

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4191966号
(P4191966)

(45) 発行日 平成20年12月3日 (2008. 12. 3)

(24) 登録日 平成20年9月26日 (2008. 9. 26)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 15/20 (2006. 01)

G O 2 B 15/20

G O 2 B 13/16 (2006. 01)

G O 2 B 13/16

G O 2 B 13/18 (2006. 01)

G O 2 B 13/18

G O 3 B 21/00 (2006. 01)

G O 3 B 21/00

F

G O 3 B 21/14 (2006. 01)

G O 3 B 21/14

Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-240022 (P2002-240022)

(22) 出願日 平成14年8月21日 (2002. 8. 21)

(65) 公開番号 特開2004-77946 (P2004-77946A)

(43) 公開日 平成16年3月11日 (2004. 3. 11)

審査請求日 平成17年5月25日 (2005. 5. 25)

(73) 特許権者 000227364

日東光学株式会社

長野県諏訪市大字湖南4 5 2 9番地

(74) 代理人 100102934

弁理士 今井 彰

(72) 発明者 吉田 政史

長野県諏訪市大字湖南4 5 2 9番地 日東
光学株式会社内

審査官 森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投写用ズームレンズシステムおよびプロジェクタ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明光学系からの照明光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器からの投影光をスクリーンに投写する投写用ズーム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、正の屈折力の第3のレンズ群、負の屈折力の第4のレンズ群および正の屈折力の第5のレンズ群から構成され、

前記第5のレンズ群は、前記光変調器の前面に配置され、前記照明光および投影光が透過し、変倍の際に移動しない共用のレンズ群であり、

前記第1のレンズ群は、焦点調整のために移動し、変倍の際に移動しないフォーカシング用のレンズ群であり、

前記第3のレンズ群は、移動することにより変倍効果が主に得られる変倍用のレンズ群であり、

前記第2および第4のレンズ群は、移動することにより変倍する際の収差を主に補償する補償用のレンズ群であり、

さらに、前記第3のレンズ群は、前記スクリーンの側から、前記スクリーン側に凸の正レンズと、両凹の負レンズと、前記光変調器の側に凸の正レンズとから構成され、当該投写用ズームレンズシステムの広角端の合成焦点距離 f_w と、前記第3のレンズ群の合成焦点距離 f_3 とが次の式を満たす投写用ズームレンズシステム。

$$1.4 < f_3 / f_w < 2.1$$

【請求項 2】

請求項 1 において、前記第 1、第 2 および第 4 のレンズ群の少なくともいずれかは、非球面レンズを備えている投写用ズームレンズシステム。

【請求項 3】

請求項 2 において、前記第 1 および第 4 のレンズ群が非球面レンズを備えている投写用ズームレンズシステム。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかにおいて、前記第 2、第 3 および第 4 のレンズ群は広角端から望遠端に変倍する際に前記スクリーン側に移動する投写用ズームレンズシステム。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかにおいて、当該投写用ズームレンズシステムの広角端の合成焦点距離 f_w と、望遠端の合成焦点距離 f_t と、第 4 のレンズ群の移動距離 T_4 とが次の式を満たす投写用ズームレンズシステム。

$$4.75 < T_4 \times f_t / f_w < 6.6$$

【請求項 6】

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

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、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ズームレンズシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、プロジェクタのライトバルブとして液晶パネルが多く用いられてきた。近年、液晶パネルに代わり、マイクロマシン技術を用いて機械的に光の反射方向を変えて画像を形成する複数の素子を備えた装置が実用化されている。微少な鏡面素子（マイクロミラー）を画素に対応させてアレイ状に並べ、それぞれの鏡面の角度を制御することにより画像を表示する DMD（デジタルミラーデバイス、箔変形デバイスあるいはディスプレイ）はその 1 つである。このマイクロミラーで画素を構成する光変調器は、液晶パネルより応答速度が速く、明るい画像が得られるので、小型で高輝度、高画質のプロジェクタを実現するのに適している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

DMD において、画像を生成する際にマイクロミラーの旋回する角度は ± 12 度程度であり、これにより照明光学系から照射された照明光を、画像を形成するために有効な反射光（投影光）と画像を形成するためには不要な無効な反射光を切替えている。したがって、DMD をライトバルブとしたプロジェクタにおいては有効な反射光（有効光あるいは投影光）を捉える（飲み込む）と共に無効な反射光（無効光）は捉えない（飲み込まない）プロジェクタレンズが必要となる。さらに、イメージサークルを小さくするには、プロジェクタレンズは DMD の法線方向に設置することが望ましい。したがって、DMD に照明光を入力する照明光学系と、投影光を出力する投写レンズの配置はかぎられてしまい、上記のように DMD から有効光をプロジェクタレンズに入力するには、照明光学系と投写レンズ（プロジェクタレンズ）とほぼ同じ方向に設置する必要がある。

【0004】

DMD を採用したプロジェクタ装置も、小型および薄型化が要求されており、プロジェクタレンズにおいても、全体がコンパクトでレンズ径も小さなものが検討されている。そこで、光変調装置であるライトバルブの前面に凸レンズ（フィールドレンズ）を配置し、これを照明光学系および投写用レンズシステムの一部として共用し、照明光学系を簡略化してコンパクトにすると共に、投写用レンズシステムとして収差補正にも寄与させ、投写用

10

20

30

40

50

レンズシステムの構成も簡略化してコンパクトにすることが考えられている。

【0005】

このような照明光学系および投影光学系に共用のフィールドレンズをライトバルブの前に配置したプロジェクタに適した投写用ズームレンズについては、まだ、適当な構成が開示されていない。そこで、本発明においては、フィールドレンズを採用したプロジェクタに好適な投写用ズームレンズを提供することを目的としている。そして、コンパクトでズーム機能を備えたプロジェクタ装置を提供することも目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】

照明光学系からの照明光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えたDMDなどの光変調器からの投影光をスクリーンに投写する投写用ズームレンズシステムであって、フィールドレンズを含んだ投写用ズームレンズシステムにおいては、フィールドレンズのスクリーン側に位置するレンズ群が、有効光を飲み込み、無効光は飲み込まない機能を備えている必要がある。したがって、広角端と望遠端とで、光変調器から反射した投影光あるいは有効光を飲み込む入射瞳位置が移動しない、あるいは、ほとんど移動しないことが望ましい。このため、フィールドレンズのスクリーン側に位置するレンズ群は、移動することにより変倍効果が主に得られる変倍用のレンズ群、すなわちバリエータとすることができない。また、最もスクリーン側のレンズ群は、フォーカシングするために移動する必要がある。したがって、変倍する際に移動すると、フォーカシングとズーミングの両方を同時に行う必要があり、機構が複雑になりコンパクトなレンズシステムとして提供できない。

【0007】

そこで、本発明においては、5群構成のズームレンズシステムを提供し、スクリーン側の第1のレンズ群はフォーカシングでズーミングの際は固定とし、第3のレンズ群をバリエータとして主に利用し、第5のレンズ群をフィールドレンズとして固定し、第2および第4のレンズ群をコンペンセータとして主に利用する。すなわち、本発明の投写用ズームレンズシステムは、照明光学系からの照明光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器からの投影光をスクリーンに投写する投写用ズームレンズシステムであって、スクリーン側から第1、第2、第3、第4および第5のレンズ群から構成される。そして、第5のレンズ群は、光変調器の前面に配置され、照明光および投影光が透過し、変倍の際に移動しない共用のレンズ群、すなわち、フィールドレンズとして用いられ、第1のレンズ群は、焦点調整のために移動し、変倍の際に移動しないフォーカシング用のレンズ群として用いられ、第3のレンズ群は、移動することにより変倍効果が主に得られる変倍用のレンズ群、すなわち、バリエータとして用いられる。さらに、第2および第4のレンズ群は、移動することにより変倍する際の収差を主に補償する補償用のレンズ群、すなわち、コンペンセータとして用いられる。

【0008】

本発明の投写用ズームレンズシステムは、第4のレンズ群はコンペンセータとして、変倍中に収差を補償するために移動するとしても移動距離は少ない。このため、フィールドレンズを介して光変調器から入射する投影光に対する入射瞳位置の移動距離が小さい。したがって、光変調器からの投影光を効率良く飲み込み明るい画像を投影できる、DMDなどの反射型の光変調器に適した投写用ズームレンズを提供できる。また、第4のレンズは、コンペンセータとして変倍中に微小距離を移動するようにしているので、変倍中の収差が良好に補償された結像性能の高い投写用ズームレンズを提供できる。このため、本発明の投写用ズームレンズシステムを採用することにより、DMDなどの光の反射方向を変えて画像を生成する素子を備えた光変調器を採用したコンパクトで明るく綺麗な画像を表示できる、ズーム機能を備えたプロジェクタ装置を提供することが可能となる。

【0009】

本発明の5群構成の投写用ズームレンズは、第1のレンズ群が負の屈折力のレンズ群、第2のレンズ群が正の屈折力のレンズ群、第3のレンズ群が正の屈折力のレンズ群、第4

10

20

30

40

50

のレンズ群が負の屈折力のレンズ群、第5のレンズ群は正の屈折力のレンズ群である。第5のレンズ群は照明光を平行化するために正の屈折力であり、スクリーン側から負－正－正－負－正の構成にすることにより、レトロフォーカス型の組み合わせにより光変調器側のバックフォーカスの長い投写用ズームレンズシステムを提供できる。

【0010】

少ないレンズ構成で、投写用ズームレンズシステムの収差性能を向上するためには、非球面レンズを導入することが望ましい。本発明の投写用ズームレンズシステムにおいては、第1、第2および第4のレンズ群が移動しないか、または移動距離が小さく、ズーミングする際に通過する光線の変動が小さい。したがって、非球面レンズを設計しやすく、これら第1、第2および第4のレンズ群の少なくとも1つあるいは複数に非球面レンズを導入することにより収差性能をさらに向上できる。

10

【0011】

第1、第2および第4のレンズ群のうち、最もスクリーン側の第1のレンズ群は、像の光軸近くの光線はレンズの中心近くを通り、周辺近くの光線はレンズの周辺近くを通る。そして、コンパクトなズームレンズシステムの中でもレンズ径は最も大きくなる。したがって、レンズの中心と周辺とで通る光線が異なり、その差も大きいので、非球面による収差補正の効果が大きい。したがって、第1のレンズ群に非球面を設けて、非点収差、像面湾曲、歪曲を主に補正することが望ましい。さらに、第4のレンズ群に非球面を設けることにより、球面収差およびコマ収差を主に補正することが可能となり、いっそう収差が良好に補正されたレンズシステムを提供できる。

20

【0012】

第3のレンズ群はバリエータとして移動距離が大きくなるが、球面収差や像面わん曲が良く補正されたレンズ群でないと、レンズシステム全体の結像性能に影響を与える。したがって、単純な構成でありながら球面収差や像面わん曲を効率良く補正できるトリプレットタイプ、すなわち、スクリーンの側から、スクリーン側に凸の正レンズと、両凹の負レンズと、光変調器の側に凸の正レンズとの組み合わせを採用する。そして、投写用ズームレンズシステムの広角端の合成焦点距離 f_w と、第3のレンズ群の合成焦点距離 f_3 とが次の式を満たす。

【0013】

$$1.4 < f_3 / f_w < 2.1 \dots (A)$$

30

この式(A)の範囲から外れると、第3のレンズ群のパワーが強すぎたり、弱すぎることににより非点収差などの諸収差が悪化する。

【0014】

そして、このような本発明の投写用ズームレンズシステムであると、第4のレンズ群の移動距離 T_4 (mm) を投写用ズームレンズシステムの広角端の合成焦点距離 f_w と、望遠端の合成焦点距離 f_t とに対して次の式の範囲にすることができる。

【0015】

$$4.75 < T_4 \times f_t / f_w < 6.6 \dots (B)$$

すなわち、非点収差などの諸収差を良好に補正しようとする、上記(B)式の下限より大きな移動量が要求されるが、その距離はズーム比1.25のズームレンズシステムで3.8mm程度であり、上限としては第4のレンズ群の移動距離を5mm程度以下に抑えることが可能となる。したがって、フィールドレンズを備え、さらに、ズーミング中に入射瞳の位置をほとんどずらさずに諸収差が良好に補正された結像性能の良いズームレンズを提供できる。

40

【0016】

【発明の実施の形態】

図1に、DMDをライトバルブとして採用したプロジェクタの概略構成を示してある。このプロジェクタ1は、光変調器であるDMD2と、このDMDに投写用の照明光11を照射する照明光学系(照明システム)3と、DMD2により反射された有効光(投影光)12をスクリーン9に投写する投写レンズシステム5とを備えている。図1に示したプロジ

50

ェクタ 1 は、単板式のビデオプロジェクタであり、照明システム 3 は、ハロゲンランプなどの白色光源 6 と、円盤型の回転色分割フィルタ 7 とを備えている。このため、DMD 2 には、赤、緑、青の 3 原色が時分割で照射される。そして、それぞれの色の光が照射されるタイミングで個々の画素に対応する素子を制御することによりカラー画像が表示される。照明光学系 3 は、さらに、種々のプロジェクタの配置あるいは構成に対応して、光源 6 からの照明光 1 1 を DMD 2 に照射するためのコンデンサレンズ 8 a、対物光学系 8 b あるいはミラー 4 などが必要に応じて配置される。

【0017】

DMD 2 は、照明光 1 1 の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子（デジタルミラー）を備えた光変調器であり、DMD 2 を採用したプロジェクタ 1 においては、DMD 2 の法線と投写レンズシステム 5 の光軸とが一致しているとイメージサークルが小さくなり、投写レンズシステム 5 の径を小さくできる。それと共に、有効光および無効光の分離が容易となる。したがって、照明システム 3 から DMD 2 に対する入射角度はかぎられており、照明システム 3 の光軸と、投写レンズシステム 5 の光軸とがほとんど同一方向になる。このため、照明システム 3 の影響を受けないようにするには投写レンズシステム 5 のバックフォーカスはある程度長くする必要がある。また、有効な投影光 1 2 を無効な光と分離するためには投写レンズシステム 5 の DMD 2 の側に位置する最終レンズの径は十分に小さくする必要がある。それらの条件により、本例のプロジェクタ 1 の光学系は設計されている。

【0018】

図 1 に示したように、本例の投写レンズシステム 5 は、DMD 2 の前面に配置されたレンズ群 G 5 を含め、スクリーン 9 の側から順番に、第 1 のレンズ群 G 1、第 2 のレンズ群 G 2、第 3 のレンズ群 G 3、第 4 のレンズ群 G 4 および第 5 のレンズ群 G 5 を備えた 5 群構成で、第 2 のレンズ群 G 2、第 3 のレンズ群 G 3 および第 4 のレンズ群 G 4 が変倍中に移動するズームレンズシステムである。第 5 のレンズ群 G 5 は、照明光 1 1 と投影光 1 2 が共に透過するフィールドレンズであり、照明システム 3 の対物光学系 8 b と組み合わせさせて照明システム 3 から出射される照明光 1 1 をライトバルブ 2 に照射する照明光学系としても作用する。

【0019】

（実施例 1）

図 2 に、本発明に係る投写用ズームレンズシステム 5 の広角端（図 2（a））と望遠端（図 2（b））におけるレンズ配置を示してある。本例の投写用ズームレンズ 5 は、上述したようにスクリーン 9 の側から 5 つのレンズ群 G 1、G 2、G 3、G 4 および G 5 にグループ化されており、合計 10 枚のレンズ L 1 1～L 5 1 により構成されている。それぞれのレンズの詳細なデータは以下に示した通りである。

【0020】

まず、スクリーン側の第 1 のレンズ群 G 1 は全体が負の屈折力を備えたレンズ群であり、最もスクリーン側（前方）に位置した、スクリーン側に凸の正のメニスカスレンズ L 1 1 と、スクリーン側に凸の負のメニスカスレンズ L 1 2 と、スクリーン側に凸の負のメニスカスレンズ L 1 3 が順番に並んで構成されている。また、これらのレンズのうち、2 番目のレンズ L 1 2 の両面（第 3 面と第 4 面）が非球面となっている。この第 1 のレンズ群 G 1 は、変倍中は固定されており、フォーカシングだけのために動くフォーカシング用のレンズ群となっている。

【0021】

第 1 のレンズ群 G 1 の DMD 2 の側に位置する第 2 のレンズ群 G 2 は、全体が正の屈折力を備えたレンズ群であり、両凸の正レンズ L 2 1 により構成されている。そして、この第 2 のレンズ群 G 2 は、広角端から望遠端への変倍中は、スクリーン 9 の側に若干移動し、諸収差を補正するコンペンセータとして主に機能する。

【0022】

第 3 のレンズ群 G 3 は、全体が正の屈折力を備えたレンズ群であり、スクリーン 9 の側か

10

20

30

40

50

ら、スクリーン9の側に大きく凸の正レンズL31と、両凹の負レンズL32と、ライトバルブ2の側に大きく凸の正レンズL32とから構成されている。したがって、第3のレンズ群G3は、トリプレットと称される簡易な構成であるが、球面収差や像面わん曲が良く補正できるレンズ群となっている。この第3のレンズ群G3は、広角端から望遠端への変倍中は、スクリーン9の側に大きく動き、移動することにより変倍効果をもたらすバリエータとして主に機能する。

【0023】

第4のレンズ群G4は、全体が負の屈折力を備えたレンズ群であり、スクリーン9の側からスクリーン側に凸の正のメニスカスレンズL41と、スクリーン側に凸の負のメニスカスレンズL42により構成されている。これらのレンズの内、2番目のレンズL42の両面が非球面になっている。また、この第4のレンズ群G4は、広角端から望遠端への変倍中は、スクリーン9の側に若干移動し、諸収差を補正するコンペンセータとして主に機能する。

10

【0024】

第5のレンズ群G5は、全体が正の屈折力を備えたレンズ群であり、スクリーン9の側に大きく凸の正レンズL51により構成されている。この第5のレンズ群G5は、照明光学系3と、投写レンズシステム5とに共通に利用されている共用レンズあるいはフィールドレンズであり、ライトバルブ2に対して移動しないようになっている。

【0025】

以下に示すレンズデータにおいて、 r_i はスクリーン側から順番に並んだ各レンズの曲率半径(mm)、 s_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_i はスクリーン側から順番に並んだ各レンズの屈折率(d線)、 v_i はスクリーン側から順番に並んだ各レンズのアッベ数(d線)を示す。また、 f は本例の投写用レンズ5の合成焦点距離(f_w は広角端における合成焦点距離、 f_t は望遠端における合成焦点距離をそれぞれ示す)、 $f_1 \sim f_5$ は各レンズ群G1~G5の合成焦点距離を示す。また、これらの数値は、投射ズームレンズ5からスクリーンまでの距離が2mのときの値である。

20

【0026】

レンズデータ (No. 1)

No.	Ri	si	ni	vi	
1	67.483	2.67	1.78971	43.93	レンズL 1 1
2	105.966	0.20			
3	71.917	1.80	1.73201	54.67	レンズL 1 2
4	21.604	7.19			
5	1354.856	1.20	1.61495	58.58	レンズL 1 3
6	29.310	可変			
7	65.153	3.61	1.83874	37.34	レンズL 2 1
8	-519.371	可変			
9	37.524	5.59	1.81031	40.73	レンズL 3 1
10	-149.833	9.10			
11	-32.108	1.20	1.76785	26.61	レンズL 3 2
12	33.361	6.22			
13	79.398	5.00	1.77582	49.62	レンズL 3 3
14	-28.776	可変			
15	29.911	4.28	1.74651	49.33	レンズL 4 1
16	29590.411	0.54			
17	316.781	1.20	1.70386	30.05	レンズL 4 2
18	22.003	可変			
19	32.000	14.00	1.51852	64.20	レンズL 5 1
20	-110.000	4.88			
21	Flat	3.00	1.48897	70.44	カバーガラスC
22	Flat				

第3、4、15および16面は非球面であり、その非球面係数は以下の通りである。ただし、非球面式は次の通りである。

【0027】

$$x = (1/R) Y^2 / [1 + \{1 - (1+K) (1/R)^2 Y^2\}^{1/2}] + A Y^4 + B Y^6 + C Y^8 + D Y^{10}$$

第3面

$$R = 71.917$$

$$K = 0.0000$$

$$A = 8.1882 \times 10^{-6}, B = -2.8680 \times 10^{-8}$$

$$C = 4.9391 \times 10^{-11}, D = -2.5052 \times 10^{-14}$$

第4面

$$R = 21.604$$

$$K = 0.0000$$

$$A = 5.2263 \times 10^{-6}, B = -2.7242 \times 10^{-8}$$

$$C = -4.8568 \times 10^{-11}, D = 1.4544 \times 10^{-13}$$

10

20

30

40

50

第15面

$$R = 29.911$$

$$K = 0.0000$$

$$A = -5.9351 \times 10^{-6}, B = -6.2041 \times 10^{-8}$$

$$C = 1.0272 \times 10^{-10}, D = -4.0181 \times 10^{-12}$$

第16面

$$R = 29590.411$$

$$K = 0.0000$$

$$A = -2.1016 \times 10^{-6}, B = -4.0598 \times 10^{-8}$$

$$C = -4.0886 \times 10^{-10}, D = -1.4094 \times 10^{-12}$$

本例の投写用ズームレンズシステムの変倍中の諸数値は以下の通りである。

【0028】

	広角端	中間	望遠端
f	26.00	29.26	32.50
s6	13.05	11.68	10.95
s8	11.31	7.35	3.26
s14	1.00	4.01	7.21
s19	32.95	35.27	36.89

また、それぞれのレンズ群の焦点距離は以下の通りである。

$$f_1 = -24.26$$

$$f_2 = 69.22$$

$$f_3 = 48.36$$

$$f_4 = -499.06$$

$$f_5 = 49.47$$

このレンズシステムの第4のレンズ群の移動距離 T_4 は3.94mm、広角端の焦点距離(f_w)は26.0mmで、望遠端の焦点距離(f_t)は32.5mmであり、全長が130mm、ズーム比が1.25のズームレンズとなっている。したがって、上記の式(A)および(B)に定義したパラメータは以下ようになる。

$$\text{式(A)} \quad f_3 / f_w = 1.86$$

$$\text{式(B)} \quad T_4 \times f_t / f_w = 4.925$$

図3から図6に本例のズームレンズシステム5の諸収差を示してある。図3は、この投写用ズームレンズシステム5の広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。図4は、望遠端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。さらに、図5は、広角端における横収差を示し、図6は、望遠端における横収差を示してある。球面収差および横収差は、656.2nm(破線)、546.1nm(実線)および486.1nm(一点鎖線)の各波長における値を示してある。これらの図からわかるように、本例のレンズシステム5は、広角端から望遠端において、非点収差で±0.02mm程度の範囲に十分に収まり、また、横収差においても±0.04mm程度の範囲に収まる。したがって、本例のズームレンズシステム5は、ズーム比1.25のズームレンズとしては非常に結像性能の高いズームレンズシステムであることが分かる。

【0029】

このように本例のレンズシステム5は、5群構成のズームレンズシステムであり、スクリーン側の第1のレンズ群G1とライトバルブ2の側の第5のレンズ群G5が変倍中は動かない、全長(本例では130mm)が変倍により変わらないズームレンズである。したがって、第1のレンズ群G1はフォーカシングだけに対応すれば良く、機構的には簡易なズームレンズシステムとなり、また、第5のレンズ群G5を照明光学系3と投写レンズシステム5で共用するフィールドレンズとして使用できるようにしている。

【0030】

そして、第3のレンズ群G3を主に変倍のために動かし、第4のレンズ群G4と第2のレンズ群G2を主に収差性能を補償するために利用している。したがって、第4のレンズ群は、ズーム比が1.25倍程度のズームレンズでありながら3.94mm程度と非常に小さい。照明光学系3からの照明光11の反射方向を変えて画像を生成する複数のマイクロミラーを備えたデバイスをライトバルブ2としたプロジェクタ1においては、ライトバルブ2からの投影光12を効率良く飲み込み、さらに、無効光を飲み込まないようにするために、フィールドレンズとして固定された第5のレンズ群G5を介してライトバルブ2から入射する投影光12に対する入射瞳位置の移動距離は小さいことが望ましい。一方、ズーム比を大きくするためにはレンズ群を大きく動かす必要があり、さらに、ズーミング用のレンズの動きを補償するレンズ群の動きも大きくなる。そこで、本例では、第3のレンズ群G3の前後に、第3のレンズ群G3の動きによる収差を補正するための第2のレンズ群G2および第4のレンズ群G4を配置して、第4のレンズ群G4の動きを抑制しながら、十分に収差を補正できるようにしている。したがって、本例でも第4のレンズ群G4の移動距離T4は、式(B)の範囲に収まるように設計されている。

10

【0031】

さらに、変倍中に大きく動く第3のレンズ群G3としては簡易な構成で収差が良く補正できるトリプレットを採用し、そのパワーを式(A)の範囲に止めることにより、十分な変倍率を確保しながら、他のレンズ群との協働により収差が良く補正された結像性能の高いズーミングレンズを提供している。

20

【0032】

また、移動距離の小さい第1のレンズ群G1と第4のレンズ群G4に、それぞれの両面が非球面となったレンズ(L12およびL41)を配置している。ズーミングする際に移動距離のないあるいは小さなレンズであれば、変倍による光線の動きも比較的小さいので、非球面レンズの設計が容易となり、非球面レンズによる収差補正をより効率的に行うことができる。さらに、上記にて説明したように、最もスクリーン側の第1のレンズ群G1は、レンズ径が大きく、光軸光と周辺光との差があるので非点収差、像面湾曲および歪曲を補正するのに適している。また、第4のレンズ群G4に非球面を導入することにより、球面収差およびコマ収差を主に補正することができる。このため、本例のズームレンズは、トータルで10枚と少ない枚数のレンズで、収差性能の良いズームレンズを実現している。

30

【0033】

さらに、ズームレンズシステムを構成する各レンズ群G1～G5のパワーをスクリーン側から順に負－正－正－負－正の構成にしている。このようなパワーのレンズ群の組み合わせは、レトロフォーカス型のレンズの組み合わせと考えることができ、ライトバルブ2の側のバックフォーカスを長くしやすい。したがって、ライトバルブ2に平行な光線を入出力することが望ましい、マイクロミラーを用いたライトバルブ2に好適な投写用ズームレンズシステム5を提供できる。

【0034】

このように、本例のズームレンズシステム5によりは、マイクロミラーデバイスに適したバックフォーカスが長く、さらに、5つのレンズ群を適切に組み合わせることにより、全長が変わらず、簡易な構成で、変倍中の入射瞳の移動距離の小さな投写用ズームレンズを提供することができる。そして、非球面レンズを導入することも容易であり、さらに、第3のレンズ群および第4のレンズ群のパワーを式(A)および(B)の範囲に収めることにより、収差性能も非常に良い。

40

【0035】

(実施例2)

図7に、本発明に係る投写用ズームレンズの他の実施例を示してある。本例のレンズ5も10枚のレンズL11～L51を用いた5群構成のレンズである。各々のレンズ群G1～G5の屈折力は上記のズームレンズと同じであり、それらのレンズ群G1～G5を構成す

50

る個々のレンズのタイプは、第1のレンズ群G1のレンズL13が両凸の正レンズであり、第4のレンズ群G4のレンズL41が両凸の正レンズであり、レンズL42が両凹の負レンズであることを除き上記のレンズシステムと同じである。

【0036】

本例のレンズデータは以下の通りである。なお、以下の各実施例における各符号は上記の実施例1のものと共通であり以降では説明を省略する。

【0037】

レンズデータ (No. 2)

No.	Ri	si	ni	vi		
1	68.098	3.10	1.81031	40.73	レンズL11	10
2	134.757	0.19				
3	64.328	1.90	1.73201	54.67	レンズL12	
4	21.111	7.65				
5	-401.365	1.50	1.68051	55.52	レンズL13	
6	29.125	可変				
7	121.218	3.45	1.83874	37.34	レンズL21	20
8	-136.618	可変				
9	33.545	6.40	1.81031	40.73	レンズL31	
10	-128.559	7.91				
11	-33.122	1.20	1.76785	26.61	レンズL32	
12	32.923	6.10				
13	67.256	5.40	1.77582	49.62	レンズL33	
14	-30.515	可変				30
15	34.694	4.35	1.74651	49.33	レンズL41	
16	-218.962	0.48				
17	-1244.584	1.20	1.70386	30.05	レンズL42	
18	22.582	可変				
19	30.000	14.00	1.51852	64.20	レンズL51	
20	-120.000	4.88				
21	Flat	3.00	1.48897	70.44	カバーガラスC	40
22	Flat					

レンズL12の両面（第3および4面）およびレンズL41の両面（第15および16面）は非球面であり、その非球面係数は以下の通りである。

【0038】

第3面

$$R = 64.328$$

$$K = 0.0000$$

$$A = 3.16777 \times 10^{-6}, B = -8.7070 \times 10^{-9}$$

$$C = 1.5563 \times 10^{-11}, D = -9.5080 \times 10^{-15}$$

第 4 面

$$R = 21.111$$

$$K = 0.0000$$

$$A = 4.1576 \times 10^{-7}, B = -1.7513 \times 10^{-8}$$

$$C = 6.1085 \times 10^{-12}, D = -5.5556 \times 10^{-14}$$

第 15 面

$$R = 34.694$$

$$K = 0.0000$$

$$A = -9.0100 \times 10^{-6}, B = -8.5555 \times 10^{-9}$$

$$C = -7.2886 \times 10^{-10}, D = -4.6879 \times 10^{-13}$$

10

第 16 面

$$R = -218.962$$

$$K = 0.0000$$

$$A = -3.4934 \times 10^{-6}, B = 2.8671 \times 10^{-8}$$

$$C = -1.5456 \times 10^{-9}, D = 4.2795 \times 10^{-12}$$

本例の投射レンズの諸数値は以下の通りである。

【0039】

本例の投写用ズームレンズシステムの変倍中の諸数値は以下の通りである。

【0040】

	広角端	中間	望遠端
f	26.05	29.25	32.45
s6	13.58	12.66	12.25
s8	8.67	4.76	0.80
s14	1.00	3.26	5.71
s19	34.00	36.57	38.49

20

また、それぞれのレンズ群の焦点距離は以下の通りである。

$$f1 = -22.91$$

$$f2 = 77.05$$

$$f3 = 43.23$$

$$f4 = -228.22$$

$$f5 = 47.81$$

30

このズームレンズシステム 5 の第 4 のレンズ群の移動距離 T4 は 4.49 mm、広角端の焦点距離 (fw) は 26.05 mm で、望遠端の焦点距離 (ft) は 32.45 mm であり、全長 130 mm、ズーム比は 1.25 のズームレンズとなっている。したがって、上記の式 (A) および (B) に定義したパラメータは以下のようになる。

$$\text{式 (A)} \quad f3 / fw = 1.66$$

$$\text{式 (B)} \quad T4 \times ft / fw = 5.61$$

40

図 8 から図 11 に本例のズームレンズシステム 5 の諸収差を示してある。図 8 は、この投写用ズームレンズシステム 5 の広角端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。図 9 は、望遠端における球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。さらに、図 10 は、広角端における横収差を示し、図 11 は、望遠端における横収差を示してある。球面収差および横収差は、上述した実施例と同じ各波長における値を示してある。これらの図からわかるように、本例のレンズシステム 5 も、広角端から望遠端において、非点収差で ±0.02 mm 程度の範囲に充分に収まり、また、横収差においても ±0.04 mm 程度の範囲に収まる。したがって、本例のズームレンズシステム 5 も、ズーム比 1.25 のズームレンズとしては非常に結像性能の高いズームレンズシステムであることが分かる。

50

【0041】

また、第4のレンズ群の移動距離 T_4 は、本例では4.49mmであり、実施例1より若干大きくなっているが、その移動距離は5mm程度以下と非常に小さい。したがって、本例の投写用ズームレンズシステム5も、ライトバルブ2としてマイクロミラーデバイスが採用されたプロジェクタ1に好適なズームレンズシステムである。

【0042】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明の投写用ズームレンズシステムは、DMDなどの光を反射して画像を形成する光変調器を用いたプロジェクタに適したズームレンズシステムであり、光変調器の側に配置され、照明光および投影光が通過するフィールドレンズとして利用される固定の第5のレンズ群と、フォーカシング用に変倍中は固定の第1のレンズ群とを含めた、スクリーン側から負-正-正-負-正の5群構成のズームレンズシステムである。そして、第3のレンズ群が主にバリエータとして変倍中は大きく動き、第2および第4のレンズ群がコンペンセータとして、移動距離は小さいが、諸収差の補正に大きく寄与するシステムとなっている。このため、ライトバルブから出力された投影光に対する入射瞳となる第4のレンズ群の動きは小さくなり、有効な投影光を効率良く飲み込み、明るく鮮明な画像を投影することができる投写用のズームレンズシステムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプロジェクタ装置の概略構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例1に係る投写用ズーム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広角端の縦収差図である。

【図4】図2に示すレンズシステムの望遠端の縦収差図である。

【図5】図2に示すレンズシステムの広角端の横収差図である。

【図6】図2に示すレンズシステムの望遠端の横収差図である。

【図7】本発明の実施例2に係る投写用ズームレンズシステムの構成を示す図である。

【図8】図7に示すレンズシステムの広角端の縦収差図である。

【図9】図7に示すレンズシステムの望遠端の縦収差図である。

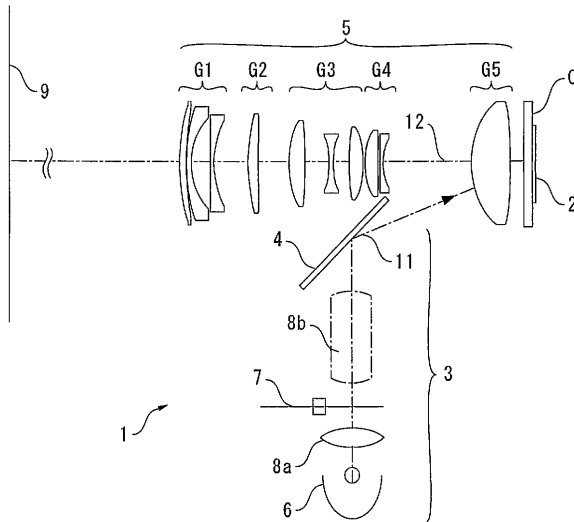
【図10】図7に示すレンズシステムの広角端の横収差図である。

【図11】図7に示すレンズシステムの望遠端の横収差図である。

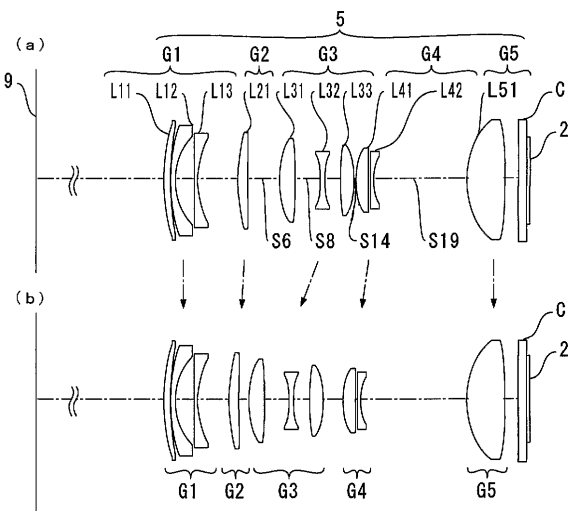
【符号の説明】

- 1 プロジェクタ
- 2 DMD
- 3 照明システム（照明光学系）
- 5 投写用ズームレンズシステム
- 9 スクリーン

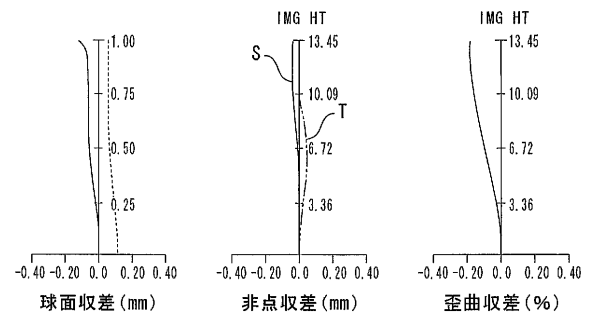
【図 1】



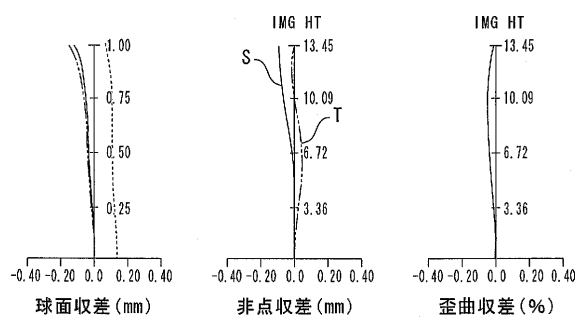
【図 2】



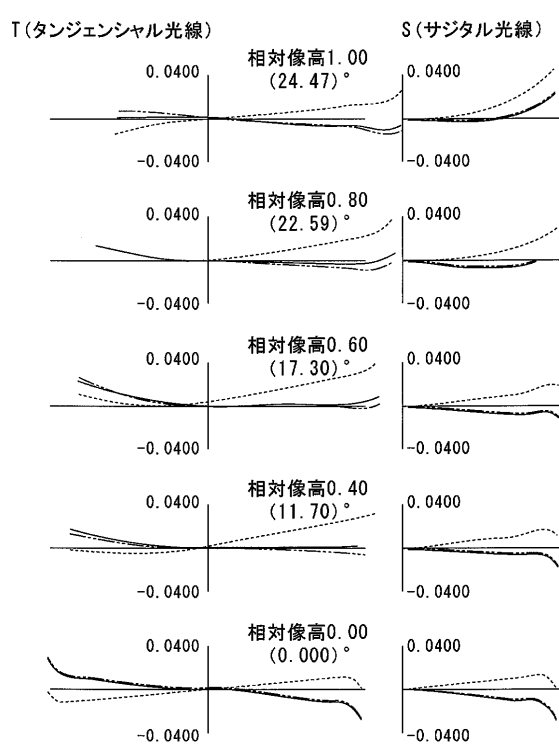
【図 3】



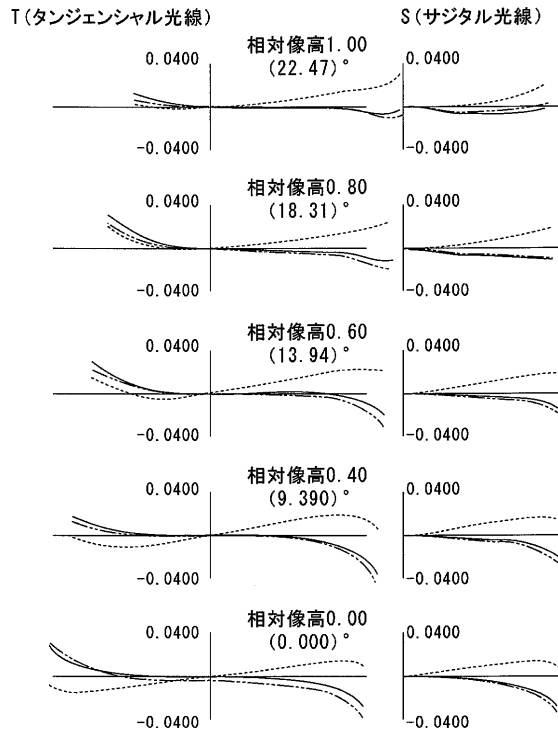
【図 4】



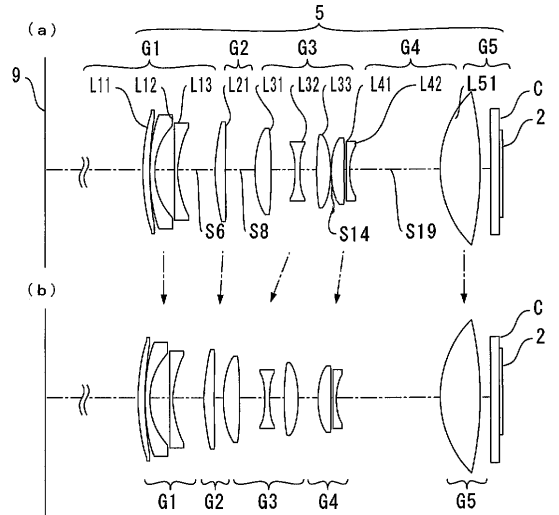
【図 5】



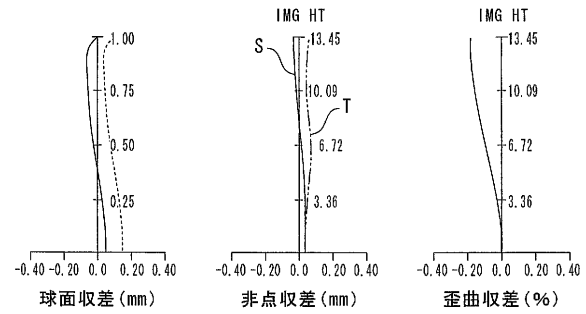
【図 6】



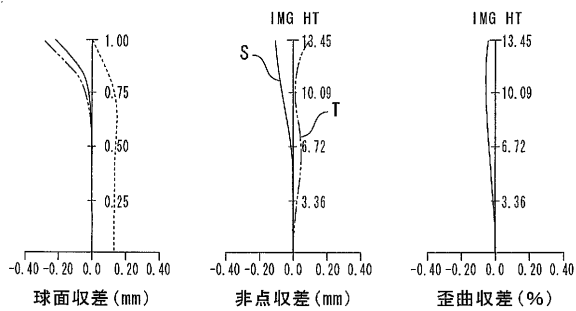
【図 7】



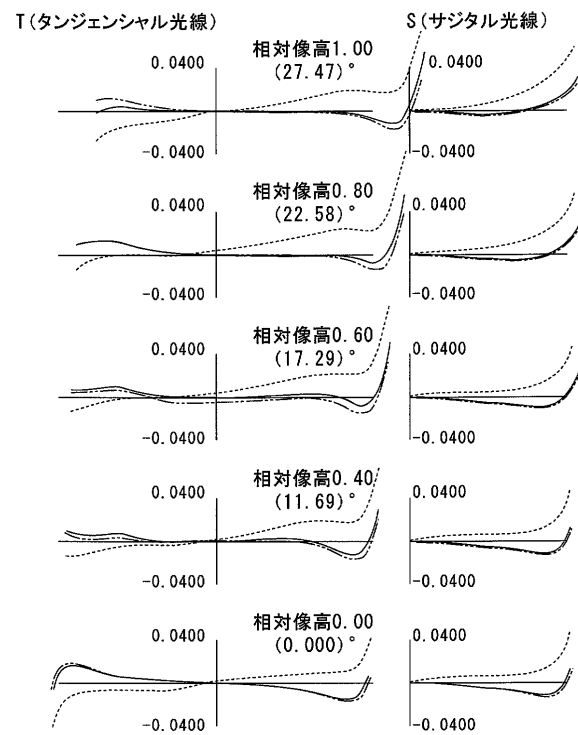
【図 8】



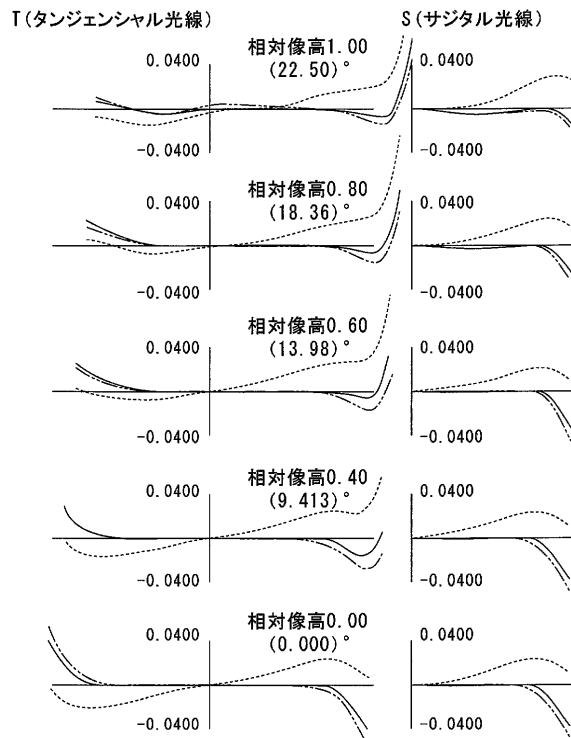
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-107627 (JP, A)
特開2002-107626 (JP, A)
特開2002-72094 (JP, A)
特開2001-100100 (JP, A)
特開2001-4919 (JP, A)
特開2000-292701 (JP, A)
特開2000-137165 (JP, A)
特開平10-268193 (JP, A)
特開平10-186235 (JP, A)
特開2002-169090 (JP, A)
特開平9-152552 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04