

(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2004-233609

(P2004-233609A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

|                               |              |             |
|-------------------------------|--------------|-------------|
| (51) Int.Cl. <sup>7</sup>     | F I          | テーマコード (参考) |
| <b>G02B 13/16</b>             | G02B 13/16   | 2H087       |
| <b>G02B 13/24</b>             | G02B 13/24   | 2K103       |
| <b>G02B 27/18</b>             | G02B 27/18 Z | 5C058       |
| <b>G03B 21/00</b>             | G03B 21/00 D |             |
| <b>H04N 5/74</b>              | H04N 5/74 A  |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁) |              |             |

(21) 出願番号 特願2003-21540 (P2003-21540)

(22) 出願日 平成15年1月30日 (2003.1.30)

(71) 出願人 000227364

日東光学株式会社

長野県諏訪市大字湖南4529番地

(74) 代理人 100102934

弁理士 今井 彰

(72) 発明者 小林 究

長野県諏訪市大字湖南4529番地 日東光学株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA06 LA01 MA03 PA08 PA09  
 PA19 PB10 PB11 QA02 QA17  
 QA22 QA26 QA34 QA41 QA45  
 QA46 RA01 RA32 RA43 SA14  
 SA16 SA19 SA72 SA73 SA74  
 SB04 SB13 SB26 SB27  
 2K103 AA25 AB08 BC23 BC30 CA76  
 5C058 BA23 EA01 EA42

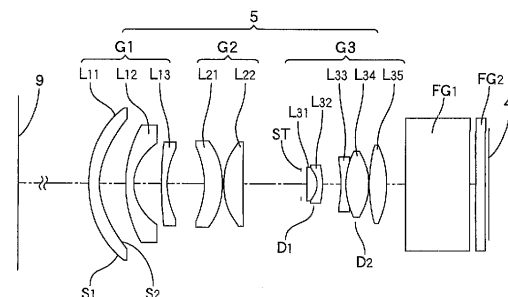
(54) 【発明の名称】 投写用レンズシステムおよびプロジェクタ装置

(57) 【要約】

【課題】 リアプロジェクタ用に適した低コストで収差が良好に補正された投写用レンズシステムを提供する。

【解決手段】 スクリーン9の側から負-正-正の3群の投写用レンズシステム5において、第3のレンズ群に、2組の接合レンズD1およびD2と、その入力側に正の屈折力のレンズL35とを配置する。これらの接合レンズD1およびD2などの組み合わせにより、第1のレンズ群の最もスクリーン9の側の第1のレンズL11を非球面レンズとするだけで、収差が十分良好に補正された投写用レンズシステム5を得ることができ、低コストで温度変動による性能変化も少ないリアプロジェクタに適したレンズシステムを提供できる。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光変調器からの投影光をスクリーンに投写する投写用レンズシステムであって、前記スクリーン側から負の屈折力の第 1 のレンズ群、正の屈折力の第 2 のレンズ群および正の屈折力の第 3 のレンズ群を有し、前記第 3 のレンズ群は、少なくとも 2 つの接合レンズと、それらに対して前記スクリーンと反対側に位置する屈折力が正のレンズとを備えている投写用レンズシステム。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、前記第 1 のレンズ群の最も前記スクリーン側の第 1 のレンズは非球面レンズである投写用レンズシステム。

10

## 【請求項 3】

請求項 2 において、当該投写用レンズシステムの合成焦点距離  $f$  と、前記第 1 のレンズの焦点距離  $f_{L11}$  とが次の式を満たす投写用レンズシステム。

$$0 < |f / f_{L11}| < 0.1$$

## 【請求項 4】

請求項 2 において、当該投写用レンズシステムの合成焦点距離  $f$  と、前記第 1 のレンズ群の合成焦点距離  $f_1$  と、前記第 2 のレンズ群の合成焦点距離  $f_2$  と、前記第 3 の合成焦点距離  $f_3$  とが次の式を満たす投写用レンズシステム。

$$0.5 < |f_1 / f| < 1.5$$

$$1.0 < |f_2 / f| < 4.2$$

$$1.6 < |f_3 / f| < 3.5$$

20

## 【請求項 5】

請求項 1 において、接合面を除き、前記第 3 のレンズ群を構成する各レンズの曲率半径  $R$  が次の式を満たす投写用レンズシステム。

$$0.005 < |1 / R| < 0.06$$

## 【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の投写用レンズシステムと、前記光変調器とを有するプロジェクタ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

30

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶あるいは DMD といったライトバルブに表示された像をスクリーンに拡大投影するプロジェクタ装置の投写用レンズシステムに関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

特開 2002-31754 号公報には、液晶表示素子あるいはマイクロミラー素子 (DMD) を用い、光源からの光を画素単位で透過もしくは反射することにより変調し、その変調光を投射レンズ装置で拡大投影して画像を得るようにした投射型画像表示装置が開示されている。

## 【0003】

40

## 【特許文献 1】

特開 2002-31754 号公報

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

特開 2002-31754 号公報に開示された投射用レンズ装置は、スクリーン側から画像表示素子側に向かって順次、負の屈折力を持つ第 1 群レンズ、正の屈折力を持つ第 2 群レンズ、正の屈折力を持つ第 3 群レンズを配置したものであり、第 1 群レンズ、第 2 群レンズ、第 3 群レンズに非球面を用いることにより、第 1 群レンズおよび第 3 群レンズでは、歪曲収差や倍率色収差等を補正し、第 2 群レンズでは軸上光線の収差補正をし、小型化、広角化を実現しつつ、諸収差を良好に満足することが記載されている。

50

## 【0005】

負の屈折力を持つ第1のレンズ群、正の屈折力を持つ第2および第3のレンズ群で構成されるレトロフォーカスタイプの投写用レンズシステムは、広角で長いバックフォーカスを持ちテレセントリックな光学系を構成できるので、図1に示すようなリアプロジェクタ用の投写用レンズシステムとして適している。ところで、レンズシステムは、一般的に広角になると、歪曲、像面湾曲、非点収差の補正が難しくなる。特に広角レンズに用いられるようなレトロフォーカスタイプでは歪曲の補正、像面湾曲の補正と球面収差の補正が課題となってくる。したがって、特開2002-31754号公報に開示された投射用レンズ装置では、第1群レンズ、第2群レンズおよび第3群レンズのそれぞれに非球面のレンズを用いることにより、収差を良好に補正しようとしている。

10

## 【0006】

非球面レンズを使用することにより少ないレンズ枚数で良好な収差補正が得られる。しかしながら、非球面レンズは高コストであり、温度変化によるレンズ表面の微小な膨張あるいは収縮により影響を受けやすいという問題がある。さらに、製造時の面精度によっても収差性能が大きく影響を受ける。したがって、非球面レンズの枚数を増加するとレンズシステムが高価になる。それと共に、複数の非球面レンズによる収差能力の変動がキャンセルできない場合は、温度変化による影響を受けやすいレンズシステムとなったり、個体差の大きなレンズシステムとなる可能性がある。

## 【0007】

特に、図1に示すようなリアプロジェクタにおいては、投写用のレンズシステムが完全にクローズされた環境に配置されるので、レンズシステムの少なくとも一部が露出する従来のスクリーンとプロジェクタが分離したプロジェクタシステムと比較すると熱の影響を受けやすい。図1に示したリアプロジェクタ1は、ハウジング2の内部に、光源3と、光源からの光を画像信号により変調して画像を形成する光変調器（ライトバルブ）4と、ライトバルブ4からの投影光8をスクリーン9に背面から投写する投写用レンズシステム5と、投影光8を反射してスクリーン9に導くミラー6および7を備えている。光源3とライトバルブ4が一体になったCRTが用いられるケースもあるが、近年においては、ライトバルブ4として液晶パネルが多く採用されており、さらに、上述したマイクロミラー素子によりDMDパネルも採用されることがある。DMDパネルの場合は、ライトバルブ4が反射型となるために光源3との位置関係が図1に示したものと異なるが、液晶パネルおよびDMDパネルをライトバルブ4とする場合は、レンズシステム5の入力側はテレセントリックとなる。したがって、入力側がテレセントリックで、変調光（投影光）8を拡大投影する投写用レンズシステム5が要求される。

20

30

## 【0008】

そこで、本発明においては、入力側がテレセントリックで、変調光を拡大投影する投写用レンズシステムにおいて、非球面レンズの枚数を可能な限り削減しながら、ほぼ同等あるいはそれ以上の収差補正能力を備えた投写用レンズシステムを提供することを目的としている。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

このため、本発明においては、スクリーンの側から負－正－正の拡大投影に適したレトロフォーカス型を採用すると共に、第3のレンズ群に2つの接合レンズを用いている。この構成により、少ない非球面レンズ枚数で歪曲などの収差を補正し、高性能で温度の影響を受けにくい、ローコストなレンズシステムを提供可能にした。すなわち、本発明の投写用レンズシステムは、光変調器からの投影光をスクリーンに投写する投写用レンズシステムであって、スクリーン側から負の屈折力の第1のレンズ群、正の屈折力の第2のレンズ群および正の屈折力の第3のレンズ群を有し、第3のレンズ群は、少なくとも2つの接合レンズと、それらに対してスクリーンと反対側に位置する屈折力が正のレンズとを備えている。

40

## 【0010】

50

接合レンズ（ダブルット）は、正負の収差を発生させ、それらを打消すことにより球面収差を補正しやすい形態であり、レトロフォーカスタイプで発生しやすい球面収差の補正に適している。したがって、接合レンズの数を増やすことにより球面収差の補正能力を向上できる。さらに、本発明の投写用レンズシステムにおいては、第2および第3のレンズ群を考えると、スクリーンと反対側、すなわち、入射側から屈折力が正のレンズ、2つの接合レンズ、さらに、屈折力が正の第2のレンズ群が配置された形態となり、ガウス型として知られた組み合わせに近い構成となる。ガウス型は、対称型のレンズ配置であり、諸収差が少なく、すべての性能にバランスが取れやすく、大画角のレンズシステムにも向いた構成である。さらに、ガウス型は、曲率が大きく変わるレンズの組み合わせを用いないで諸収差を補正できるので、レンズ枚数が多くなるとしても部品加工や組み立てが容易なレンズシステムである。また、ゴーストの発生も少ないレンズ配列である。 10

#### 【0011】

このため、本発明のレンズシステムは、入力側にガウス型の組み合わせを配し、出力側に負の屈折力の第1のレンズ群を配し、さらに、ガウス型の組み合わせを正の第2のレンズ群と、正の第3のレンズ群として設計することにより、全体としてレトロフォーカス型で入力側がテレセントリックとなった高性能の投写用レンズシステムを提供できたということも可能である。

#### 【0012】

したがって、本発明の投写用レンズシステムにおいては、以下で詳述するように、第1のレンズ群の最もスクリーン側の第1のレンズを非球面レンズにするだけで、投写用レンズシステムとして十分な結像性能を得ることができ、第2および第3のレンズ群に非球面レンズを要しない。このため、低コストで、熱の影響を受けにくく、さらにローコストの投写用レンズシステムを提供できる。すなわち、接合レンズを2枚使うことにより、1枚の非球面レンズで補正不足だった球面収差、歪曲を良好に補正し、かつ色収差、コマ収差、およびレトロフォーカスタイプで補正過剰になった像面湾曲を補正できる。また、第2のレンズ群内に少なくとも2枚以上の正レンズを用いることにより、収差補正、適正なバックフォーカスとテレセントリック性、および量産可能なレンズ径を確保するのに必要な正のパワーを得ることができる。また、入力側を全体としてガウス型にできるという効果も備えている。そして、第3のレンズ群内に少なくとも1枚以上の正レンズを用いることにより、入力側が全体としてガウス型となり、さらに、収差補正、適正なバックフォーカスとテレセントリック性、および量産可能なレンズ径を確保するのに必要な正のパワーを得ることができる。そして、第3のレンズ群の曲率を制限できるので、DMDなどのライトバルブの面とレンズの反射によるゴーストを弱くできるという効果も得られる。 20 30

#### 【0013】

したがって、本発明の投写用レンズシステムと、光変調器とを組み合わせることにより、低コストで、鮮明な画像が安定して得られるプロジェクタ装置を提供できる。特に、本発明の投写用レンズシステムは温度の影響を受けにくいので、レンズシステムを含めてパッケージングされるリアプロジェクタに適している。

#### 【0014】

さらに、投写用レンズシステムの合成焦点距離  $f$  と、第1のレンズの焦点距離  $f_{L11}$  とが次の式を満たすことが望ましい。 40

$$0 < |f/f_{L11}| < 0.1 \quad \cdots (A)$$

非球面レンズとなる第1のレンズのパワーをこの式(A)の範囲に抑えることにより、第1のレンズに対する面精度の要求を抑制することができる。また、非球面レンズのパワーを抑制することにより温度変動による収差性能の影響も小さくなる。このため、非球面化しやすいプラスチックレンズにより、面精度が安定した非球面レンズを導入でき、個体差が小さく、温度変動による影響も受けにくい低コストの投写用レンズシステムを提供できる。さらに、本発明においては、第1のレンズ径が  $\phi 50\text{ mm}$  程度とコンパクトな投写用レンズシステムの提供を実現しているが、上記の式(A)の範囲に第1のレンズのパワーを抑制することにより小径のレンズでも、プラスチックレンズにより面精度の十分に高い 50

レンズを提供することができる。

#### 【0015】

さらに、投写用レンズシステムの合成焦点距離  $f$  と、第1のレンズ群の合成焦点距離  $f_1$  と、第2のレンズ群の合成焦点距離  $f_2$  と、第3の合成焦点距離  $f_3$  とが次の式を満たすことが望ましい。

$$\begin{aligned} 0.5 &< |f_1/f| < 1.5 \\ 1.0 &< |f_2/f| < 4.2 \\ 1.6 &< |f_3/f| < 3.5 \quad \dots (B) \end{aligned}$$

この条件は、各レンズ群のパワー配分を規定する条件であり、この条件を満たすことにより、第1のレンズ群、特に、非球面レンズとなる第1のレンズの径を小さくできる。したがって、上記と同様に、第1のレンズの成形性および面精度に対する精度要求を抑制でき、低コストで良好な収差補正能力を備えた投写用レンズシステムを提供できる。 10

#### 【0016】

また、接合面を除き、第3のレンズ群を構成する各レンズの曲率半径  $R$  が次の式を満たすことが望ましい。

$$0.005 < |1/R| < 0.06 \quad \dots (C)$$

この条件は、以下のようにも表すことができる。

$$-16.667 < |R| < 200$$

スクリーン上に強いゴーストを発生させないための条件であり、本発明の投写用レンズシステムであると、入力側を構成する各レンズ面の曲率を制限できるので、十分にこの条件を満足させることができる。したがって、収差の補正能力が高く、さらに、ゴーストの発生もない高性能のレンズシステムを提供できる。 20

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

##### （第1の実施例）

図2に本発明の投写用レンズシステム5のレンズ配置を示してある。本例の投写用レンズシステム5は、スクリーン9の側（出力側）からライトバルブ4（入力側）に向かって3つのレンズ群G1、G2およびG3にグループ分けされた10枚のレンズにより構成されている。レンズシステム5とライトバルブ4との間に配置された平行ガラスFG1およびFG2は光学的ローパスフィルタである。 30

#### 【0018】

最もスクリーン側に位置する第1のレンズ群G1は全体として負の屈折力を備えており、スクリーン9の側から順に、スクリーン側に凸の負のメニスカスレンズL11、L12およびL13の3枚のレンズにより構成されている。第1のレンズL11の両面S1およびS2は非球面である。

#### 【0019】

第2のレンズ群G2は全体として正の屈折力を備えており、スクリーン側に凹の正のメニスカスレンズL21と、スクリーン側に凸の凸レンズL22とにより構成されている。さらに、第3のレンズ群G3は、全体として正の屈折力を備えており、スクリーン側に凹の正のメニスカスレンズL31とスクリーン側に凹の負のメニスカスレンズL32が接合された第1の接合レンズ（第1のダブルットD1）と、両凹の負レンズL33と両凸レンズの正レンズL34が接合された第2の接合レンズ（第2のダブルットD2）と、両凸の正レンズL35により構成されている。 40

#### 【0020】

したがって、このレンズシステム5は、スクリーン側から負－正－正のパワーのレンズ群が配置されたレトロフォーカス型のレンズシステムであり、さらに、第3のレンズ群G3に2つの接合レンズD1およびD2を備えている。また、接合レンズD1およびD2の入力側には正レンズL35が配置され、スクリーン側には正の第2のレンズ群G2が配置されている。したがって、第2および第3のレンズ群G2およびG3の範囲でみると、個々のレンズサイズや空気間隔は異なるが、対称型のガウスタイプに近いレンズ配列となって 50

いる。

### 【0021】

図3に示すレンズデータにおいて、 $R_i$ は物体側から順番に並んだ各レンズの曲率半径（mm）、 $D_i$ はスクリーン側から順番に並んだ各レンズ面の間の距離（mm）、 $N_{di}$ は物体側から順番に並んだ各レンズの屈折率（d線）、 $v_{di}$ は物体側から順番に並んだ各レンズのアッペ数（d線）を示す。INFは平面であることを示す。以降に示す他の実施例におけるレンズデータも同様である。

### 【0022】

第1面（S1）および第2面（S2）は非球面であり、その非球面係数は以下の通りである。

第1面（S1）

$$\begin{aligned} R &= 36.235 & K &= 0.0000 \\ A &= 7.5029 \times 10^{-6} & B &= -1.3733 \times 10^{-8} \\ C &= 3.6649 \times 10^{-11} & D &= -3.8674 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

ただし、非球面は、Xを光軸方向の座標、Yを光軸と垂直方向の座標、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径とし、上記の係数K、A、B、C、Dを用いて次式で表される。

$$\begin{aligned} X &= (1/R)^2 Y / [1 + \{1 - (1+K)(1/R)^2 Y^2\}^{1/2}] \\ &+ AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} \dots (1) \end{aligned}$$

第2面（S2）

$$\begin{aligned} R &= 25.736 & K &= 0.0000 \\ A &= 4.2801 \times 10^{-7} & B &= -1.6593 \times 10^{-8} \\ C &= 3.9601 \times 10^{-12} & D &= -5.1873 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

この投写用レンズシステム5の諸パラメータは次の通りである。

全体の合成焦点f（mm）： 10.0

第1のレンズの焦点f<sub>L11</sub>： -202.16

第1のレンズ群の合成焦点f<sub>1</sub>： -14.0 （f<sub>1</sub>/f = -1.4）

第2のレンズ群の合成焦点f<sub>2</sub>： 27.54 （f<sub>2</sub>/f = 2.754）

第3のレンズ群の合成焦点f<sub>3</sub>： 21.78 （f<sub>3</sub>/f = 2.178）

FN<sub>o</sub>.： 2.6

半画角（degree）： 40.24

バックフォーカス長（mm）： 32.47

上記に示した数値および図3に示した数値から分かるように、本例の投写用レンズシステム5は、上述した式（A）、（B）および（C）の条件を全て満たすものである。

### 【0023】

図4に、この投写用レンズシステム5の球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。球面収差は、670nm（破線）、650nm（一点鎖線）、550nm（実線）、450nm（二点鎖線）および430nm（三点鎖線）の各波長における値を示している。これらの図に示してあるように、本例のレンズシステム5の縦収差は、±0.1mm程度の範囲に収まり、また、歪曲収差は0.03%程度の範囲に収まっている。この諸収差の値は、引用文献として示した特開2002-31754号公報に開示された諸収差の値とほとんど同じレベルである。したがって、本発明の投写用レンズシステム5においては、1枚の非球面レンズを採用するだけで、3枚の非球面レンズを採用したレンズシステムと遜色のない結像性能の高いレンズシステムが得られていることが分かる。

### 【0024】

さらに、特開2002-31754号公報に開示されたレンズシステムでは、入力側のレンズに曲率半径が200mm以上の、ゴーストが比較的発生しやすいレンズが用いられている。これに対し、本例のレンズシステム5では、曲率半径が200mm以下、さらには、20～50mmの範囲の曲率の変化がそれほど大きくないレンズの組み合わせで、十分に諸収差の値を小さくできている。したがって、この点では、非球面レンズの数を少なく

10

20

30

40

50

して、さらに結像性能の良いレンズシステムが得られたといえることができる。

#### 【0025】

また、Fナンバーも2.6と非常に明るく、画角も拡大投影するために十分な値が得られており、バックフォーカスも十分に長い。このため、本例の投写用レンズシステムは、入射側のテレセントリック性も十分な、明るい広角レンズシステムとなっている。したがって、液晶やDMDによるライトバルブ4に構成された画像を拡大投影するのに適したレンズシステムである。さらに、非球面レンズは、発熱源である光源からもっとも遠い、もっともスクリーン側のレンズL11の一枚だけであり、温度変化による結像性能の変動も小さい。また、非球面レンズが一枚で良いので、レンズを加工する際のコストや、組み立ての精度誤差の問題も少ない。したがって、本発明により、低コストで高性能の投写用レンズシステムを提供できる。

#### 【0026】

特に、上記の条件(A)および(B)を満たしているので、非球面レンズとなる第1のレンズに対する面精度の要求を抑制することができる。したがって、さらに、温度変動による収差性能の影響も小さく、非球面化しやすいプラスチックレンズにより、面精度が安定した非球面レンズを導入できるというメリットを備えている。したがって、さらにレンズシステムの個体差が小さく、温度変動による影響も受けにくい低コストの投写用レンズシステムを提供できる。このため、本例のレンズシステム1は、図1に示したリアプロジェクタ1のように、熱源となる光源と共にクローズされた環境で使用しても十分に高い結像性能を安定して得ることができるレンズシステムである。したがって、光源3およびライトバルブ(光変調器)4と共に本例のレンズシステム5をハウジング2に収納することにより、高画質が安定して得られ、低コストなリアプロジェクタ1を提供できる。

#### 【0027】

(第2の実施例)

図5に本発明の異なる投写用レンズシステム5のレンズ配置を示してある。本例の投写用レンズシステム5も、スクリーン9の側から入力側に向かって、正の屈折力の第1のレンズ群G1、負の屈折力の第2のレンズ群G2およびG3が並んだレンズシステムであり、第3のレンズ群G3が2つの接合レンズD1およびD2を備えている。

#### 【0028】

さらにレンズ構成を詳しく説明すると、最もスクリーン側に位置する第1のレンズ群G1は、全体として負の屈折力を備えており、スクリーン9の側から順に、スクリーン側に凸の負のメニスカスレンズL11およびL12と両凹の負レンズL13の3枚のレンズにより構成されている。また、本例のレンズシステム5においても第1のレンズL11の両面S1およびS2は非球面である。

#### 【0029】

第2のレンズ群G2は、全体として正の屈折力を備えており、両凸の凸レンズL21と、若干スクリーン側に凸の正のメニスカスレンズL22とにより構成されている。さらに、第3のレンズ群G3は、全体として正の屈折力を備えており、両凸の正レンズL31とスクリーン側に凹の負のメニスカスレンズL32が接合された第1の接合レンズ(第1のダブルレットD1)と、両凹の負レンズL33と両凸レンズの正レンズL34が接合された第2の接合レンズ(第2のダブルレットD2)と、両凸の正レンズL35により構成されている。

#### 【0030】

したがって、このレンズシステム5も全体が10枚構成で、スクリーン側から負-正-正のパワーのレンズ群が配置されたレトロフォーカス型のレンズシステムである。さらに、第3のレンズ群G3に2つの接合レンズD1およびD2を備え、それらの入力側には正レンズL35が配置され、スクリーン側には正の第2のレンズ群G2が配置されているので、第2および第3のレンズ群G2およびG3の範囲でみると、個々のレンズサイズや空気間隔は異なるが、対称型のガウスタイプに近いレンズ配列となっている。

#### 【0031】

10

20

30

40

50

図 6 に、本例のレンズシステム 5 のレンズデータを示してある。また、第 1 面 (S 1) および第 2 面 (S 2) は非球面であり、その非球面係数は以下の通りである。

第 1 面 (S 1)

$$\begin{aligned} R &= 42.017 & K &= 0.0000 \\ A &= 6.7483 \times 10^{-6} & B &= -4.2768 \times 10^{-9} \\ C &= 1.0696 \times 10^{-11} & D &= -8.9440 \times 10^{-15} \end{aligned}$$

第 2 面 (S 2)

$$\begin{aligned} R &= 26.620 & K &= 0.0000 \\ A &= -1.2306 \times 10^{-6} & B &= -1.8078 \times 10^{-8} \\ C &= -1.4377 \times 10^{-15} & D &= -1.9929 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

本例のレンズシステム 5 の各パラメータは次の通りである。

全体の合成焦点  $f$  (mm) : 7.39

第 1 のレンズの焦点  $f_{L11}$  : -160.94

第 1 のレンズ群の合成焦点  $f_1$  : -9.63 ( $f_1 / f = -1.3$ )

第 2 のレンズ群の合成焦点  $f_2$  : 29.0 ( $f_2 / f = 3.9$ )

第 3 のレンズ群の合成焦点  $f_3$  : 22.43 ( $f_3 / f = 3.0$ )

F No. : 2.4

半画角 (degree) : 42.3

バックフォーカス長 (mm) : 34.8

上記に示した数値および図 6 に示した数値から分かるように、本例の投写用レンズシステム 5 は、上述した式 (A)、(B) および (C) の条件を全て満たすものである。

#### 【0032】

図 7 に、この投写用レンズシステム 5 の球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。これらの図に示してあるように、本例のレンズシステム 5 の縦収差は、 $\pm 0.1$  mm 程度の範囲に収まり、また、歪曲収差は 0.1 % 程度の範囲に収まっている。したがって、本例の投写用レンズシステム 5 においても、1 枚の非球面レンズを採用するだけで、収差が十分に補正できており、低コストで結像性能の高いレンズシステムを提供できる。また、入射側の第 3 のレンズ群を構成する各レンズの曲率の変動が小さいことは上記の実施例のレンズシステムと同様であり、ゴーストの発生も小さい。

#### 【0033】

さらに、本例のレンズシステム 5 は、F ナンバーが 2.4 とさらに明るく、画角も半画角で 42.3 度と大きく、バックフォーカスは 34.8 mm とさらに長くなっている。したがって、入射側のテレセントリック性がさらに良好で、非常に明るい広角なレンズシステムとなっている。したがって、液晶や DMD によるライトバルブ 4 に構成された画像を拡大投影するのにさらに適したレンズシステムである。また、非球面レンズが一枚で十分に収差を補正できるので、温度変化や、組み立てあるいは加工誤差による性能の変動は小さく、安定した結像性能を得ることができる。

#### 【0034】

(第 3 の実施例)

図 8 に本発明のさらに異なる投写用レンズシステム 5 のレンズ配置を示してある。本例の投写用レンズシステム 5 も、スクリーン 9 の側から入力側に向かって、正の屈折力の第 1 のレンズ群 G 1、負の屈折力の第 2 のレンズ群 G 2 および G 3 が並んだレンズシステムであり、第 3 のレンズ群 G 3 が 2 つの接合レンズ D 1 および D 2 を備えている。

#### 【0035】

さらにレンズ構成を詳しく説明すると、最もスクリーン側に位置する第 1 のレンズ群 G 1 は、全体として負の屈折力を備えており、スクリーン 9 の側から順に、スクリーン側に凸の負のメニスカスレンズ L 11 および L 12 と両凹の負レンズ L 13 の 3 枚のレンズにより構成されている。また、本例のレンズシステム 5 においても第 1 のレンズ L 11 の両面 S 1 および S 2 は非球面である。

#### 【0036】

10

20

30

40

50

第2のレンズ群G2は、全体として正の屈折力を備えており、スクリーン側に凹の正のメニスカスレンズL21と、両凸の正レンズL22とにより構成されている。さらに、第3のレンズ群G3は、全体として正の屈折力を備えており、スクリーン側に凹の正のメニスカスレンズL31とスクリーン側に凹の負のメニスカスレンズL32が接合された第1の接合レンズ（第1のダブルットD1）と、両凹の負レンズL33と両凸レンズの正レンズL34が接合された第2の接合レンズ（第2のダブルットD2）と、両凸の正レンズL35およびL36により構成されている。

#### 【0037】

したがって、このレンズシステム5は、全体が11枚構成で、スクリーン側から負－正－正のパワーのレンズ群が配置されたレトロフォーカス型のレンズシステムである。さらに、第3のレンズ群G3に2つの接合レンズD1およびD2を備え、それらの入力側には2枚の正レンズL35およびL36が配置され、スクリーン側には2枚の正のパワーのレンズからなる第2のレンズ群G2が配置されている。このため、第2および第3のレンズ群G2およびG3の範囲でみると、個々のレンズサイズや空気間隔は異なるが、さらに対称型の高いレンズ配置となっており、よりガウスタイプに近いレンズ配列となっている。

#### 【0038】

図9に、本例のレンズシステム5のレンズデータを示してある。また、第1面（S1）および第2面（S2）は非球面であり、その非球面係数は以下の通りである。

第1面（S1）

$$R = 45.959 \quad K = 0.0000 \quad 20$$

$$A = 5.4701 \times 10^{-6}, \quad B = -7.3336 \times 10^{-10}$$

$$C = 8.3226 \times 10^{-13}, \quad D = 2.5513 \times 10^{-15}$$

第2面（S2）

$$R = 28.055 \quad K = 0.0000$$

$$A = -8.7300 \times 10^{-7}, \quad B = -1.7054 \times 10^{-8}$$

$$C = 1.7141 \times 10^{-11}, \quad D = -2.4659 \times 10^{-14}$$

本例のレンズシステム5の各パラメータは次の通りである。

全体の合成焦点f（mm）： 9.2

第1のレンズの焦点fL11： -155.91

第1のレンズ群の合成焦点f1： -11.407 （f1/f = -1.24） 30

第2のレンズ群の合成焦点f2： 25.93 （f2/f = 2.82）

第3のレンズ群の合成焦点f3： 22.74 （f3/f = 2.47）

FNo.： 2.4

半画角（degree）： 43.52

バックフォーカス長（mm）： 35.5

#### 【0039】

図10に、この投写用レンズシステム5の球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。これらの図に示してあるように、本例のレンズシステム5の縦収差は、±0.1mm以下の範囲に収まり、また、歪曲収差も0.1%程度の範囲に収まっている。したがって、本例の投写用レンズシステム5は、1枚の非球面レンズを採用するだけで、さらに収差が良好に補正されたレンズシステムが実現されている。また、入射側の第3のレンズ群を構成する各レンズの曲率の変動は若干大きくなっているが、ゴーストを発生させるほどではなく、上記の実施例のレンズシステムと同様にゴーストの発生もなく、さらに、諸収差も良好に補正されたレンズシステムを提供できる。

#### 【0040】

また、本例のレンズシステム5も、Fナンバーが2.4と明るく、画角も半画角で43.5度程度とさらに大きく、バックフォーカスは35.5mmとさらに長くなっている。したがって、入射側のテレセントリック性がさらに良好で、非常に明るい広角なレンズシステムとなっている。したがって、液晶やDMDによるライトバルブ4に構成された画像をリアプロジェクタ1において拡大投影するのにさらに適したレンズシステムである。また 50

、非球面レンズが一枚で十分に収差を補正でき、上記の条件（Ａ）および（Ｂ）を満たすことにより、非球面レンズの負荷も小さくなるので、温度変化や、組み立てあるいは加工誤差による性能の変動は小さく、その点でも、さらにリアプロジェクタ１のようにクローズされた環境で安定した結像性能を発揮することができる。したがって、本発明により、リアプロジェクタ１に適したローコストの投写用レンズシステムを提供できる。

#### 【００４１】

##### 【発明の効果】

以上に説明したように、本発明の投写用レンズシステムは、負の第１のレンズ群の最もスクリーン側のレンズに非球面レンズを用い、第２のレンズ群を正レンズ、正レンズ、第３のレンズ群を接合レンズ、接合レンズ、正レンズの構成にすることにより、少ない非球面レンズ枚数で歪曲などの収差を補正し高性能、ローコストなレンズシステムを提供している。

10

#### 【００４２】

さらに、第１のレンズ群、第２のレンズ群および第３のレンズ群それぞれの屈折力をバランスよく配分することにより、広角で長いバックフォーカスを持つ、テレセントリックな光学系に適したレンズシステムで、かつ非球面レンズの負荷を減らし、量産に適したレンズシステムを実現している。したがって、本発明により、一枚の非球面レンズで十分良好に諸収差が補正された、ローコストの投影用のレンズシステムを提供できる。そして、本発明のレンズシステムは非球面レンズの枚数が少ないので、温度変化による結像性能の変動も小さく、リアプロジェクタのようなクローズされた環境で使用するのに適している。このため、本発明のレンズシステムは、低コストで画質の良いリアプロジェクタを実現するために好適なレンズシステムであると言える。

20

##### 【図面の簡単な説明】

【図１】リアプロジェクタの概略構成を示す図である。

【図２】本発明の投写用レンズシステムの構成を示す図である。

【図３】図２に示すレンズシステムのレンズデータを示す図である。

【図４】図２に示すレンズシステムの各収差を示す図である。

【図５】本発明の投写用レンズシステムの異なる例を示す図である。

【図６】図５に示すレンズシステムのレンズデータを示す図である。

【図７】図５に示すレンズシステムの各収差を示す図である。

30

【図８】本発明の投写用レンズシステムのさらに異なる例を示す図である。

【図９】図８に示すレンズシステムのレンズデータを示す図である。

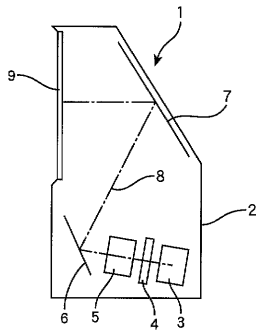
【図１０】図８に示すレンズシステムの各収差を示す図である。

##### 【符号の説明】

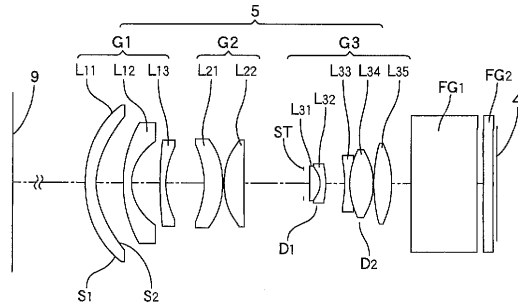
- １ リアプロジェクタ
- ２ハウジング
- ３光源
- ４ライトバルブ（光変調器）
- ５投写用レンズシステム
- ６、７ 鏡
- ９ スクリーン

40

【図 1】



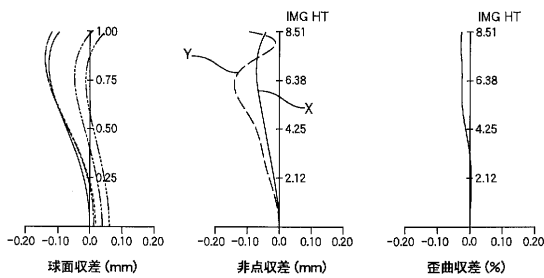
【図 2】



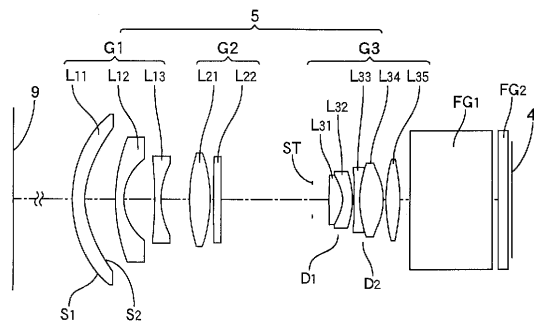
【図 3】

| No | R       | D     | Nd    | $\nu d$ | レンズ     |
|----|---------|-------|-------|---------|---------|
| 1  | 36.235  | 3.50  | 1.492 | 58.0    | レンズ L11 |
| 2  | 25.736  | 8.50  |       |         |         |
| 3  | 37.915  | 2.50  | 1.713 | 53.9    | レンズ L12 |
| 4  | 14.271  | 9.33  |       |         |         |
| 5  | 100.685 | 1.80  | 1.743 | 49.2    | レンズ L13 |
| 6  | 21.999  | 12.66 |       |         |         |
| 7  | -24.075 | 5.97  | 1.805 | 25.5    | レンズ L21 |
| 8  | -23.155 | 0.50  |       |         |         |
| 9  | 21.759  | 6.23  | 1.62  | 36.3    | レンズ L22 |
| 10 | 858.316 | 19.16 |       |         |         |
| 11 | INF     | 2.04  |       |         | 絞り ST   |
| 12 | -41.390 | 3.42  | 1.658 | 50.9    | レンズ L31 |
| 13 | -7.274  | 1.60  | 1.805 | 25.5    | レンズ L32 |
| 14 | -32.705 | 5.86  |       |         |         |
| 15 | -45.243 | 1.60  | 1.847 | 23.8    | レンズ L33 |
| 16 | 21.892  | 7.50  | 1.517 | 64.2    | レンズ L34 |
| 17 | -19.140 | 0.30  |       |         |         |
| 18 | 48.275  | 5.23  | 1.805 | 25.5    | レンズ L35 |
| 19 | -32.597 | 6.00  |       |         |         |
| 20 | INF     | 21.00 | 1.517 | 64.2    | ガラス FG1 |
| 21 | INF     | 2.00  |       |         |         |
| 22 | INF     | 3.00  | 1.487 | 70.4    | ガラス FG2 |
| 23 | INF     | 0.56  |       |         |         |

【図 4】



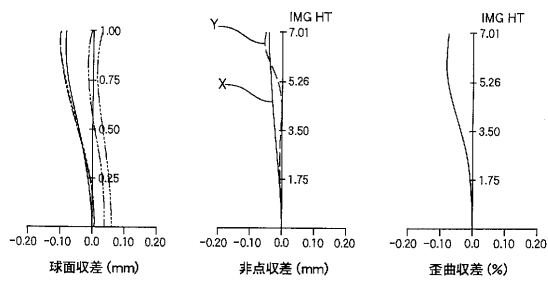
【図 5】



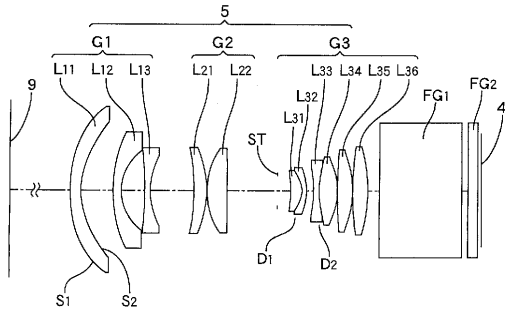
【図 6】

|    | R       | D     | Nd    | $\nu d$ | レンズ     |
|----|---------|-------|-------|---------|---------|
| 1  | 42.017  | 4.00  | 1.492 | 58.0    | レンズ L11 |
| 2  | 26.620  | 9.87  |       |         |         |
| 3  | 52.745  | 2.50  | 1.713 | 53.9    | レンズ L12 |
| 4  | 15.254  | 10.16 |       |         |         |
| 5  | -75.001 | 1.80  | 1.743 | 49.2    | レンズ L13 |
| 6  | 22.288  | 9.18  |       |         |         |
| 7  | 44.255  | 6.63  | 1.729 | 28.3    | レンズ L21 |
| 8  | -40.727 | 1.00  |       |         |         |
| 9  | 266.326 | 2.44  | 1.581 | 10.9    | レンズ L22 |
| 10 | 502.504 | 29.39 |       |         |         |
| 11 | INF     | 5.21  |       |         | 絞り ST   |
| 12 | 82.982  | 4.41  | 1.487 | 70.4    | レンズ L31 |
| 13 | -12.056 | 2.93  | 1.847 | 23.8    | レンズ L32 |
| 14 | -27.657 | 1.00  |       |         |         |
| 15 | -73.967 | 1.60  | 1.847 | 23.8    | レンズ L33 |
| 16 | 31.064  | 7.42  | 1.487 | 70.4    | レンズ L34 |
| 17 | -21.620 | 1.00  |       |         |         |
| 18 | 45.856  | 4.44  | 1.847 | 23.8    | レンズ L35 |
| 19 | -55.706 | 3.33  |       |         |         |
| 20 | INF     | 26.00 | 1.517 | 64.2    | ガラス FG1 |
| 21 | INF     | 2.00  |       |         |         |
| 22 | INF     | 3.00  | 1.487 | 70.4    | ガラス FG2 |
| 23 | INF     | 0.51  |       |         |         |

【図 7】



【図 8】



【図 9】

|    | R        | D     | Nd     | $\nu d$ | レンズ     |
|----|----------|-------|--------|---------|---------|
| 1  | 45.959   | 3.50  | 1.492  | 58.0    | レンズ L11 |
| 2  | 28.055   | 10.29 |        |         |         |
| 3  | 43.271   | 2.50  | 1.713  | 53.9    | レンズ L12 |
| 4  | 15.067   | 7.51  |        |         |         |
| 5  | -134.747 | 1.80  | 1.743  | 49.2    | レンズ L13 |
| 6  | 23.786   | 14.11 |        |         |         |
| 7  | -54.520  | 4.13  | 1.673  | 32.2    | レンズ L21 |
| 8  | -32.599  | 0.20  |        |         |         |
| 9  | 23.882   | 6.50  | 1.648  | 33.8    | レンズ L22 |
| 10 | -386.957 | 15.81 |        |         |         |
| 11 | INF      | 4.32  |        |         | 絞り ST   |
| 12 | -27.534  | 3.53  | 1.487  | 70.4    | レンズ L31 |
| 13 | -9.270   | 1.60  | 1.847  | 23.8    | レンズ L32 |
| 14 | -20.581  | 2.00  |        |         |         |
| 15 | -45.337  | 1.60  | 1.847  | 23.8    | レンズ L33 |
| 16 | 60.855   | 5.89  | 1.497  | 81.6    | レンズ L34 |
| 17 | -23.265  | 0.20  |        |         |         |
| 18 | 200.000  | 4.63  | 1.497  | 81.6    | レンズ L35 |
| 19 | -31.777  | 0.20  |        |         |         |
| 20 | 88.467   | 4.70  | 1.847  | 81.6    | レンズ L36 |
| 21 | -46.795  | 4.00  |        |         |         |
| 22 | INF      | 26.00 | 1.5168 | 64.2    | ガラス FG1 |
| 23 | INF      | 2.00  |        |         |         |
| 24 | INF      | 3.00  | 1.487  | 70.4    | ガラス FG2 |
| 25 | INF      | 0.51  |        |         |         |

【図 10】

