

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4616966号
(P4616966)

(45) 発行日 平成23年1月19日(2011.1.19)

(24) 登録日 平成22年10月29日(2010.10.29)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/22 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/22

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2000-127430 (P2000-127430)
(22) 出願日	平成12年4月27日 (2000.4.27)
(65) 公開番号	特開2001-311872 (P2001-311872A)
(43) 公開日	平成13年11月9日 (2001.11.9)
審査請求日	平成19年4月24日 (2007.4.24)

(73) 特許権者	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	成松 修司 長野県諏訪市大字湖南4529番地 日東 光学株式会社内
(72) 発明者	澤本 章 長野県諏訪市大字湖南4529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およびプロジェクタ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

映像の入射側がテレセントリックになった投写用ズームレンズであって、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1のレンズ群と、正の屈折力の第2のレンズ群と、正の屈折力の第3のレンズ群と、負の屈折力の第4のレンズ群と、正の屈折力の第5のレンズ群とから構成され、前記第1および第5のレンズ群を固定し、前記第2、第3および第4のレンズ群を移動することによりズーミングが可能であり、最もスクリーン側の前記第1のレンズ群を構成するレンズの少なくとも一方の面が非球面であり、

前記第1のレンズ群は前記スクリーン側に凸の負の屈折力のメニスカスレンズの1枚構成であり、

10

前記第2のレンズ群は正の屈折力のレンズの1枚構成であり、

前記第3のレンズ群は接合レンズをなす前記スクリーン側の正の屈折力のレンズおよび前記入射側の負の屈折力の前記入射側に凸のメニスカスレンズの2枚構成であり、

前記第4のレンズ群は前記スクリーン側から順に、1枚の前記スクリーン側に凸の負の屈折力のメニスカスレンズと、接合レンズをなす負の屈折力のレンズおよび正の屈折力のレンズと、前記入射側に凸の正の屈折力のメニスカスレンズとの4枚構成、または、接合レンズをなす前記スクリーン側に凸の正の屈折力のレンズおよび負の屈折力のレンズと、接合レンズをなす負の屈折力のレンズおよび正の屈折力のレンズと、前記入射側に凸の正の屈折力のメニスカスレンズとの5枚構成であり、

前記第5のレンズ群は正の屈折力のレンズの1枚構成であり、さらに、

20

前記第1および第2のレンズ群の広角端における合成焦点距離 $f_w 1 2$ と、該投写用ズームレンズの広角端における合成焦点距離 f_w が次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$\underline{3 < f_w 1 2 / f_w}$$

【請求項2】

請求項1において、該投写用ズームレンズの全長 L と、前記第2のレンズ群の焦点距離 f_2 が次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$1.4 < L / f_2 < 1.8$$

【請求項3】

請求項1または2において、前記第1のレンズ群の焦点距離 f_1 と、前記第2のレンズ群の焦点距離 f_2 が次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$0.8 < |f_1 / f_2| < 1.3$$

【請求項4】

請求項1ないし3のいずれかに記載の投写用ズームレンズと、この投写用ズームレンズの前記入射側に投写用の映像を供給可能な画像形成装置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に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

図11に、一般的な3板式の液晶プロジェクタの概略構成を示してある。画像をスクリーンなどに拡大投影可能なプロジェクタ装置8は、入射側から供給された画像をスクリーンに向かって投影する投写用ズームレンズ1と、この投写用ズームレンズ1に画像を供給する画像形成装置7とを備えている。液晶プロジェクタ装置の場合は、画像形成装置7のライトバルブとして液晶パネル3が採用されており、図11に示したプロジェクタ装置8においては、白色光源6と、この光源6から放射された光を色分解するダイクロイックミラー5Rおよび5Gと、赤色、緑色および青色に色分解された各色の画像を形成する透過型表示媒体（ライトバルブ）である液晶パネル3B、3Gおよび3Rとを備えている。これらの液晶パネル3B、3Gおよび3Rによって形成された投写用の画像はダイクロイックプリズム2に導かれ、色合成された後、投写用レンズ1に入射される。そして、各液晶ライトバルブ3B、3Gおよび3Rに表示された画像が拡大および合成されてスクリーン9の上に結像される。

【0003】

このような液晶プロジェクタに用いられる投写用（投射用、投影用あるいはプロジェクション用）ズームレンズは、ダイクロイックプリズム2を挿入するために長いバックフォーカスが必要である。すなわち、ダイクロイックプリズムが分光特性上、入射角の依存性が大きいので液晶パネル側の構成はテレセントリックな光線にしなくてはならない。また、上記の3板式の画像形成装置に限らず、液晶ライトバルブを用いる場合は、液晶パネルの視角がそれほど大きくなく、画質の角度依存性が大きいので投写用レンズの入射側はテレセントリックであることが望ましい。

【0004】

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画像形成装置は、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。

【0005】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

プロジェクタをさらに小型化し、パーソナルコンピュータなどと共にモバイル可能なサイズにする検討がされているが、そのためには、ライトバルブのパネルサイズの小型化に加え投写レンズなどの光学系の小型化も必要である。しかしながら、3板式プロジェクタでは、液晶パネルなどのライトバルブと投写レンズの間には、ダイクロイックプリズムが配置されているため、バックフォーカスは長く必要となる。それに伴い、投写レンズのレンズ長も長くなってしまい、全体の光学系が小さくならない。

【0006】

また、スクリーンに投写される像を大きくできるように画角の大きな投写レンズが要求され、そのために、大口径のレンズ、特に最もスクリーン側のレンズとして口径の大きなものが用いられる。これも光学系を小型化するのに相反するものである。また、口径を大きくし、さらに収差性能を上げ、周辺光量比も大きくするには、多数枚のレンズで投写レンズを構成する必要がある。しかしながら、たくさんのレンズを用いることにより、投写レンズ全体としては透過率が下がり、重量も重くなり、さらに、コストが上がる。

10

【0007】

そこで、本発明においては、レンズ構成を簡易にし、コンパクトであり、さらに、プロジェクタに必要とされる充分なバックフォーカスを確保しながら、透過率が高く、高性能でローコストなズームレンズを提供することを目的としている。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

20

このため、本発明においては、投写用ズームレンズあるいは投写用ズームレンズシステムを構成する最もスクリーン側のレンズのいずれかの面を非球面とすることにより、レンズ構成を簡易にし、さらに、コンパクトで性能の良いズームレンズを実現できるようにしている。すなわち、本発明の投写用ズームレンズは、映像の入射側がテレセントリックになった投写用ズームレンズであって、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1のレンズ群と、正の屈折力の第2のレンズ群と、正の屈折力の第3のレンズ群と、負の屈折力の第4のレンズ群と、正の屈折力の第5のレンズ群とから構成され、第1および第5のレンズ群を固定し、第2、第3および第4のレンズ群を移動することによりズーミングが可能であり、それらの最もスクリーン側の第1のレンズ群を構成するレンズの少なくとも一方の面が非球面である。さらに、第1のレンズ群はスクリーン側に凸の負の屈折力のメニスカスレンズの1枚構成であり、第2のレンズ群は正の屈折力のレンズの1枚構成であり、第3のレンズ群は接合レンズをなすスクリーン側の正の屈折力のレンズおよび入射側の負の屈折力の入射側に凸のメニスカスレンズの2枚構成であり、第4のレンズ群はスクリーン側から順に、1枚のスクリーン側に凸の負の屈折力のメニスカスレンズと、接合レンズをなす負の屈折力のレンズおよび正の屈折力のレンズと、入射側に凸の正の屈折力のメニスカスレンズとの4枚、または、接合レンズをなすスクリーン側に凸の正の屈折力のレンズおよび負の屈折力のレンズと、接合レンズをなす負の屈折力のレンズおよび正の屈折力のレンズと、入射側に凸の正の屈折力のメニスカスレンズとの5枚で構成され、第5のレンズ群は正の屈折力のレンズの一枚構成であることを特徴としている。

30

【0009】

収差性能などの向上するために非球面のレンズを採用することは従来から行われている。しかしながら、非球面にすることによるコストアップをできるだけ小さくするために最も口径の小さなレンズ、たとえば、投写レンズを構成する複数のレンズ群のうち、中間あるいは最もライトバルブ側のレンズを非球面にしている。これに対し、本発明の投写用ズームレンズにおいては、最もスクリーン側に位置する最も口径が大きくなるレンズの少なくともいずれかの面を非球面にしている。最もスクリーン側のレンズは、口径が大きくなるので、投写用の光線の密度が最も小さくなる。したがって、最もスクリーン側のレンズであれば、それを通過する各光線を適切に補正できる非球面を設定しやすくなり、微妙な補正も容易にできる。このため、投写用ズームレンズを構成する他のレンズ群の負荷を小さくすることができるので、各レンズ群を構成するレンズの枚数を少なくでき、投写用ズームレンズの構成を簡易化することができる。

40

50

ムレンズの構成を簡易にできる。さらに、投写用ズームレンズの構成を簡易にすることにより、投写用ズームレンズの全長を短くすることが可能となり、最も口径が大きくなる、最もスクリーン側のレンズの口径を小さくすることができ、そのレンズを非球面にするときのコストアップを防ぐことができる。

【0010】

また、第1のレンズ群に非球面を採用することにより収差補正が良好にできるので、第1のレンズ群を1枚構成とすることが可能となる。そして、第1のレンズ群は口径が大きくなるが、それを構成するレンズの枚数を最小にすることによりコストを削減することが可能となる。さらに、口径の大きなレンズの枚数を削減できるので、投写用ズームレンズの全長を短くする効果が大きい。10

また、レンズの枚数を削減することにより投写用ズームレンズの透過率が高くなり、明るいズームレンズを提供できる。

【0011】

さらに、第1のレンズ群の最もスクリーン側のレンズをスクリーン側に凸の負の屈折力のメニスカスレンズにすることが望ましい。負のメニスカスレンズを採用することにより、レンズ径を小さくしても広く画角を確保でき、また周辺光量比も確保できる。したがって、非球面化によるコストアップを防止できると共に、第1のレンズ群に続く他のレンズ群の口径を小さくできる。このため、投写用ズームレンズ全体を小径で薄くできると共に、明るく、高解像度の画像を投影するのに適したレンズを低コストで提供できる。

【0012】

本発明の投写用ズームレンズでは、さらに、スクリーン側（拡大側）から入射側（縮小側）に向かって、負・正・正・負・正の5つのレンズ群によって構成することが望ましい。すなわち、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1のレンズ群と、正の屈折力の第2のレンズ群と、正の屈折力の第3のレンズ群と、負の屈折力の第4のレンズ群と、正の屈折力の第5のレンズ群とを有し、第1および第5のレンズ群を固定し、第2、第3および第4のレンズ群を移動することによりズーミングを可能とすることが望ましい。このような屈折力の配置により、基本的にはレトロフォーカス型となるので非常に長いバックフォーカスが確保でき、入射側をテレスコントリックにあるいはそれに非常に近い状態の投写用レンズを形成できる。また、第1のレンズ群が負のパワーであるので、Fナンバーが小さくて明るく、さらに、画角の広い広角な投写用ズームレンズを実現できる。さらに、第2および第3のレンズ群が独立して移動できるようにすることにより、収差性能が良く、小型の投写用ズームレンズが実現できる。30

【0013】

さらに、本発明においては、上記のように、最もスクリーン側のレンズを非球面にしているので、収差性能を向上しやすい。このため、収差性能の高い5群の投写用ズームレンズを、全部で9枚から10枚程度の簡易なレンズ構成で実現することができる。また、レンズ枚数を少なくできるので、投写用ズームレンズの透過率を向上でき、レンズ長も短くできる。さらに、軽量になり、製造コストも下げることができる。

【0014】

したがって、本発明の投写用ズームレンズと、この投写用ズームレンズの入射側に投写用の映像を供給可能な画像形成装置とを組み合わせることにより、明るく鮮明な画像を投写できるコンパクトで携帯に適したプロジェクタ装置を提供できる。40

【0015】

さらに、ズーム比を1.2倍程度に抑えることにより、Fナンバーが2程度のコンパクトで大口径の投写用ズームレンズを提供することができる。

【0016】

本発明の投写用ズームレンズは、第1および第2のレンズ群の広角端における合成焦点距離 f_w 1.2と、投写用ズームレンズの広角端における合成焦点距離 f_w が次の式（A）の条件を満たす。

【0017】

10

20

30

40

50

$3 < f_w 1 2 / f_w \dots \dots (A)$

第1および第2のレンズ群の合成の焦点距離 $f_w 1 2$ が上記の値を下回ると、第1および第2のレンズ群のパワーが強すぎて広角端における歪曲収差の補正が不十分になり、歪曲が発生する。

【0018】

また、投写用ズームレンズの全長 L と、記第2のレンズ群の焦点距離 f_2 が次の式 (B) を満たすことが望ましい。

【0019】

$1.4 < L / f_2 < 1.8 \dots \dots (B)$

主変倍群の1つである第2のレンズ群の焦点距離により、投写用ズームレンズ全体のレンズ長がほぼ決定する。式 (B) の下限を下回ると、ズームレンズの全長は短くなるがコマ収差の発生を抑えることができなくなる。一方、式 (B) の上限を超えると、コマ収差は非常に小さくなるが、レンズ長が長くなり小型化が難しい。10

【0020】

さらに、第1のレンズ群の焦点距離 f_1 と、第2のレンズ群の焦点距離 f_2 が次の式 (C) を満たすことも重要である。

【0021】

$0.8 < |f_1 / f_2| < 1.3 \dots \dots (C)$

式 (C) の上限を超えると、バックフォーカス B_f が短くなり、プロジェクタ用レンズ (投写用レンズ) として適さない。一方、式 (C) の下限を下回ると、バックフォーカス B_f は長くなるが、コマ収差の発生を抑えることができなくなる。20

【0022】

【発明の実施の形態】

[実施例1]

図1に、本発明の実施例1に係る投写用ズームレンズシステム（投写用ズームレンズ）1を用いたプロジェクタの光学系を示してある。このプロジェクタ8は全体の構成は、先に図11に基づき説明したものであり、各色の液晶パネル3により形成された映像がダイクロイックプリズム2により合成される。そして、合成された映像が投写用ズームレンズ1に入射され、スクリーン9に投影される。

【0023】

図1には、投写用ズームレンズ1の各状態における各レンズの配置を示してある。図1(a)は、拡大表示する状態である広角端における各レンズの配置であり、図1(c)は、標準状態である望遠端、さらに、図1(b)は、それらの中間における配置を示してある。本例の投写用ズームレンズ1は、スクリーン9の側から5つのレンズ群G1、G2、G3、G4およびG5にグループ化された9枚のレンズL11～L51により構成されている。それぞれのレンズの詳細は以下に示した通りである。そして、第1および第2のレンズ群の距離d2、第2および第3のレンズ群の距離d4、第3および第4のレンズ群の距離d7、さらに、第4および第5のレンズ群の距離d14を変えることにより広角端から望遠端の間でズーミングが可能なレンズである。30

【0024】

最もスクリーン側の第1のレンズ群G1は負の屈折力を備えたスクリーン側に凸の負のパワーのメニスカスレンズL11により構成されている。さらに、このレンズL11の入射側、すなわち、ダイクロイックプリズム2の側の面S2が非球面になっている。

【0025】

第2のレンズ群G2は、ズーミングのときに移動するレンズ群であり、正の屈折力を備えた凸レンズにより構成されている。第3のレンズ群G3もズーミングのときに移動するレンズ群であり、全体が正の屈折力を備えており、スクリーン側から順に、両凸の正レンズL31と、入射側に凸の負のメニスカスレンズL32で構成され、これらのレンズL31およびL32がダブルレット（バルサム）となるように組み合わされている。

【0026】

50

20

30

40

50

第4のレンズ群G4もズーミングのときに移動するレンズ群であり、全体が負の屈折力を備えたレンズ群である。スクリーン側から順に、スクリーン側に凸の負のメニスカスレンズL41、ダブレットをなす入射側に負レンズL42および凸レンズL43と、入射側に凸の正のメニスカスレンズL44で構成されている。最終のレンズ群G5は、正の屈折力を凸レンズL51により構成されている。

【0027】

先に説明したように、このような負・正・正・負・正の5群構成のレンズ1はレトロフォーカスを組み合わせたレンズであり、入射側をバックフォーカスが非常に長いテレセントリックにしやすい構成である。

【0028】

さらに、これらのレンズ群G1からG5に異なる動きを行わせることによりズーミングすることが可能であり、本例では、第1のレンズ群G1および第5のレンズ群G5を固定し、第2のレンズ群G2、第3のレンズ群G3および第4のレンズ群G4を移動する。特に、本例では、第2のレンズ群G2、第3のレンズ群G3および第4のレンズ群G4を広角端から望遠端に向かってスクリーン9の側に向かって一様な方向に動かすことによりズーミングしている。

【0029】

本例の投写用ズームレンズ1は、フォーカシングを行う最もスクリーン側のレンズL11がスクリーン側に凸の負のメニスカスレンズの一枚構成であり、さらに、入射側の面S2を非球面にしている。まず、レンズL11に非球面を採用しているので、収差を良好に補正できる。特に、最もスクリーン側のレンズL11は、ズームレンズ1の中で口径が最も大きなレンズであり面積も大きく、これを通過する光線の密度は最も低くなる。したがって、各々の光線の状況にあった補正が容易であり、収差を非常に良好に補正できる。このため、第1のレンズ群を1枚構成とすることが可能となる。口径の大きな第1のレンズ群G1を1枚構成とすることにより、製造コストを大幅に下げることができる。

【0030】

従来、製造コストを下げるために口径の小さなレンズを非球面化して収差の改善を図っていた、これに対し、本例のズームレンズでは、口径の大きなレンズを非球面化して収差の大幅な改善を図っている。したがって、非球面化したレンズ自体のコストは高くなるが、第1のレンズ群G1を構成するレンズの枚数を削減でき、さらに以下で示すように、他のレンズ群を構成するレンズの枚数を削減できるので、コスト的にも、かえってメリットの多い設計となっている。このように、本発明のズームレンズでは、非球面を採用するに際し、従来とは発想を異にしており、口径の大きなレンズにおける非球面の効果を最大限に利用することにより本明細書で説明するように、収差補正が良好で、さらに、非常にコンパクトなズームレンズを実現している。

【0031】

第1のレンズ群G1を1枚のレンズで構成することはコスト以外にも、多くのメリットがある。口径の大きなレンズは曲率が大きくなるとレンズ全長に対する影響も大きくなるが、本例のズームレンズでは1枚構成であるので、ズームレンズの全長を短くするのに効果がある。また、レンズの枚数を減らすことによりレンズシステムの透過率は向上し、明るいズームレンズを得ることができる。

【0032】

加えて、非球面化されるレンズL11を、本例ではスクリーン側に凸の負のメニスカスレンズとしている。このタイプのレンズにすることにより、レンズ径に対し大きな画角を確保できる。また、小さなレンズ径で十分な周辺光量比を確保できる構成もある。このため、径が小さな、投写用ズームレンズとしては非常に薄い、あるいは細い構成で、Fナンバーが小さく明るく、また、広角なズームレンズを実現することができる。したがって、最も口径の大きなレンズを非球面化すると共に、そのレンズの口径を小さくすることが可能となっており、よりコストメリットがあり、コンパクトなズームレンズとなっている。

10

20

30

40

50

【0033】

このように、第1のレンズ群G1のレンズL11を非球面にして収差性能を改善することは、第1のレンズ群に限らず、その他のレンズ群にも影響を与える。

本例では、第2のレンズ群G2は1枚、第3のレンズ群G3は2枚、そして第5のレンズ群G5は1枚というように、フォーカシングのレンズL11により収差を非常に良好に補正できるので、各々のレンズ群の収差補正に対する負荷が減り、ズームレンズ1の全構成を簡略化できる。したがって、本例では、5群のレンズシステム1を全部で9枚のレンズという非常に簡易な構成で実現している。

【0034】

さらに、ズームレンズ1を構成するレンズ枚数を減らすことにより、経済的になることはもちろん、ズームレンズ1の全長が短くなりコンパクトになると共に、軽量になる。そして、ズームレンズ1の全体の透過率も向上するので、明るく、コンパクトで軽量のズームレンズを実現することができ、現在、鋭意開発が進められている携帯型のプロジェクトの好適なズームレンズを提供することができる。

【0035】

また、本例の5群のズームレンズ1において、さらに、コンパクトで収差特性の良いものを提供するには、上述した式(A)、(B)および(C)の条件を満たすことが望ましい。このため、本例の投写用ズームレンズ1は、それらの条件を満たすように設計されている。

【0036】

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)、 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_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 は投写レンズ1の合成焦点距離、 f_w は投写レンズ1の広角端における合成焦点距離、 f_1 は第1のレンズ群G1の焦点距離、 f_2 は第2のレンズ群G2の焦点距離、 f_{w12} は第1および第2のレンズ群の広角端における合成焦点距離、 L はズームレンズ1の全長、 F_No はFナンバー、 Bf_w は広角端におけるバックフォーカス(mm)を示す。また、データ中の $i_n f$ はプリズムの面を示し、ASPは非球面であることを示してある。

レンズデータ(No.1)

i	r_i	d_i	n_i	v_i	
1:	145.54	1.40	1.48749	70.4	レンズL11
2:	16.18ASP	d2			
3:	22.67	4.10	1.64769	33.8	レンズL21
4:	240.05	d4			
5:	38.88	3.42	1.67003	47.2	レンズL31
6:	-54.53	1.20	1.84666	23.8	レンズL32
7:	1271.34	d7			
8:	28.25	1.50	1.53172	48.8	レンズL41
9:	19.20	4.00			
10:	-12.00	1.74	1.84666	23.8	レンズL42
11:	88.16	6.90	1.49700	81.6	レンズL43
12:	-17.85	0.20			
13:	-143.17	4.47	1.83400	37.3	レンズL44
14:	-29.84	d14			
15:	76.62	5.04	1.83500	43.0	レンズL51
16:	-70.92	5.29			
17:	inf	29.20	1.51680	64.2	プリズム
18:	inf				

面2(レンズL11)の非球面計数

10

20

30

40

50

$K = 0.00000$

$A = -0.145800 \times 10^{-4}$, $B = -0.558070 \times 10^{-7}$

$C = 0.615709 \times 10^{-10}$, $D = -0.119603 \times 10^{-11}$

ただし、非球面式は次の通りである。

$$x = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+K)(y^2/r^2)\}^{1/2}]$$

$$+ Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} \dots (3)$$

広角端 中間 望遠端

f	28.0	30.76	33.6
$F\#$	2.0		2.3
d_2	10.92	8.74	6.98
d_4	7.78	5.02	1.81
d_7	7.27	10.53	13.77
d_{14}	0.60	2.28	4.00

なお、これらのレンズ間隔は、レンズの先端から 2.4 m の位置に決像したときの数値を示してある。

【0037】

本例の投写ズームレンズの諸数値は以下の通りである。

$f_w = 28.0$

$f_1 = -37.36$

$f_2 = 38.13$

$f_w12 = 145.66$

$L = 60.54$

$Bf_w = 31.99$ (空気中)

上記の式 (A)、(B) および (C) に定義したパラメータは以下のようになる。

式 (A) $f_w12/f_w = 5.2$

式 (B) $L/f_2 = 1.59$

式 (C) $f_1/f_2 = 0.98$

本例の投写用ズームレンズ 1 は、最もスクリーン側のレンズ L_{11} の径は 30 mm 程度と非常に小さく、さらに、ズームレンズ 1 の全長 L も 60 mm 程度と非常に小さい。しかしながら、上述したように、このようなコンパクトなズームレンズでありながら、倍率 (ズーム比) が 1.2 倍であり、広角端において F ナンバーがほぼ 2 と非常に明るいズームレンズとなっている。さらに、図 2 ないし図 5 に示すように、諸収差も非常に良好に補正されており、明るく明瞭で大きな画像を投写することができる。

【0038】

図 2 に、この投写用ズームレンズの広角端 (a)、望遠端 (c) および中間 (b) 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 3 ないし図 5 に広角端 (図 3)、望遠端 (図 5) および中間 (図 4) における球面収差を横収差図により示してある。球面収差は、620.0 nm (破線)、550.0 nm (実線) および 470.0 nm (一点鎖線) の各波長における収差を示している。また、非点収差および横収差図においては、タンジェンシャル光線 (T) およびサジタル光線 (S) の収差をそれぞれ示してある。

【0039】

これらの図に示してあるように、本例の投写用ズームレンズ 1 の縦収差は、広角端から望遠端にわたり、ほぼ ± 0.1 mm 程度の範囲に入り、この収差性能は従来のテレセントリックタイプの投写用ズームレンズで、10 数枚構成の高性能なズームレンズ以上である。したがって、本例の投写用ズームレンズは、上記のように非常にコンパクトであり、さ

10

20

30

40

50

らに、全体が9枚構成と簡易なレンズ構成であるにも関わらず、その収差性能が非常に優れていることが判る。また、倍率色収差、歪曲収差においても縦収差と同様に従来の10枚構成のズームレンズに勝るとも劣らないものである。さらに、横収差は広角端から望遠端にわたり、ほぼ $\pm 0.03\text{mm}$ 程度の範囲に入る。したがって、横収差性能も非常に良く、コマ収差の影響によるフレア(コマフレア)がほとんど表れない性能の良い投写用ズームレンズとなっている。

【0040】

したがって、本例の投写用ズームレンズは、上述したようなレンズ構成で、さらに、レンズ群のパワーのバランスが式(A)、式(B)および式(C)の各条件を満足するものである。このため、ズーム領域全体にわたり良好な収差補正がなされている。そして、広角で明るい、バックフォーカスBfwも充分に大きく、入射側がテレセントリックの投写用ズームレンズである。したがって、本例の投写用ズームレンズ1は、液晶パネルあるいはDMDをライトバルブとし、ダイクロイックプリズムあるいはTIRプリズムなどをカラーパンダウ画像を生成するためにプロジェクタ装置に適しており、これらのプロジェクタ装置全体を非常に薄くコンパクトに纏めることが可能となる。また、本例の投写用ズームレンズは入射側がテレセントリックであるので光線の方向による依存性が少ない。したがって、ダイクロイックプリズムに限らず、その他のプリズムなどの角度依存性のある光学素子を用いて投写用の映像を合成あるいは形成して供給する画像形成装置を備えたプロジェクタ装置にも適しており、そのようなプロジェクタ装置を携帯可能なサイズに纏めることが可能となる。

10

20

【0041】

【実施例2】

図6に、本発明の実施例2に係る投写用ズームレンズ1を用いたプロジェクタの光学系を示してある。図6には、図1と同様に広角端、中間および望遠端における各レンズ配置を中心として示してある。本例の投写用ズームレンズ1も、スクリーン9の側から5つのレンズ群G1、G2、G3、G4およびG5にグループ化された10枚のレンズL11～L51により構成されている。それぞれのレンズデータは以下に示した通りである。本例の投写用ズームレンズ1の各レンズ群の構成は、上述した例とほぼ同じであるが、第4のレンズ群G4の最もスクリーン側のレンズをダブルレットに代えて第4のレンズ群G4を5枚構成している。このため、本例の投写用ズームレンズ1は全部で10枚のレンズにより構成されている。

30

【0042】

なお、以下のレンズデータおよび諸収差図は先の実施例1と同様の方法で示している。

レンズデータ(No.2)

i	ri	di	ni	vi	
1:	194.50	1.50	1.48749	70.4	レンズL11
2:	17.32(ASP)	d2			
3:	27.27	4.05	1.71736	29.5	レンズL21
4:	652.44	d4			
5:	46.75	4.20	1.72342	38.0	レンズL31
6:	-34.68	1.30	1.74077	27.8	レンズL32
7:	200.04	d7			
8:	22.72	3.00	1.49700	81.6	レンズL41
9:	172.92	1.30	1.74077	27.8	レンズL42
10:	21.30	4.20			
11:	-14.19	1.20	1.84666	23.8	レンズL43
12:	52.11	7.20	1.49700	81.6	レンズL44
13:	-18.36	0.20			
14:	-373.88	4.45	1.83500	43.0	レンズL45
15:	-34.22	d15			

40

50

16:	66.55	4.85	1.80518	25.5	レンズ L 5 1
17:	-101.05	5.00			
18:	inf	30.00	1.51680	64.2	プリズム
19:	inf				

本例の投写用ズームレンズ1も第1のレンズ群G1を構成するレンズL11の入射側の面2が非球面になっており、その非球面計数は次の通りである。

K = 0 . 0 0 0 0 0

A = - 0 . 1 3 2 0 9 9 × 1 0 ^ - 4 , B = - 0 . 5 2 3 4 0 8 × 1 0 ^ - 7

C = 0 . 1 1 8 9 8 8 × 1 0 ^ - 9 , D = - 0 . 9 1 1 0 2 8 × 1 0 ^ - 1 2

ただし、非球面式は上記式(3)の通りである。

10

【 0 0 4 3 】

広角、中間および望遠端における移動距離などは次の通りである。

【 0 0 4 4 】

	広角端	中間	望遠端
f	28.0	31.04	33.6
Fno	2.0		2.3
d2	14.83	12.12	10.23
d4	8.02	4.86	1.81
d7	3.69	7.05	9.88
d15	0.80	3.30	5.42

また、これらのレンズ間隔は、レンズの先端から2.4mの位置に決像したときの数値を示してある。

【 0 0 4 5 】

本例の投写ズームレンズの諸数値は以下の通りである。

f w = 28.0

30

f 1 = - 38.99

f 2 = 39.28

f w 1 2 = 106.84

L = 64.79

B f w = 30.89 (空気中)

上記の式(A)、(B)および(C)に定義したパラメータは以下のようになる。

式(A) f w 1 2 / f w = 3.81

式(B) L / f 2 = 1.65

式(C) f 1 / f 2 = 0.99

本例の投写用ズームレンズ1は、最もスクリーン側のレンズL11の径は30mm程度と非常に小さく、さらに、ズームレンズ1の全長Lも65mm程度と非常に小さい。そして、本例のズームレンズもコンパクトなズームレンズでありながら、倍率(ズーム比)が1.2倍であり、広角端においてFナンバーがほぼ2と非常に明るいズームレンズとなっている。さらに、図7ないし図10に示すように、諸収差も非常に良好に補正されており、明るく明瞭で大きな画像を投写することができる。

40

【 0 0 4 6 】

図7に、この投写用ズームレンズの広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)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8ないし図10に広角端(図8)、望遠端(図10)および中間(図9)における球面収差を横収差図により示してある。これらの図に示してあるように、本例の投写用ズームレンズ1の縦収差は、広角端から望遠端にわたり、ほぼ±0.1mm以内の範囲にはいり、上記のズームレンズに

50

対し、さらに収差性能の良いレンズとなっている。また、横収差は広角端から望遠端にわたり、ほぼ ± 0.02 mm 程度の範囲に入る。したがって、横収差性能も非常に良く、本例のズームレンズ 1においてもコマ収差の影響によるフレア（コマフレア）がほとんど表れない性能の良い投写用ズームレンズとなっている。

【0047】

これらの実施の形態で説明したように、本例の投写用ズームレンズは最もスクリーン側に位置する第 1 のレンズ群 G 1 を構成するレンズ L 1 1 の入射側を非球面とした 5 群構成のズームレンズであり、全体の構成枚数が 9 から 10 枚と少ないにも関わらず、非常に収差性能の良く、さらに、入射側がテレセントリックとなったズームレンズである。さらに、投写用ズームレンズ全体のサイズが直径 30 mm 程度、長さ 60 から 65 mm 程度と非常にコンパクトになる。これらの例では最もスクリーン側のレンズの一面だけを非球面にしてあるが、両面を非球面にすることももちろん可能である。しかしながら、一方の面を非球面化することにより、このようにコンパクトで高性能のズームレンズを提供できるので、経済性を考慮すると一方の面、特に、面積の小さな入射側を非球面化することにより充分な効果を得ることができる。

【0048】

【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は、最もスクリーン側に位置するフォーカシングレンズの少なくとも一面を非球面にすることにより、少ないレンズ構成で効率良く収差補正を行うことができる。したがって、収差性能および決像性能の良いズームレンズを得ることができる。特に、負、正、正、負および正の 5 群のレンズを配置した入力側がテレセントリックとなったズームレンズにより、口径が 30 mm 程度で、長さが 60 から 65 mm 程度と非常にコンパクトなズームレンズを実現することが可能となり、その決像性能は、従来の大口径で 10 数枚構成の大型で高性能の投写用ズームレンズに勝るとも劣らないものとなる。さらに、構成枚数を削減可能にすることにより、コンパクトになると共に、経済的になり、重量も削減でき、さらに透過率が高く明るい投写用ズームレンズを提供できる。また、画角も充分に大きく、周辺光量比も充分に確保できる。

【0049】

さらに、第 1 および第 2 のレンズ群のパワー配分を適切な範囲にすることにより、いっそコンパクトで収差性能も非常に良好な投写用ズームレンズを実現している。したがって、本発明の投写用ズームレンズを採用することにより、明るく高解像度の画像を投写することができるプロジェクタ装置を提供できる。そして、プロジェクタ装置は、大変にコンパクトに纏めることができあり、本格的な携帯型のプロジェクタ装置として提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例 1 に係る投写用ズームレンズシステムおよびプロジェクタ装置の構成を示す図であり、広角端 (a)、望遠端 (c) および中間 (b) の各状態におけるレンズの配置を示す図である。

【図 2】図 1 に示すレンズシステムの縦収差図であり、広角端 (a)、望遠端 (c) および中間 (b) の各状態の収差を示す図である。

【図 3】実施例 1 のレンズの横収差図であり、広角端における収差を示す図である。

【図 4】実施例 1 のレンズの横収差図であり、中間における収差を示す図である。

【図 5】実施例 1 のレンズの横収差図であり、望遠端における収差を示す図である。

【図 6】本発明の実施例 2 に係る投写用ズームレンズの構成を示す図であり、広角端 (a)、望遠端 (c) および中間 (b) の各状態におけるレンズの配置を示す図である。

【図 7】実施例 2 のレンズの縦収差図であり、広角端 (a)、望遠端 (c) および中間 (b) の各状態の収差を示す図である。

【図 8】実施例 2 のレンズの横収差図であり、広角端における収差を示す図である。

【図 9】実施例 2 のレンズの横収差図であり、中間における収差を示す図である。

【図 10】実施例 2 のレンズの横収差図であり、望遠端における収差を示す図である。

10

20

30

40

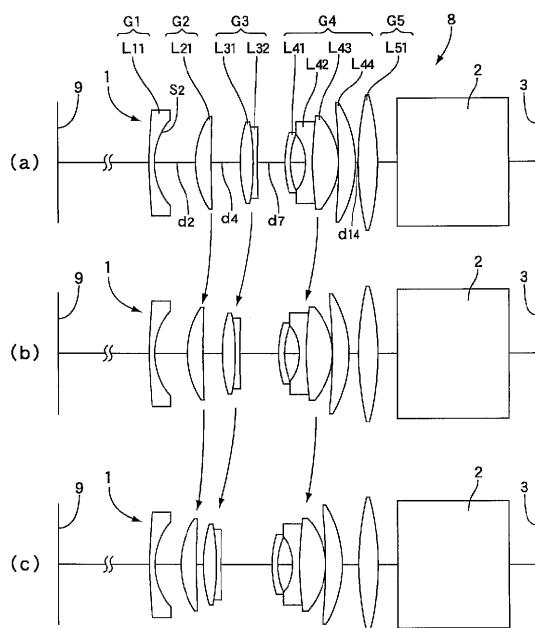
50

【図1】3板式のプロジェクタ装置の概略構成を示す図である。

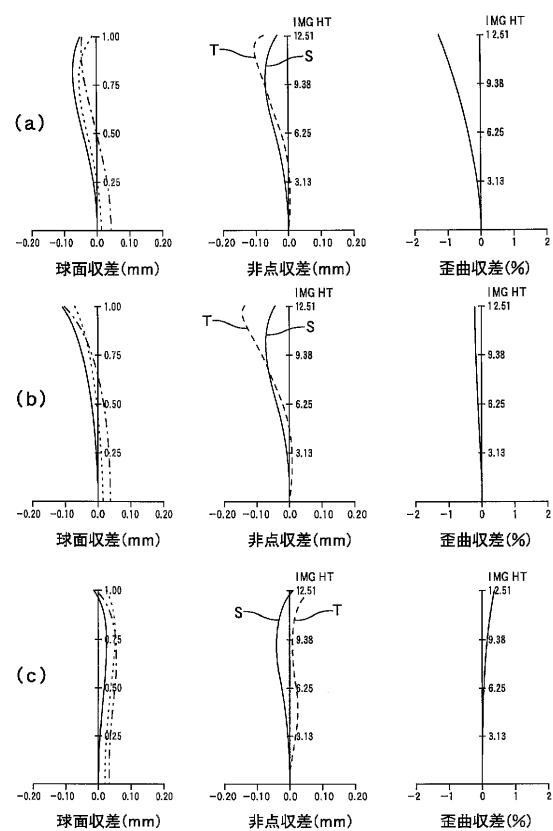
【符号の説明】

- 1 投写用ズームレンズシステム
- 2 ダイクロイックプリズム
- 3 LCD
- 6 光源
- 7 画像形成装置
- 8 プロジェクタ装置
- 9 スクリーン

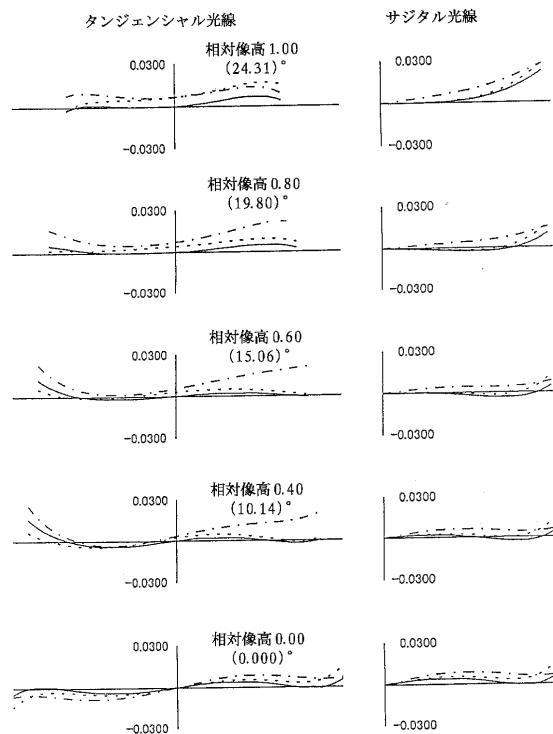
【図1】



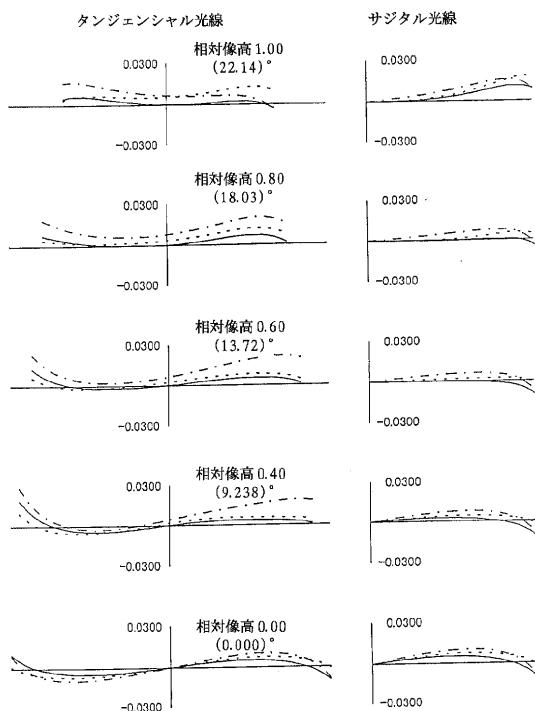
【図2】



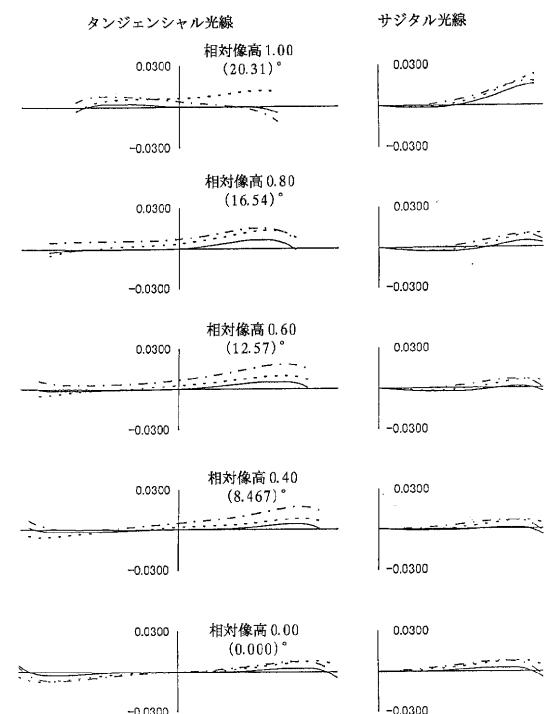
【図3】



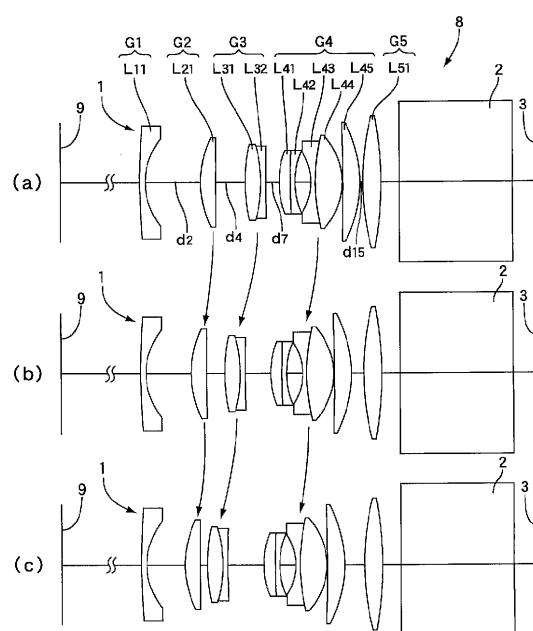
【図4】



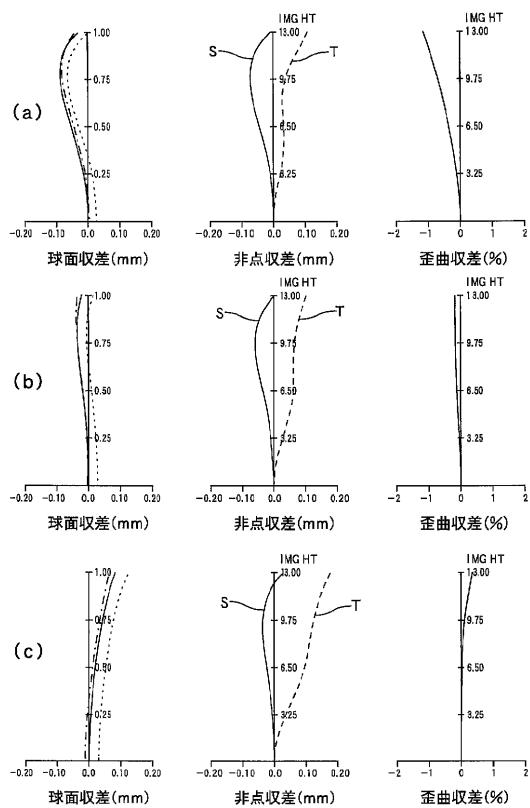
【図5】



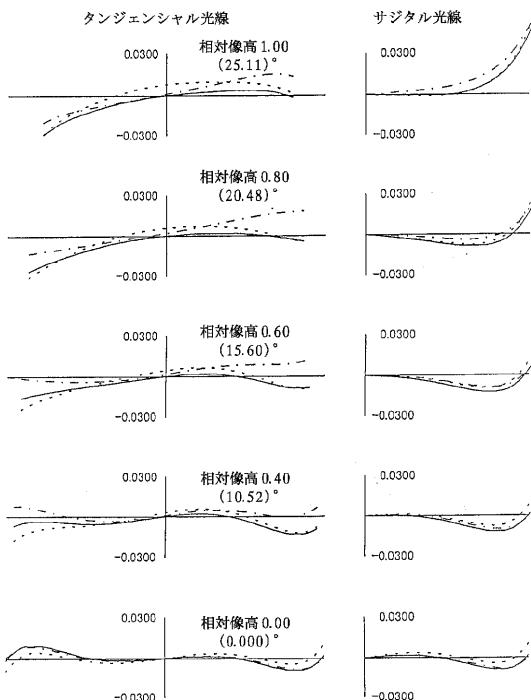
【図6】



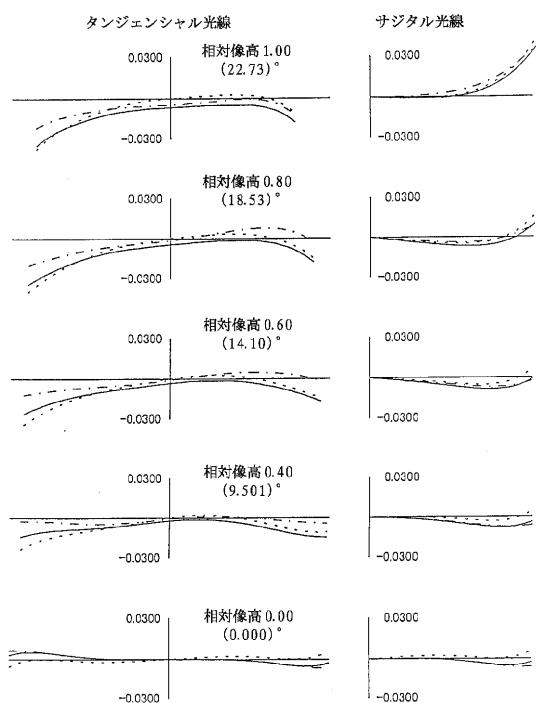
【図7】



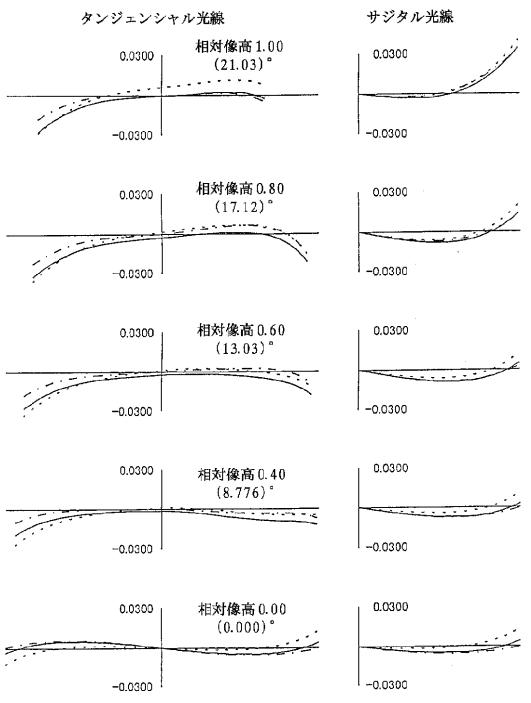
【図8】



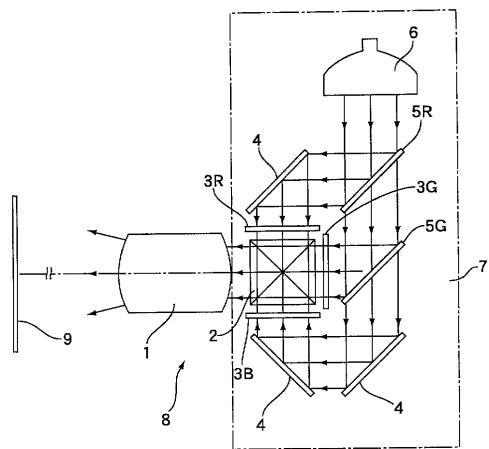
【図9】



【図10】



【図 1 1】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-186235(JP,A)
特開平10-268193(JP,A)
特開平11-231219(JP,A)
特開平11-101940(JP,A)
特開平11-231218(JP,A)
特開平8-304704(JP,A)
特開平8-248314(JP,A)
特開平9-230242(JP,A)
特開平7-306362(JP,A)
特開平7-43613(JP,A)
特開平6-308389(JP,A)
特開平5-313066(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