、f1... 焦点距離、f12... 焦点距離、f2... 焦点距離、fn... 焦点距離、fp... 焦点距離、h1, h2... 有効径、h2/h1... 比、L1... レンズ、L1 L11... レンズ、MR... ミラー、OA... 光軸、PI... パネル面、PP... 保持部、PR... プリズム、TL... 距離

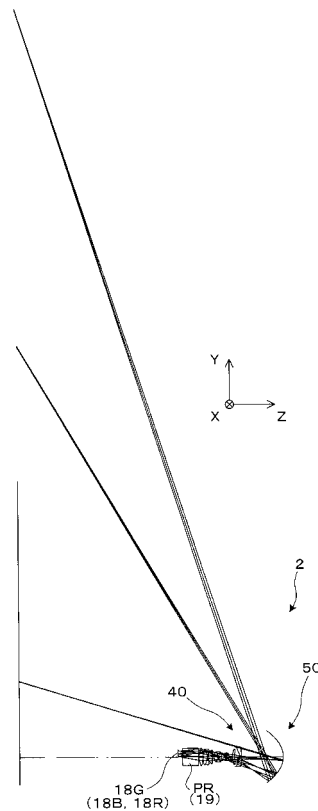
10

20

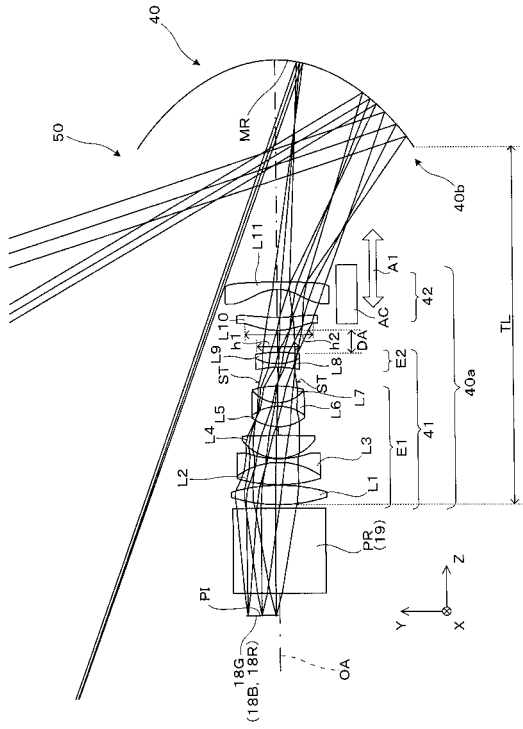
【図1】



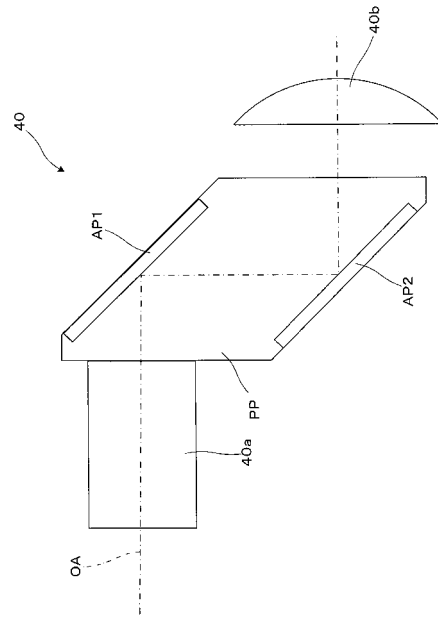
【図2】



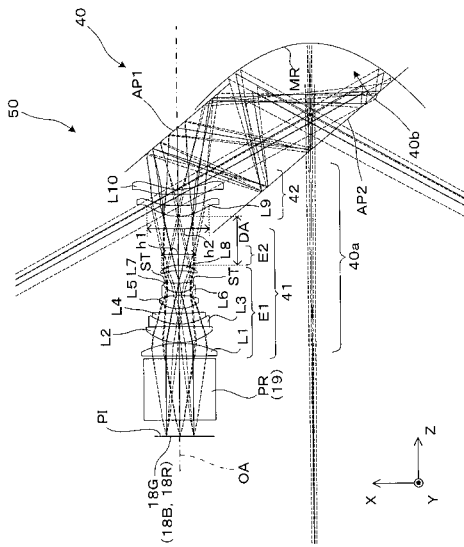
【 図 3 】



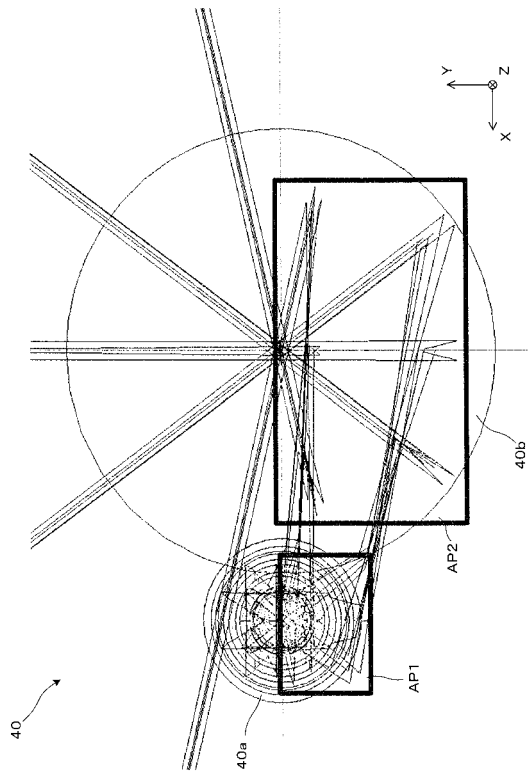
【 図 4 】



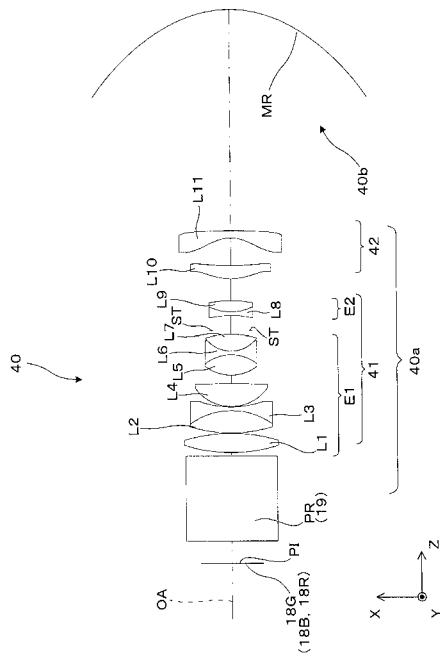
【 図 5 】



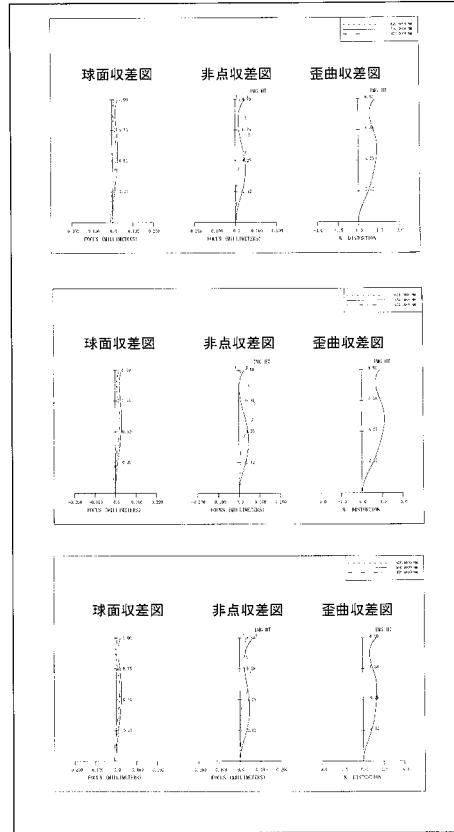
【 図 6 】



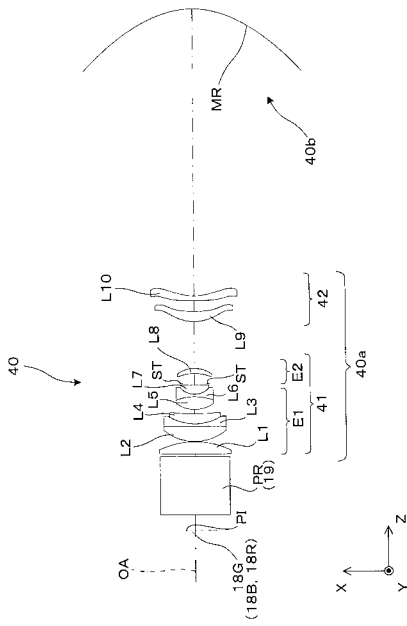
【 図 7 】



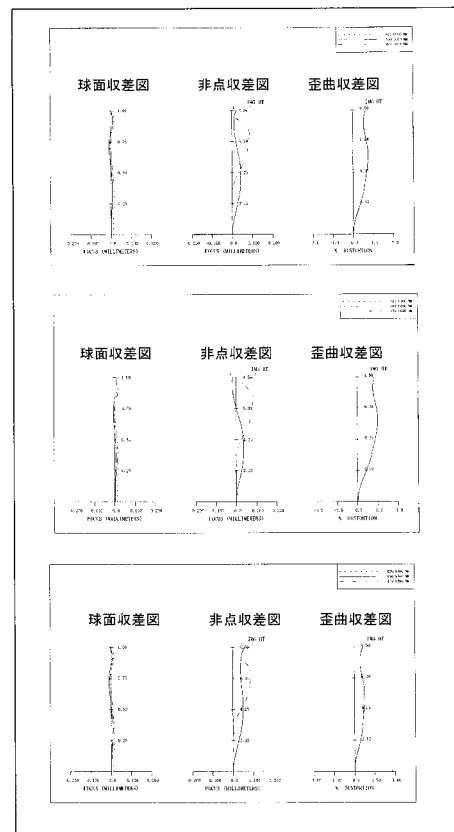
【 図 8 】



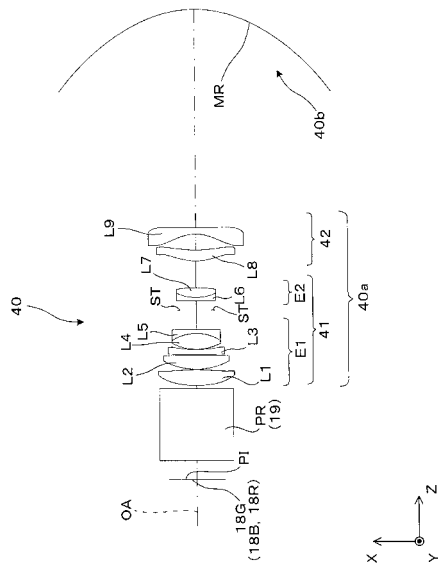
【 図 9 】



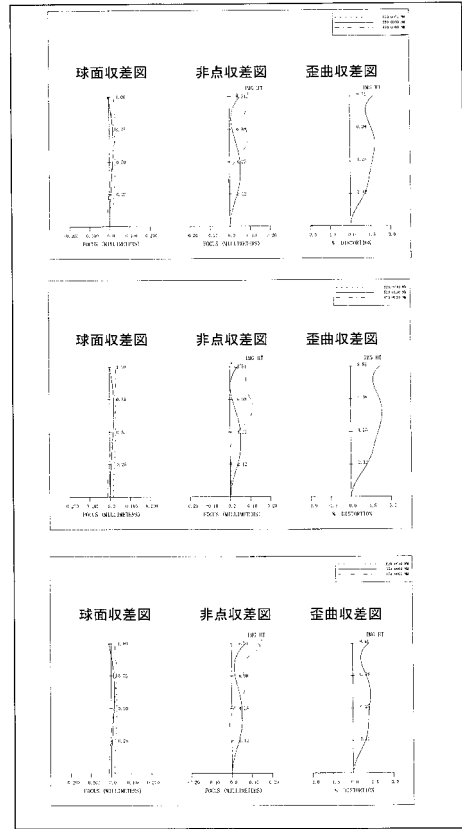
【 図 10 】



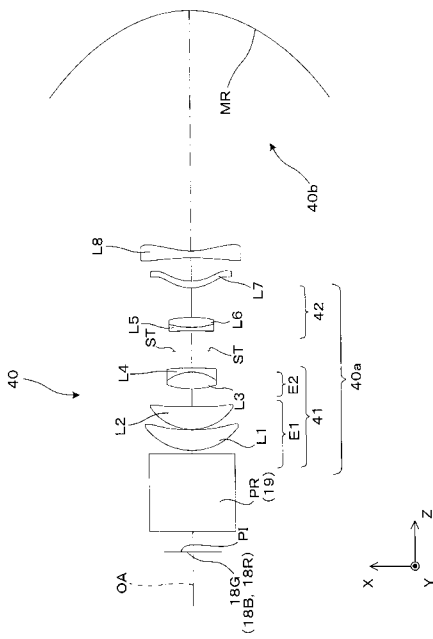
【 图 1 1 】



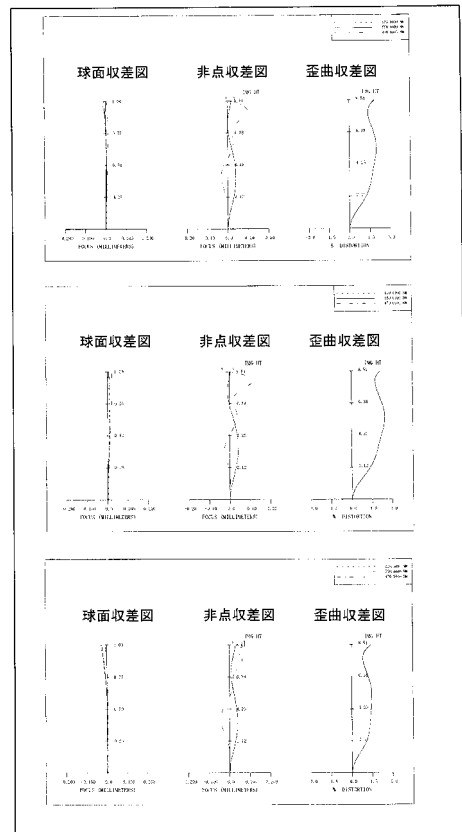
【 图 1 2 】



【 图 1 3 】

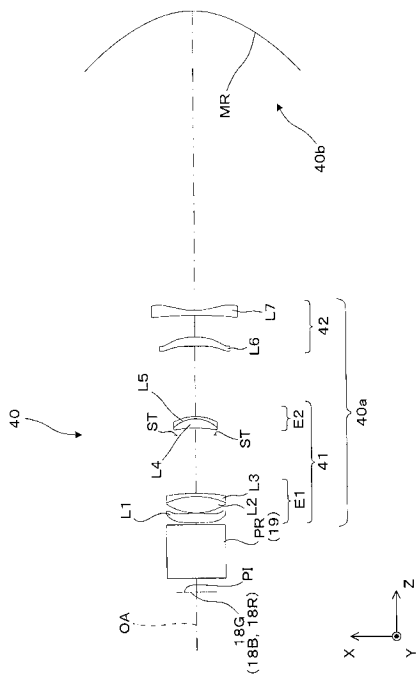


【 图 1 4 】

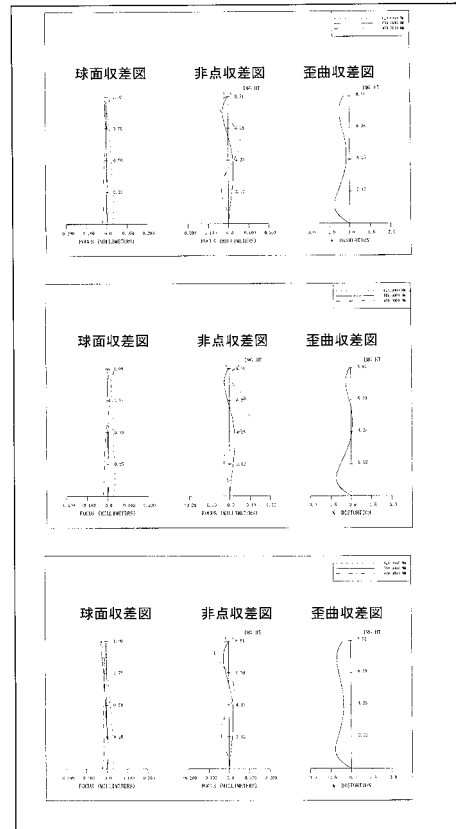




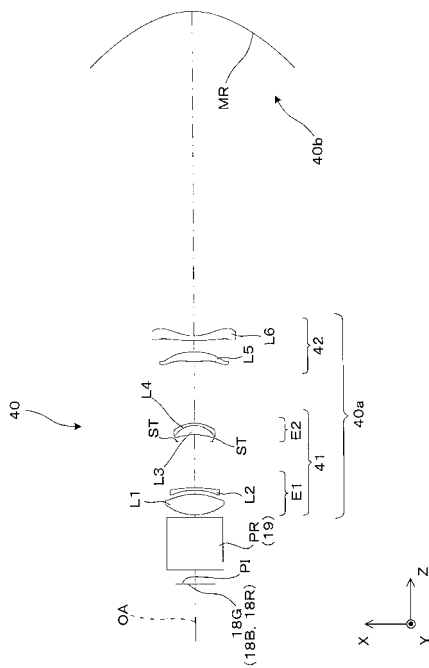
【 図 1 5 】



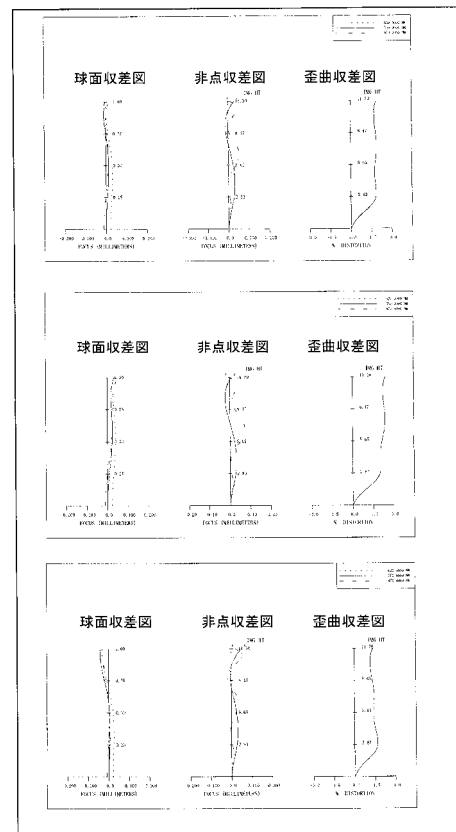
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA06 KA07 LA27 MA07 MA08 MA09 NA02 NA08 RA32 RA41  
RA45 TA01 TA03 TA05 TA06 UA01  
2K203 FA03 FA23 FA34 FA43 FA62 FA82 FB03 FB09 GC03 GC05  
GC16 HA03 HA04 HA67 HA68 HB07 HB22 HB25 MA32 MA35