

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5455342号  
(P5455342)

(45) 発行日 平成26年3月26日(2014.3.26)

(24) 登録日 平成26年1月17日(2014.1.17)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>G02B 15/20</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 15/20	
<b>G02B 13/16</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 13/16	
<b>G02B 13/18</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 13/18	
<b>G03B 21/14</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B 21/14	Z

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-244536 (P2008-244536)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成20年9月24日(2008.9.24)	(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(65) 公開番号	特開2010-78696 (P2010-78696A)	(74) 代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(43) 公開日	平成22年4月8日(2010.4.8)	(72) 発明者	市村 純也 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
審査請求日	平成23年9月22日(2011.9.22)	(72) 発明者	猪子 和宏 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像投射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

拡大共役側から縮小共役側に順に、  
負の屈折力を有する負レンズユニットと、  
少なくとも1つの正の屈折力を有する正レンズユニットと、  
絞りを含む中間レンズユニットと、  
少なくとも1つの縮小側レンズユニットを有し、  
前記負レンズユニット及び前記少なくとも1つの正レンズユニットのうち少なくとも2つの拡大側可動レンズユニットと、前記少なくとも1つの縮小側レンズユニットのうち少なくとも1つの縮小側可動レンズユニットが変倍に際して移動し、  
以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$0.9 < (X_T \cdot T_b \cdot W) / (X_W \cdot W_b \cdot T) < 1.1$$

$$0.9 < W / T < 1.1$$

$$0.8 < (T_s \cdot T_b) / (W_s \cdot W_b) < 1.2$$

$$1.6 \leq f_T / f_W$$

ただし、 $X_W$  は広角端における前記負レンズユニット及び前記少なくとも1つの正レンズユニットによる焦点位置と前記絞りとの間隔であり、 $W_b$  は広角端における前記少なくとも1つの縮小側レンズユニットによる合成の結像倍率であり、 $W_s$  は広角端における前記中間レンズユニットの結像倍率であり、 $W$  は広角端における前記絞りの径であり、 $X_T$  は望遠端における前記負レンズユニット及び前記少なくとも1つの正レンズユニット

による焦点位置と前記絞りとの間隔であり、 $\tau_b$  は望遠端における前記少なくとも1つの縮小側レンズユニットによる合成の結像倍率であり、 $\tau_s$  は望遠端における前記中間レンズユニットの結像倍率であり、 $\tau$  は望遠端における前記絞りの径であり、 $f_w$  は広角端における前記ズームレンズ全系の焦点距離であり、 $f_T$  は望遠端における前記ズームレンズ全系の焦点距離である。

【請求項2】

広角端から望遠端への変倍に際して、前記中間レンズユニットと前記少なくとも1つの縮小側レンズユニットのうち最も前記中間レンズユニットに近いレンズユニットとの間隔が減少し、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載のズームレンズ。

$$80 < f_f < 800$$

ただし、 $f_f$  は前記負レンズユニットから前記中間レンズユニットまでの合成焦点距離である。

【請求項3】

前記少なくとも1つの縮小側可動レンズユニットは、負の屈折力を有する負レンズ面と正の屈折力を有する正レンズ面とにより構成されたメニスカス形状の空気レンズを含み、

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

$$- / + < -1.2$$

ただし、 $-$  は負レンズ面が有する負の屈折力であり、 $+$  は正レンズ面が有する正の屈折力である。

【請求項4】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載のズームレンズ。

$$L_b / L > 0.05$$

ただし、 $L$  は前記ズームレンズの広角端での全長であり、 $L_b$  は前記少なくとも1つの縮小側可動レンズユニットのうち広角端から望遠端まででの移動量が最も大きいレンズユニットの該移動量である。

【請求項5】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載のズームレンズ。

$$|f_w / b_f| < 0.60$$

ただし、 $b_f$  は前記ズームレンズのバックフォーカスの空気換算値である。

【請求項6】

変倍に際して、前記少なくとも1つの縮小側レンズユニットのうち最も縮小共役側のレンズユニットは不動であり、該最も縮小共役側のレンズユニットは1つの正レンズエレメントにより構成されていることを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載のズームレンズ。

【請求項7】

前記正レンズユニットが1つの正レンズエレメントにより構成されていることを特徴とする請求項1から6のいずれか1つに記載のズームレンズ。

【請求項8】

前記中間レンズユニットが、前記絞りと1つの接合レンズエレメントとにより構成されていることを特徴とする請求項1から7のいずれか1つに記載のズームレンズ。

【請求項9】

光を変調する光変調素子と、

該光変調素子からの光を被投射面に投射する請求項1から8のいずれか1つに記載のズームレンズとを有することを特徴とする画像投射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、液晶プロジェクタ等の画像投射装置に用いられる投射レンズに好適なズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

R G B等の3色の光をそれぞれ液晶パネル等の光変調素子により変調し、合成して投射する画像投射装置では、光変調素子と投射レンズとの間に、該3色の光を合成するための色合成素子が配置される。このため、投射レンズには、ある程度長いバックフォーカスが要求される(特許文献1~3参照)。

【0003】

また、光源からの光を3色の光に分解したり、変調後の3色の光を合成したりする色分解光学系には、ダイクロック膜や偏光分離膜等、角度依存性を持つ光学素子が用いられる。このため、投射レンズを、液晶パネル側(縮小共役側)の瞳(入射瞳)が無遠方にある、いわゆるテレセントリックな光学系とし、上記光学素子の角度依存性を少なくする必要がある。

10

【0004】

また、変調された3つの色光を被投射面上に投射したときに該3つの色光によって形成される3色の投射画像同士を正確に重ね合わせる必要がある。このため、投射レンズによって発生する色ずれ(倍率色収差)は、可視光帯域において良好に補正される必要がある。また、投射画像の輪郭部が歪まないように、投射レンズによる歪曲収差が良好に補正されていることが必要である。

20

【0005】

また、最近の投射レンズには、画像投射装置の設置自由度を高めるために、より高いズーム比が求められている。

【0006】

さらに、上記のような要求に加え、画像投射装置の高輝度化に伴い、投射レンズのFナンバーもなるべく明るい(小さい)ことが求められている。ただし、一般に、変倍機能を有する投射レンズでは、広角端に比べて望遠端のFナンバーが暗く(大きく)なる傾向がある。

【0007】

変倍に伴うFナンバーの変化が小さい投射レンズは、特許文献1~3にて開示されている。

30

【特許文献1】特開2002-350727号公報

【特許文献2】特開2008-052174号公報

【特許文献3】特開2004-085979号広報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献1, 2にて開示された投射レンズは、ズーム比が小さく、最近の高変倍化のニーズを満たしていない。

【0009】

また、特許文献3にて開示された投射レンズは、開口径が可変である絞り(可変絞り)を設けることで変倍に伴うFナンバーの変化を小さくしているが、可変絞りを設けることで投射レンズの構成が複雑になる。

40

【0010】

本発明は、可変絞りを有さなくても、高変倍比を有し、かつ変倍に伴うFナンバーの変化が小さいズームレンズ及びこれを用いた画像投射装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一側面としてのズームレンズは、拡大共役側から縮小共役側に順に、負の屈折力を有する負レンズユニットと、少なくとも1つの正の屈折力を有する正レンズユニット

50

と、絞りを含む中間レンズユニットと、少なくとも1つの縮小側レンズユニットを有する。負レンズユニット及び少なくとも1つの正レンズユニットのうち少なくとも2つの拡大側可動レンズユニットと、少なくとも1つの縮小側レンズユニットのうち少なくとも1つの縮小側可動レンズユニットが変倍に際して移動する。そして、以下の条件を満足することを特徴とする。

【0012】

$$0.9 < (X_T \cdot \tau_b \cdot w) / (X_W \cdot w_b \cdot \tau) < 1.1$$

$$0.9 < w / \tau < 1.1$$

$$0.8 < (\tau_s \cdot \tau_b) / (w_s \cdot w_b) < 1.2$$

$$1.6 \leq f_T / f_W$$

ただし、 $X_W$ は広角端における負レンズユニット及び少なくとも1つの正レンズユニットによる焦点位置と絞りとの間隔であり、 $w_b$ は広角端における少なくとも1つの縮小側レンズユニットによる合成の結像倍率であり、 $w_s$ は広角端における中間レンズユニットの結像倍率であり、 $w$ は広角端における絞りの径である。また、 $X_T$ は望遠端における負レンズユニット及び少なくとも1つの正レンズユニットによる焦点位置と絞りとの間隔であり、 $\tau_b$ は望遠端における少なくとも1つの縮小側レンズユニットによる合成の結像倍率であり、 $\tau_s$ は望遠端における中間レンズユニットの結像倍率であり、 $\tau$ は望遠端における絞りの径である。さらに、 $f_W$ は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離であり、 $f_T$ は望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0013】

なお、光を変調する光変調素子と、該光変調素子からの光を被投射面に投射するズームレンズとを有する画像投射装置も本発明の他の一側面を構成する。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、可変絞りを有さなくても、バックフォーカスが十分確保されたテレセントリックな光学系であって、高変倍比で大口径でありながら、変倍に伴う明るさ変化が小さいズームレンズ及びこれを用いた画像投射装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の好ましい実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例1】

【0016】

図1には、本発明の実施例1であるズームレンズの広角端での光学構成を示している。本実施例のズームレンズは、液晶プロジェクタ等の画像投射装置の投射レンズとしてもちいられる。このため、図1には、ズームレンズの光学構成に加えて、画像投射装置の一部の構成要素も合わせて示している。これらのことは、後述する実施例2, 3(図3, 図5)でも同様である。

【0017】

本実施例のズームレンズは、拡大共役側(画像投射装置における被投射面側:単に拡大側ともいう)から縮小共役側(画像投射装置における液晶パネル等の光変調素子側:単に縮小側ともいう)に順に第1~第6レンズユニット10~60を有する。該第1~第6レンズユニット10~60は、全部で15枚のレンズエレメントによって構成されている。

【0018】

第1~第6レンズユニット10~60はそれぞれ、負、正、正、負、正、正の屈折力を有する。なお、屈折力は焦点距離の逆数であり、各面に回折格子等が付されている場合には光学的パワーということもできる。

【0019】

第1レンズユニット10は「負レンズユニット」に、第2及び第3レンズユニット20, 30は「少なくとも1つの正レンズユニット」に相当する。これら第2及び第3レンズユニット20, 30を、主変倍レンズユニットともいう。第4レンズユニット40は、絞

10

20

30

40

50

りSTを含む「中間レンズユニット」に相当する。第1～第3レンズユニット10～30は、第4レンズユニット40（絞りST）よりも拡大共役側に配置された拡大側レンズユニットである。また、第5及び第6レンズユニット50、60は、第4レンズユニット40（絞りST）よりも縮小共役側に配置された「少なくとも1つの縮小側レンズユニット」に相当する。

【0020】

本実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端への変倍に際して、第2、第3、第4及び第5レンズユニット20～50が図中の矢印の方向に移動する。すなわち、拡大側レンズユニットのうち第2及び第3レンズユニット（拡大側可動レンズユニット）20、30と、縮小側レンズユニットのうち第5レンズユニット（縮小側可動レンズユニット）50が移動する。

10

【0021】

第1レンズユニット10と第6レンズユニット60はともに変倍に際して不動（固定）である。

【0022】

最も拡大共役側の第1レンズユニット10は、拡大共役側から縮小共役側に順に、負、負、負、正の5枚のレンズエレメント11～14により構成されている。また、レンズエレメント13はその両面が非球面である。

【0023】

第2レンズユニット20及び第3レンズユニット30はそれぞれ、1枚の正レンズエレメントにより構成されている。

20

【0024】

第4レンズユニット40は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された負レンズエレメント41と正レンズエレメント42とが接合された接合レンズエレメントとして構成されている。絞りSTは、この接合レンズエレメントよりも縮小共役側に配置されている。

【0025】

第5レンズユニット50は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、負及び正レンズエレメント51、52の接合レンズエレメントと、負及び正レンズエレメント53、54の接合レンズエレメントと、正レンズエレメント55とにより構成されている。

【0026】

最も縮小共役側の第6レンズユニット60は、1枚の正レンズエレメントにより構成されている。

30

【0027】

本実施例のズームレンズは、以下の条件を満足する。

【0028】

$$0.9 < (X_T \cdot T_b \cdot W) / (X_W \cdot W_b \cdot T) < 1.1 \quad \dots (1)$$

$$0.9 < W / T < 1.1 \quad \dots (2)$$

$$0.8 < (T_s \cdot T_b) / (W_s \cdot W_b) < 1.2 \quad \dots (3)$$

$$1.4 < f_T / f_W \quad \dots (4)$$

【0029】

$X_W$  は広角端における負レンズユニット（本実施例では第1レンズユニット10）及び少なくとも1つの正レンズユニット（本実施例では第2及び第3レンズユニット20、30）による焦点位置と絞りSTとの間隔を示す。 $W_b$  は広角端における少なくとも1つの縮小側レンズユニット（本実施例では第5及び第6レンズユニット50、60）による結像倍率を示す。 $W_s$  は広角端における中間レンズユニット（本実施例では第4レンズユニット40）の結像倍率を示す。 $W$  は広角端における絞りSTの径（絞り開口径）を示す。

40

【0030】

また、 $X_T$  は望遠端における負レンズユニット及び少なくとも1つの正レンズユニットによる焦点位置と絞りSTとの間隔を示す。 $T_b$  は望遠端における少なくとも1つの縮

50

小側レンズユニットによる結像倍率を示す。 $\tau_s$ は望遠端における中間レンズユニットの結像倍率を示す。 $\tau$ は望遠端における絞りSTの径を示す。

【0031】

さらに、 $f_w$ は広角端におけるズームレンズ全系（本実施例では第1～第6レンズユニット10～60全体）の焦点距離を示し、 $f_t$ は望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離を示す。

【0032】

条件(1)において、 $(X_t \cdot \tau_b \cdot w) / (X_w \cdot w_b \cdot \tau)$ は、 $X_t / X_w$ と、 $\tau_b / w_b$ と、 $w / \tau$ の積である。 $X_t / X_w$ は、絞りSTよりも拡大共役側のレンズエレメントによる焦点位置と絞りSTとの広角端と望遠端での間隔の比であり、 $\tau_b / w_b$ は、絞りSTより縮小共役側のレンズエレメントによる広角端と望遠端での結像倍率の比である。 $w / \tau$ は、絞り開口径の広角端と望遠端での比である。

10

【0033】

$(X_t \cdot \tau_b \cdot w) / (X_w \cdot w_b \cdot \tau)$ が条件(1)を満足することで、後述するように絞り開口径をほぼ一定としながらも（可変絞りを用いなくても）、変倍に伴うFナンバー（明るさ）の変化を小さくすることができる。 $(X_t \cdot \tau_b \cdot w) / (X_w \cdot w_b \cdot \tau)$ が条件(1)の範囲を超えると、ほぼ一定の絞り開口径では、変倍に伴うFナンバーの変化を小さくすることが難しくなる。

【0034】

一般に変倍比が大きくなると、レンズユニットの移動量と条件(1)中の $X_t / X_w$ が大きく変化する。この場合、変倍に伴う像点補正の機能を、絞りよりも縮小共役側のレンズユニットが持たなければならなくなり、収差補正を良好に行うことが困難になる。このため、本実施例では、絞りを含むレンズユニットよりも拡大共役側において、変倍と像点補正を行う少なくとも2つのレンズユニットが移動する構成としている。

20

【0035】

条件(2)は、広角端と望遠端との間の変倍において、絞り開口径がほぼ一定である、すなわちほとんど変化しないことを示す。 $w / \tau$ は、できるだけ1に近いことが好ましい。

【0036】

Fナンバーの変化を小さくすることは、望遠端でのFナンバーを明るく（小さく）することと等価である。ただし、この場合、望遠端での球面収差が非常に大きくなる可能性がある。特に、高変倍比と大口径化を求めると、主変倍レンズユニットでの軸上光線高さが広角端に比べて望遠端できわめて大きくなり、絞りを含むレンズユニットよりも拡大共役側のレンズユニットの形状のみでは収差補正が困難になる。

30

【0037】

本実施例では、第1レンズユニット10が負の屈折力を持つ。このため、主変倍レンズユニットである第2及び第3レンズユニット20, 30は必然的に正の屈折力を有する。ただし、この場合は、さらに軸上光線高さの広角端と望遠端での差が大きくなり、収差補正を困難にする。

【0038】

このため、本実施例では、絞りを含むレンズユニットよりも縮小共役側に移動量の大きなレンズユニット（第5レンズユニット50）を配置して、該レンズユニットに収差補正機能を付与している。

40

【0039】

条件(3)は、変倍に伴うFナンバーの変化を抑えたズームレンズにおいて収差補正を良好に行うための条件である。条件(1)を満足することで、絞りより縮小共役側の入射側と射出側の軸上光線の角度変化を小さく抑えられる。この結果、変倍時における絞りより縮小共役側のレンズユニットでの球面収差の変化を小さくすることができる。

【0040】

また、変倍により $\tau_b / w_b$ が1より大きく変化する場合は、条件(1)を満足す

50

るためには  $X_T / X_W$  を大きくする必要があるので、良好な収差補正効果が得られにくくなる。

【0041】

条件(4)はズームレンズの変倍比を示す。変倍比が小さい場合は、各レンズユニットの移動量が小さいので、Fナンバーの変化も小さくすることができる。このため、 $f_T / f_W$  が条件(4)の範囲を下回るような小さな変倍比である場合には、条件(1)、(2)及び(3)を満足するために、必ずしも本実施例の構成を採る必要がない。

【0042】

また、本実施例のズームレンズは、

$$80 < f_f < 800 \quad \dots (5)$$

を満足することが好ましい。 $f_f$  は負レンズユニット(第1レンズユニット10)から中間レンズユニット(第4レンズユニット40)までの合成焦点距離である。

【0043】

収差補正を良好に行うためには、絞りより縮小共役側のレンズユニットにおいて広角端から望遠端への変倍に際して軸上光線高さが高くなり、軸外主光線が低くなるが必要になる。このため、絞りより縮小共役側のレンズユニットに入射する軸上光線が条件(5)の範囲で縮小共役側に向かって収束する光束を形成することが望ましい。 $f_f$  が条件(5)の上限値を超えると、絞りより縮小共役側のレンズユニットによる収差補正効果が薄れるおそれがある。また、 $f_f$  が条件(5)の下限値を下回ると、絞りより縮小共役側のレンズユニットによる収差補正効果が過剰となるおそれがある。

【0044】

また、本実施例のズームレンズにおける少なくとも1つの縮小側可動レンズユニットは、

$$- / + < -1.2 \quad \dots (6)$$

を満足する空気レンズを含むことが好ましい。ここにいう空気レンズは、負の屈折力を有する負レンズ面と正の屈折力を有する正レンズ面とにより構成されたメニスカス形状の空気レンズである。 $-$  は負レンズ面が有する負の屈折力であり、 $+$  は正レンズ面が有する正の屈折力である。

【0045】

変倍に伴うFナンバーの変化を小さくする際には、正の屈折力を有する主変倍レンズユニットにおいて広角端から望遠端にかけて軸上光線が非常に高くなることから、望遠端において非常に大きなアンダー方向の球面収差が発生し、その補正が困難になる。

【0046】

一方、縮小側可動レンズユニット(第5レンズユニット50)は、収差補正に必要な移動量を得るために、そのパワーがある程度弱いことが求められる。そこで、縮小側可動レンズユニットに上記のような空気レンズを設けることで、縮小側可動レンズユニット自体のパワーをあまり大きくせず強いオーバー方向の球面収差を発生させることができる。 $- / +$  が条件(6)の範囲を超えると、球面収差の補正効果が薄くなるおそれがある。

【0047】

また、本実施例のズームレンズは、

$$L_b / L > 0.05 \quad \dots (7)$$

を満足することが好ましい。 $L$  はズームレンズの全長(第1レンズユニット10のうち最も拡大共役側のレンズ面の面頂点と第6レンズユニット60のうち最も縮小共役側のレンズ面の面頂点との間の長さ)である。 $L_b$  は少なくとも1つの縮小側可動レンズユニットのうち移動量の最も大きいレンズユニット(第5レンズユニット50)の移動量である。

【0048】

$L_b / L$  が条件(7)の範囲を超えると、変倍に際して、絞りより縮小共役側のレンズユニットにおける軸上光線高さの変化又は軸外主光線の変化が得られず、十分な収差補正効果が得られないおそれがある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 9 】

さらに、本実施例のズームレンズは、

$$|f_w / bf| < 0.60 \dots (8)$$

を満足することが好ましい。bfはズームレンズのバックフォーカスの空気換算値である。

## 【 0 0 5 0 】

条件(8)は、ズームレンズのバックフォーカスとズームレンズ全系の焦点距離との関係に関する条件である。これを満足することで、図1中に示した色合成光学系80をズームレンズと縮小側共役面に配置された光変調素子IDとの間に配置するために十分なバックフォーカスを得ることができる。

10

## 【 0 0 5 1 】

表1には、本実施例のズームレンズの数値例を示す。表1中のfはズームレンズ全系の広角端から望遠端での焦点距離を示し、FNOはFナンバー、 $\theta$ は半画角を示す。

## 【 0 0 5 2 】

表1(A)中の面番号iは、拡大共役側から縮小共役側に順に各レンズ面に付した番号である。ただし、IDは縮小共役面(光変調素子の変調面)を示す。rは各レンズ面の曲率半径、dはレンズ面iとレンズ面(i+1)との間の光軸上での間隔(物理的間隔)を示す。表中に「可変」と記載されている間隔は、変倍に伴って変化する。

## 【 0 0 5 3 】

また、表1(B)に示すNd、dはそれぞれ、各レンズエレメントを構成するガラス材料のd線に対する屈折率とアッペ数を示している。面番号の右側に\*が付記されている面は、以下の関数により表される非球面形状である。表1(C)に、非球面形状を表すための係数を示している。yはレンズ面の径方向での座標を、xは光軸方向での座標を示す。また、E-xは $1 - x^2$ を示す。

20

## 【 0 0 5 4 】

$$x = (y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(y^2 / R^2)\}^{1/2}] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12}$$

図2には、実施例1のズームレンズの広角端及び望遠端での球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。

## 【 0 0 5 5 】

(表1)

実施例1

f	30.3 ~ 54.7
FNO	2.00 ~ 2.10
	23.4° ~ 13.5°

(A)

面番号	r(mm)	d(mm)	Nd	d
1	37.06989	5.000	1.84666	23.78
2	24.48506	9.631		
3	34.89594	5.000	1.84666	23.78
4	28.94599	5.992		
5*	152.84434	3.200	1.52996	55.80
6*	40.31055	10.852		
7	-26.46739	5.000	1.51633	64.14
8	-45.69863	0.479		
9	-636.65633	6.490	1.83400	37.16
10	-57.00065	可変		
11	127.68378	3.639	1.48749	70.24
12	453.24993	可変		
13	88.12788	5.618	1.74320	49.34

40

50



14	-1237.15164	可変		
15	-126.98282	2.000	1.72047	34.71
16		6.339	1.84666	23.78
17	722.84072	2.728		
18	ST0	可変		
19	-1295.15805	2.000	1.76182	26.52
20	32.41414	9.192	1.48749	70.24
21	-37.51828	1.722		
22	-30.48106	2.000	1.74950	35.28
23	69.30141	6.269	1.48749	70.24
24	-76.76585	0.100		
25	127.59388	8.856	1.49700	81.55
26	-39.26627	可変		
27	85.90838	5.027	1.84666	23.78
28	-12212.30429	2.500		
29		43.000	1.51680	64.17
30		5.000		
31		23.000	1.80518	25.43
32		13.385		

10

20

(B)

	d10	d12	d14	d18	d26
Wide	57.339	0.500	4.755	28.950	1.323
Middle	12.704	18.429	29.625	17.627	14.482
Tele	0.753	0.890	43.494	14.588	33.142

(C)

	r5	r6
R	152.84434	40.31055
K	0.00000	0.00000
A	6.21678E-06	-3.42988E-06
B	-5.59737E-09	-1.05626E-08
C	6.68580E-11	5.29070E-11
D	-1.72601E-13	-1.56271E-13
E	2.49518E-16	1.96587E-16

30

(D)

条件(1)の値	=	1.06
条件(2)の値	=	1.00
条件(3)の値	=	0.963
条件(4)の値	=	1.80
条件(5)の値	=	広角端109.23 (望遠端212.63)
条件(6)の値	=	-1.84
条件(7)の値	=	0.1577
条件(8)の値	=	0.5318

40

【実施例2】

【0056】

図3には、本発明の実施例2であるズームレンズの広角端での光学構成を示している。

【0057】

本実施例のズームレンズは、拡大共役側から縮小共役側に順に、第1～第6レンズユニ

50

ット10～60を有する。該第1～第6レンズユニット10～60は、全部で15枚のレンズエレメントによって構成されている。

【0058】

第1～第6レンズユニット10～60はそれぞれ、負、正、負、正、正、正の屈折力を有する。

【0059】

第1レンズユニット10は「負レンズユニット」に、第2レンズユニット20は「少なくとも1つの正レンズユニット」に相当する。第4レンズユニット40は、絞りSTを含む「中間レンズユニット」に相当する。第1～第3レンズユニット10～30は、第4レンズユニット40（絞りST）よりも拡大共役側に配置された拡大側レンズユニットである。また、第5及び第6レンズユニット50, 60は、第4レンズユニット40（絞りST）よりも縮小共役側に配置された「少なくとも1つの縮小側レンズユニット」に相当する。

10

【0060】

本実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端への変倍に際して、第2、第3、第4及び第5レンズユニット20～50が図中の矢印の方向に移動する。すなわち、拡大側レンズユニットのうち第2及び第3レンズユニット（拡大側可動レンズユニット）20, 30と、縮小側レンズユニットのうち第5レンズユニット（縮小側可動レンズユニット）50が移動する。

【0061】

第1レンズユニット10と第6レンズユニット60はともに変倍に際して不動（固定）である。

20

【0062】

最も拡大共役側の第1レンズユニット10は、拡大共役側から縮小共役側に順に、負、負、負、負、正の5枚のレンズエレメント11～14により構成されている。また、レンズエレメント13はその両面が非球面である。

【0063】

第2レンズユニット20及び第3レンズユニット30はそれぞれ、1枚の正及び負レンズエレメントにより構成されている。

【0064】

第4レンズユニット40は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された負レンズエレメント41と正レンズエレメント42とが接合された接合レンズエレメントとして構成されている。絞りSTは、この接合レンズエレメントよりも縮小共役側に配置されている。

30

【0065】

第5レンズユニット50は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、負及び正レンズエレメント51, 52の接合レンズエレメントと、負及び正レンズエレメント53, 54の接合レンズエレメントと、正レンズエレメント55とにより構成されている。

【0066】

最も縮小共役側の第6レンズユニット60は、1枚の正レンズエレメントにより構成されている。

40

【0067】

本実施例のズームレンズは、実施例1で説明した条件(1)～(9)を満足する。本実施例のズームレンズでは、絞りSTよりも拡大共役側に負の屈折力を有する第3レンズユニット30を配置している。これにより、球面収差及び歪曲収差の補正を、拡大側レンズユニットで行い、縮小側レンズユニットにおける該収差補正の負担を減少させることができる。また、各可動レンズユニットの移動量を減らすことができる。

【0068】

表2には、本実施例のズームレンズの数値例を示す。図4には、実施例2のズームレンズの広角端及び望遠端での球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。

【0069】

50

(表2)

实施例2

f 30.3 ~ 54.69  
 FNO 2.00 ~ 2.07  
 23.4° ~ 13.5°

(A)

面番号	r(mm)	d(mm)	Nd	d	
1	40.71396	5.000	1.84666	23.78	
2	27.24947	9.903			
3	47.95901	5.000	1.84666	23.78	10
4	36.76322	5.853			
5*	154.57588	3.200	1.52996	55.80	
6*	46.96760	12.113			
7	-29.52063	4.078	1.48749	70.24	
8	-45.65684	0.100			
9	802.59611	6.557	1.83400	37.16	
10	-71.32216	可変			
11	76.37780	6.082	1.78590	44.20	
12	-13593.54213	可変			
13	-184.14534	2.000	1.74400	44.79	20
14	73.89113	可変			
15	STO	0.100			
16	86.03465	2.000	1.80100	34.97	
17	25.50964	6.788	1.84666	23.78	
18	851.08817	4.403			
19	0.00000	可変			
20	-75.66415	2.000	1.80518	25.43	
21	39.01730	8.191	1.60300	65.44	
22	-41.19494	2.553			
23	-30.85771	2.000	1.68893	31.08	30
24	97.10162	7.373	1.48749	70.24	
25	-48.56306	0.100			
26	166.33508	8.214	1.49700	81.55	
27	-45.42346	可変			
28	80.58398	4.888	1.84666	23.78	
29	1509.76105	2.500			
30		43.000	1.51680	64.17	
31		5.000			
32		23.000	1.80518	25.43	
33		12.279			40

(B)

	d10	d12	d14	d19	d27
Wide	24.499	15.300	27.184	17.017	7.504
Middle	23.594	39.110	3.853	7.348	17.599
Tele	0.100	56.672	1.540	1.446	31.746

(C)

	r5	r6	
R	154.57588	46.96760	50

K	0.00000	0.00000
A	7.46882E-06	1.27945E-06
B	-1.12872E-08	-1.51452E-08
C	5.00633E-11	5.04442E-11
D	-8.91599E-14	-9.98777E-14
E	8.60078E-17	9.16003E-17

(D)

条件(1)の値 = 1.05  
 条件(2)の値 = 1.00  
 条件(3)の値 = 1.147  
 条件(4)の値 = 1.80  
 条件(5)の値 = 広角端135.42 (望遠端272.58)  
 条件(6)の値 = -1.53  
 条件(7)の値 = 0.1212  
 条件(8)の値 = 0.4989

10

【実施例3】

【0070】

図5には、本発明の実施例3であるズームレンズの広角端での光学構成を示している。

【0071】

20

実施例のズームレンズは、拡大共役側から縮小共役側に順に第1～第5レンズユニット10～50を有する。該第1～第5レンズユニット10～50は、全部で14枚のレンズエレメントによって構成されている。

【0072】

第1～第5レンズユニット10～50はそれぞれ、負、正、負、正、正の屈折力を有する。

【0073】

第1レンズユニット10は「負レンズユニット」に、第2レンズユニット20は「少なくとも1つの正レンズユニット」に相当する。第3レンズユニット30は、絞りSTを含む「中間レンズユニット」に相当する。第1及び第2レンズユニット10, 20は、第3レンズユニット30(絞りST)よりも拡大共役側に配置された拡大側レンズユニットである。また、第4及び第5レンズユニット40, 50は、第3レンズユニット30(絞りST)よりも縮小共役側に配置された「少なくとも1つの縮小側レンズユニット」に相当する。

30

【0074】

本実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端への変倍に際して、第1, 第2, 第3, 第4レンズユニット10～40が図中の矢印の方向に移動する。すなわち、第3レンズユニット30よりも拡大共役側に配置された第1及び第2レンズユニット(拡大側可動レンズユニット)10, 20と、第3レンズユニット30よりも縮小共役側に配置された第4レンズユニット(縮小側可動レンズユニット)40が移動する。

40

【0075】

第5レンズユニット50は変倍に際して不動(固定)である。

【0076】

最も拡大共役側の第1レンズユニット10は、拡大共役側から縮小共役側に順に、負、負、負、負、正の5枚のレンズエレメント11～14により構成されている。また、レンズエレメント13はその両面が非球面である。

【0077】

第2レンズユニット20は、1枚の正レンズエレメントにより構成されている。

【0078】

第3レンズユニット30は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された負レンズエレ

50

メント 3 1 と正レンズエレメント 3 2 とが接合された接合レンズエレメントとして構成されている。絞り S T は、この接合レンズエレメントよりも縮小共役側に配置されている。

【 0 0 7 9 】

第 4 レンズユニット 4 0 は、拡大共役側から縮小共役側に順に配置された、負及び正レンズエレメント 4 1 , 4 2 の接合レンズエレメントと、負及び正レンズエレメント 4 3 , 4 4 の接合レンズエレメントと、正レンズエレメント 4 5 とにより構成されている。

【 0 0 8 0 】

最も縮小共役側の第 5 レンズユニット 5 0 は、1 枚の正レンズエレメントにより構成されている。

【 0 0 8 1 】

本実施例のズームレンズは、条件 ( 1 ) ~ ( 9 ) を満足する。本実施例のズームレンズは、変倍に際して第 1 レンズユニット 1 0 を移動させることで、実施例 1 , 2 に比べてレンズユニットを 1 つ減少させ、構成を簡単にしている。

【 0 0 8 2 】

表 3 には、本実施例のズームレンズの数値例を示す。図 6 には、実施例 2 のズームレンズの広角端及び望遠端での球面収差図、非点収差図及び歪曲収差図を示す。

【 0 0 8 3 】

( 表 3 )

実施例 3

f 30.3 ~ 48.7

FNO 2.00 ~ 2.04

23.4 ° ~ 15.1 °

(A)

面番号	r (mm)	d (mm)	Nd	d
1	33.60994	5.000	1.84666	23.78
2	24.37065	9.247		
3	37.83295	5.000	1.84666	23.78
4	28.77573	6.287		
5*	135.74126	3.200	1.52996	55.80
6*	39.06482	11.477		
7	-25.74861	5.000	1.77250	49.60
8	-34.67766	0.500		
9	1065.50402	6.515	1.83400	37.16
10	-70.81837	可変		
11	83.46965	5.722	1.80400	46.57
12	-34832.48039	可変		
13	-91.54637	2.000	1.76200	40.10
14	33.88902	6.098	1.84666	23.78
15	-284.01886	1.971		
16	STO	可変		
17	-260.04137	2.000	1.78470	26.29
18	34.48600	9.321	1.48749	70.24
19	-30.98326	1.098		
20	-27.36420	2.000	1.66680	33.05
21	74.87496	6.187	1.48749	70.24
22	-69.32387	0.500		
23	139.01219	8.664	1.49700	81.55
24	-39.89731	可変		
25	76.73620	5.070	1.84666	23.78
26	736.82336	2.500		

10

20

30

40

50

27	43.000	1.51680	64.17
28	5.000		
29	23.000	1.80518	25.43
30	10.167		

(B)

	d10	d12	d16	d24
Wide	50.570	10.436	23.816	12.321
Middle	19.837	33.035	16.487	20.286
Tele	0.500	57.468	7.036	28.593

10

(C)

	r5	r6
R	135.74126	39.06482
K	0.00000	0.00000
A	4.90318E-06	-5.04603E-06
B	-3.52520E-09	-7.75851E-09
C	7.44657E-11	5.56694E-11
D	-2.05527E-13	-1.76811E-13
E	2.85780E-16	2.15243E-16

20

(D)

条件(1)の値	=	1.02
条件(2)の値	=	1.00
条件(3)の値	=	0.917
条件(4)の値	=	1.60
条件(5)の値	=	広角端177.22 ( 望遠端326.66 )
条件(6)の値	=	-1.55
条件(7)の値	=	0.0990
条件(8)の値	=	0.5178

30

ここで、「少なくとも1つの縮小側レンズユニット」に相当するレンズユニット(レンズ群)として、実施例1及び2においては正の第5レンズユニット及び正の第6レンズユニットを例示している。また、実施例3においては、正の第4レンズユニット及び正の第5レンズユニットを例示している。しかし、「少なくとも1つの縮小側レンズユニット」を、1つのレンズユニットで構成してもよい。例えば、実施例1, 2において、第6レンズユニットを第5レンズユニットと一体的に移動させてもよいし、また第6レンズユニットを色合成光学系80と一体的に構成(色合成光学系が持つプリズム面に屈折力を持たせる)しても構わない。勿論、実施例3においては、第5レンズユニットを第4レンズユニットと一体的に移動させても構わない。また、これらのレンズユニットの屈折力は正の屈折力であることが望ましいが、負の屈折力であっても構わない。

40

## 【実施例4】

## 【0084】

図7には、上記実施例1～3にて説明したズームレンズを投射レンズとして用いた画像投射装置としての反射型液晶プロジェクタの構成を示す。

## 【0085】

図7において、1は光源ランプであり、白色光を発する。2は照明光学系であり、光源ランプ1からの無偏光光を特定の偏光方向を有する直線偏光に変換したり、光源ランプ1からの光を複数の光束に分割して後述する液晶パネル5, 7, 8上にて重ね合わせたりする。

50

## 【0086】

3はダイクロイックミラーであり、照明光学系2からの白色光を第1の色光(例えば、緑光)と第2及び第3の色光(例えば、赤光及び青光)に分離する。4は第1の偏光ビームスプリッタであり、ダイクロイックミラー3を透過した第1の色光(例えば、P偏光)を透過して第1の反射型液晶パネル(光変調素子)5に到達させる。第1の反射型液晶パネル5は、入射した第1の色光を画像変調するとともに反射する。第1の反射型液晶パネル5で変調された第1の色光(例えば、S偏光)は、第1の偏光ビームスプリッタ4で反射されて色合成プリズム9に到達する。

## 【0087】

6は第2の偏光ビームスプリッタであり、ダイクロイックミラー3で反射された第2の色光(例えば、S偏光)を反射して第2の反射型液晶パネル(光変調素子)7に到達させる。第2の反射型液晶パネル7は、入射した第2の色光を画像変調するとともに反射する。第2の反射型液晶パネル7で変調された第2の色光(例えば、P偏光)は、第2の偏光ビームスプリッタ6を透過して色合成プリズム(色合成光学系)9に到達する。

10

## 【0088】

また、第2の偏光ビームスプリッタ6は、ダイクロイックミラー3で反射された第3の色光(例えば、P偏光)を透過して第3の反射型液晶パネル(光変調素子)8に到達させる。第3の反射型液晶パネル8は、入射した第3の色光を画像変調するとともに反射する。第3の反射型液晶パネル8で変調された第3の色光(例えば、S偏光)は、第2の偏光ビームスプリッタ6で反射された色合成プリズム9に到達する。

20

## 【0089】

色合成プリズム9は、第1～第3の色光を合成して投射レンズ(実施例1～3のいずれかにて説明したズームレンズ)10に導く。投射レンズ10は、合成された第1～第3の色光を被投射面であるスクリーンに投射する。

## 【0090】

以上説明した各実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、各実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

## 【0091】

例えば、実施例1～3では、絞りとして物理的な絞りを用いた場合について説明したが、レンズ面を絞りとして代用してもよい。また、絞りを、軸外主光線の高さが最も小さくなる位置に配置してもよい。さらに、絞りを含むレンズユニット(中間レンズユニット)を、最大有効径が最も小さいレンズユニットとしてもよい。

30

## 【0092】

また、実施例1～3では、縮小側可動レンズユニットが1つのレンズユニットであるズームレンズについて説明したが、縮小側可動レンズユニットは2つ以上のレンズユニットであってもよい。

## 【0093】

また、実施例4では、反射型液晶パネルを用いた反射型液晶プロジェクタについて説明したが、本発明の画像投射装置としては、透過型液晶パネルを用いた透過型液晶プロジェクタであってもよい。また、デジタル・マイクロ・ミラーデバイス(DMD)を光変調素子として用いた画像投射装置であってもよい。

40

## 【図面の簡単な説明】

## 【0094】

【図1】本発明の実施例1であるズームレンズの構成を示す断面図。

【図2】実施例1のズームレンズの収差図。

【図3】本発明の実施例2であるズームレンズの構成を示す断面図。

【図4】実施例2のズームレンズの収差図。

【図5】本発明の実施例3であるズームレンズの構成を示す断面図。

【図6】実施例3のズームレンズの収差図。

【図7】本発明の実施例4である液晶プロジェクタの構成を示す図。

50

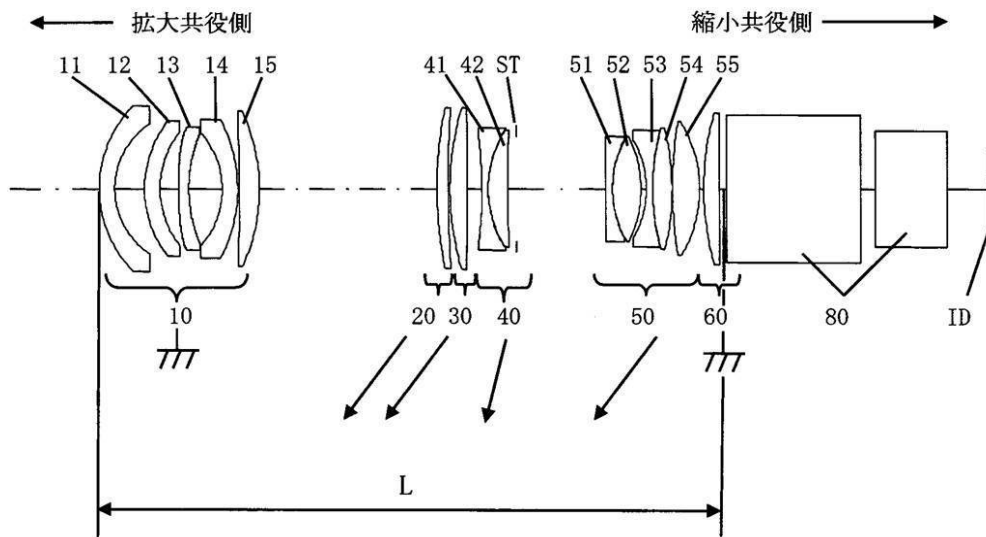
【符号の説明】

【0095】

- 10 第1レンズユニット
- 20 第2レンズユニット
- 30 第3レンズユニット
- 40 第4レンズユニット
- 50 第5レンズユニット
- 60 第6レンズユニット
- 80 色合成光学系
- ID 縮小側共役面（光変調素子）
- ST 絞り

【図1】

実施例1 レンズ断面図





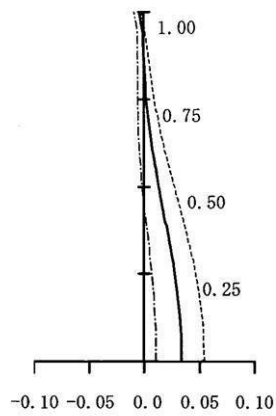
【 図 2 】

実施例 1 収差図

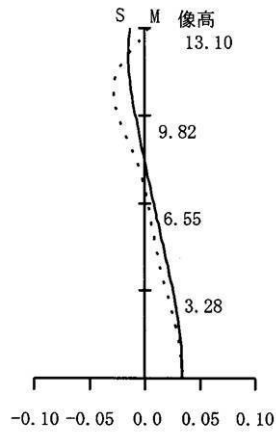
广角端

R	-----	620 NM
G	—————	550 NM
B	- · - · - · -	470 NM

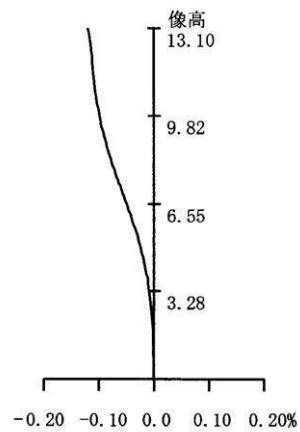
球面収差  
FNO=2.0



非点収差  
 $2\omega = 46.8^\circ$

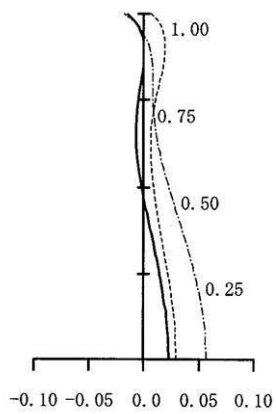


歪曲収差 (%)  
 $2\omega = 46.8^\circ$

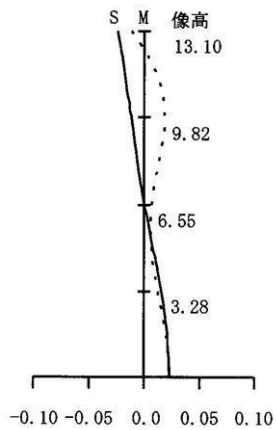


望远端

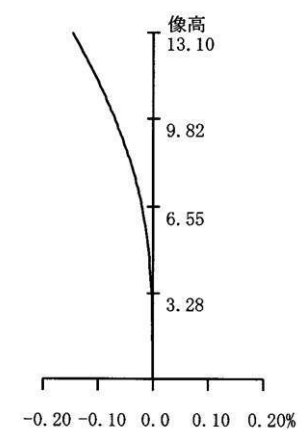
球面収差  
FNO=2.1



非点収差  
 $2\omega = 27.0^\circ$

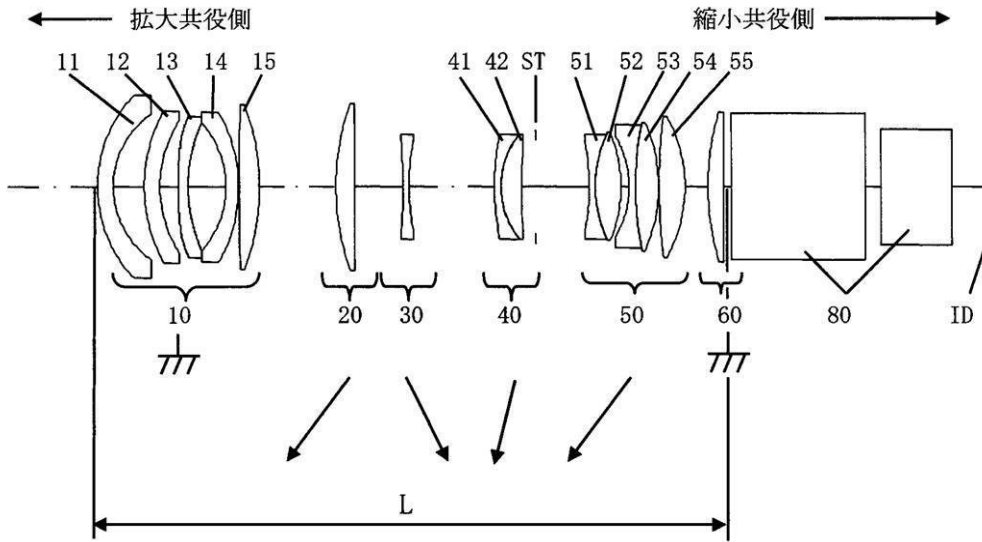


歪曲収差 (%)  
 $2\omega = 27.0^\circ$



【図3】

実施例2 レンズ断面図



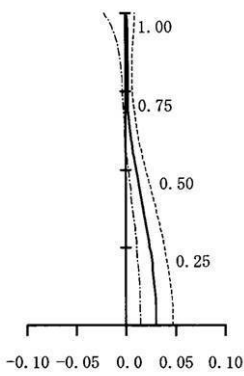
【図4】

実施例2 収差図

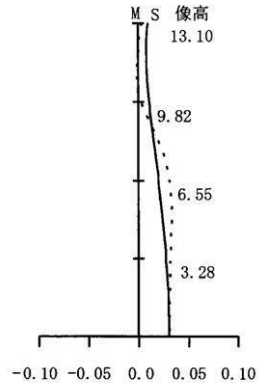
広角端

R	-----	620 NM
G	—————	550 NM
B	- · - · - · -	470 NM

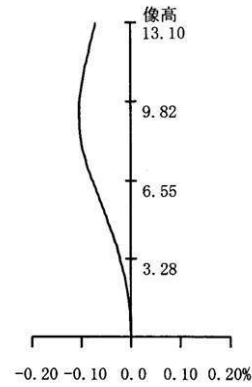
球面収差  
FNO=2.00



非点収差  
2ω=46.8°

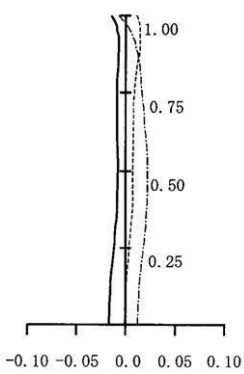


歪曲収差(%)  
2ω=46.8°

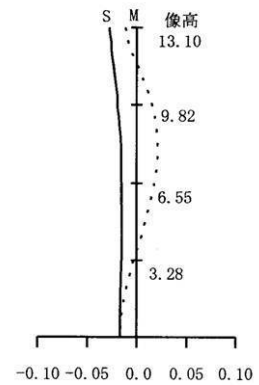


望遠端

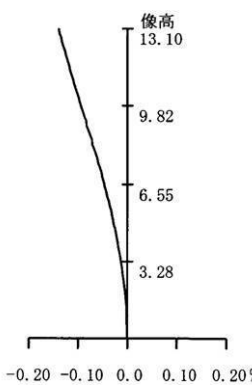
球面収差  
FNO=2.07



非点収差  
2ω=27.0°

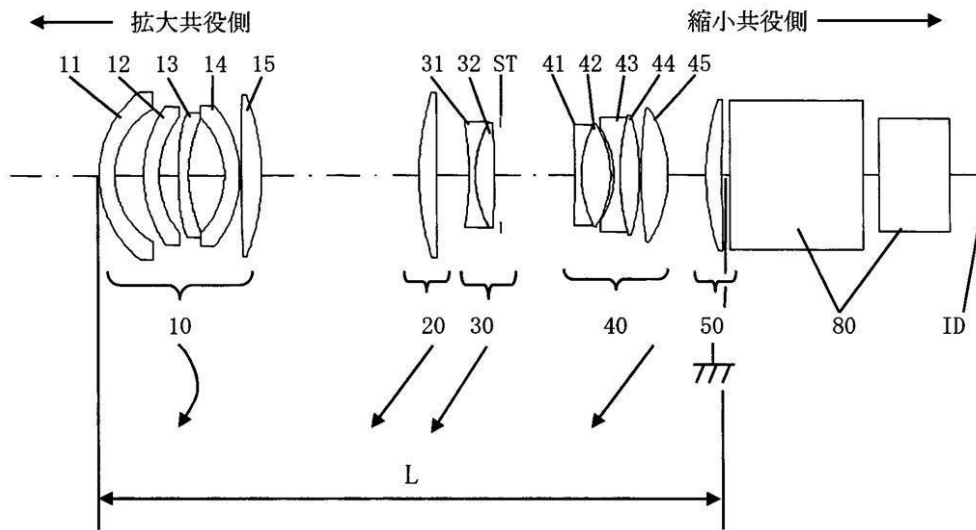


歪曲収差(%)  
2ω=27.0°



【図5】

実施例3 レンズ断面図

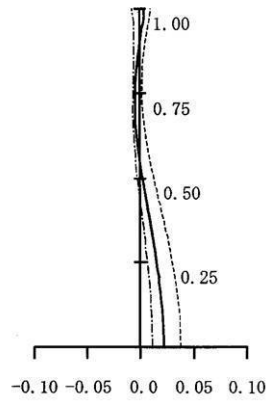


【 图 6 】

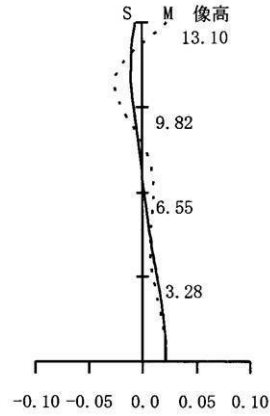
实施例 3 取差图  
广角端

R	-----	620NM
G	—————	550NM
B	- · - · -	470NM

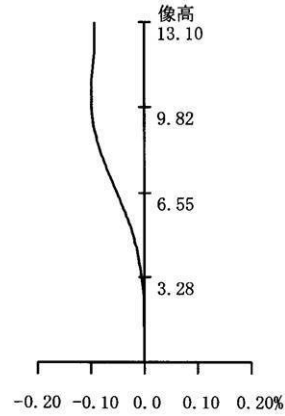
球面収差  
FNO=2.00



非点収差  
2 ω = 46.8°

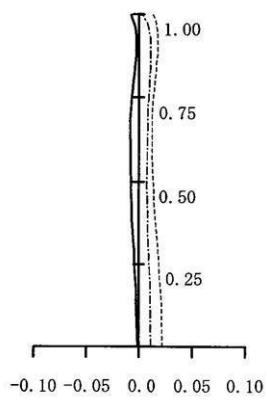


歪曲収差 (%)  
2 ω = 30.2°

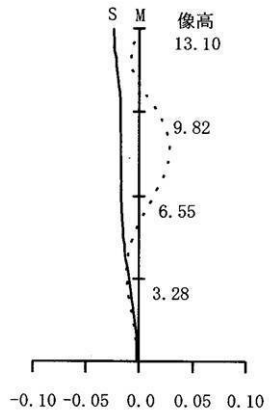


望远端

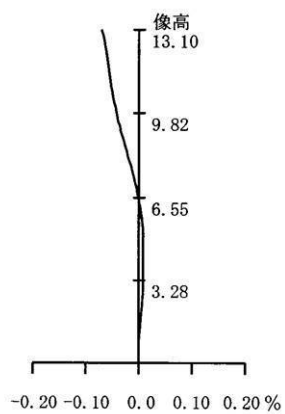
球面収差  
FNO=2.04



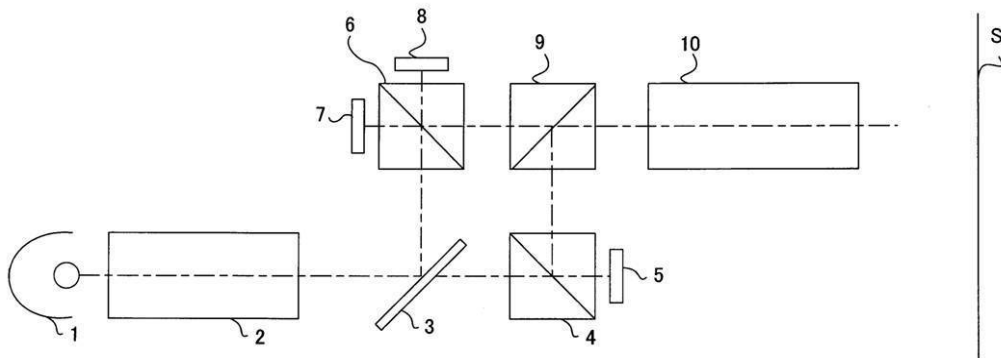
非点収差  
2 ω = 30.2°



歪曲収差 (%)  
2 ω = 30.2°



【 图 7 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 菅原 三郎  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 堀井 康司

(56)参考文献 特開2008-052174(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 15/20

G02B 13/16

G02B 13/18

G03B 21/14