

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6933570号  
(P6933570)

(45) 発行日 令和3年9月8日(2021.9.8)

(24) 登録日 令和3年8月23日(2021.8.23)

(51) Int.Cl.	F 1	
<b>G 0 2 B 15/20</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 15/20
<b>G 0 2 B 13/16</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 13/16
<b>G 0 2 B 13/18</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 2 B 13/18
<b>G 0 3 B 21/14</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 3 B 21/14 D
<b>G 0 3 B 21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 3 B 21/00 E

請求項の数 13 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2017-235396 (P2017-235396)	(73) 特許権者	514274487
(22) 出願日	平成29年12月7日(2017.12.7)		リコーインダストリアルソリューションズ株式会社
(65) 公開番号	特開2019-101362 (P2019-101362A)		神奈川県横浜市港北区新横浜三丁目2番地3
(43) 公開日	令和1年6月24日(2019.6.24)	(74) 代理人	100127111
審査請求日	令和2年8月6日(2020.8.6)		弁理士 工藤 修一
		(74) 代理人	100090103
			弁理士 本多 章悟
		(72) 発明者	飛内 邦幸
			神奈川県横浜市港北区新横浜三丁目2番地3・リコーインダストリアルソリューションズ株式会社内
		審査官	岡田 弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射用ズームレンズおよび投射型画像表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群、正の屈折力を持つ第2レンズ群、負の屈折力を持つ第3レンズ群、正の屈折力を持つ第4レンズ群、正の屈折力を持つ第5レンズ群を配するとともに、第5レンズ群中もしくは第5レンズ群の拡大側に開口絞りを固定的に配して構成され、縮小側が略テレセントリックであり、

ズームングに際し、第1レンズ群、第5レンズ群および前記開口絞りが固定で、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群が光軸方向に独立して移動し、前記ズームングによる全変倍域においてF値が一定であり、

拡大側の共役点が無限遠の時の空気におけるバックフォーカス：Bf、広角端における全系の焦点距離： $f_w$ 、第1レンズ群の焦点距離： $f_1$ が、条件：

$$(1) \quad 1.0 < Bf / f_w < 2.7$$

$$(2) \quad 1.8 < |f_1 / f_w| < 3.5$$

を満足する投射用ズームレンズ。

【請求項2】

請求項1記載の投射用ズームレンズであって、

広角端から望遠端へのズームングに際して、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群は、縮小側から拡大側へ移動する投射用ズームレンズ。

【請求項3】

請求項1または2記載の投射用ズームレンズであって、

第1レンズ群は、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズと、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚のレンズを拡大側から順に配した構成を群中に有する投射用ズームレンズ。

【請求項4】

請求項1～3の何れか1項に記載の投射用ズームレンズであって、

第1レンズ群中に、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズ：LPと、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズ：LNの2枚のレンズが拡大側から順に配されて、前記正レンズ：LPと前記負レンズ：LNの間に、縮小側に大きな曲率を持つ負の空気レンズが形成されている投射用ズームレンズ。

【請求項5】

請求項4記載の投射用ズームレンズであって、

第1レンズ群中の負レンズ：LNの材質のアッベ数： $\nu_{LN}$ 、部分分散比： $g_F$ が、条件：

(3)  $0.01 < g_F - (0.6438 - 0.001682 \nu_{LN}) < 0.05$   
を満足する投射用ズームレンズ。

10

【請求項6】

請求項1～5の何れか1項に記載の投射用ズームレンズであって、

第2レンズ群は1枚の正レンズで構成され、該正レンズの材質のd線に対する屈折率： $N_{2G}$ が、条件：

(4)  $1.7 < N_{2G}$   
を満足する投射用ズームレンズ。

20

【請求項7】

請求項1～6の何れか1項に記載の投射用ズームレンズであって、

第3レンズ群は1枚の負レンズで構成され、該負レンズの材質のd線に対する屈折率： $N_{3G}$ が、条件：

(5)  $1.7 < N_{3G}$   
を満足する投射用ズームレンズ。

【請求項8】

請求項1～7の何れか1項に記載の投射用ズームレンズであって、

第1レンズ群は、拡大側から縮小側へ向かって順に、1aサブレンズ群、負の屈折力を持つ1bサブレンズ群、正の屈折力を持つ1cサブレンズ群を配してなり、拡大側の共役点を遠距離から近距離方向へ移動させるフォーカシングに際して、前記1cサブレンズ群が光軸上を拡大側から縮小側に移動するとともに、前記1bサブレンズ群も独立に光軸上を移動する投射用ズームレンズ。

30

【請求項9】

拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群、正の屈折力を持つ第2レンズ群、負の屈折力を持つ第3レンズ群、正の屈折力を持つ第4レンズ群、正の屈折力を持つ第5レンズ群を配するとともに、第5レンズ群中もしくは第5レンズ群の拡大側に開口絞りを固定的に配して構成され、縮小側が略テレセントリックであり、

ズームングに際し、第1レンズ群、第5レンズ群および前記開口絞りが固定で、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群が光軸方向に独立して移動し、前記ズームングによる全変倍域においてF値が一定であり、

40

第1レンズ群中に、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズ：LPと、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズ：LNの2枚のレンズが拡大側から順に配されて、前記正レンズ：LPと前記負レンズ：LNの間に、縮小側に大きな曲率を持つ負の空気レンズが形成されている投射用ズームレンズ。

【請求項10】

請求項9記載の投射用ズームレンズであって、

第1レンズ群中の負レンズ：LNの材質のアッベ数： $\nu_{LN}$ 、部分分散比： $g_F$ が、条件：

(3)  $0.01 < g_F - (0.6438 - 0.001682 \nu_{LN}) < 0.05$

50

を満足する投射用ズームレンズ。

【請求項 1 1】

拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群、負の屈折力を持つ第 3 レンズ群、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群、正の屈折力を持つ第 5 レンズ群を配するとともに、第 5 レンズ群中もしくは第 5 レンズ群の拡大側に開口絞りを固定的に配して構成され、縮小側が略テレセントリックであり、

ズームングに際し、第 1 レンズ群、第 5 レンズ群および前記開口絞りが固定で、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群が光軸方向に独立して移動し、前記ズームングによる全変倍域において F 値が一定であり、

第 3 レンズ群は 1 枚の負レンズで構成され、該負レンズの材質の d 線に対する屈折率： $N_{3G}$  が、条件：

$$(5) \quad 1.7 < N_{3G}$$

を満足する投射用ズームレンズ。

【請求項 1 2】

拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群、負の屈折力を持つ第 3 レンズ群、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群、正の屈折力を持つ第 5 レンズ群を配するとともに、第 5 レンズ群中もしくは第 5 レンズ群の拡大側に開口絞りを固定的に配して構成され、縮小側が略テレセントリックであり、

ズームングに際し、第 1 レンズ群、第 5 レンズ群および前記開口絞りが固定で、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群が光軸方向に独立して移動し、前記ズームングによる全変倍域において F 値が一定であり、

第 1 レンズ群は、拡大側から縮小側へ向かって順に、1 a サプレズ群、負の屈折力を持つ 1 b サプレズ群、正の屈折力を持つ 1 c サプレズ群を配してなり、拡大側の共役点を遠距離から近距離方向へ移動させるフォーカシングに際して、前記 1 c サプレズ群が光軸上を拡大側から縮小側に移動するとともに、前記 1 b サプレズ群も独立に光軸上を移動する投射用ズームレンズ。

【請求項 1 3】

請求項 1 ~ 1 2 の何れか 1 項に記載の投射用ズームレンズを搭載してなる投射型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、投射用ズームレンズおよび投射型画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示素子や DMD 等の「画像表示素子」に表示された小さい原画像をスクリーン等の被投射面上に拡大投射する投射型画像表示装置はプロジェクタ等として広く知られ、被投射面との距離に煩わされることなく、投射画像のサイズを変更できる「投射用ズームレンズ」を搭載したプロジェクタは、その使い易さから広く普及している。

投射用ズームレンズは、従来から種々のタイプのもが知られているが、最も拡大側に「負の屈折力のレンズ群」を配した「ネガティブリード」型のもは、広画角、縮小側のテレセントリック性、長いバックフォーカス等、投射用ズームレンズに適した光学的特性を実現し易いものとして知られている（例えば、特許文献 1 ~ 3）。

【0003】

ズームレンズは一般に、ズームングによってその F 値（開口数：Fナンバ）が変動し、広角端より望遠端の F 値が大きく、暗くなり易い。

ズームングに伴う F 値の変動を抑制することについては、特許文献 1 に記載があり、特許文献 2、3 に開示された投射用ズームレンズは「ズームングに伴う F 値の変動」が抑制されている。

【発明の概要】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

【0004】

この発明は、広角端から望遠端に至る全変倍域においてF値が一定で、ネガティブリード型の新規な投射用ズームレンズの実現を課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

【0005】

この発明の投射用ズームレンズは、拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群、正の屈折力を持つ第2レンズ群、負の屈折力を持つ第3レンズ群、正の屈折力を持つ第4レンズ群、正の屈折力を持つ第5レンズ群を配するとともに、第5レンズ群中もしくは第5レンズ群の拡大側に開口絞りを固定的に配して構成され、縮小側が略

10 テレセントリックであり、ズーミングに際し、第1レンズ群、第5レンズ群および前記開口絞りが固定で、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群が光軸方向に独立して移動し、前記ズーミングによる全変倍域においてF値が一定であり、拡大側の共役点が無限遠の時の空気中におけるバックフォーカス： $Bf$ 、広角端における全系の焦点距離： $f_w$ 、第1レンズ群の焦点距離： $f_1$ が、条件：

$$(1) \quad 1.0 < Bf / f_w < 2.7$$

$$(2) \quad 1.8 < |f_1 / f_w| < 3.5$$

を満足する。

## 【発明の効果】

【0006】

この発明によれば、広角端から望遠端に至る全変倍域においてF値が一定で、ネガティブリード型の新規な投射用ズームレンズを実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】実施例1の広角端と望遠端におけるレンズ構成を示す図である。

【図2】実施例1の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図3】実施例1の広角端におけるコマ収差を示す図である。

【図4】実施例1の中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図5】実施例1の中間焦点距離におけるコマ収差を示す図である。

【図6】実施例1の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図7】実施例1の望遠端におけるコマ収差を示す図である。

【図8】実施例2の広角端と望遠端におけるレンズ構成を示す図である。

【図9】実施例2の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図10】実施例2の広角端におけるコマ収差を示す図である。

【図11】実施例2の中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図12】実施例2の中間焦点距離におけるコマ収差を示す図である。

【図13】実施例2の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図14】実施例2の望遠端におけるコマ収差を示す図である。

【図15】実施例3の広角端と望遠端におけるレンズ構成を示す図である。

【図16】実施例3の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図17】実施例3の広角端におけるコマ収差を示す図である。

【図18】実施例3の中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図19】実施例3の中間焦点距離におけるコマ収差を示す図である。

【図20】実施例3の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図21】実施例3の望遠端におけるコマ収差を示す図である。

【図22】実施例4の広角端と望遠端におけるレンズ構成を示す図である。

【図23】実施例4の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 2 4】実施例 4 の広角端におけるコマ収差を示す図である。

【図 2 5】実施例 4 の中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 2 6】実施例 4 の中間焦点距離におけるコマ収差を示す図である。

【図 2 7】実施例 4 の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 2 8】実施例 4 の望遠端におけるコマ収差を示す図である。

【図 2 9】実施例 5 の広角端と望遠端におけるレンズ構成を示す図である。

【図 3 0】実施例 5 の広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 3 1】実施例 5 の広角端におけるコマ収差を示す図である。

【図 3 2】実施例 5 の中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

10

【図 3 3】実施例 5 の中間焦点距離におけるコマ収差を示す図である。

【図 3 4】実施例 5 の望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 3 5】実施例 5 の望遠端におけるコマ収差を示す図である。

【図 3 6】実施例 1 の投射用ズームレンズが広角端で、投射距離 1 6 4 0 mm から 9 1 1 mm にフォーカシングする様子を示す図である。

【図 3 7】実施例 1 の広角端で、投射距離 9 1 1 mm における球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図 3 8】実施例 1 の広角端で、投射距離 9 1 1 mm におけるコマ収差を示す図である。

【図 3 9】投射型画像表示装置の実施の 1 形態を説明するための図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0 0 0 8】

上に記載した投射用ズームレンズの構成、即ち「拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群、負の屈折力を持つ第 3 レンズ群、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群、正の屈折力を持つ第 5 レンズ群を配し、第 5 レンズ群中もしくは第 5 レンズ群の拡大側に開口絞りを固定的に配してなり、縮小側が略テレセントリックで、ズームングに際し、第 1 レンズ群、第 5 レンズ群および前記開口絞りが固定で、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群が光軸方向に独立して移動し、前記ズームングによる全変倍域において F 値が一定」である構成を「構成 1」という。

【0 0 0 9】

30

以下、実施の形態に即して説明する。

図 1、図 8、図 1 5、図 2 2、図 2 9 に、投射用ズームレンズの実施の形態を 5 例、例示する。勿論、この発明の投射用ズームレンズは、これら実施の形態に限定されるものではない。図 1、図 8、図 1 5、図 2 2、図 2 9 に示す実施の形態は、この順序で、後述の具体的な実施例 1 ないし 5 に対応している。

これらの図において、上の図は「広角端におけるレンズ構成」を示し、下の図は「望遠端におけるレンズ構成」を示す。図の左方が拡大側（被投射面側）であり、右方が縮小側（画像表示素子側）である。繁雑を避けるため、上記各図を通じて符号を共通化する。

即ち、符号 G 1、G 2、G 3、G 4、G 5 により、第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群、第 5 レンズ群を示し、符号 S により「開口絞り」を示す。さらに、符号 M D により「画像表示素子」を示す。これらの実施の形態においては、画像表示素子 M D として「液晶パネル」が想定され、図中の符号 C G は液晶パネルの画像表示面のカバーガラスを示している。

40

また、これら実施の形態では、赤・緑・青の各色成分の画像を合成してカラー画像を拡大投射するものが想定され、上記各図における符号 P は「色合成用のプリズム」を示している。図に示す画像表示素子 M D は「緑色画像成分用の液晶パネル」を代表して示し、他の 2 色の画像表示素子は図示を省略されている。

【0 0 1 0】

上記各図に示すように、投射用ズームレンズは、拡大側から縮小側へ向かった順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2、負の屈折力を持つ

50

つ第3レンズ群G3、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4、正の屈折力を持つ第5レンズ群G5を配するとともに、第5レンズ群中もしくは第5レンズ群の拡大側に開口絞りSを固定的に配して構成される。

投射用ズームレンズは、縮小側が略テレセントリックであり、ズームングに際し、第1レンズ群G1、第5レンズ群G5および開口絞りSが固定で、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4が光軸方向に独立して移動する。

また、ズームングによる全変倍域においてF値が一定である。「ズームングによる全変倍域においてF値が一定」は、F値が全変倍域において厳密に一定である場合のみならず、実質的に一定である場合も含む。

#### 【0011】

この発明の投射用ズームレンズは、上記の如く、拡大側から「負・正・負・正・正の屈折力」を持つ5つのレンズ群から構成されている。第1レンズ群G1、第5レンズ群G5と開口絞りSとは「固定」であるから、ズームングに際して移動しない。

ズームングに際しては、第2レンズ群G2ないし第4レンズ群G4の3つのレンズ群が独立して光軸上を移動し、最適位置に配分されることで全ズーム域に亘り「良好な光学性能」が実現される。

開口絞りSと第5レンズ群G5は固定されており、相互の位置関係が不変であるから、画像表示素子MDから出て開口絞りSを通過する光束径は常時「一定」である。第5レンズ群G5は正の屈折力を持つので「開口絞りSから拡大側へ出ていくマージナル光線」の光軸に対する角度は緩やかであり、第2レンズ群G2ないし第4レンズ群G4をズームングで光軸上を移動させても「マージナル光線が全く遮られない」ようにでき、F値をズームングに関わらず一定にできる。

また、投射用ズームレンズの明るさを決める開口絞りSは、第5レンズ群G5中もしくは第5レンズ群G5の拡大側に固定的に配され、開口絞りSの中心を通過する主光線もズームングに際して変化しないので、全ズーム域に亘り「縮小側に良好なテレセントリック性」が実現される。

広角端から望遠端へのズームングに際しての、第2レンズ群G2ないし第4レンズ群G4の移動は、上記の如く「互いに独立」であるが、広角端から望遠端へのズームングに際して、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4は、縮小側から拡大側へ移動することができる。この構成を「構成2」という。

上記各図に実施の形態を示した投射用ズームレンズでは「広角端から望遠端へのズームングに際する第2レンズ群G2ないし第4レンズ群G4の移動」が、上記構成2の如くなっている。

#### 【0012】

この発明の投射用ズームレンズは、拡大側の共役点が無限遠の時の空気中におけるバックフォーカス： $Bf$ 、広角端における全系の焦点距離： $f_w$ 、第1レンズ群の焦点距離： $f_1$ が、条件：

$$(1) \quad 1.0 < Bf / f_w < 2.7$$

$$(2) \quad 1.8 < |f_1 / f_w| < 3.5$$

を満足する。この構成を「構成3」という。

構成1または2または3の投射用ズームレンズは、第1レンズ群G1が「縮小側に大きな曲率を持つ負レンズと、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚のレンズを拡大側から順に配した構成を第1レンズ群中に有する」ことができる。この構成を「構成4」という。

上記構成1または2または3または4の投射用ズームレンズはまた、第1レンズ群G1中に、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズ： $LP$ と、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズ： $LN$ の2枚のレンズが拡大側から順に配されて、正レンズ： $LP$ と負レンズ： $LN$ の間に、「縮小側に大きな曲率を持つ負の空気レンズ」が形成されるように構成できる。この構成を「構成5」という。

#### 【0013】

10

20

30

40

50

なお、図1、図8、図15、図22、図29、図36においては、「LP」、「LN」をそれぞれ、正レンズ：LPと負レンズ：LNを示す符号として用いている。

【0014】

上記構成4、5に言う「曲率」の大小は「曲率の絶対値の大小」である。

構成5の投射用ズームレンズにおいては、第1レンズ群G1中の負レンズ：LNのアップ数： $\nu_{LN}$ 、部分分散比： $\sigma_F$ が、条件：

(3)  $0.01 < \sigma_F - (0.6438 - 0.001682 \nu_{LN}) < 0.05$ を満足することが好ましい。条件(3)が満足される投射用ズームレンズの構成を「構成6」という。

【0015】

構成1ないし6の何れかの投射用ズームレンズは、第2レンズ群G2を1枚の正レンズで構成することができる。この構成を「構成7」という。

構成7の投射用ズームレンズでは、第2レンズ群G2を構成する1枚の正レンズのd線に対する屈折率： $N_{2G}$ が、条件：

$$(4) \quad 1.7 < N_{2G}$$

を満足する。

構成1ないし7の何れかの投射用ズームレンズは、第3レンズ群G3を1枚の負レンズで構成することができる。この構成を「構成8」という。構成8の投射用ズームレンズでは、第3レンズ群G3を構成する1枚の負レンズのd線に対する屈折率： $N_{3G}$ が、条件：

$$(5) \quad 1.7 < N_{3G}$$

を満足する。

【0016】

構成1ないし8の何れかの投射用ズームレンズは、第1レンズ群G1を「拡大側から縮小側へ向かって順に、1aサブレンズ群、負の屈折力を持つ1bサブレンズ群、正の屈折力を持つ1cサブレンズ群を配し、拡大側の共役点を遠距離から近距離方向へ移動させるフォーカシングに際して、1cサブレンズ群が光軸上を拡大側から縮小側に移動するとともに、1bサブレンズ群も独立に光軸上を移動する」ように構成することができる。この構成を「構成9」という。

【0017】

以下に、上に挙げた条件(1)～(5)の意義等を説明する。

条件(1)のパラメータ： $Bf/f_w$ は、広角端における全系の焦点距離： $f_w$ に対する「拡大側の共役点が無限遠の時の空気中におけるバックフォーカス」の割合であり、パラメータ： $Bf/f_w$ が大きく(小さく)なると、広角端における焦点距離： $f_w$ が小さく(大きく)なったり、バックフォーカス： $Bf$ が大きく(小さく)なったりする。

【0018】

焦点距離： $f_w$ が小さくなると、全系の屈折力が大きくなって「諸収差の補正」が困難となり易く、バックフォーカス： $Bf$ が小さくなると、画像表示素子側の光学配置(前述のプリズムPの配置等)が困難になり易い。また、焦点距離： $f_w$ が大きくなると、全系の屈折力が小さくなって「投射画像が小さく」なり易く、バックフォーカス： $Bf$ が大きくなりすぎると、投射用ズームレンズを含む投射型画像表示装置を大型化させ易い。

パラメータ： $Bf/f_w$ を条件(1)の範囲内とすることにより、投射用ズームレンズの光学性能と画像表示素子側の光学配置の容易さをバランスさせることができる。

【0019】

条件(2)のパラメータ： $|f_1/f_w|$ は、広角端における全系の焦点距離： $f_w$ に対する第1レンズ群G1の焦点距離： $f_1$ の割合を絶対値で表すものであり、パラメータ： $|f_1/f_w|$ が大きく(小さく)なると、第1レンズ群G1の負の屈折力が弱く(強く)なったり、全系の屈折力が強く(弱く)なったりする。

【0020】

第1レンズ群G1の負の屈折力が弱くなると、拡大側の画角が小さくなり、投射用ズー

10

20

30

40

50

ムレンズとしては広画角の実現が困難となり易く、全系の屈折力が強くなると「諸収差の補正」が困難となり易い。

第1レンズ群G1の負の屈折力が強くなると、拡大側の画角は大きくなるが、コマ収差や像面湾曲等の収差を良好に保つことが困難となり易い。また、全系の屈折力が小さくなりすぎると「投射画像が過小」になり易い。

【0021】

条件(2)が成り立つ範囲では「広画角と光学性能」を両立させることができる。

従って、条件(1)と(2)とを合わせて満足させることにより、投射用ズームレンズのバックフォーカスと広画角と光学性能とを良好にバランスさせることができる。

【0022】

構成4の投射用ズームレンズは、第1レンズ群G1が「縮小側に大きな曲率を持つ負レンズと、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚のレンズを拡大側から順に配した構成を第1レンズ群内に有して」いる。

上記「2枚の負レンズは、互いに凹面を対向」させているが、「拡大側に大きな曲率を持つ負レンズ」における拡大側の凹面は「マージナル光線に対する屈折作用が小さい」ので、拡大側の凹面の曲率を大きくしても「球面収差やコマ収差を大きく発生させることなく、第1レンズ群G1に大きな負の屈折力を与える」ことができる。

【0023】

また「拡大側に大きな曲率を持つ負レンズ」に、屈折率(Nd)の小さい硝材を用いることで「全体のペッツパール和」を小さくすることが可能となる。

構成5の投射用ズームレンズでは、第1レンズ群G1内において、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズ：LPと、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズ：LNの2枚のレンズを拡大側から順に配することにより、正レンズ：LPと負レンズ：LNの間に、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズとして「空気レンズ」を形成しており、倍率色収差を補正し易いレンズとなっている。

【0024】

構成6における条件(3)は、上記構成5における負レンズ：LNの材料に対する条件であって、この条件(3)を満足する材料で負レンズ：LNを構成することにより、倍率色収差を「有効に小さく」することができる。

【0025】

なお、条件(3)における部分分散比： $g_F$ は、以下の如くに定義される。

即ち、光学ガラスの屈折率を「g線(435.83nm)に対してNg、F線(486.13nm)に対してNF、C線(656.27nm)に対してNC」とするとき、部分分散比  $g_F$ は、

$$g_F = (N_g - N_F) / (N_F - N_C)$$

で定義される。

【0026】

負レンズ：LNのアップベ数： $L_N$ と部分分散比： $g_F$ が条件(3)を満足することで投射用ズームレンズの倍率色収差を「より小さく」でき、広い画角に亘り良好な画像を得ることが可能となる。

【0027】

構成7の投射用ズームレンズでは、第2レンズ群G2が条件(4)を満足する1枚の正レンズで構成され、構成8の投射用ズームレンズでは、第3レンズ群G3が条件(5)を満足する1枚の負レンズで構成されている。

構成7、8のように、5群のレンズ群中に「1枚のレンズで構成されるレンズ群」を含めることにより、低コストでコンパクトな投射用ズームレンズの実現が可能になる。

【0028】

ところで、プロジェクタが広画角化すると、スクリーンまでの距離の変更により投射距離が変化した場合、「像面の平坦性」を維持しつつフォーカシングすることは必ずしも容易でない。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 2 9 】

構成 9 の投射用ズームレンズでは、第 1 レンズ群 G 1 を「拡大側から、1 a サブレンズ群、負の屈折力を持つ 1 b サブレンズ群、正の屈折力を持つ 1 c サブレンズ群の 3 つのサブレンズ群」で構成し、遠距離から近距離方向へのフォーカシングに際して、1 c サブレンズ群が光軸上を拡大側から縮小側に移動すると共に、1 b サブレンズ群も独立に光軸上を移動して 1 a サブレンズ群と 1 b サブレンズ群の間隔を変化させることにより像面の平坦性を保持し、広い投射距離範囲を持つことができるようにしている。

## 【 0 0 3 0 】

投射用ズームレンズの具体的な実施例の説明の前に、投射型画像表示装置の実施の 1 形態を、図 3 9 を参照して説明する。

図 3 9 は、投射型画像表示装置の 1 形態例であるプロジェクタを説明するための図である。

符号 1 0 で示すプロジェクタは、図示を省略されたコンピュータ等から与えられる「画像情報」を被投射面 S 上にカラーの拡大投射画像として投射する装置である。

符号 1 1 は「コントローラ」、符号 L R は「赤色光光源」、符号 L G は「緑色光光源」、符号 L B は「青色光光源」を示し、符号 M D R は「赤色成分画像用の液晶パネル」、符号 M D G は「緑色成分画像用の液晶パネル」を示す。

符号 P は色合成用のプリズムを示す。プリズム P は「ダイクロイック膜を用いたクロスプリズム」である。

符号 Z L N は「投射用ズームレンズ」を示す。この投射用ズームレンズ Z L N として、請求項 1 ~ 9 の投射用ズームレンズ、例えば、後述の実施例 1 ~ 5 の投射用ズームレンズを用いることができる。

## 【 0 0 3 1 】

コントローラ 1 1 は、コンピュータや C P U として構成され、赤色光光源 L R、緑色光光源 L G、青色光光源 L B の点滅や、投射用ズームレンズ Z L N の「ズーム機構やフォーカス機構（共に図示を省略されている。）」を制御する。

コントローラ 1 1 はまた、外部から与えられる「画像情報」に応じて、液晶パネル M D R、M D G、M D B を制御し、これらに、赤色成分画像、緑色成分画像、青色成分画像を表示する。

液晶パネル M D R に表示された赤色成分画像は、赤色光光源 L R からの赤色光により照射され、液晶パネル M D R を透過した赤色光は、赤色成分画像により強度変調されて「赤色画像光」となり、プリズム P に入射する。

液晶パネル M D G に表示された緑色成分画像は、緑色光光源 L G からの緑色光により照射され、液晶パネル M D G を透過した緑色光は、緑色成分画像により強度変調されて「緑色画像光」となり、プリズム P に入射する。

液晶パネル M D B に表示された青色成分画像は、青色光光源 L B からの青色光により照射され、液晶パネル M D B を透過した青色光は、青色成分画像により強度変調されて「青色画像光」となり、プリズム P に入射する。

プリズム P は、入射してくる赤色画像光、緑色画像光、青色画像光を「1 光束」に合成し、カラー画像光として投射用ズームレンズ Z L N に入射させる。

カラー画像光は、投射用ズームレンズ Z L N により、被投射面であるスクリーン S 上に「画像情報によるカラー画像」を拡大投射する。

## 【 0 0 3 2 】

以下、投射用ズームレンズの具体的な実施例を 5 例挙げる。

これら 5 例の実施例である実施例 1 ないし実施例 5 は、前述の如く、図 1、図 8、図 1 5、図 2 2、図 2 9 図に示した実施の形態の具体的な数値例である。

実施例 1 ~ 実施例 5 とも、投射用ズームレンズは、拡大側から縮小側に向かって順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2、負の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3、正の屈折力を持つ第 4 レンズ群 G 4、正の屈折力を持つ第 5 レンズ群 G 5 を配してなっている。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

また、何れの実施例においても、第 1 レンズ群 G 1 は、望遠端の図に示すように、拡大側から 1 a サブレンズ群、1 b サブレンズ群、1 c サブレンズ群（それぞれ符号 1 a、1 b、1 c で示し、以下、サブレンズ群 1 a、サブレンズ群 1 b、サブレンズ群 1 c と呼ぶ。）の 3 つの「サブレンズ群」から成る。

サブレンズ群 1 b は、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズ、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズと拡大側に大きな曲率を持つ負レンズを、凹面同士を対向させて群内に有し、その縮小側に、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズ L P と、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズ L N の 2 枚のレンズを配し、これら正レンズ L P と負レンズ L N の間に「縮小側に大きな曲率を持つ負の空気レンズ」を形成している。

10

また、サブレンズ群 1 c は「1 枚の正レンズ」で構成されている。

【 0 0 3 4 】

実施例 1 ~ 実施例 5 をそれぞれ示す各図は、広角端・望遠端とも、投射距離（投射用ズームレンズの最も拡大側のレンズ面と被投射面であるスクリーンとの光軸上の距離）：1 6 4 0 mm にフォーカシングするように、上記の各サブレンズ群 1 a ~ 1 c の間隔を調整した状態を示している。

【 0 0 3 5 】

各実施例のデータ表記において、「面番号」は、投射用ズームレンズを構成する各レンズのレンズ面、開口絞り S、プリズム P の面を、拡大側（スクリーン側）から縮小側（画像表示素子側）へ数えた番号で表しており、スクリーンを「物面」、画像表示素子（液晶パネルが想定されている。）の画像表示面を「像面」として表記している。

20

「R」により各面（開口絞り S の面および、色合成用のプリズム P、カバーガラス C G の面を含む）の曲率半径（非球面にあっては近軸曲率半径）を表し、「D」により光軸上の面間隔を表す。

「Nd」及び「d」により、各レンズの材質の「d 線に対する屈折率とアッペ数」を示す。「像高」は光軸から画像表示面の最大高さ、「BF」は拡大側の共役点が無限遠の時の空气中（プリズム、カバーガラスのない状態）における最も縮小側のレンズ面から近軸像までの距離（バックフォーカス）を表し、「レンズ全長」は最も拡大側のレンズ面から最も縮小側のレンズ面までの距離で表す。

長さの次元を持つ量の単位は、特に断らない限り「mm」である。

30

【 0 0 3 6 】

以下の実施例の投射用ズームレンズには非球面レンズが含まれるが「非球面の形状」は、光軸と非球面の交点を原点とし、光軸に対する高さ：h、光軸方向の変位：Z、近軸曲率半径：R、円錐定数：K、n 次の非球面係数：An、として、周知の式：

$$Z = (1/R) \cdot h^2 / [1 + \{1 - (1 + K) \cdot (1/R)^2 \cdot h^2\}] + A4 \cdot h^4 + A6 \cdot h^6 + A8 \cdot h^8 + \dots + An \cdot h^n$$

で表し、上記 R、K、An、を与えて形状を特定する。なお、非球面を採用した面は、面番号に「\*印」を付して示している。

【 0 0 3 7 】

「実施例 1」

40

実施例 1 は図 1 に広角端（上図）と望遠端（下図）のレンズ構成を示したものである。

【 0 0 3 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は「1 枚の負レンズ（両凹レンズ）」で構成され、第 4 レンズ群 G 4 は「1 枚の正レンズ（両凸レンズ）」で構成されている。

開口絞り S は、第 5 レンズ群 G 5 の拡大側に固定的に設けられている。

以下に、投射距離：1 6 4 0 mm の場合における実施例 1 のデータを示す。

「レンズデータ」

面番号	R	D	Nd	d
物面		1640.000		
1	103.021	12.000	1.51860	69.89

50

2	415.857	0.300			
3	67.292	3.781	1.49700	81.61	
4	36.210	16.663			
5	110.582	2.500	1.49700	81.61	
6	24.685	9.698			
7*	91.036	2.300	1.51633	64.07	
8*	23.188	11.642			
9	-44.074	1.900	1.52249	59.84	
10	165.243	2.174			
11	-278.019	6.185	2.00100	29.13	10
12	-43.925	2.143			
13	-33.252	1.800	1.85896	22.73	
14	-91.509	1.000			
15	-136.550	6.295	1.56069	58.34	
16	-36.215		(可変)		
17	60.411	1.600	1.59270	35.45	
18	39.004	0.850			
19	43.006	6.243	1.96300	24.11	
20	-212.471		(可変)		
21	-197.618	2.000	1.92286	20.88	20
22	99.691		(可変)		
23	86.597	6.000	1.49700	81.61	
24	-74.714		(可変)		
25(絞り)		2.974			
26	86.290	1.300	1.67270	32.17	
27	46.628	3.476			
28	-39.264	1.600	2.00100	29.13	
29	-433.119	0.300			
30*	100.294	4.233	1.51633	64.07	
31*	-36.805	0.300			30
32	82.543	1.600	1.95000	29.37	
33	45.201	0.200			
34	43.642	9.183	1.49700	81.61	
35	-18.591	0.200			
36	-19.128	1.300	1.79504	28.69	
37	66.385	1.357			
38	112.963	6.646	1.92286	20.88	
39	-41.427	4.649			
40	54.305	8.954	1.49700	81.55	
41	-54.197	6.700			40
42		26.000	1.51680	64.17	
43		6.300			
44		1.900	1.48640	65.40	
45		0.300			

像面

【 0 0 3 9 】

「非球面データ」

非球面のデータを以下に示す。

「第7面」

K = 14.365290、

$$A_4 = 2.480204 \times 10^{-8}、$$

$$A_6 = -2.845828 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = 4.646706 \times 10^{-11}、$$

$$A_{10} = -2.822074 \times 10^{-14}、$$

$$A_{12} = -4.257172 \times 10^{-17}$$

「第 8 面」

$$K = 9.581289 \times 10^{-2}、$$

$$A_4 = -6.559764 \times 10^{-6}、$$

$$A_6 = -4.965575 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = 3.655648 \times 10^{-11}、$$

$$A_{10} = 3.692807 \times 10^{-14}、$$

$$A_{12} = -2.803393 \times 10^{-16}$$

10

「第 30 面」

$$K = 53.448638、$$

$$A_4 = -2.371323 \times 10^{-6}、$$

$$A_6 = 3.770876 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = -7.867310 \times 10^{-11}、$$

$$A_{10} = 2.990470 \times 10^{-12}、$$

$$A_{12} = -1.743495 \times 10^{-14}$$

20

「第 31 面」

$$K = 2.378309、$$

$$A_4 = 1.576702 \times 10^{-5}、$$

$$A_6 = 6.970018 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = -6.690791 \times 10^{-11}、$$

$$A_{10} = 3.842160 \times 10^{-12}、$$

$$A_{12} = -9.798815 \times 10^{-15}$$

【 0 0 4 0 】

「可変間隔」

上に示したレンズデータにおいて「可変」と表示された面間隔が「可変間隔」であり、  
 広角端・中間焦点距離（中間と表示）・望遠端の各ズーム位置における可変間隔の値を以  
 下に示す。

30

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
D 16	11.475	5.456	0.578
D 20	4.901	2.766	1.000
D 22	16.778	16.934	16.241
D 24	0.300	8.298	15.635

【 0 0 4 1 】

「各種データ」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における各種データを以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
焦点距離	15.443	16.988	18.535
F 値	2.0	2.0	2.0
半画角	37.91 °	35.28 °	32.86 °
像高	12.000	12.000	12.000
B F	31.719	31.719	31.719
レンズ全長	178.800	178.800	178.800

40

【 0 0 4 2 】

「各条件式のパラメータの値」

条件（ 1 ）ないし（ 5 ）の各パラメータの値を以下に示す。

$$( 1 ) B f / f_w = 2 . 0 5 4$$

50

(2) | f 1 / f w | = 2 . 5 5 7

(3) g F - ( 0 . 6 4 3 8 - 0 . 0 0 1 6 8 2 L N ) = 0 . 0 2 3 7

(5) N 3 G = 1 . 9 2 2 8 6 .

【 0 0 4 3 】

実施例 1 の投射用ズームレンズの「広角端」における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 2 に、コマ収差の図を図 3 に示す。各収差図は、545 nm の波長を持つ緑色光の収差を示すが、球面収差図、コマ収差図には赤、青の光を代表して波長：635 nm と 460 nm の収差も示している。非点収差図における S はサジタル像、M はメリディオナル像の収差を示す。

「中間焦点距離」における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 4 に、コマ収差の図を図 5 に、「望遠端」における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 6 に、コマ収差の図を図 7 に示す。

【 0 0 4 4 】

上に示したデータは、上述の如く投射距離：1640 mm におけるものであるが、広角端の状態、投射距離：1640 mm から投射距離：911 mm へのフォーカシングの様子を図 36 に示す。図の如く、投射距離：911 mm へのフォーカシングでは、サブレンズ群 1 c が光軸上を拡大側から縮小側に移動すると共に、サブレンズ群 1 b も独立に拡大側から縮小側へ移動してサブレンズ群 1 a との間隔を変化させている。

【 0 0 4 5 】

実施例 1 の投射用ズームレンズが、投射距離：911 mm にフォーカシングしたときのサブレンズ群 1 a、1 b、1 c の間隔（面間隔：D4、D14）と、サブレンズ群 1 c と第 2 レンズ群 G2 との間隔（面間隔：D16）を以下に示す。

【 0 0 4 6 】

「投射距離：911 mm」

D 4 16.898

D 1 4 1.270

D 1 6 10.970

【 0 0 4 7 】

実施例 1 の広角端における投射距離 911 mm での球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 37 に、コマ収差の図を図 38 に示す。

【 0 0 4 8 】

「実施例 2」

実施例 2 は図 8 に広角端（上図）と望遠端（下図）のレンズ構成を示したものである。

【 0 0 4 9 】

以下に、投射距離：1640 mm の場合における実施例 2 のデータを示す。

「レンズデータ」

面番号	R	D	N d	d
物面		1640.000		
1	108.388	11.800	1.51860	69.89
2	465.437	0.300		
3	63.199	4.835	1.49700	81.61
4	35.378	16.282		
5	116.113	2.500	1.48749	70.44
6	24.154	9.133		
7*	74.079	2.300	1.49710	81.56
8*	21.630	11.796		
9	-40.800	2.038	1.56732	42.84
10	230.281	2.555		
11	-129.826	6.311	2.00330	28.27
12	-38.908	1.514		

10

20

30

40

50

13	-32.660	1.933	1.80810	22.76	
14	-109.712	1.025			
15	-206.784	7.452	1.56883	56.36	
16	-36.259		(可変)		
17	51.285	1.600	1.59270	35.45	
18	40.952	0.935			
19	46.401	5.047	1.96300	24.11	
20	-349.327		(可変)		
21	-188.825	2.000	1.78472	25.72	
22	71.466		(可変)		10
23	72.291	6.000	1.49700	81.61	
24	-78.452		(可変)		
25(絞り)		8.276			
26	-51.420	1.600	2.00330	28.27	
27	132.215	0.688			
28*	73.212	3.996	1.49710	81.56	
29*	-41.215	0.300			
30	64.510	1.600	1.95000	29.37	
31	37.337	0.205			
32	36.499	8.933	1.48749	70.44	20
33	-18.739	0.200			
34	-20.033	1.300	1.79504	28.69	
35	59.567	1.248			
36	84.473	6.897	1.92286	20.88	
37	-44.541	6.815			
38	46.174	7.138	1.49700	81.61	
39	-87.588	6.700			
40		26.000	1.51680	64.17	
41		3.400			
42		1.900	1.48640	65.40	30
43		0.300			

像面

【 0 0 5 0 】

「非球面データ」

非球面のデータを以下に示す。

「第7面」

$K = 9.354169、$

$A_4 = -6.709372 \times 10^{-7}、$

$A_6 = -3.519502 \times 10^{-8}、$

$A_8 = 5.191726 \times 10^{-11}、$

$A_{10} = -2.751735 \times 10^{-14}、$

$A_{12} = -5.948527 \times 10^{-17}$

「第8面」

$K = -1.905384 \times 10^{-2}、$

$A_4 = -5.632101 \times 10^{-6}、$

$A_6 = -5.997846 \times 10^{-8}、$

$A_8 = 3.684867 \times 10^{-11}、$

$A_{10} = 4.705355 \times 10^{-14}、$

$A_{12} = -3.309977 \times 10^{-16}$

「第28面」

40

50

K = 26.916453、  
 A 4 = 4.858156 × 10<sup>-8</sup>、  
 A 6 = 5.490046 × 10<sup>-8</sup>、  
 A 8 = -1.884828 × 10<sup>-10</sup>、  
 A 10 = 4.076769 × 10<sup>-12</sup>、  
 A 12 = -1.426982 × 10<sup>-14</sup>

「第 2 9 面」

K = 2.430195、  
 A 4 = 1.695632 × 10<sup>-5</sup>、  
 A 6 = 8.750766 × 10<sup>-8</sup>、  
 A 8 = 9.995242 × 10<sup>-11</sup>、  
 A 10 = 2.865782 × 10<sup>-12</sup>、  
 A 12 = 1.958361 × 10<sup>-15</sup>

10

【 0 0 5 1 】

「可変間隔」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における可変間隔の値を以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
D 16	12.227	5.556	0.300
D 20	6.076	3.265	1.024
D 22	16.547	16.904	16.283
D 24	0.300	9.425	17.543

20

【 0 0 5 2 】

「各種データ」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における各種データを以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
焦点距離	15.447	16.992	18.538
F ナンバ	2.0	2.0	2.0
半画角	37.90 °	35.27 °	32.85 °
像高	12.000	12.000	12.000
B F	28.819	28.819	28.819
レンズ全長	181.700	181.700	181.700

30

【 0 0 5 3 】

「各条件式のパラメータの値」

条件 ( 1 ) ないし ( 5 ) の各パラメータの値を以下に示す。

( 1 )  $B f / f_w = 1.866$   
 ( 2 )  $| f_1 / f_w | = 2.633$   
 ( 3 )  $g F - ( 0.6438 - 0.001682 L_N ) = 0.0261$   
 ( 5 )  $N_{3G} = 1.78472$

【 0 0 5 4 】

実施例 2 の投射用ズームレンズの広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 9 に、コマ収差の図を図 10 に示す。また、中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 11 に、コマ収差の図を図 12 に、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 13 に、コマ収差の図を図 14 に示す。

40

【 0 0 5 5 】

「実施例 3」

実施例 3 は図 1 5 に広角端及び望遠端におけるレンズ構成を示したものである。

実施例 3 の投射用ズームレンズでは、第 2 レンズ群 G 2 が「1 枚の正レンズ」で構成され、第 3 レンズ群 G 3 は「1 枚の負レンズ」で構成されている。

【 0 0 5 6 】

以下に、投射距離：1 6 4 0 mm の場合における実施例 3 のデータを示す。

50

「レンズデータ」				
面番号	R	D	N d	d
物面		1640.000		
1	118.466	11.924	1.51680	64.20
2	424.553	2.445		
3	67.545	8.000	1.49700	81.61
4	35.586	16.778		
5	96.693	2.500	1.49700	81.61
6	24.080	8.854		
7*	73.512	2.300	1.55332	71.68
8*	22.850	11.487		
9	-40.826	3.850	1.59270	35.45
10	216.652	2.719		
11	-124.020	6.333	2.00100	29.13
12	-41.117	1.903		
13	-32.829	2.383	1.89286	20.36
14	-65.978	1.000		
15	-151.586	7.706	1.61772	49.82
16	-38.129		(可変)	
17	62.700	4.577	1.89286	20.36
18	-786.230		(可変)	
19	-269.799	2.000	1.96300	24.11
20	124.692		(可変)	
21	86.083	6.000	1.49700	81.61
22	-92.871		(可変)	
23(絞り)		11.234		
24	-58.358	1.600	2.00330	28.27
25	150.169	0.300		
26*	72.929	3.978	1.55332	71.68
27*	-46.585	0.300		
28	43.913	1.794	1.91650	31.60
29	29.499	0.465		
30	32.235	8.343	1.49700	81.61
31	-19.843	0.209		
32	-20.975	1.300	1.80000	29.84
33	63.841	2.010		
34	89.450	9.675	1.92286	20.88
35	-51.036	5.793		
36	46.948	6.724	1.49700	81.61
37	-155.039	6.700		
38		26.000	1.51680	64.17
39		3.400		
40		1.900	1.48640	65.40
41		0.300		

像面

【 0 0 5 7 】

「非球面データ」

非球面のデータを以下に示す。

「第7面」

K = 9.309440、



$$\begin{aligned} A_4 &= -1.614417 \times 10^{-6}、 \\ A_6 &= -2.446763 \times 10^{-8}、 \\ A_8 &= 3.418481 \times 10^{-11}、 \\ A_{10} &= -1.009374 \times 10^{-14}、 \\ A_{12} &= -7.559080 \times 10^{-17} \end{aligned}$$

「第 8 面」

$$\begin{aligned} K &= 1.061858 \times 10^{-1}、 \\ A_4 &= -7.185966 \times 10^{-6}、 \\ A_6 &= -4.735630 \times 10^{-8}、 \\ A_8 &= 3.626134 \times 10^{-11}、 \\ A_{10} &= 1.693289 \times 10^{-14}、 \\ A_{12} &= -3.182189 \times 10^{-16} \end{aligned}$$

10

「第 2 6 面」

$$\begin{aligned} K &= 25.078508、 \\ A_4 &= -1.175875 \times 10^{-7}、 \\ A_6 &= 3.487578 \times 10^{-9}、 \\ A_8 &= 5.209107 \times 10^{-11}、 \\ A_{10} &= 1.227434 \times 10^{-12}、 \\ A_{12} &= -9.164958 \times 10^{-15} \end{aligned}$$

20

「第 2 7 面」

$$\begin{aligned} K &= 2.669070、 \\ A_4 &= 1.254988 \times 10^{-5}、 \\ A_6 &= 4.080252 \times 10^{-8}、 \\ A_8 &= 5.363199 \times 10^{-11}、 \\ A_{10} &= 2.130407 \times 10^{-12}、 \\ A_{12} &= -5.080341 \times 10^{-15} \end{aligned}$$

【 0 0 5 8 】

「可変間隔」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における可変間隔の値を以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
D 16	14.073	6.312	0.300
D 18	9.486	4.839	1.066
D 20	16.359	16.940	16.272
D 22	0.300	12.127	22.580

30

【 0 0 5 9 】

「各種データ」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における各種データを以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
焦点距離	15.506	17.058	18.611
F ナンバ	2.0	2.0	2.0
半画角	37.79°	35.15°	32.73°
像高	12.000	12.000	12.000
B F	28.819	28.819	28.819
レンズ全長	196.700	196.700	196.700

40

【 0 0 6 0 】

「各条件式のパラメータの値」

条件 ( 1 ) ないし ( 5 ) の各パラメータの値を以下に示す。

$$( 1 ) B f / f_w = 1.859$$

$$( 2 ) | f_1 / f_w | = 3.013$$

$$( 3 ) g F - ( 0.6438 - 0.001682 L_N ) = 0.0308$$

50

$$(4) N_{2G} = 1.89286$$

$$(5) N_{3G} = 1.96300$$

【0061】

実施例3の投射用ズームレンズの広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図16に、コマ収差の図を図17に示す。中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図18に、コマ収差の図を図19に、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図20に、コマ収差の図を図21に示す。

【0062】

「実施例4」

実施例4は、図22に広角端と望遠端におけるレンズ構成を示したものである。

10

この実施例4においては開口絞りSは、第5レンズ群中に固定的に配置されている。

【0063】

以下に、投射距離：1640mmの場合における実施例4のデータを示す。

「レンズデータ」

面番号 物面	R	D	N d	d	
		1640.000			
1	120.679	9.490	1.53775	74.70	
2	545.924	0.300			
3	70.880	4.320	1.49700	81.61	
4	34.261	15.781			20
5	143.350	2.500	1.49700	81.61	
6	26.910	8.947			
7*	84.774	2.300	1.51633	64.07	
8*	24.224	11.868			
9	-45.274	1.900	1.48749	70.44	
10	127.901	0.459			
11	142.088	7.336	2.00100	29.13	
12	-65.302	2.243			
13	-43.539	1.805	1.92119	23.96	
14	-3622.315	1.000			30
15	-564.924	8.275	1.56384	60.67	
16	-35.880		(可変)		
17	125.901	1.600	1.54072	47.20	
18	42.864	0.353			
19	43.401	6.398	2.00330	28.27	
20	-231.555		(可変)		
21	-125.775	2.000	1.96300	24.11	
22	134.995		(可変)		
23	-74.751	2.463	1.92286	20.88	
24	-60.482	0.300			40
25	67.897	4.628	1.49700	81.61	
26	-149.307		(可変)		
27	-187.360	1.300	1.61772	49.82	
28	222.734	0.311			
29(絞り)		9.267			
30	-39.962	1.600	2.00100	29.13	
31	-329.750	0.300			
32*	128.430	4.130	1.51633	64.07	
33*	-34.257	0.300			
34	108.120	1.600	2.00100	29.13	50

35	42.939	0.258		
36	43.266	8.801	1.49700	81.61
37	-19.878	0.202		
38	-21.827	1.300	1.79504	28.69
39	75.144	1.245		
40	125.088	6.135	1.92286	20.88
41	-44.512	3.963		
42	79.327	9.028	1.49700	81.61
43	-43.264	10.000		
44		26.000	1.51680	64.17
45		8.000		
46		1.900	1.48640	65.40
47		0.300		

像面

【 0 0 6 4 】

「非球面データ」

非球面のデータを以下に示す。

「第7面」

$$K = 11.865693、$$

$$A_4 = -1.416193 \times 10^{-6}、$$

$$A_6 = -2.872617 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = 3.138193 \times 10^{-11}、$$

$$A_{10} = -5.368166 \times 10^{-15}、$$

$$A_{12} = -5.072983 \times 10^{-17}$$

「第8面」

$$K = 8.809099 \times 10^{-2}、$$

$$A_4 = -6.258062 \times 10^{-6}、$$

$$A_6 = -4.549968 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = 2.781473 \times 10^{-11}、$$

$$A_{10} = 1.722554 \times 10^{-14}、$$

$$A_{12} = -1.456021 \times 10^{-16}$$

「第32面」

$$K = 53.971438、$$

$$A_4 = -4.897058 \times 10^{-6}、$$

$$A_6 = 4.424815 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = -1.800012 \times 10^{-11}、$$

$$A_{10} = 1.275300 \times 10^{-12}、$$

$$A_{12} = -9.497954 \times 10^{-15}$$

「第33面」

$$K = 1.802171、$$

$$A_4 = 1.622565 \times 10^{-5}、$$

$$A_6 = 6.947151 \times 10^{-8}、$$

$$A_8 = -1.144016 \times 10^{-10}、$$

$$A_{10} = 3.371100 \times 10^{-12}、$$

$$A_{12} = -1.348165 \times 10^{-14}$$

【 0 0 6 5 】

「可変間隔」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における可変間隔の値を以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
D 16	13.400	6.095	0.300

10

20

30

40

50

D 20	8.300	4.580	1.227
D 22	15.393	16.461	16.495
D 26	0.700	10.657	19.771

## 【 0 0 6 6 】

「各種データ」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における各種データを以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端	
焦点距離	15.405	16.946	18.488	
Fナンバ	2.0	2.0	2.0	
半画角	38.00°	35.36°	32.95°	10
像高	12.000	12.000	12.000	
B F	36.719	36.719	36.719	
レンズ全長	183.800	183.800	183.800	。

## 【 0 0 6 7 】

「各条件式のパラメータの値」

条件(1)ないし(5)の各パラメータの値を以下に示す。

- (1)  $B f / f_w = 2.384$
- (2)  $|f_1 / f_w| = 2.679$
- (3)  $g F - (0.6438 - 0.001682 L_N) = 0.0151$
- (5)  $N_{3G} = 1.96300$

## 【 0 0 6 8 】

実施例4の投射用ズームレンズの広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図23に、コマ収差の図を図24に示す。中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図25に、コマ収差の図を図26に、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図27に、コマ収差の図を図28に示す。

## 【 0 0 6 9 】

「実施例5」

実施例5は図29に広角端及び望遠端におけるレンズ構成を示したものである。

以下に、投射距離：1640mmの場合における実施例5のデータを示す。

「レンズデータ」

面番号	R	D	N d	d	
物面		1640.000			
1	105.223	9.584	1.48749	70.44	
2	431.627	0.300			
3	61.979	3.000	1.49700	81.61	
4	33.564	15.453			
5	86.881	2.500	1.49700	81.61	
6	23.545	8.502			
7*	72.394	2.300	1.51633	64.07	
8*	21.756	11.703			40
9	-35.802	1.900	1.64769	33.79	
10	-346.014	2.058			
11	-79.139	4.954	2.00100	29.12	
12	-38.474	2.259			
13	-29.596	1.800	1.89286	20.36	
14	-45.413	1.000			
15	-70.726	5.253	1.57099	50.80	
16	-32.961		(可変)		
17	66.582	1.600	1.67270	32.17	
18	49.257	0.300			50

19	49.277	5.296	2.00060	25.46	
20	-308.531		(可変)		
21	-112.289	2.000	1.90200	25.26	
22	181.608		(可変)		
23	-111.576	2.573	1.51860	69.89	
24	-69.430	0.300			
25	85.826	4.128	1.49700	81.61	
26	-98.182		(可変)		
27(絞リ)		12.441			
28	-41.687	1.600	2.00100	29.13	10
29	419.159	0.375			
30*	94.798	4.017	1.51633	64.07	
31*	-38.396	0.300			
32	79.251	1.600	1.95000	29.37	
33	42.119	0.508			
34	48.795	8.195	1.49700	81.61	
35	-19.169	0.200			
36	-21.096	1.300	1.80000	29.84	
37	89.346	1.922			
38	163.291	5.405	1.92286	20.88	20
39	-47.011	0.948			
40	53.775	7.330	1.49700	81.61	
41	-59.839	6.000			
42		26.000	1.51680	64.17	
43		7.000			
44		1.900	1.48640	65.40	
45		0.300			

像面

【 0 0 7 0 】

「非球面データ」

非球面のデータを以下に示す。

「第7面」

$K = 9.963495、$

$A_4 = -2.539107 \times 10^{-6}、$

$A_6 = -2.670658 \times 10^{-8}、$

$A_8 = 4.050891 \times 10^{-11}、$

$A_{10} = -1.662066 \times 10^{-14}、$

$A_{12} = -1.112798 \times 10^{-16}$

「第8面」

$K = 9.579134 \times 10^{-2}、$

$A_4 = -9.973070 \times 10^{-6}、$

$A_6 = -5.488668 \times 10^{-8}、$

$A_8 = 5.047420 \times 10^{-11}、$

$A_{10} = -7.874270 \times 10^{-15}、$

$A_{12} = -4.576713 \times 10^{-16}$

「第30面」

$K = 46.340408、$

$A_4 = -5.514798 \times 10^{-7}、$

$A_6 = 5.002732 \times 10^{-8}、$

$A_8 = -2.025546 \times 10^{-11}、$

30

40

50

$A_{10} = 2.351359 \times 10^{-12}$ 、  
 $A_{12} = -1.341363 \times 10^{-14}$   
 「第31面」  
 $K = 1.498417$ 、  
 $A_4 = 1.750643 \times 10^{-5}$ 、  
 $A_6 = 8.550681 \times 10^{-8}$ 、  
 $A_8 = 2.383155 \times 10^{-11}$ 、  
 $A_{10} = 3.809954 \times 10^{-12}$ 、  
 $A_{12} = -1.082888 \times 10^{-14}$

## 【0071】

「可変間隔」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における可変間隔の値を以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
D16	11.169	5.104	0.300
D20	6.563	3.797	1.458
D22	15.863	16.604	16.390
D26	0.300	8.390	15.747

## 【0072】

「各種データ」

広角端・中間・望遠端の各ズーム位置における各種データを以下に示す。

ズーム位置	広角端	中間	望遠端
焦点距離	15.378	16.916	18.455
Fナンバ	2.0	2.0	2.0
半画角	38.07°	35.43°	33.01°
像高	12.000	12.000	12.000
B F	31.719	31.719	31.719
レンズ全長	168.800	168.800	168.800

## 【0073】

「各条件式のパラメータの値」

条件(1)ないし(5)の各パラメータの値を以下に示す。

- (1)  $Bf / f_w = 2.063$   
 (2)  $|f_1 / f_w| = 2.280$   
 (3)  $gF - (0.6438 - 0.001682 L_N) = 0.0308$   
 (5)  $N_{3G} = 1.90200$

## 【0074】

実施例5の投射用ズームレンズの広角端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図30に、コマ収差の図を図31に示す。中間焦点距離における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図32に、コマ収差の図を図33に、望遠端における球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図34に、コマ収差の図を図35に示す。

## 【0075】

各実施例とも、広角端・中間焦点距離・望遠端ともに各収差が良好に補正されて高い性能を有している。

## 【0084】

以上、発明の好ましい実施の形態について説明したが、この発明は上述した特定の実施形態に限定されるものではなく、上述の説明で特に限定していない限り、特許請求の範囲に記載された発明の趣旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

この発明の実施の形態に記載された効果は、発明から生じる好適な効果を列挙したに過ぎず、発明による効果は「実施の形態に記載されたもの」に限定されるものではない。

## 【符号の説明】

## 【0085】

10

20

30

40

50

- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群
- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- G 5 第 5 レンズ群
- S 開口絞り
- P プリズム
- C G カバーガラス
- M D 画像表示素子

【先行技術文献】

【特許文献】

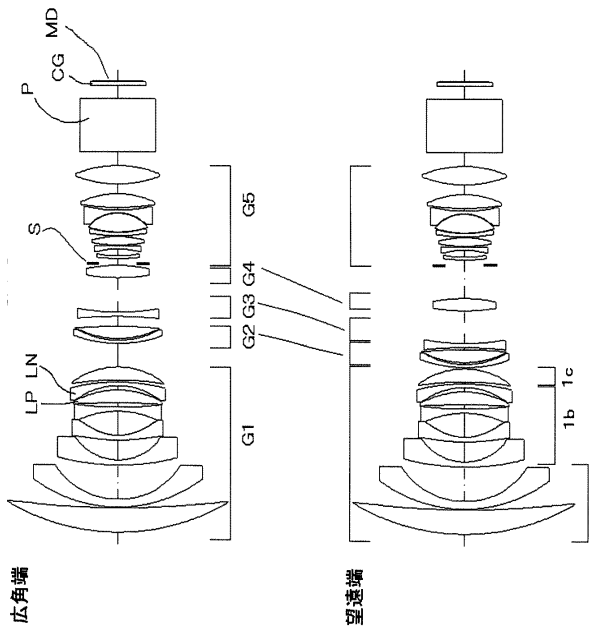
【0086】

【特許文献1】特許第4864600号公報

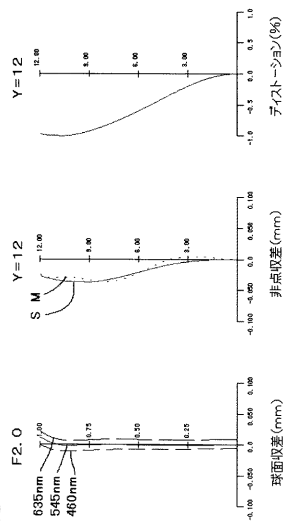
【特許文献2】特許第5596500号公報

【特許文献3】特許第5302123号公報

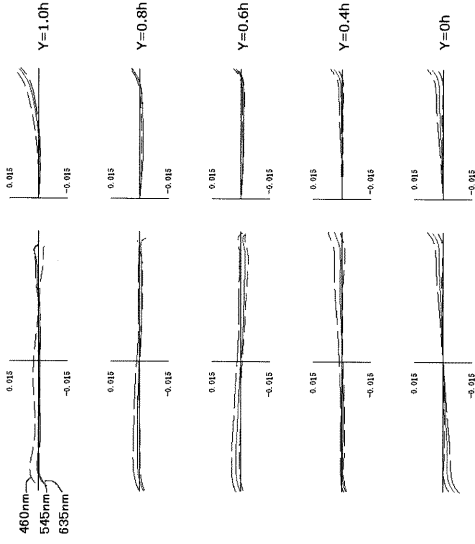
【図1】



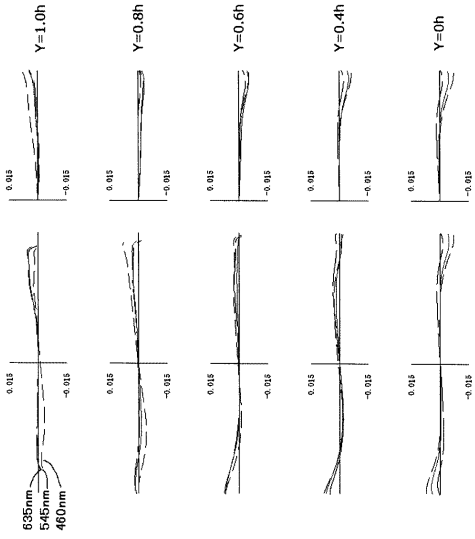
【図2】



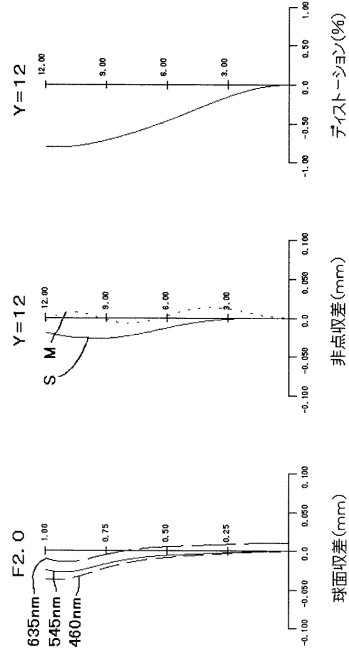
【 図 3 】



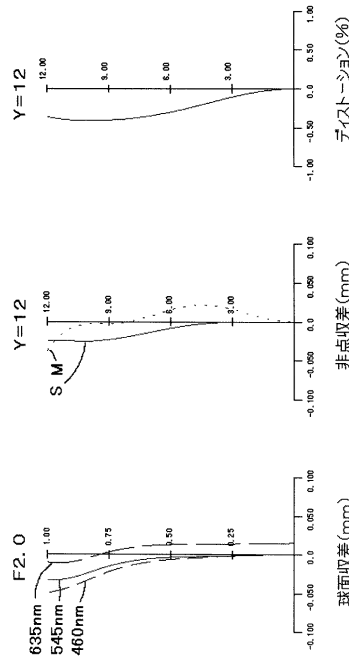
【 図 5 】



【 図 4 】

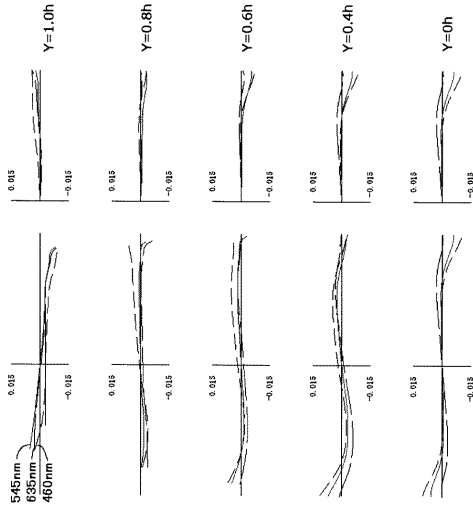


【 図 6 】

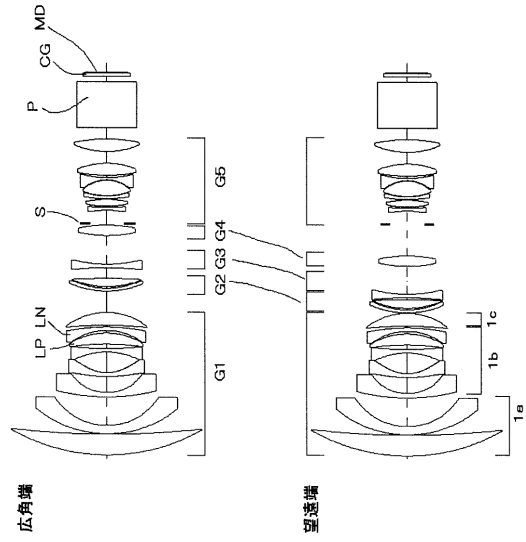




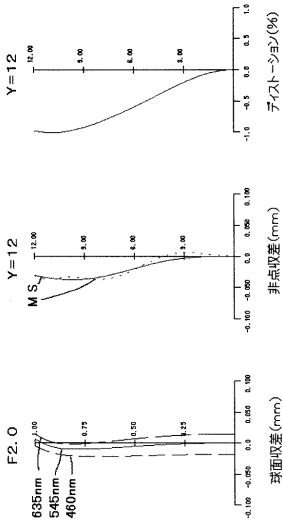
【 図 7 】



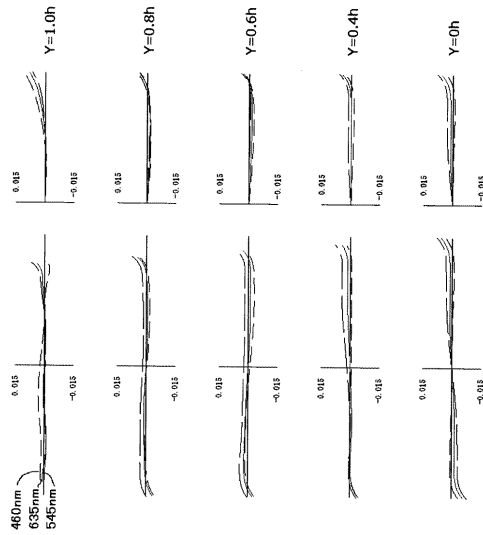
【 図 8 】



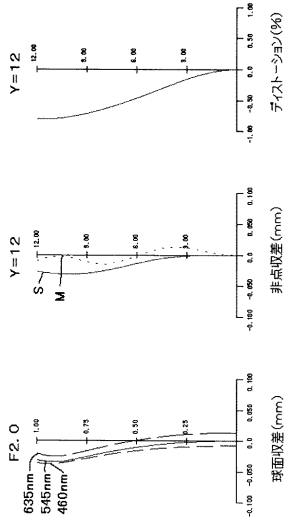
【 図 9 】



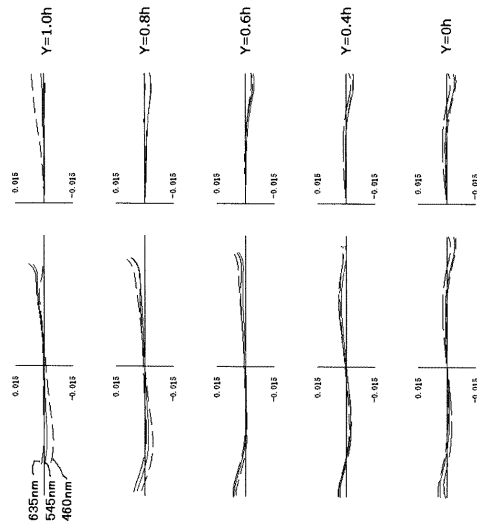
【 図 10 】



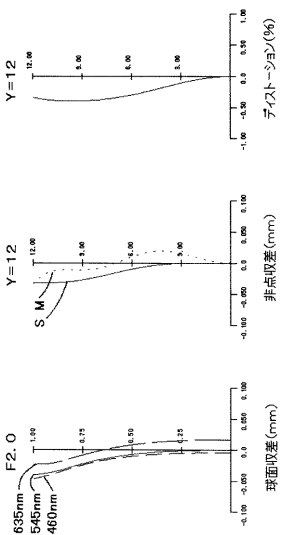
【 1 1】



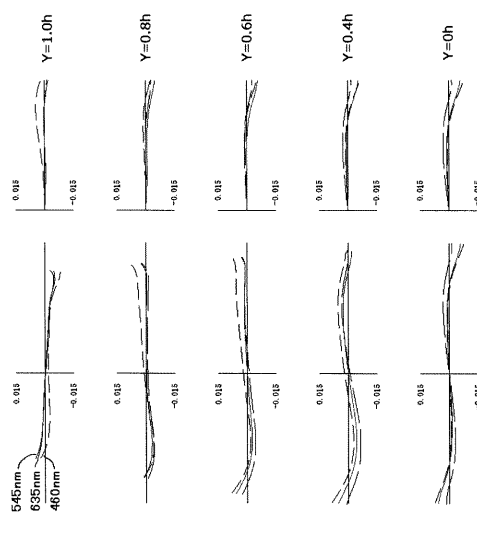
【 1 2】



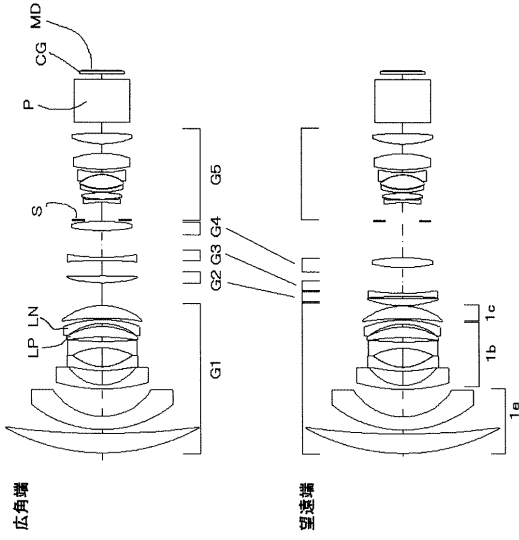
【 1 3】



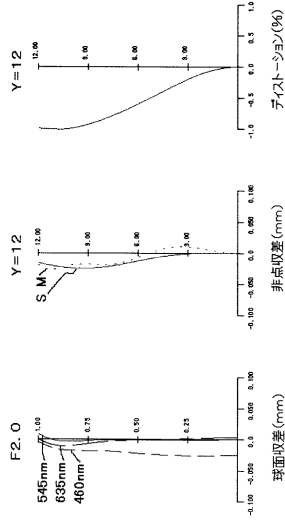
【 1 4】



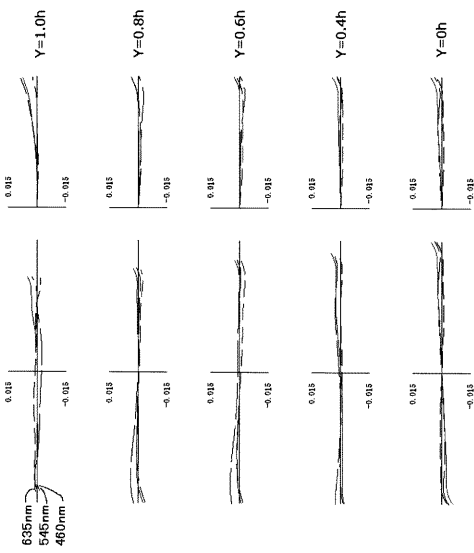
【 図 15 】



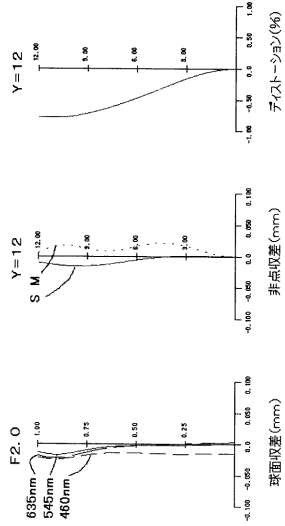
【 図 16 】



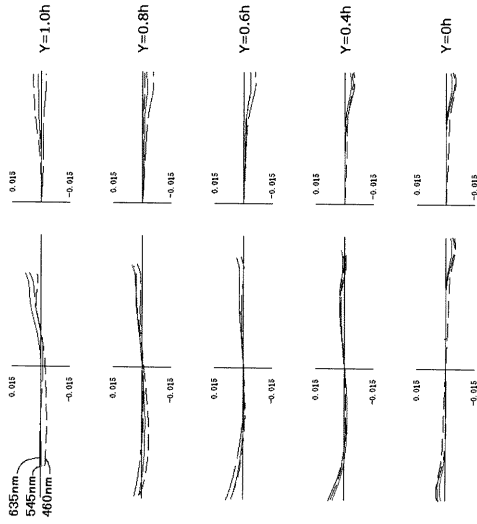
【 図 17 】



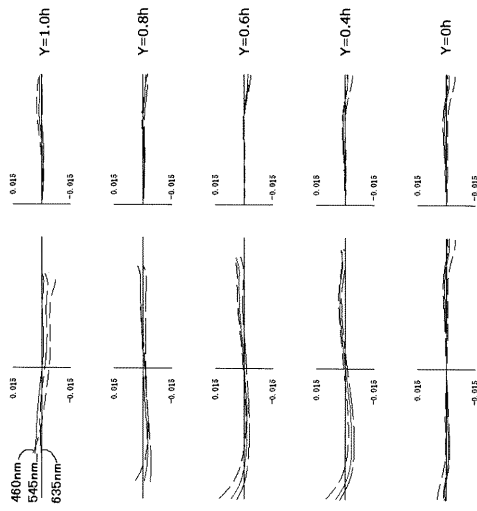
【 図 18 】



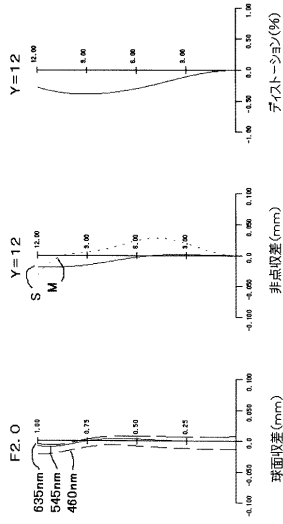
【図 19】



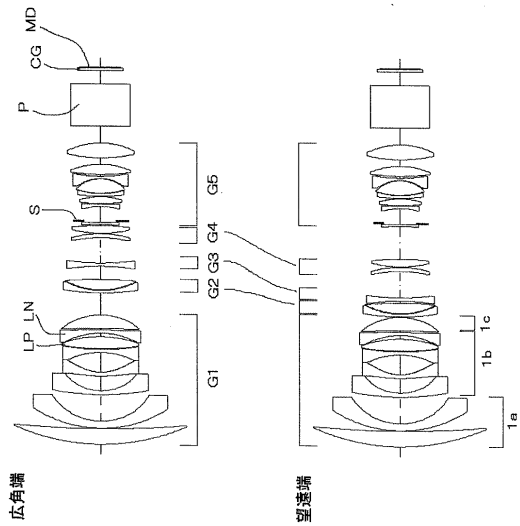
【図 21】



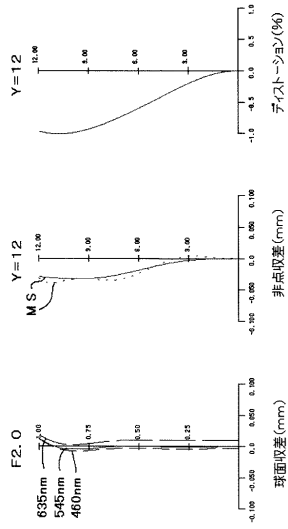
【図 20】



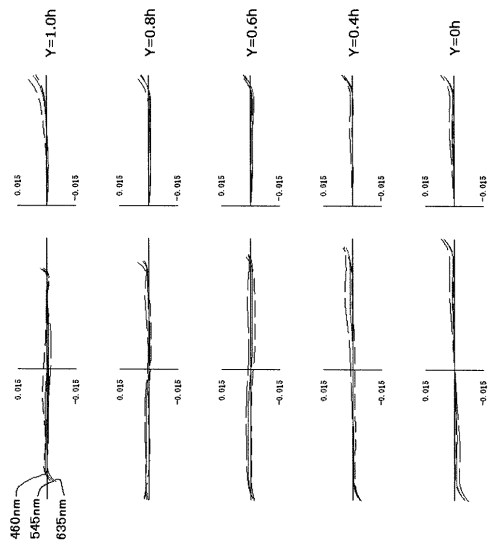
【図 22】



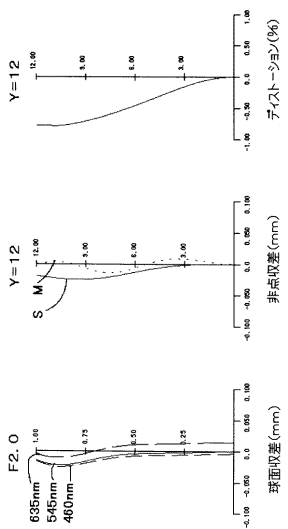
【 2 3 】



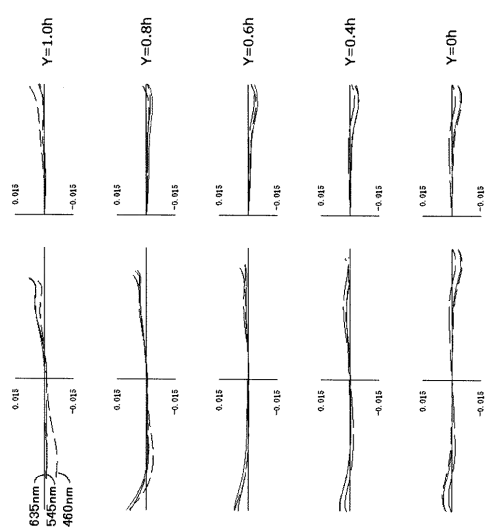
【 2 4 】



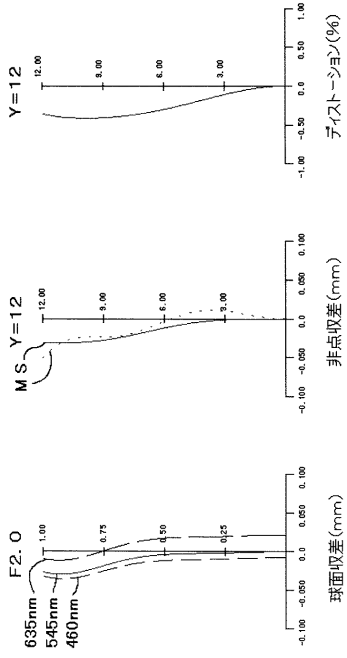
【 2 5 】



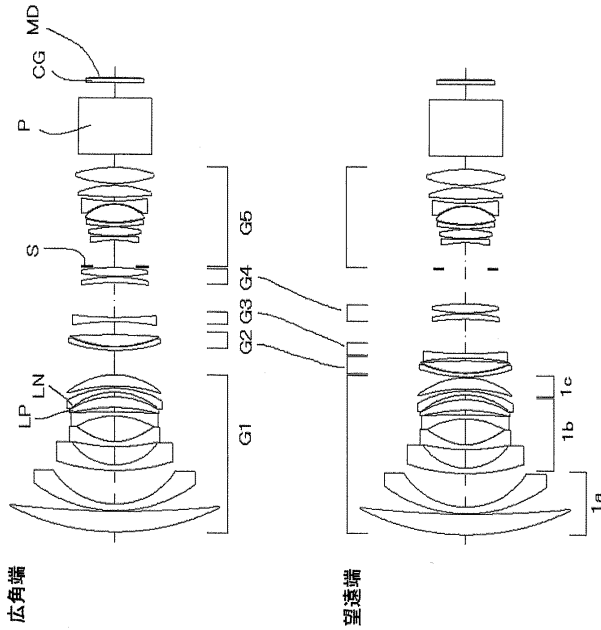
【 2 6 】



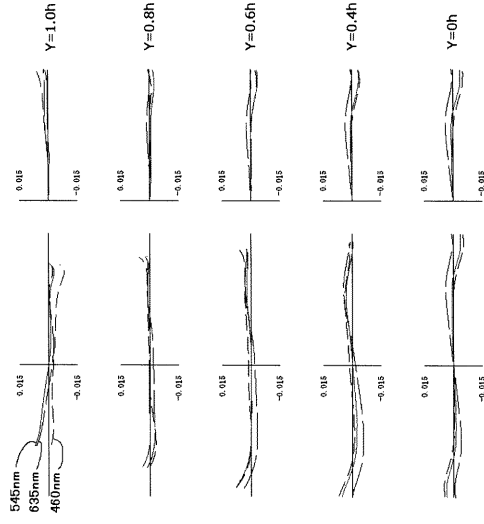
【図 27】



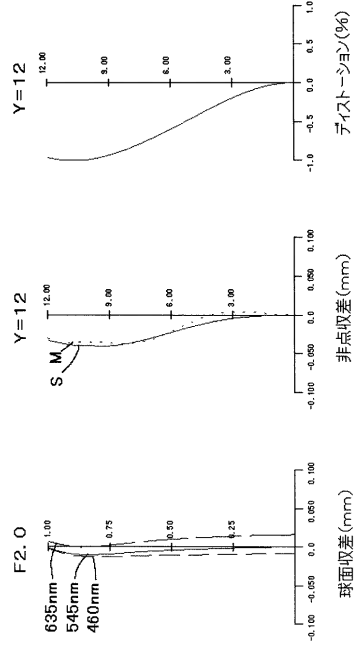
【図 29】



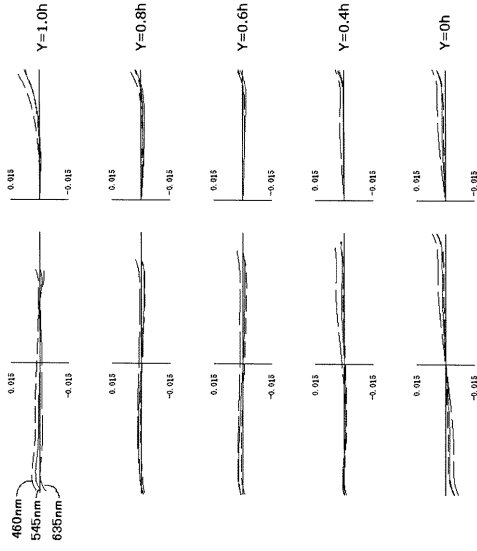
【図 28】



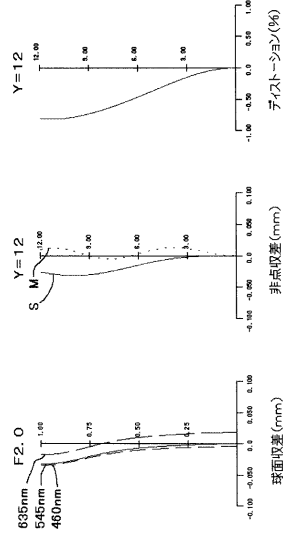
【図 30】



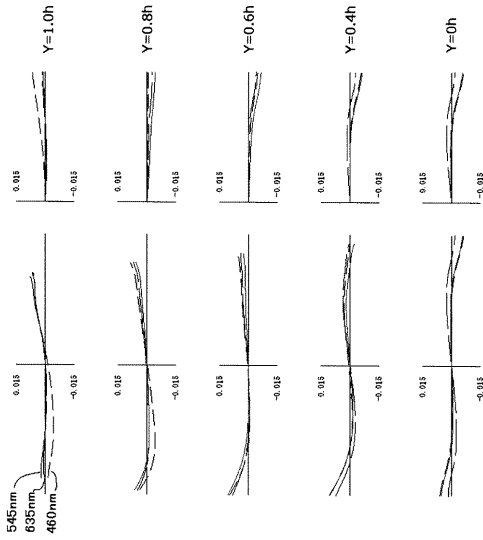
【 3 1 】



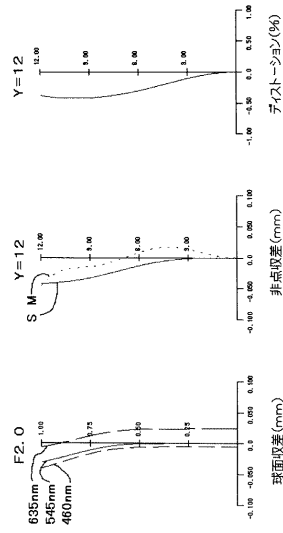
【 3 2 】



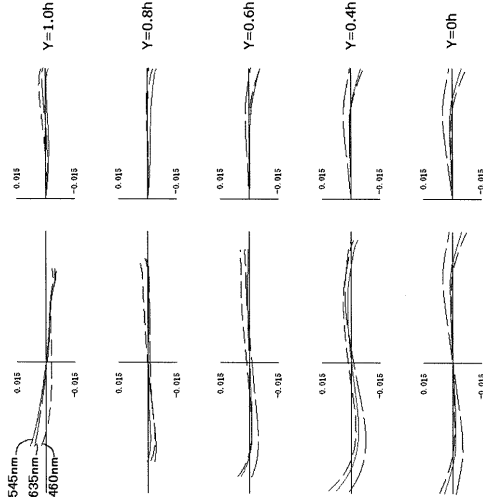
【 3 3 】



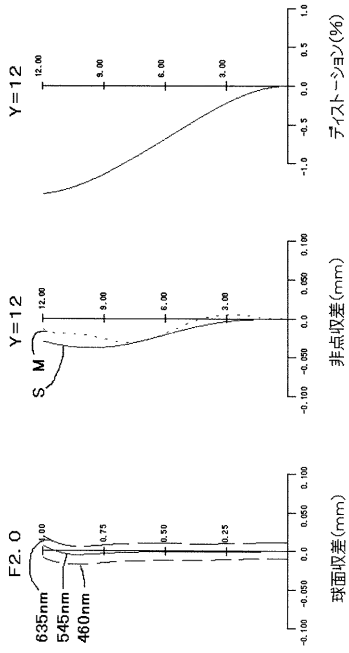
【 3 4 】



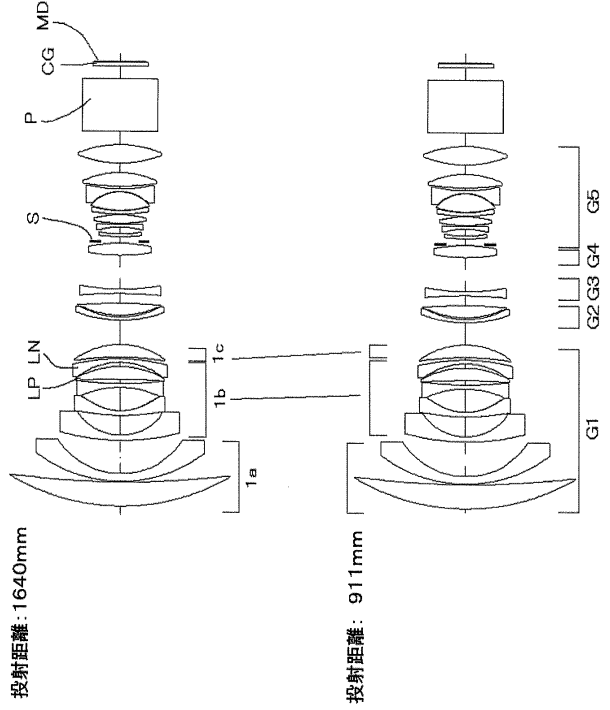
【 図 3 5 】



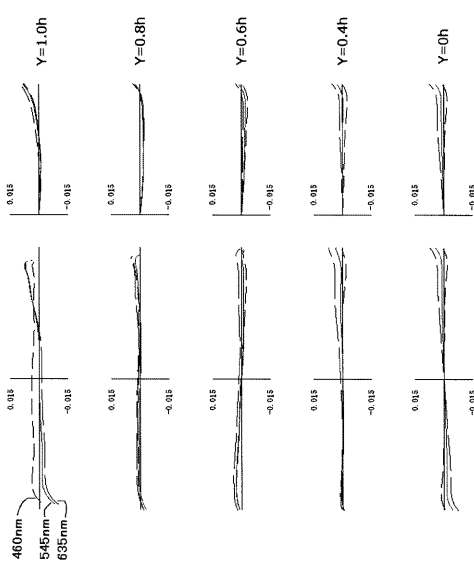
【 図 3 7 】



【 図 3 6 】

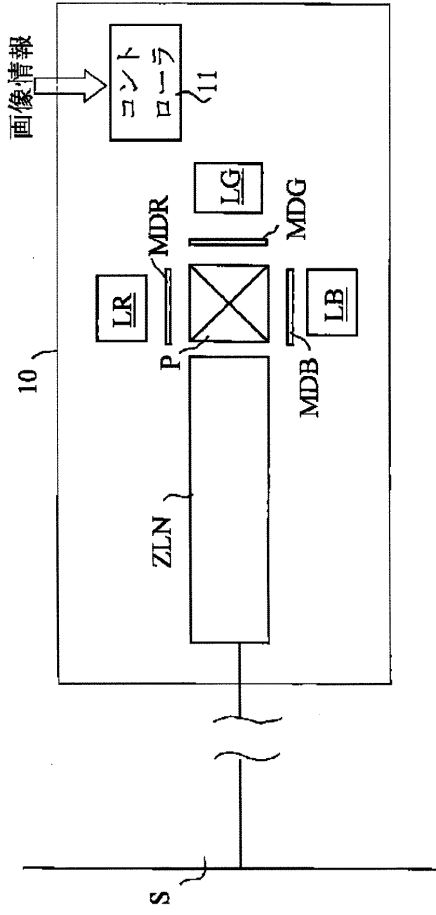


【 図 3 8 】





【図39】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2012/057110(WO, A1)  
特開2013-148812(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