

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5367557号  
(P5367557)

(45) 発行日 平成25年12月11日(2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>G02B 13/04</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 13/04	D
<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 10 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2009-292966 (P2009-292966)	(73) 特許権者	000115728 リコー光学株式会社
(22) 出願日	平成21年12月24日(2009.12.24)		岩手県花巻市大畑第十地割109番地
(65) 公開番号	特開2011-133656 (P2011-133656A)	(74) 代理人	100090103 弁理士 本多 章悟
(43) 公開日	平成23年7月7日(2011.7.7)	(74) 代理人	100067873 弁理士 樺山 亨
審査請求日	平成24年6月26日(2012.6.26)	(74) 代理人	100127111 弁理士 工藤 修一
		(72) 発明者	飛内 邦幸 岩手県花巻市大畑第10地割109番地・ リコー光学株式会社内
		審査官	吉川 陽吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射用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、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、正の屈折力を持つ第2レンズ群とを上記順序に配し、前記第2レンズ群の最も拡大側に配されたレンズ近傍に開口絞りを配置してなり、

縮小側にテレセントリックで、

前記第1レンズ群は、拡大側から縮小側に向かって順に、両面に非球面を有する2枚のレンズを含む1A群と、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズ、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚の負レンズを含む1B群と、少なくとも1枚の正レンズを含む1C群とからなり、

前記第2レンズ群は、拡大側から縮小側に向かって順に、拡大側に大きな曲率を持つ正レンズ、非球面を有するレンズ、3枚のレンズが張り合わされた接合レンズ：CB、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズを配置してなり、

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、全系の焦点距離：f、第1レンズ群の焦点距離：f1、第2レンズ群の焦点距離：f2、半画角(度)

： が、条件：

$$(1) \quad 3.0 < Bf / f < 5.0$$

$$(2) \quad 2.5 < |f1 / f| < 6.0$$

$$(3) \quad 4.5 < f2 / f < 7.0$$

$$(4) \quad 50^\circ <$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の投射用レンズにおいて、

第 1 レンズ群の 1 A 群に含まれる両面に非球面を有する 2 枚のレンズがプラスチックレンズで、1 B 群の 2 枚の負レンズがガラスレンズであり、

第 1 レンズ群の焦点距離： $f_1$ 、1 B 群の焦点距離： $f_{1B}$  が、条件：

$$(5) \quad 0.5 < f_{1B} / f_1 < 1.1$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の投射用レンズにおいて、

第 2 レンズ群の接合レンズ：CB が、拡大側より順に、負の屈折力を持つレンズ：CBL1、両面が凸のレンズ：CBL2、メニスカス形状の負レンズ：CBL3 の 3 枚のレンズからなり、

第 2 レンズ群の接合レンズ：CB を構成するレンズ：CBL1、CBL2、CBL3 の d 線に対するそれぞれの屈折率： $N_{CBL1}$ 、 $N_{CBL2}$ 、 $N_{CBL3}$ 、アッペ数： $C_{CBL1}$ 、 $C_{CBL2}$ 、 $C_{CBL3}$  が、条件：

$$(6) \quad 0.3 < (N_{CBL1} + N_{CBL3}) / 2 - N_{CBL2} < 0.5$$

$$(7) \quad 3.5 < C_{CBL2} - (C_{CBL1} + C_{CBL3}) / 2 < 7.0$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 の任意の 1 に記載の投射用レンズにおいて、

第 2 レンズ群の接合レンズ：CB の縮小側に配された正レンズの材質のアッペ数： $\sigma_F$ 、部分分散比： $g_F$  が、条件：

$$(8) \quad 0 < g_F - (0.6438 - 0.001682 \sigma_F) < 0.05$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 の任意の 1 に記載の投射用レンズにおいて、

第 2 レンズ群内の非球面を有するレンズはプラスチックで形成され、その焦点距離： $f_p$  が、条件：

$$(9) \quad 7.0 < |f_p / f_2|$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 の任意の 1 に記載の投射用レンズにおいて、

第 1 レンズ群の 1 B 群と 1 C 群が光軸上を移動してフォーカシングを行うことを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 7】

請求項 6 記載の投射用レンズにおいて、

拡大側の共役点を遠距離から近距離方向へ移動させてフォーカシングする際、1 B 群と 1 C 群の間隔が拡がりつつ、共に縮小側に移動することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 の任意の 1 に記載の投射用レンズにおいて、

レンズの明るさを表す F ナンバー： $F_{NO}$  が、条件：

$$(10) \quad 1.7 < F_{NO} < 3.0$$

を満足することを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 の任意の 1 に記載の投射用レンズにおいて、

第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間にフレアカット絞りを配したことを特徴とする投射用レンズ。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 の任意の 1 に記載の投射用レンズを搭載してなる投射型画像表示装置。

10

20

30

40

50

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

この発明は、投射用レンズおよび、この投射用レンズを搭載した投射型画像表示装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

液晶表示素子、DMD等の「画像表示素子」に表示された小さい原画像を、スクリーンに拡大投射するプロジェクタは、手軽に、大きく高精細な拡大画像を得られるところから広く普及している。

このタイプのプロジェクタは、画像表示素子から出た「赤・緑・青の光を合成する色合成光学系」としてプリズム等を、投射用レンズと画像表示素子との間に配置する必要がある、この配置空間を確保するために、「長いバックフォーカス」を持つ投射用レンズが必要とされる。

**【0003】**

画像表示素子から色合成光学系に入射する光線の入射角の範囲が広いと、拡大投射されたカラー画像における各色の明るさが投射画角により変化して、見づらい画像になる。

**【0004】**

これを避けるため、投射用レンズは、主光線の角度が縮小側で光軸と略平行になる「テレセントリック」な性質を持つ事が好ましい。

**【0005】**

長いバックフォーカスと、縮小側のテレセントリック性を併せて実現する投射用レンズとしては、拡大側に「負の屈折力のレンズ群」、開口絞りを介して、縮小側に「正の屈折力のレンズ群」を配した所謂「レトロフォーカスタイプ」のものが知られているが、屈折力配置が「開口絞りに関して非対称」であるため、歪曲収差、倍率色収差の発生が顕著となりやすい。

**【0006】**

プロジェクタに対する近来の要望として「短い投射距離で大きな拡大画面を投射する」ことが大きな割合を占め、投射用レンズとして、より焦点距離の短いものが求められ、投射用レンズの設計がますます困難になってきている。

**【0007】**

広い画角を持ったレトロフォーカスタイプの投射用レンズを実現するものとして、特許文献1～4に開示されたものが知られているが、近時ますます強まってきている「大画面投射の要求」に応ずるには必ずしも十分と言えず、これら公知文献記載のものよりもさらに高画角で、明るく（Fナンバーの小さい）、且つ、レンズ枚数が少なく、コンパクトに低コストで実現できる投射用レンズが求められている。

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

この発明は、上述要請に応えるべく、レンズ枚数が少なく低コストでありながら、大きな画角とともに長いバックフォーカスと縮小側のテレセントリック性を持ち、緒収差が小さく、Fナンバーが1.8程度と明るい画像を得られる投射用レンズの実現および、この投射用レンズを用いて高精細な拡大投射画像を投射できる投射型画像表示装置の実現を課題とする。

**【課題を解決するための手段】****【0009】**

この発明の投射用レンズは、図1に例示するように、拡大側（図1の左方）から縮小側（図の右方）に向かって、負の屈折力を持つ第1レンズ群Iと、正の屈折力を持つ第2レンズ群IIとを上記順序に配し、第2レンズ群IIの「最も拡大側に配されたレンズ」の近傍に開口絞りを配置してなる。

10

20

30

40

50

## 【0010】

そして、縮小側にテレセントリックである。

第1レンズ群Iは拡大側より順に、1A群、1B群、1C群を配してなる。

1A群は「両面に非球面を有する2枚のレンズ」を含む。

1B群は、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズ、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚の負レンズを含む。

1C群は、少なくとも1枚の正レンズを含む。

従って、第1レンズ群を構成するレンズ枚数は最小で5枚である。

## 【0011】

第2レンズ群は、拡大側から順次、拡大側に大きな曲率を持つ正レンズ、非球面を有するレンズ、3枚のレンズが張り合わされた接合レンズ、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズを配置してなる。

10

## 【0012】

フレアカット絞りFCの縮小側に配される開口絞りSは「第2レンズ群IIで最も拡大側に配されたレンズの近傍」に配置される。

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：Bf、全系の焦点距離：f、第1レンズ群の焦点距離：f1、第2レンズ群の焦点距離：f2、半画角（度）

：は、条件：

$$(1) \quad 3.0 < Bf / f < 5.0$$

$$(2) \quad 2.5 < |f1 / f| < 6.0$$

$$(3) \quad 4.5 < f2 / f < 7.0$$

$$(4) \quad 50^\circ <$$

20

を満足する（請求項1）。

## 【0013】

フレアカット絞りFCは「余分な光線をカットする絞り」である。

図1において、符号Pは色合成光学系であるプリズムを、符号CGは画像表示素子MDのカバーガラスを「これに光学的に等価な1枚の透明平行平板」として示している。

## 【0014】

請求項1記載の投射用レンズは、第1レンズ群の1A群に含まれる両面に非球面を有する2枚のレンズをプラスチックレンズ、1B群の2枚の負レンズをガラスレンズとし、第1レンズ群の焦点距離：f1、1B群の焦点距離：f1Bが、条件：

30

$$(5) \quad 0.5 < f1B / f1 < 1.1$$

を満足することが好ましい（請求項2）。

## 【0015】

請求項1または2記載の投射用レンズの接合レンズ：CBは拡大側より順に、負の屈折力を持つレンズ：CBL1、両面が凸のレンズ：CBL2、メニスカス形状の負レンズ：CBL3の3枚のレンズからなることが好ましく、これらレンズ：CBL1、CBL2、CBL3のd線に対するそれぞれの屈折率：N<sub>CBL1</sub>、N<sub>CBL2</sub>、N<sub>CBL3</sub>、アッベ数： $\nu_{CBL1}$ 、 $\nu_{CBL2}$ 、 $\nu_{CBL3}$ が、条件：

$$(6) \quad 0.3 < (N_{CBL1} + N_{CBL3}) / 2 - N_{CBL2} < 0.5$$

$$(7) \quad 3.5 < \nu_{CBL2} - (\nu_{CBL1} + \nu_{CBL3}) / 2 < 7.0$$

40

を満足することが好ましい（請求項3）。

## 【0016】

請求項1～3の任意の1に記載の投射用レンズは、第2レンズ群IIの接合レンズCBの縮小側に配された正レンズの材質のアッベ数： $\nu_F$ 、部分分散比： $\sigma_F$ が、条件：

$$(8) \quad 0 < \sigma_F - (0.6438 - 0.001682 \nu_F) < 0.05$$

を満足することが好ましい（請求項4）。

## 【0017】

請求項1～5の任意の1に記載の投射用レンズは、第2レンズ群内の非球面を有するレンズがプラスチックで形成され、その焦点距離：f<sub>p</sub>が、条件：

50

(9)  $7.0 < |f_p / f_2|$   
を満足することが好ましい(請求項5)。

【0018】

請求項1～5の任意の1に記載の投射用レンズは、第1レンズ群Iの1B群と1C群が光軸上を移動してフォーカシングを行い(請求項6)、拡大側の共役点を遠距離から近距離方向へ移動させてフォーカシングする際、1B群と1C群が「間隔を拡げつつ、共に縮小側に移動する」ことが好ましい(請求項7)。

【0019】

請求項1～7の任意の1に記載の投射用レンズは、明るさを表すFナンバー： $F_{NO}$ が、  
条件：

(10)  $1.7 < F_{NO} < 3.0$   
を満足することが好ましい(請求項8)。後述の実施例に示すように、この条件(10)は実現可能である。

【0020】

請求項1～8の任意の1に記載の投射用レンズは、第1レンズ群と第2レンズ群との間にフレアカット絞りを配することができる。

【0021】

この発明の投射型画像表示装置は、上記請求項1～9の任意の1に記載の投射用レンズを搭載してなる(請求項9)。

【0022】

説明を補足する。

短い投射距離で大きな拡大画面を投射できる投射用レンズを得るには、従来の投射用レンズよりも「さらに焦点距離を短く」する必要がある。レンズ面の間隔・曲率半径をそのまま相似的に小さくしていくと、それに応じて焦点距離も短くなるが、レンズ面の曲率が大きくなることに伴い、収差が増大し投射画像の画質低下を齎す。また、投射用レンズのバックフォーカスも短くなってしまう。

【0023】

この発明の投射用レンズは、図1に例示するように、拡大側から負の屈折力を持つ第1レンズ群Iと、正の屈折力を持つ第2レンズ群IIとを配したレトロフォーカスタイプとし、第1レンズ群Iは、両面に非球面を有する2枚のレンズを含む1A群、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズ、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズからなる1B群、少なくとも1枚の正レンズによりなる1C群から成る構成を有し、第2レンズ群IIは、拡大側に大きな曲率を持つ正レンズ、1枚の非球面を有するレンズ、接合レンズ、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズを含んだ構成とすることにより、少ないレンズ枚数で、緒収差を効果的に補正することを可能としている。

【0024】

条件(1)は、所望の「大きな画角」を保持しつつ、投射用レンズに必要な十分なバックフォーカス確保するための条件である。

条件(1)の下限値をこえると、全系の焦点距離： $f$ が相対的に大きくなって大きい画角を保持することができなくなるか、あるいは、バックフォーカス： $Bf$ が短くなって色合成光学系の配置が困難になる。

【0025】

条件(1)の上限を超えると、全系の焦点距離： $f$ が相対的に小さくなり、画角は大きくなるものの、諸収差の補正が困難になってしまう。

【0026】

条件(2)は、十分に長いバックフォーカスと、良好な光学性能を両立させる条件である。

パラメータ： $|f_1 / f|$ が条件(2)の上限を超えると、第1レンズ群の焦点距離の絶対値： $|f_1|$ が、全系の焦点距離： $f$ に対して相対的に大きくなり過ぎて第1レンズ群の負の屈折力が小さくなり、レトロフォーカスの特性を生かすことができず、バックフ

10

20

30

40

50

オーカスの確保が困難になる。

【0027】

条件(2)の下限を越えると、レトロフォーカスの特性を生かして十分なバックフォーカスを確保できるが、 $|f_1|$ が小さくなり過ぎて第1レンズ群の負の屈折力が過大になり、コマ収差、像面湾曲等の収差を良好に保つのが困難になる。

【0028】

条件(3)は、投射用レンズのコストと、良好な光学性能とを両立させるための条件である。

パラメータ： $f_2/f$ が条件(3)の上限を超えると、第2レンズ群の焦点距離： $f_2$ が大きくなりバックフォーカスは延びるが、それに伴いレンズは大きくなりコスト増を招く。

10

条件(3)の下限を越えると、第2レンズ群の焦点距離： $f_2$ が短くなり、第2レンズ群の屈折力が過大となり緒収差の補正が困難となる。

【0029】

条件(4)は、投射用レンズの投射半画角を規定するもので、良好な拡大投射画像を保ちつつ、所望の「大きな画角」の提供を確保するための条件である。

【0030】

さらには、投射画面が従来と同等のサイズになる「小さい画像表示素子」に変えると、画像表示素子が投射用レンズのイメージサークル内を移動可能となり、鑑賞者から「プロジェクタが邪魔にならない方向」に投射画像をシフトして投射することができる。

20

【0031】

条件(5)は、第1レンズ群における1B群を構成する負の屈折力のガラスレンズへの配分を規定したもので、良好で安定した光学性能を実現するための条件である。

【0032】

請求項2記載の投射用レンズでは、第1レンズ群内の拡大側に配置された1A群の非球面を有する2枚のレンズをプラスチック製とすることでコストを抑える。

プラスチックは温度・湿度の影響を受けやすい。

【0033】

パラメータ： $f_{1B}/f_1$ を条件(5)の範囲内に収めることで、これらプラスチック製のレンズに大きな屈折力を持たせることを避け、性能の安定化を図り、所望の「大きな画角」「十分なバックフォーカス」を得ている。

30

【0034】

さらに第2レンズ群内の接合レンズ：CBは、負の屈折力を持つCBL1、両面が凸のCBL2、メニスカス形状で負の屈折力を持つCBL3の3枚のレンズから構成するのが良い。

条件(6)、(7)は、上記接合レンズ：CB中の3枚のレンズ：CBL1、CBL2、CBL3の屈折率、アッペ数を規定するものである。

【0035】

これらのパラメータが、条件(6)、(7)、を満足することで、倍率色収差、軸上色収差の少ない良好な像性能を持つ投射用レンズの実現を可能としている。

40

【0036】

この発明の投射用レンズは、上記接合レンズ：CBの縮小側に配された正レンズの材質のアッペ数と部分分散比の好適な範囲を、条件(8)に規定している。

【0037】

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「 $(N_g - N_F) / (N_F - N_C)$ 」で表わされる。

【0038】

50

上記接合レンズ：C Bの縮小側に配された正レンズの「アッペ数と部分分散比」が条件(8)を満足することで、この発明の投射用レンズの倍率色収差を更に小さくし、広い画角に渡り良好な画像を得ることが可能である。

【0039】

第2レンズ群内の、非球面を有するレンズ(図1に示した例では、拡大側から8番目のレンズ)はプラスチックで形成するのがコストの面から好ましい。

【0040】

しかしプラスチックは前述のとおり、温度による屈折率の変化が大きく、プラスチックを用いた投射用レンズでは、温度変化によりピント位置の変動を招きやすい。

条件(9)は、第2レンズ群内の「プラスチックで形成された上記非球面レンズ」の焦点距離を規制し、温度変化によるピント位置の変動を小さく抑えるためのものである。

【0041】

パラメータ： $|f_p/f_2|$ が条件式(9)の下限を超えると、プラスチックレンズの焦点距離は短くなりパワーが強まるので、温度変化によるピント位置の変動が大きい投射用レンズになってしまう。

【0042】

投射距離を変更しスクリーンにフォーカシングする際、最も拡大側のレンズ群を移動して行うことが一般的であるが、この発明の投射用レンズは、請求項6、7のように、第1レンズ群の内部に配された1B群、1C群を移動してピントを合わせることができる。

【0043】

このようにすると、拡大側に配された「比較的大きい1A群を動かす必要」がないので省エネルギー的で都合が良い。

【0044】

投射用レンズは、画角が大きくなるほど良好な画像を得られる投射距離の範囲が狭くなるが、これは像面の湾曲とディストーションのバランスが投射距離の変化で崩れやすくなるからである。

【0045】

スクリーンにプロジェクタを近づけたとき、この発明の投射用レンズは請求項7のように「1B群と1C群の間隔を拡げながら、共に縮小側に移動させる」ことで、像面の湾曲とディストーションを良好に保ちながらフォーカシングをすることが可能となっている。

【0046】

条件(10)は投射用レンズの明るさを表すFナンバーを規定するもので、この発明による投射用レンズは、後述する実施例から明らかなように、諸収差の発生量が少なく、レンズの口径を大きくできるので、Fナンバーを小さくすることが可能である。条件(10)を満足することで、十分に明るい画像を鑑賞者に提供できる。

【0047】

請求項9のように、第1レンズ群と第2レンズ群との間にフレアカット絞りを配することは「コマ収差」の抑制に有効である。

【0048】

また、開口絞りの径を小さくして、Fナンバーの大きい照明系にも応じられることが、後述の実施例の収差図より明らかである。

【発明の効果】

【0049】

以上に説明したように、この発明によれば新規な投射用レンズを提供できる。この投射用レンズは、後述する実施例に明らかなように、レンズ枚数が少なく低コストでありながら、大きな画角とともに長いバックフォーカスと縮小側のテレセントリック性を持ち、諸収差が小さく、Fナンバーが1.8程度と明るい投射画像を実現できる。

【0050】

従って、この投射用レンズを用いることにより、短い投射距離でコンパクトであり、高精細な拡大投射画像を投射できる投射型画像表示装置を実現できる。

10

20

30

40

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0051】

【図1】実施例1のレンズ構成図である。

【図2】物体距離：980mmの実施例1の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図3】物体距離：980mmの実施例1のコマ収差を示す図である。

【図4】物体距離：1210mmの実施例1の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図5】物体距離：1210mmの実施例1のコマ収差を示す図である。

【図6】物体距離：635mmの実施例1の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

10

【図7】物体距離：635mmの実施例1のコマ収差を示す図である。

【図8】実施例2のレンズ構成図である。

【図9】実施例2の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図10】実施例2のコマ収差を示す図である。

【図11】実施例3のレンズ構成図である。

【図12】実施例3の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図13】実施例3のコマ収差を示す図である。

【図14】実施例4のレンズ構成図である。

【図15】実施例4の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

20

【図16】実施例4のコマ収差を示す図である。

【図17】実施例5のレンズ構成図である。

【図18】実施例5の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図19】実施例5のコマ収差を示す図である。

【図20】実施例6のレンズ構成図である。

【図21】実施例6の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図22】実施例6のコマ収差を示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0052】

以下、実施の形態を説明する。

30

投射用レンズの実施の形態例を6例、図1、図8、図11、図14、図17および図20に示す。繁雑を避けるため、これらの図において符号を共通化する。なお、これらの6例は、それぞれ、後述する実施例1～6に関するものである。

これら実施の6形態の投射用レンズは何れも、拡大側（図の左方）から縮小側（図の右方）に向かって、負の屈折力を持つ第1レンズ群Iと、正の屈折力を持つ第2レンズ群IIとを上記順序に配し、第2レンズ群IIの最も拡大側に配されたレンズ近傍に開口絞りSを配置してなる。

## 【0053】

そして、縮小側にテレセントリックであって、第1レンズ群Iは、拡大側から縮小側に向かって順に、両面に非球面を有する2枚のレンズを含む1A群と、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズ、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚の負レンズを含む1B群と、少なくとも1枚の正レンズを含む1C群とからなり、第2レンズ群IIは、拡大側から縮小側に向かって順に、拡大側に大きな曲率を持つ正レンズ、非球面を有するレンズ、3枚のレンズが張り合わされた接合レンズ：CB、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズを配置してなる。

40

## 【0054】

これら各実施の形態の具体的な数値例である実施例1～6の投射用レンズは、何れも条件(1)～(10)を満足している。

また、第1レンズ群Iと第2レンズ群IIとの間にフレアカット絞りFCが配されている。

50

## 【実施例】

## 【0055】

以下、投射用レンズの具体的な実施例を6例挙げる。

各実施例において、面番号は拡大側（スクリーン側）から縮小側（表示素子側）に数えた数字で表し、スクリーンを物面、表示素子を像面とした。

## 【0056】

「R」により各面（開口絞りSの面および、フレアカット絞りFC、色合成用であるプリズムP、カバーガラスCG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。

## 【0057】

「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。

## 【0058】

「有効径」はレンズの光軸から光線の通る最大高さを示す。

## 【0059】

「像高」は光軸から表示素子面の最大高さ、「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にバックフォーカスを加えたもので表す。

## 【0060】

非球面の形状は、光軸との交点を原点として、光軸に対する高さ：h、光軸方向の変移：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、周知の次式：

$$Z = (1/R) \cdot h^2 / [1 + \{1 - (1 + K) \cdot (1/R)^2 \cdot h^2\}] + A3 \cdot h^3 + A4 \cdot h^4 + A5 \cdot h^5 + A6 \cdot h^6 + \dots + An \cdot h^n$$

で表し、上記R、K、Anを与えて形状を特定する。

## 【0061】

図1に、実施例1の投射用レンズのレンズ構成を示す。

## 【0062】

実施例1の投射用レンズは、拡大側（図の左方）から第1レンズ群I、第2レンズ群IIを配し、開口絞りSは第2レンズ群中の拡大側から1番目と2番目のレンズの間に置かれている。フレアカット絞りFCは第1レンズ群と第2レンズ群の間に配置されている。

## 【0063】

投射用レンズと画像表示素子MDの間には、色合成系であるプリズムPとカバーガラスCGが挿入されている。最も拡大側に配された1A群は、弱い負の屈折力を持つガラスレンズと2枚のプラスチックの非球面レンズで構成されている。

## 【0064】

1B群は、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズ、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚のレンズから構成されており、1C群は、1枚の正レンズからなっている。

## 【0065】

第2レンズ群は、拡大側に大きな曲率を持つ正レンズ、両面が非球面であるレンズ、負の屈折力を持つレンズと両面が凸のレンズとメニスカス形状の負レンズの3枚のレンズが張り合わされた接合レンズ、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズが配置されている。

## 【0066】

フォーカシングは1B群と1C群を移動して行っているが、投射用レンズがスクリーンに近づくと、1B群と1C群は間隔を拡げつつ、共に縮小側に移動する。

## 【0067】

投射距離が1210mm、980mm、635mmの3つの形態における移動群の位置を「可変データ」として実施例1に代表的に示す。

## 【0068】

10

20

30

40

50

各種データは、投射距離が 980 mm の状態を代表して示す。また、非球面は面番号に「\*」印を付して表す。

## 【 0 0 6 9 】

「実施例 1」

単位 mm

面番号	R	D	N d	d	有効径	
物面		(980.000)				
1	70.949	3.000	1.51680	64.2	64.141	
2	63.500	16.000			59.151	
3*	-73.697	5.613	1.53159	55.7	58.702	10
4*	133.155	5.004			48.806	
5*	574.532	4.856	1.53159	55.7	45.113	
6*	204.849	(可変)			35.680	
7	215.772	1.700	1.85026	32.3	28.855	
8	24.186	16.230			20.726	
9	-53.381	2.000	1.79450	45.4	20.660	
10	-2309.27	(可変)			21.176	
11	73.562	7.493	1.63980	34.6	22.057	
12	-96.274	(可変)			22.000	
13(F C)		13.700			12.200	20
14	26.173	3.090	1.84666	23.8	11.696	
15	61.343	1.359			11.372	
16(絞り)		3.435			11.291	
17*	-38.807	3.000	1.53159	55.7	11.003	
18*	-48.706	15.680			10.692	
19	153.262	1.200	1.84666	23.8	10.800	
20	21.806	11.295	1.49700	81.6	11.153	
21	-15.795	1.228	1.85026	32.3	11.939	
22	-27.041	0.300			13.283	
23	82.048	7.524	1.49700	81.6	14.866	30
24	-28.673	1.500			15.112	
25		23.000	1.51680	64.2	14.479	
26		9.600			12.835	
27		2.500	1.51680	64.2	11.789	
28		1.000			11.611	
像面					11.500	

## 【 0 0 7 0 】

投射距離 1210.000 980.000 635.000

D 6 20.964 21.043 21.279

D 10 2.453 2.519 2.713

D 12 45.876 45.730 45.301

## 【 0 0 7 1 】

「非球面データ」

第 3 面

K = -25.19452、

A 3 = -2.763504 × 10<sup>-5</sup>、 A 4 = 1.046774 × 10<sup>-5</sup>、A 5 = -3.650166 × 10<sup>-8</sup>、 A 6 = -4.483305 × 10<sup>-9</sup>、A 7 = -6.174553 × 10<sup>-13</sup>、 A 8 = 1.268553 × 10<sup>-12</sup>、A 9 = 1.210906 × 10<sup>-15</sup>、 A 10 = -6.281637 × 10<sup>-17</sup>、A 11 = 4.471289 × 10<sup>-20</sup>、 A 12 = -5.053108 × 10<sup>-20</sup>、

$$\begin{aligned} A_{13} &= -4.337784 \times 10^{-23}, & A_{14} &= 1.278649 \times 10^{-23}, \\ A_{15} &= -7.431275 \times 10^{-27}, & A_{16} &= -1.115781 \times 10^{-27}, \\ A_{17} &= 9.367322 \times 10^{-31}, & A_{18} &= 1.041467 \times 10^{-32}, \\ A_{19} &= 3.048251 \times 10^{-34}, & A_{20} &= 1.166872 \times 10^{-35} \end{aligned}$$

【 0 0 7 2 】

第 4 面

$$K = -56.804,$$

$$\begin{aligned} A_3 &= 2.164171 \times 10^{-6}, & A_4 &= 6.834952 \times 10^{-6}, \\ A_5 &= 2.334382 \times 10^{-8}, & A_6 &= 6.654839 \times 10^{-9}, \\ A_7 &= 6.50019 \times 10^{-12}, & A_8 &= -1.862264 \times 10^{-11}, \\ A_9 &= -1.801516 \times 10^{-15}, & A_{10} &= 1.544124 \times 10^{-14}, \\ A_{11} &= -7.343028 \times 10^{-19}, & A_{12} &= -5.960511 \times 10^{-18}, \\ A_{13} &= 1.056378 \times 10^{-22}, & A_{14} &= 9.64749 \times 10^{-22}, \\ A_{15} &= 1.182647 \times 10^{-25}, & A_{16} &= -2.477929 \times 10^{-26}, \\ A_{17} &= 3.470383 \times 10^{-29}, & A_{18} &= 1.861251 \times 10^{-30}, \\ A_{19} &= -1.529579 \times 10^{-32}, & A_{20} &= -2.01992 \times 10^{-33} \end{aligned}$$

10

【 0 0 7 3 】

第 5 面

$$K = 38.8,$$

$$\begin{aligned} A_3 &= 0, & A_4 &= 4.492137 \times 10^{-6}, \\ A_5 &= 0, & A_6 &= 3.117237 \times 10^{-10}, \\ A_7 &= 0, & A_8 &= -9.082539 \times 10^{-14}, \\ A_9 &= 0, & A_{10} &= -1.843702 \times 10^{-17}, \\ A_{11} &= 0, & A_{12} &= 2.534436 \times 10^{-21}, \\ A_{13} &= 0, & A_{14} &= -7.943081 \times 10^{-25}, \\ A_{15} &= 0, & A_{16} &= -1.383505 \times 10^{-27}, \\ A_{17} &= 0, & A_{18} &= -2.101501 \times 10^{-31}, \\ A_{19} &= 0, & A_{20} &= 4.09991 \times 10^{-34} \end{aligned}$$

20

【 0 0 7 4 】

第 6 面

$$K = 12.8052,$$

$$\begin{aligned} A_3 &= 0, & A_4 &= 1.166335 \times 10^{-5}, \\ A_5 &= 0, & A_6 &= -4.114748 \times 10^{-9}, \\ A_7 &= 0, & A_8 &= 2.194497 \times 10^{-12}, \\ A_9 &= 0, & A_{10} &= 1.12748 \times 10^{-15}, \\ A_{11} &= 0, & A_{12} &= -1.675317 \times 10^{-19}, \\ A_{13} &= 0, & A_{14} &= -6.202467 \times 10^{-22}, \\ A_{15} &= 0, & A_{16} &= -3.867869 \times 10^{-25}, \\ A_{17} &= 0, & A_{18} &= 1.208147 \times 10^{-29}, \\ A_{19} &= 0, & A_{20} &= 2.905148 \times 10^{-31} \end{aligned}$$

30

40

【 0 0 7 5 】

第 1 7 面

$$K = -6.794828,$$

$$\begin{aligned} A_3 &= 0, & A_4 &= 6.07159 \times 10^{-5}, \\ A_5 &= 0, & A_6 &= 6.840635 \times 10^{-8}, \\ A_7 &= 0, & A_8 &= -5.745192 \times 10^{-10}, \\ A_9 &= 0, & A_{10} &= -6.969458 \times 10^{-12}, \\ A_{11} &= 0, & A_{12} &= 1.063863 \times 10^{-13}, \\ A_{13} &= 0, & A_{14} &= -5.983387 \times 10^{-16}, \\ A_{15} &= 0, & A_{16} &= 1.336227 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

50

## 【 0 0 7 6 】

## 第 1 8 面

K = 6.017857、

A 3 = 0、 A 4 =  $9.081342 \times 10^{-5}$ 、

A 5 = 0、 A 6 =  $2.801313 \times 10^{-7}$ 、

A 7 = 0、 A 8 =  $-3.854062 \times 10^{-9}$ 、

A 9 = 0、 A 10 =  $2.711223 \times 10^{-11}$ 、

A 11 = 0、 A 12 =  $-2.073776 \times 10^{-14}$ 、

A 13 = 0、 A 14 =  $-9.097928 \times 10^{-16}$ 、

A 15 = 0、 A 16 =  $3.912393 \times 10^{-18}$ 。

10

## 【 0 0 7 7 】

## 「各種データ」

焦点距離 : 6 . 7 9 5

F ナンバー : 1 . 8 0

半画角 : 5 9 . 0 °

像高 : 1 1 . 5

B F : 2 8 . 9 4 9

レンズ全長 : 2 2 1 . 9 4 9

## 「条件式のパラメータの値」

( 1 ) B f / f = 4 . 2 6 0

( 2 ) | f 1 / f | = 2 . 9 9 5

( 3 ) f 2 / f = 5 . 9 3 0

( 4 ) = 5 9 °

( 5 ) f 1 B / f 1 = 0 . 9 2 9

( 6 ) ( N<sub>CBL1</sub> + N<sub>CBL3</sub> ) / 2 - N<sub>CBL2</sub> = 0 . 3 5 1

( 7 )  $\frac{C_{CBL2}}{C_{CBL1} + C_{CBL3}} = 5 3 . 5 7$

( 8 )  $g_F - ( 0 . 6 4 3 8 - 0 . 0 0 1 6 8 2 ) = 0 . 0 3 7 5$

( 9 ) | f<sub>p</sub> / f 2 | = 9 . 9 6 2

( 1 0 ) F<sub>NO</sub> = 1 . 8

20

## 【 0 0 7 8 】

条件 ( 4 ) の「 」は半画角、条件 ( 1 0 ) の「 F<sub>NO</sub>」は F ナンバーで示す。

30

## 【 0 0 7 9 】

実施例 1 の投射用レンズを物体距離 : 9 8 0 mm にして、縮小側を評価した球面収差、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。

## 【 0 0 8 0 】

各収差図は、5 5 0 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 : 6 2 0 nm と 4 7 0 nm の収差も表示している。非点収差図における S はサジタル像面、M はメリディオナル像面の収差を示す。

## 【 0 0 8 1 】

物体距離 : 1 2 1 0 mm にしたときの球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 4 に、コマ収差の図を図 5 に、物体距離 : 6 3 5 mm にしたときの球面収差、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。

40

## 【 0 0 8 2 】

図 8 に、実施例 2 の投射用レンズのレンズ構成を示す。

## 【 0 0 8 3 】

最も拡大側に配された 1 A 群は 2 枚のプラスチック製の非球面レンズのみで構成されている。プラスチックはガラスに比べて柔らかく、キズがつきやすいが、ガラス等の透明保護部材をレンズの前面に取り付けることでキズ等を防止することができる。

## 【 0 0 8 4 】

フォーカシングは実施例 1 と同様に 1 B 群と 1 C 群を移動して行っている。

50

## 「実施例 2」

単位 mm

面番号	R	D	N d	d	有効径	
物面		(980.000)				
1*	-76.220	5.100	1.53159	55.7	59.000	
2*	109.700	4.840			48.794	
3*	890.110	4.600	1.53159	55.7	45.840	
4*	224.889	(可変)			35.900	
5	200.012	1.700	1.83400	37.3	30.538	
6	24.542	16.890			21.409	10
7	-58.872	2.350	1.78590	43.9	21.320	
8	-3753.190	(可変)			21.575	
9	85.910	7.340	1.62004	36.3	22.122	
10	-100.774	(可変)			22.000	
11(F C)		13.700			12.200	
12	27.083	2.860	1.84666	23.8	11.165	
13	62.866	1.240			10.836	
14(絞り)		3.317			10.750	
15*	-37.704	2.810	1.53159	55.7	10.540	
16*	-44.886	15.500			10.330	20
17	116.989	1.200	1.84666	23.8	10.800	
18	21.877	11.160	1.49700	81.6	11.120	
19	-15.844	1.200	1.85026	32.3	11.880	
20	-27.765	0.300			13.200	
21	87.513	7.140	1.52855	77.0	14.690	
22	-29.606	0.300			14.932	
23		23.000	1.51680	64.2	14.459	
24		9.400			12.812	
25		2.500	1.51680	64.2	11.788	
26		1.000			11.609	30
像面					11.500	

## 【 0 0 8 5 】

投射距離	1093.000	980.000	754.000
D 4	20.124	20.162	20.270
D 8	5.080	5.085	5.200
D 10	45.549	45.505	45.283

## 【 0 0 8 6 】

「非球面データ」

第 1 面

K = -26.07853、	40
A 3 = -2.14294 × 10 <sup>-5</sup> 、 A 4 = 1.050306 × 10 <sup>-5</sup> 、	
A 5 = -3.770807 × 10 <sup>-8</sup> 、 A 6 = -4.505441 × 10 <sup>-9</sup> 、	
A 7 = -8.201876 × 10 <sup>-13</sup> 、 A 8 = 1.26776 × 10 <sup>-12</sup> 、	
A 9 = 1.23001 × 10 <sup>-15</sup> 、 A 10 = -6.226667 × 10 <sup>-17</sup> 、	
A 11 = 5.365016 × 10 <sup>-20</sup> 、 A 12 = -5.047198 × 10 <sup>-20</sup> 、	
A 13 = -4.333113 × 10 <sup>-23</sup> 、 A 14 = 1.279351 × 10 <sup>-23</sup> 、	
A 15 = -7.555979 × 10 <sup>-27</sup> 、 A 16 = -1.120734 × 10 <sup>-27</sup> 、	
A 17 = 9.13163 × 10 <sup>-31</sup> 、 A 18 = 9.645205 × 10 <sup>-33</sup> 、	
A 19 = 2.929262 × 10 <sup>-34</sup> 、 A 20 = 1.113581 × 10 <sup>-35</sup>	

## 【 0 0 8 7 】

50

## 第 2 面

$$K = -38.44171、$$

$$A 3 = 3.023057 \times 10^{-6}、A 4 = 6.820663 \times 10^{-6}、$$

$$A 5 = 2.313507 \times 10^{-8}、A 6 = 6.651944 \times 10^{-9}、$$

$$A 7 = 6.442439 \times 10^{-12}、A 8 = -1.862223 \times 10^{-11}、$$

$$A 9 = -1.796082 \times 10^{-15}、A 10 = 1.544131 \times 10^{-14}、$$

$$A 11 = -7.344714 \times 10^{-19}、A 12 = -5.960585 \times 10^{-18}、$$

$$A 13 = 1.05212 \times 10^{-22}、A 14 = 9.646135 \times 10^{-22}、$$

$$A 15 = 1.195266 \times 10^{-25}、A 16 = -2.477398 \times 10^{-26}、$$

$$A 17 = 3.474931 \times 10^{-29}、A 18 = 1.873239 \times 10^{-30}、$$

$$A 19 = -1.521526 \times 10^{-32}、A 20 = -2.021858 \times 10^{-33}。$$

【 0 0 8 8 】

## 第 3 面

$$K = 38.8、$$

$$A 3 = 0、A 4 = 4.475525 \times 10^{-6}、$$

$$A 5 = 0、A 6 = 2.922541 \times 10^{-10}、$$

$$A 7 = 0、A 8 = -9.53755 \times 10^{-14}、$$

$$A 9 = 0、A 10 = -1.784177 \times 10^{-17}、$$

$$A 11 = 0、A 12 = 3.540188 \times 10^{-21}、$$

$$A 13 = 0、A 14 = -4.960417 \times 10^{-25}、$$

$$A 15 = 0、A 16 = -1.197276 \times 10^{-27}、$$

$$A 17 = 0、A 18 = -8.369469 \times 10^{-32}、$$

$$A 19 = 0、A 20 = 4.743864 \times 10^{-34}。$$

【 0 0 8 9 】

## 第 4 面

$$K = 18.09735、$$

$$A 3 = 0、A 4 = 1.20354 \times 10^{-5}、$$

$$A 5 = 0、A 6 = -4.179427 \times 10^{-9}、$$

$$A 7 = 0、A 8 = 2.224024 \times 10^{-12}、$$

$$A 9 = 0、A 10 = 1.110446 \times 10^{-15}、$$

$$A 11 = 0、A 12 = -1.998072 \times 10^{-19}、$$

$$A 13 = 0、A 14 = -6.414457 \times 10^{-22}、$$

$$A 15 = 0、A 16 = -3.898259 \times 10^{-25}、$$

$$A 17 = 0、A 18 = 1.477017 \times 10^{-29}、$$

$$A 19 = 0、A 20 = 2.933931 \times 10^{-31}。$$

【 0 0 9 0 】

## 第 1 5 面

$$K = -6.960192、$$

$$A 3 = 0、A 4 = 6.097244 \times 10^{-5}、$$

$$A 5 = 0、A 6 = 7.585324 \times 10^{-8}、$$

$$A 7 = 0、A 8 = -5.694485 \times 10^{-10}、$$

$$A 9 = 0、A 10 = -7.585008 \times 10^{-12}、$$

$$A 11 = 0、A 12 = 1.07548 \times 10^{-13}、$$

$$A 13 = 0、A 14 = -5.717819 \times 10^{-16}、$$

$$A 15 = 0、A 16 = 1.22034 \times 10^{-18}。$$

【 0 0 9 1 】

## 第 1 6 面

$$K = 5.402902、$$

$$A 3 = 0、A 4 = 9.189829 \times 10^{-5}、$$

$$A 5 = 0、A 6 = 2.855597 \times 10^{-7}、$$

10

20

30

40

50

A 7 = 0、A 8 = - 3.965996 × 10<sup>-9</sup>、  
 A 9 = 0、A 10 = 2.771514 × 10<sup>-11</sup>、  
 A 11 = 0、A 12 = - 2.038141 × 10<sup>-14</sup>、  
 A 13 = 0、A 14 = - 9.565189 × 10<sup>-16</sup>、  
 A 15 = 0、A 16 = 4.151416 × 10<sup>-18</sup>。

【 0 0 9 2 】

「各種データ」

焦点距離 : 6 . 5 4 8  
 F ナンバー : 1 . 8 0  
 半画角 : 6 0 . 0 °  
 像高 : 1 1 . 5  
 B F : 2 7 . 5 6 9

10

レンズ全長 : 2 0 1 . 5 6 9

「条件式のパラメータの値」

( 1 ) B f / f = 4 . 2 1 0

( 2 ) | f 1 / f | = 3 . 3 2 5

( 3 ) f 2 / f = 5 . 8 9 4

( 4 ) = 6 0 °

( 5 ) f 1 B / f 1 = 0 . 9 3 1

( 6 ) ( N<sub>CBL1</sub> + N<sub>CBL3</sub> ) / 2 - N<sub>CBL2</sub> = 0 . 3 5 1

20

( 7 ) <sub>CBL2</sub> - ( <sub>CBL1</sub> + <sub>CBL3</sub> ) / 2 = 5 3 . 5 7

( 8 ) <sub>gF</sub> - ( 0 . 6 4 3 8 - 0 . 0 0 1 6 8 2 ) = 0 . 0 2 5 8

( 9 ) | f<sub>p</sub> / f 2 | = 1 3 . 3 1 6

( 1 0 ) F<sub>NO</sub> = 1 . 8

【 0 0 9 3 】

条件 ( 4 ) の「 」は半画角、条件 ( 1 0 ) の「 F<sub>NO</sub>」は F ナンバーで示す。

【 0 0 9 4 】

実施例 2 の投射用レンズを物体距離 : 9 8 0 mm にして、縮小側を評価した球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 9 に、コマ収差の図を図 1 0 に示す。

【 0 0 9 5 】

30

図 1 1 に、実施例 3 の投射用レンズのレンズ構成を示す。

「実施例 3」

単位 mm

面番号	R	D	N d	d	有効径
物面		(980.000)			
1*	- 75.599	5.130	1.53159	55.7	58.440
2*	121.117	5.040			48.490
3*	- 69110.000	4.700	1.53159	55.7	45.580
4*	289.850	( 可変 )			35.680
5	224.219	1.700	1.83400	37.3	29.570
6	24.504	16.620			21.026
7	- 52.400	2.955	1.80100	35.0	20.950
8	- 4614.250	( 可変 )			21.465
9	108.715	9.000	1.62588	35.7	22.014
10	- 67.547	( 可変 )			22.000
11( F C )		13.700			12.200
12	26.514	2.915	1.84666	23.8	11.392
13	58.730	1.780			11.076
14( 絞り )		3.890			10.891
15*	- 40.730	3.020	1.53159	55.7	10.623

40

50

16*	- 48.440	15.480			10.358	
17	96.910	1.200	1.80518	25.5	10.800	
18	23.060	10.720	1.45650	90.3	11.091	
19	- 16.400	1.370	1.84666	23.8	11.834	
20	- 27.120	0.300			13.068	
21	93.340	6.820	1.52855	77.0	14.440	
22	- 30.290	0.300			14.676	
23		23.000	1.51680	64.2	14.260	
24		9.400			12.722	
25		2.500	1.51680	64.2	11.765	10
26		1.000			11.598	
像面					11.500	

## 【 0 0 9 6 】

投射距離	1093.000	980.000	754.000
D 4	20.088	20.124	20.233
D 8	2.043	2.070	2.172
D 10	45.103	45.040	44.830

## 【 0 0 9 7 】

「非球面データ」

## 第 1 面

K = - 25.64209、

A 3 = - 2.142835 × 10<sup>-5</sup>、 A 4 = 1.050107 × 10<sup>-5</sup>、A 5 = - 3.77351 × 10<sup>-8</sup>、 A 6 = - 4.502287 × 10<sup>-9</sup>、A 7 = - 7.301876 × 10<sup>-13</sup>、 A 8 = 1.26901 × 10<sup>-12</sup>、A 9 = 1.240469 × 10<sup>-15</sup>、 A 10 = - 6.214056 × 10<sup>-17</sup>、A 11 = 4.923425 × 10<sup>-20</sup>、 A 12 = - 5.054865 × 10<sup>-20</sup>、A 13 = - 4.505451 × 10<sup>-23</sup>、 A 14 = 1.27749 × 10<sup>-23</sup>、A 15 = - 8.133688 × 10<sup>-27</sup>、 A 16 = - 1.130447 × 10<sup>-27</sup>、A 17 = 1.654424 × 10<sup>-30</sup>、 A 18 = 1.702769 × 10<sup>-32</sup>、A 19 = 2.957072 × 10<sup>-34</sup>、 A 20 = 9.372945 × 10<sup>-36</sup>

## 【 0 0 9 8 】

## 第 2 面

K = - 44.36929、

A 3 = 2.207215 × 10<sup>-6</sup>、 A 4 = 6.805752 × 10<sup>-6</sup>、A 5 = 2.302281 × 10<sup>-8</sup>、 A 6 = 6.651794 × 10<sup>-9</sup>、A 7 = 6.436753 × 10<sup>-12</sup>、 A 8 = - 1.861324 × 10<sup>-11</sup>、A 9 = - 1.73412 × 10<sup>-15</sup>、 A 10 = 1.544065 × 10<sup>-14</sup>、A 11 = - 7.476027 × 10<sup>-19</sup>、 A 12 = - 5.960829 × 10<sup>-18</sup>、A 13 = 9.435257 × 10<sup>-23</sup>、 A 14 = 9.644028 × 10<sup>-22</sup>、A 15 = 1.248983 × 10<sup>-25</sup>、 A 16 = - 2.477161 × 10<sup>-26</sup>、A 17 = 3.521942 × 10<sup>-29</sup>、 A 18 = 1.878032 × 10<sup>-30</sup>、A 19 = - 1.460855 × 10<sup>-32</sup>、 A 20 = - 2.03645 × 10<sup>-33</sup>

## 【 0 0 9 9 】

## 第 3 面

K = 38.8、

A 3 = 0、 A 4 = 4.575618 × 10<sup>-6</sup>、A 5 = 0、 A 6 = 3.028185 × 10<sup>-10</sup>、A 7 = 0、 A 8 = - 9.364798 × 10<sup>-14</sup>、A 9 = 0、 A 10 = - 1.683022 × 10<sup>-17</sup>、A 11 = 0、 A 12 = 6.091981 × 10<sup>-21</sup>、

50

$$\begin{aligned} A_{13} &= 0, & A_{14} &= -6.367158 \times 10^{-25}, \\ A_{15} &= 0, & A_{16} &= -9.000075 \times 10^{-28}, \\ A_{17} &= 0, & A_{18} &= -6.012346 \times 10^{-32}, \\ A_{19} &= 0, & A_{20} &= 4.097016 \times 10^{-34} \end{aligned}$$

【 0 1 0 0 】

第 4 面

$$\begin{aligned} K &= 24.7016, \\ A_3 &= 0, & A_4 &= 1.174189 \times 10^{-5}, \\ A_5 &= 0, & A_6 &= -4.076866 \times 10^{-9}, \\ A_7 &= 0, & A_8 &= 2.389048 \times 10^{-12}, \\ A_9 &= 0, & A_{10} &= 1.191704 \times 10^{-15}, \\ A_{11} &= 0, & A_{12} &= -1.786119 \times 10^{-19}, \\ A_{13} &= 0, & A_{14} &= -7.32599 \times 10^{-22}, \\ A_{15} &= 0, & A_{16} &= -3.842542 \times 10^{-25}, \\ A_{17} &= 0, & A_{18} &= 3.076413 \times 10^{-29}, \\ A_{19} &= 0, & A_{20} &= 3.180532 \times 10^{-31} \end{aligned}$$

【 0 1 0 1 】

第 1 5 面

$$\begin{aligned} K &= -7.678109, \\ A_3 &= 0, & A_4 &= 6.208351 \times 10^{-5}, \\ A_5 &= 0, & A_6 &= 8.546074 \times 10^{-8}, \\ A_7 &= 0, & A_8 &= -5.344329 \times 10^{-10}, \\ A_9 &= 0, & A_{10} &= -7.756236 \times 10^{-12}, \\ A_{11} &= 0, & A_{12} &= 1.067252 \times 10^{-13}, \\ A_{13} &= 0, & A_{14} &= -5.75894 \times 10^{-16}, \\ A_{15} &= 0, & A_{16} &= 1.260728 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

【 0 1 0 2 】

第 1 6 面

$$\begin{aligned} K &= 5.295017, \\ A_3 &= 0, & A_4 &= 9.166241 \times 10^{-5}, \\ A_5 &= 0, & A_6 &= 3.015101 \times 10^{-7}, \\ A_7 &= 0, & A_8 &= -3.921291 \times 10^{-9}, \\ A_9 &= 0, & A_{10} &= 2.79351 \times 10^{-11}, \\ A_{11} &= 0, & A_{12} &= -2.301897 \times 10^{-14}, \\ A_{13} &= 0, & A_{14} &= -9.850825 \times 10^{-16}, \\ A_{15} &= 0, & A_{16} &= 4.361854 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

【 0 1 0 3 】

「各種データ」

焦点距離 : 6 . 7 1 7

F ナンバー : 1 . 8 0

半画角 : 5 9 . 3 °

像高 : 1 1 . 5 0 0

B F : 2 7 . 5 4 5

レンズ全長 : 2 0 1 . 1 1 9

「条件式のパラメータの値」

( 1 )  $B f / f = 4 . 1 0 1$

( 2 )  $| f_1 / f | = 3 . 1 5 7$

( 3 )  $f_2 / f = 5 . 8 6 1$

( 4 )  $= 5 9 . 3 °$

( 5 )  $f_1 B / f_1 = 0 . 8 9 3$

10

20

30

40

50

$$(6) (N_{CBL1} + N_{CBL3}) / 2 - N_{CBL2} = 0.369$$

$$(7) C_{BL2} - (C_{BL1} + C_{BL3}) / 2 = 65.65$$

$$(8) g_F - (0.6438 - 0.001682) = 0.0258$$

$$(9) |f_p / f_2| = 14.178$$

$$(10) F_{NO} = 1.8$$

【0104】

条件(4)の「 $\theta$ 」は半画角、条件(10)の「 $F_{NO}$ 」はFナンバーで示す。

【0105】

実施例3の投射用レンズを物体距離：980mmにして、縮小側を評価した球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図12に、コマ収差の図を図13に示す。

10

【0106】

図14に、実施例4の投射用レンズのレンズ構成を示す。

【0107】

開口絞りSは第2レンズ群の拡大側近傍に置かれている。

【0108】

「実施例4」

単位 mm

面番号	R	D	Nd	d	有効径
物面		(818.000)			
1*	-151.550	5.100	1.53159	55.7	59.000
2*	60.340	7.780			49.208
3*	-311.310	4.996	1.53159	55.7	46.203
4*	6160.300	(可変)			34.877
5	208.740	1.700	1.85026	32.3	30.400
6	23.240	15.955			20.130
7	-52.820	5.177	1.79950	42.3	20.053
8	-307.520	(可変)			20.707
9	95.010	8.350	1.62004	36.3	22.100
10	-78.320	(可変)			22.500
11(F C)		13.600			12.200
12(絞り)		0.100			10.546
13	24.350	2.720	1.84666	23.8	10.900
14	46.390	4.370			10.681
15*	-41.190	2.810	1.53159	55.7	10.428
16*	-51.320	13.740			10.130
17	110.750	1.200	1.84666	23.8	10.400
18	20.520	11.150	1.49700	81.6	10.733
19	-15.070	1.200	1.85026	32.3	11.526
20	-26.080	0.300			12.879
21	84.580	7.440	1.49700	81.6	14.700
22	-27.090	4.600			14.712
23		21.000	1.51680	64.2	13.762
24		4.800			12.300
25		2.500	1.51680	64.2	11.788
26		1.000			11.614
像面					11.500

20

30

40

【0109】

投射距離	913.000	818.000	627.000
D4	19.536	19.585	19.731
D8	12.945	12.970	13.053

50

D 10            33.832            33.760            33.529

【 0 1 1 0 】

「非球面データ」

第 1 面

K = -99.01271、

A 3 = -4.821792 × 10<sup>-5</sup>、 A 4 = 1.041683 × 10<sup>-5</sup>、

A 5 = -3.823635 × 10<sup>-8</sup>、 A 6 = -4.460493 × 10<sup>-9</sup>、

A 7 = 3.181765 × 10<sup>-13</sup>、 A 8 = 1.280591 × 10<sup>-12</sup>、

A 9 = 1.237405 × 10<sup>-15</sup>、 A 10 = -6.487266 × 10<sup>-17</sup>、

A 11 = -1.330498 × 10<sup>-20</sup>、 A 12 = -5.161317 × 10<sup>-20</sup>、

A 13 = -4.768619 × 10<sup>-23</sup>、 A 14 = 1.274071 × 10<sup>-23</sup>、

A 15 = -6.10613 × 10<sup>-27</sup>、 A 16 = -1.031678 × 10<sup>-27</sup>、

A 17 = 2.40234 × 10<sup>-30</sup>、 A 18 = 3.067746 × 10<sup>-32</sup>、

A 19 = 2.252692 × 10<sup>-34</sup>、 A 20 = 2.43471 × 10<sup>-36</sup>

【 0 1 1 1 】

第 2 面

K = -11.26927、

A 3 = -7.69815 × 10<sup>-6</sup>、 A 4 = 6.315489 × 10<sup>-6</sup>、

A 5 = 1.743425 × 10<sup>-8</sup>、 A 6 = 6.610438 × 10<sup>-9</sup>、

A 7 = 6.453541 × 10<sup>-12</sup>、 A 8 = -1.861346 × 10<sup>-11</sup>、

A 9 = -1.504908 × 10<sup>-15</sup>、 A 10 = 1.544711 × 10<sup>-14</sup>、

A 11 = -6.221961 × 10<sup>-19</sup>、 A 12 = -5.95852 × 10<sup>-18</sup>、

A 13 = 1.438247 × 10<sup>-22</sup>、 A 14 = 9.652203 × 10<sup>-22</sup>、

A 15 = 1.264334 × 10<sup>-25</sup>、 A 16 = -2.476 × 10<sup>-26</sup>、

A 17 = 3.347273 × 10<sup>-29</sup>、 A 18 = 1.851998 × 10<sup>-30</sup>、

A 19 = -1.686779 × 10<sup>-32</sup>、 A 20 = -2.066301 × 10<sup>-33</sup>

【 0 1 1 2 】

第 3 面

K = 38.8、

A 3 = 0、 A 4 = 6.394423 × 10<sup>-6</sup>、

A 5 = 0、 A 6 = 1.334189 × 10<sup>-10</sup>、

A 7 = 0、 A 8 = -2.526162 × 10<sup>-13</sup>、

A 9 = 0、 A 10 = -5.418372 × 10<sup>-17</sup>、

A 11 = 0、 A 12 = 1.524634 × 10<sup>-21</sup>、

A 13 = 0、 A 14 = 1.740896 × 10<sup>-24</sup>、

A 15 = 0、 A 16 = 1.445547 × 10<sup>-28</sup>、

A 17 = 0、 A 18 = 5.635382 × 10<sup>-31</sup>、

A 19 = 0、 A 20 = 5.128454 × 10<sup>-34</sup>

【 0 1 1 3 】

第 4 面

K = 244、

A 3 = 0、 A 4 = 1.445313 × 10<sup>-5</sup>、

A 5 = 0、 A 6 = -6.279884 × 10<sup>-9</sup>、

A 7 = 0、 A 8 = 4.815306 × 10<sup>-12</sup>、

A 9 = 0、 A 10 = 1.945043 × 10<sup>-15</sup>、

A 11 = 0、 A 12 = -7.536432 × 10<sup>-19</sup>、

A 13 = 0、 A 14 = -1.474809 × 10<sup>-21</sup>、

A 15 = 0、 A 16 = -8.664993 × 10<sup>-25</sup>、

A 17 = 0、 A 18 = 6.338996 × 10<sup>-29</sup>、

A 19 = 0、 A 20 = 7.405543 × 10<sup>-31</sup>

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 4 】

## 第 1 5 面

K = - 12.93189、

A 3 = 0、 A 4 = 6.488473 × 10<sup>-5</sup>、

A 5 = 0、 A 6 = 1.039483 × 10<sup>-7</sup>、

A 7 = 0、 A 8 = - 1.036899 × 10<sup>-9</sup>、

A 9 = 0、 A 10 = - 7.191212 × 10<sup>-12</sup>、

A 11 = 0、 A 12 = 1.53104 × 10<sup>-13</sup>、

A 13 = 0、 A 14 = - 9.229893 × 10<sup>-16</sup>、

A 15 = 0、 A 16 = 1.958708 × 10<sup>-18</sup>。

10

## 【 0 1 1 5 】

## 第 1 6 面

K = - 2.531878、

A 3 = 0、 A 4 = 9.576961 × 10<sup>-5</sup>、

A 5 = 0、 A 6 = 3.247789 × 10<sup>-7</sup>、

A 7 = 0、 A 8 = - 5.489895 × 10<sup>-9</sup>、

A 9 = 0、 A 10 = 4.177756 × 10<sup>-11</sup>、

A 11 = 0、 A 12 = - 2.269425 × 10<sup>-14</sup>、

A 13 = 0、 A 14 = - 1.655107 × 10<sup>-15</sup>、

A 15 = 0、 A 16 = 7.191509 × 10<sup>-18</sup>。

20

## 【 0 1 1 6 】

## 「各種データ」

焦点距離 : 6 . 5 4 6

F ナンバー : 1 . 8 0

半画角 : 5 9 . 8 °

像高 : 1 1 . 5 0 0

B F : 2 5 . 9 3 0

レンズ全長 : 1 9 9 . 9 3 3。

## 【 0 1 1 7 】

## 「条件式のパラメータの値」

( 1 ) B f / f = 3 . 9 6 1

( 2 ) | f 1 / f | = 4 . 7 3 6

( 3 ) f 2 / f = 5 . 7 2 0

( 4 ) = 5 9 . 8 °

( 5 ) f 1 B / f 1 = 0 . 6 3 3

( 6 ) ( N<sub>CBL1</sub> + N<sub>CBL3</sub> ) / 2 - N<sub>CBL2</sub> = 0 . 3 5 1

( 7 )  $\frac{C_{BL2}}{C_{BL1} + C_{BL3}} = 5 3 . 5 7$

( 8 )  $g_F - ( 0 . 6 4 3 8 - 0 . 0 0 1 6 8 2 ) = 0 . 0 3 7 5$

( 9 ) | f<sub>p</sub> / f 2 | = 1 1 . 6 0 1

( 1 0 ) F<sub>NO</sub> = 1 . 8。

40

## 【 0 1 1 8 】

条件 ( 4 ) の「」は半画角、条件 ( 1 0 ) の「 F<sub>NO</sub>」は F ナンバーで示す。

## 【 0 1 1 9 】

実施例 4 の投射用レンズを物体距離 : 8 1 8 mm にして、縮小側を評価した球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図 1 5 に、コマ収差の図を図 1 6 に示す。

## 【 0 1 2 0 】

図 1 7 に、実施例 5 の投射用レンズのレンズ構成を示す。

## 【 0 1 2 1 】

## 「実施例 5」

単位 mm

50

面番号 物面	R	D (1000.000)	N d	d	有効径	
1*	- 260.148	4.500	1.53159	55.7	55.210	
2*	74.823	7.090			47.295	
3*	- 895.060	5.561	1.53159	55.7	42.406	
4*	- 1366.626	(可変)			35.668	
5	116.334	1.700	1.85026	32.3	25.266	
6	21.224	14.050			18.160	
7	- 72.617	3.489	1.62299	58.1	17.659	
8	90.293	(可変)			17.087	10
9	151.431	6.223	1.56732	42.8	16.961	
10	- 66.836	(可変)			16.819	
11(F C)		18.000			13.000	
12	32.004	3.176	1.80518	25.5	12.071	
13	119.666	1.150			11.802	
14(絞り)		2.290			11.647	
15*	- 34.765	3.276	1.53159	55.7	11.513	
16*	- 44.118	17.586			11.272	
17	94.471	1.200	1.84666	23.8	11.300	
18	20.660	12.050	1.49700	81.6	11.567	20
19	- 16.670	1.230	1.85026	32.3	12.386	
20	- 30.628	0.300			13.793	
21	73.237	8.220	1.48749	70.7	15.511	
22	- 29.548	4.000			15.778	
23		23.000	1.51680	64.2	14.860	
24		7.000			13.240	
25		2.500	1.51680	64.2	12.490	
26		1.000			12.313	
像面					12.200	。
【 0 1 2 2 】						30
投射距離	1260.000	1000.000	637.000			
D 4	16.900	17.005	17.314			
D 8	17.525	17.589	17.750			
D 10	14.474	14.304	13.834			。
【 0 1 2 3 】						
「非球面データ」						
第 1 面						
K = - 166.5835、						
A 3 = - 3.469328 × 10 <sup>-5</sup> 、 A 4 = 1.014512 × 10 <sup>-5</sup> 、						
A 5 = - 3.338394 × 10 <sup>-8</sup> 、 A 6 = - 4.47005 × 10 <sup>-9</sup> 、						40
A 7 = - 1.256664 × 10 <sup>-12</sup> 、 A 8 = 1.261025 × 10 <sup>-12</sup> 、						
A 9 = 1.219598 × 10 <sup>-15</sup> 、 A 10 = - 6.107463 × 10 <sup>-17</sup> 、						
A 11 = 8.42708 × 10 <sup>-20</sup> 、 A 12 = - 4.992557 × 10 <sup>-20</sup> 、						
A 13 = - 3.246769 × 10 <sup>-23</sup> 、 A 14 = 1.292911 × 10 <sup>-23</sup> 、						
A 15 = - 6.324192 × 10 <sup>-27</sup> 、 A 16 = - 1.119032 × 10 <sup>-27</sup> 、						
A 17 = 4.87142 × 10 <sup>-31</sup> 、 A 18 = 2.120428 × 10 <sup>-33</sup> 、						
A 19 = - 6.297626 × 10 <sup>-36</sup> 、 A 20 = 9.124613 × 10 <sup>-36</sup>						。
【 0 1 2 4 】						
第 2 面						
K = - 10.11287、						50

$A_3 = 1.782989 \times 10^{-6}$ 、 $A_4 = 5.83138 \times 10^{-6}$ 、  
 $A_5 = 1.105838 \times 10^{-8}$ 、 $A_6 = 6.571375 \times 10^{-9}$ 、  
 $A_7 = 6.370932 \times 10^{-12}$ 、 $A_8 = -1.860725 \times 10^{-11}$ 、  
 $A_9 = -1.280512 \times 10^{-15}$ 、 $A_{10} = 1.544843 \times 10^{-14}$ 、  
 $A_{11} = -5.26963 \times 10^{-19}$ 、 $A_{12} = -5.956069 \times 10^{-18}$ 、  
 $A_{13} = 1.903526 \times 10^{-22}$ 、 $A_{14} = 9.660985 \times 10^{-22}$ 、  
 $A_{15} = 1.393773 \times 10^{-25}$ 、 $A_{16} = -2.480433 \times 10^{-26}$ 、  
 $A_{17} = 2.648205 \times 10^{-29}$ 、 $A_{18} = 1.403499 \times 10^{-30}$ 、  
 $A_{19} = -1.281192 \times 10^{-32}$ 、 $A_{20} = -2.084576 \times 10^{-33}$

【 0 1 2 5 】

10

第 3 面

$K = 400$ 、

$A_3 = 0$ 、 $A_4 = 4.042112 \times 10^{-6}$ 、  
 $A_5 = 0$ 、 $A_6 = 1.032643 \times 10^{-9}$ 、  
 $A_7 = 0$ 、 $A_8 = -1.594668 \times 10^{-13}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = -7.631891 \times 10^{-18}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = 4.148995 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = 2.98573 \times 10^{-23}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = 1.124841 \times 10^{-26}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = -1.736013 \times 10^{-30}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = -7.574587 \times 10^{-33}$

20

【 0 1 2 6 】

第 4 面

$K = 55.35923$ 、

$A_3 = 0$ 、 $A_4 = 8.146981 \times 10^{-6}$ 、  
 $A_5 = 0$ 、 $A_6 = -1.307317 \times 10^{-9}$ 、  
 $A_7 = 0$ 、 $A_8 = 1.634247 \times 10^{-12}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = 8.227149 \times 10^{-16}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = -1.700504 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = -2.310061 \times 10^{-22}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = -1.564436 \times 10^{-25}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = -1.222487 \times 10^{-29}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = 3.247617 \times 10^{-32}$

30

【 0 1 2 7 】

第 1 5 面

$K = -4.294806$ 、

$A_3 = 0$ 、 $A_4 = 5.57151 \times 10^{-5}$ 、  
 $A_5 = 0$ 、 $A_6 = 3.574903 \times 10^{-8}$ 、  
 $A_7 = 0$ 、 $A_8 = -4.187437 \times 10^{-10}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = -9.71675 \times 10^{-12}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = 1.122245 \times 10^{-13}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = -2.14451 \times 10^{-16}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = -5.473659 \times 10^{-18}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = -1.139223 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = 6.567263 \times 10^{-23}$

40

【 0 1 2 8 】

第 1 6 面

$K = 3.920396$ 、

$A_3 = 0$ 、 $A_4 = 7.484172 \times 10^{-5}$ 、  
 $A_5 = 0$ 、 $A_6 = 2.346997 \times 10^{-7}$ 、

50

$A_7 = 0$ 、 $A_8 = -4.047804 \times 10^{-9}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = 2.850956 \times 10^{-11}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = -1.014958 \times 10^{-14}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = -8.390488 \times 10^{-16}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = 8.290517 \times 10^{-19}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = 2.531712 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = -8.006146 \times 10^{-23}$ 。

## 【0129】

「各種データ」

焦点距離 : 8.235 10  
 Fナンバー : 1.80  
 半画角 : 55.8°  
 像高 : 12.200  
 BF : 28.759  
 レンズ全長 : 188.748。

## 【0130】

「条件式のパラメータの値」

(1)  $Bf/f = 3.492$   
 (2)  $|f_1/f| = 3.333$   
 (3)  $f_2/f = 5.000$  20  
 (4)  $= 55.8^\circ$   
 (5)  $f_1 B / f_1 = 0.655$   
 (6)  $(N_{CBL1} + N_{CBL3}) / 2 - N_{CBL2} = 0.351$   
 (7)  $_{CBL2} - (_{CBL1} + _{CBL3}) / 2 = 53.57$   
 (8)  $_{gF} - (0.6438 - 0.001682) = 0.0092$   
 (9)  $|f_p / f_2| = 8.528$   
 (10)  $F_{NO} = 1.8$ 。

## 【0131】

条件(4)の「」は半画角、条件(10)の「 $F_{NO}$ 」はFナンバーで示す。

## 【0132】

実施例5の投射用レンズを物体距離：1000mmにして、縮小側を評価した球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図18に、コマ収差の図を図19に示す。

## 【0133】

図20に、実施例6の投射用レンズのレンズ構成を示す。

## 【0134】

「実施例6」

単位 mm

面番号	R	D	Nd	d	有効径	
物面		(1000.000)				
1*	-305.502	4.750	1.53159	55.7	55.706	40
2*	74.530	7.100			47.731	
3*	-906.670	5.500	1.53159	55.7	42.596	
4*	-1683.610	(可変)			35.955	
5	133.070	1.700	1.85026	32.3	25.395	
6	22.167	14.563			18.484	
7	-75.679	3.500	1.62299	58.1	17.652	
8	94.042	(可変)			16.987	
9	165.176	5.706	1.62004	36.3	16.376	
10	-73.002	(可変)			16.188	
11(F C)		18.000			12.000	50

12	29.955	3.950	1.78472	25.7	11.805	
13	93.441	2.510			11.406	
14(絞リ)		1.170			11.000	
15*	- 38.217	3.680	1.53159	55.7	10.961	
16*	- 49.658	15.038			10.760	
17	148.523	1.834	1.80518	25.5	10.300	
18	21.004	12.710	1.49700	81.6	11.801	
19	- 16.162	1.690	1.85026	32.3	11.679	
20	- 27.873	0.300			14.389	
21	76.253	8.656	1.49700	81.6	16.359	10
22	- 30.517	4.000			16.611	
23		23.000	1.51680	64.2	15.443	
24		7.000			13.467	
25		2.500	1.51680	64.2	12.550	
26		1.000			12.335	
像面					12.200	。

## 【 0 1 3 5 】

投射距離	1260.000	1000.000	636.000			
D 4	17.075	17.186	17.498			
D 8	17.113	17.176	17.351			20
D 10	14.769	14.595	14.108		。	

## 【 0 1 3 6 】

「非球面データ」

## 第 1 面

K = - 152.0633、						
A 3 = - 3.680714 × 10 <sup>-5</sup> 、	A 4 = 1.011965 × 10 <sup>-5</sup> 、					
A 5 = - 3.35382 × 10 <sup>-8</sup> 、	A 6 = - 4.469892 × 10 <sup>-9</sup> 、					
A 7 = - 1.23709 × 10 <sup>-12</sup> 、	A 8 = 1.261347 × 10 <sup>-12</sup> 、					
A 9 = 1.2223 × 10 <sup>-15</sup> 、	A 10 = - 6.109285 × 10 <sup>-17</sup> 、					
A 11 = 8.285806 × 10 <sup>-20</sup> 、	A 12 = - 4.996563 × 10 <sup>-20</sup> 、					30
A 13 = - 3.334438 × 10 <sup>-23</sup> 、	A 14 = 1.291255 × 10 <sup>-23</sup> 、					
A 15 = - 6.599581 × 10 <sup>-27</sup> 、	A 16 = - 1.122852 × 10 <sup>-27</sup> 、					
A 17 = 4.478906 × 10 <sup>-31</sup> 、	A 18 = 2.273311 × 10 <sup>-33</sup> 、					
A 19 = 1.245241 × 10 <sup>-35</sup> 、	A 20 = 9.798952 × 10 <sup>-36</sup>				。	

## 【 0 1 3 7 】

## 第 2 面

K = - 11.01463、						
A 3 = 5.878604 × 10 <sup>-7</sup> 、	A 4 = 5.818462 × 10 <sup>-6</sup> 、					
A 5 = 1.089778 × 10 <sup>-8</sup> 、	A 6 = 6.569253 × 10 <sup>-9</sup> 、					
A 7 = 6.345917 × 10 <sup>-12</sup> 、	A 8 = - 1.860742 × 10 <sup>-11</sup> 、					40
A 9 = - 1.278041 × 10 <sup>-15</sup> 、	A 10 = 1.544858 × 10 <sup>-14</sup> 、					
A 11 = - 5.221055 × 10 <sup>-19</sup> 、	A 12 = - 5.955957 × 10 <sup>-18</sup> 、					
A 13 = 1.924553 × 10 <sup>-22</sup> 、	A 14 = 9.661293 × 10 <sup>-22</sup> 、					
A 15 = 1.405654 × 10 <sup>-25</sup> 、	A 16 = - 2.479199 × 10 <sup>-26</sup> 、					
A 17 = 2.643575 × 10 <sup>-29</sup> 、	A 18 = 1.406136 × 10 <sup>-30</sup> 、					
A 19 = - 1.290465 × 10 <sup>-32</sup> 、	A 20 = - 2.089746 × 10 <sup>-33</sup>				。	

## 【 0 1 3 8 】

## 第 3 面

K = 400、						
A 3 = 0、	A 4 = 3.921448 × 10 <sup>-6</sup> 、					50

$A_5 = 0$ 、 $A_6 = 1.014352 \times 10^{-9}$ 、  
 $A_7 = 0$ 、 $A_8 = -1.597866 \times 10^{-13}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = -5.19901 \times 10^{-18}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = 4.303596 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = 3.031833 \times 10^{-23}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = 1.120897 \times 10^{-26}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = -1.912861 \times 10^{-30}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = -7.723067 \times 10^{-33}$ 。

【 0 1 3 9 】

第 4 面

10

$K = 55.35923$ 、  
 $A_3 = 0$ 、 $A_4 = 7.790939 \times 10^{-6}$ 、  
 $A_5 = 0$ 、 $A_6 = -1.396436 \times 10^{-9}$ 、  
 $A_7 = 0$ 、 $A_8 = 1.602802 \times 10^{-12}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = 8.026152 \times 10^{-16}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = -2.782591 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = -2.268331 \times 10^{-22}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = -1.535319 \times 10^{-25}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = 3.797515 \times 10^{-30}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = 3.398452 \times 10^{-32}$ 。

20

【 0 1 4 0 】

第 1 5 面

$K = -4.915088$ 、  
 $A_3 = 0$ 、 $A_4 = 5.666693 \times 10^{-5}$ 、  
 $A_5 = 0$ 、 $A_6 = 3.528618 \times 10^{-8}$ 、  
 $A_7 = 0$ 、 $A_8 = -4.589505 \times 10^{-10}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = -9.633134 \times 10^{-12}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = 1.135412 \times 10^{-13}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = -2.165092 \times 10^{-16}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = -6.492946 \times 10^{-19}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = -1.195171 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = 7.286549 \times 10^{-23}$ 。

30

【 0 1 4 1 】

第 1 6 面

$K = 3.724294$ 、  
 $A_3 = 0$ 、 $A_4 = 7.541233 \times 10^{-5}$ 、  
 $A_5 = 0$ 、 $A_6 = 2.35543 \times 10^{-7}$ 、  
 $A_7 = 0$ 、 $A_8 = -4.025805 \times 10^{-9}$ 、  
 $A_9 = 0$ 、 $A_{10} = 2.825007 \times 10^{-11}$ 、  
 $A_{11} = 0$ 、 $A_{12} = -1.342769 \times 10^{-14}$ 、  
 $A_{13} = 0$ 、 $A_{14} = -8.44377 \times 10^{-16}$ 、  
 $A_{15} = 0$ 、 $A_{16} = 1.002724 \times 10^{-18}$ 、  
 $A_{17} = 0$ 、 $A_{18} = 2.685499 \times 10^{-20}$ 、  
 $A_{19} = 0$ 、 $A_{20} = -9.175461 \times 10^{-23}$ 。

40

【 0 1 4 2 】

「各種データ」

焦点距離 : 8 . 2 3 6

Fナンバー : 1 . 8 0

半画角 : 5 5 . 7 °

像高 : 1 2 . 2 0 0

50

B F : 28.803

レンズ全長 : 190.117

【0143】

「条件式のパラメータの値」

(1)  $Bf/f = 3.497$

(2)  $|f_1/f| = 3.459$

(3)  $f_2/f = 4.920$

(4)  $\theta = 55.7^\circ$

(5)  $f_{1B}/f_1 = 0.650$

(6)  $(N_{CBL1} + N_{CBL3})/2 - N_{CBL2} = 0.331$

(7)  $\sigma_{CBL2} - (\sigma_{CBL1} + \sigma_{CBL3})/2 = 52.73$

(8)  $g_F - (0.6438 - 0.001682) = 0.0375$

(9)  $|f_p/f_2| = 8.669$

(10)  $F_{NO} = 1.8$

【0144】

条件(4)の「 $\theta$ 」は半画角、条件(10)の「 $F_{NO}$ 」はFナンバーで示す。

【0145】

実施例6の投射用レンズを物体距離：1000mmにして、縮小側を評価した球面収差、非点収差、歪曲収差の図を図21に、コマ収差の図を図22に示す。

【0146】

上に挙げた実施例1～6の投射用レンズは何れも、拡大側から縮小側に向かって、負の屈折力を持つ第1レンズ群と、正の屈折力を持つ第2レンズ群とを上記順序に配してなり、縮小側にテレセントリックであり、第1レンズ群は、拡大側から縮小側に向かって順に、2枚の両面に非球面を有するレンズを含む1A群、縮小側に大きな曲率を持つ負レンズ、拡大側に大きな曲率を持つ負レンズの2枚のレンズを含む1B群、少なくとも1枚の正レンズを含む1C群からなり、前記第2レンズ群は、拡大側から縮小側に向かって順に、拡大側に大きな曲率を持つ正レンズ、非球面を有するレンズ、3枚のレンズが張り合わされた接合レンズ：CB、縮小側に大きな曲率を持つ正レンズが配置された構成を含んでおり、開口絞りを第2レンズ群の最も拡大側に配されたレンズ近傍に配置し、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、全系の焦点距離：f、第1

レンズ群の焦点距離： $f_1$ 、第2レンズ群の焦点距離： $f_2$ 、半画角(度)： $\theta$ が、条件

(1)  $3.0 < Bf/f < 5.0$

(2)  $2.5 < |f_1/f| < 6.0$

(3)  $4.5 < f_2/f < 7.0$

(4)  $50^\circ < \theta < 60^\circ$

を満足している(請求項1)。

【0147】

また、実施例1～6の投射用レンズは、上記1B群の焦点距離： $f_{1B}$ が、条件：

(5)  $0.5 < f_{1B}/f_1 < 1.1$

を満足している(請求項2)。

【0148】

また、実施例1～6の投射用レンズに配される接合レンズ：CBは、拡大側より順に、負の屈折力を持つレンズ：CBL1、両面が凸のレンズ：CBL2、メニスカス形状の負レンズ：CBL3の3枚のレンズから成っており、

前記3枚のレンズ：CBL1、CBL2、CBL3のd線に対するそれぞれの屈折率：

$N_{CBL1}$ 、 $N_{CBL2}$ 、 $N_{CBL3}$ 、アッベ数： $\sigma_{CBL1}$ 、 $\sigma_{CBL2}$ 、 $\sigma_{CBL3}$ 、が、条件：

(6)  $0.3 < (N_{CBL1} + N_{CBL3})/2 - N_{CBL2} < 0.5$

(7)  $35 < \sigma_{CBL2} - (\sigma_{CBL1} + \sigma_{CBL3})/2 < 70$

を満足している(請求項3)。

10

20

30

40

50

## 【0149】

また、実施例1～6の投射用レンズは、接合レンズ：CBの縮小側に配された正レンズのアップ数： $\gamma$ 、部分分散比： $g_F$ が、条件：

$$(8) \quad 0 < g_F - (0.6438 - 0.001682 \gamma) < 0.05$$

を満足している（請求項4）。

## 【0150】

また、実施例1～5の投射用レンズは、第2レンズ群内の非球面を有するレンズがプラスチックで形成され、その焦点距離： $f_P$ が、条件：

$$(9) \quad 7.0 < |f_P / f_2|$$

を満足している（請求項5）。

10

## 【0151】

また、実施例1～6の投射用レンズは、フォーカシングの際、1B群と1C群が光軸上を移動して行い（請求項6）、拡大側の共役点を遠距離から近距離方向へ移動させてフォーカシングする際、1B群と1C群の間隔は拡がり、共に縮小側に移動している（請求項7）。

## 【0152】

また、実施例1～6の投射用レンズは、レンズの明るさを表すFナンバー： $F_{NO}$ が、条件：

$$(10) \quad 1.7 < F_{NO} < 3.0$$

を満足している（請求項8）。

20

## 【0153】

従って、投射型画像表示装置は上記実施例1～6の投射用レンズを搭載することで、短い投射距離で明るく、高精細な画像を表示することが可能である（請求項10）。

## 【符号の説明】

## 【0154】

- I 第1レンズ群
- II 第2レンズ群
- S 開口絞り
- FC フレアカット絞り
- P プリズム
- CG カバーガラス
- MD 表示素子
- 1A 1A群
- 1B 1B群
- 1C 1C群
- CB 3枚接合レンズ

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0155】

【特許文献1】特開2007-147970号広報

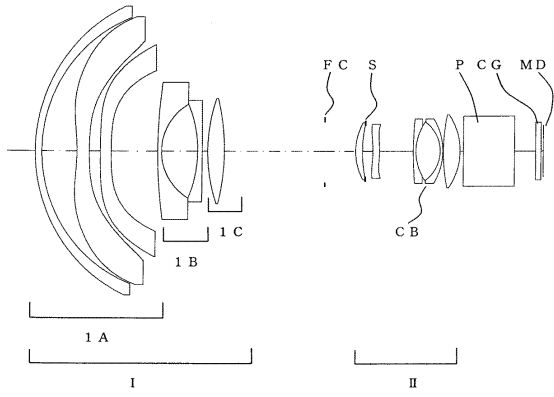
【特許文献2】特開2008-039877号広報

【特許文献3】特開2008-242237号広報

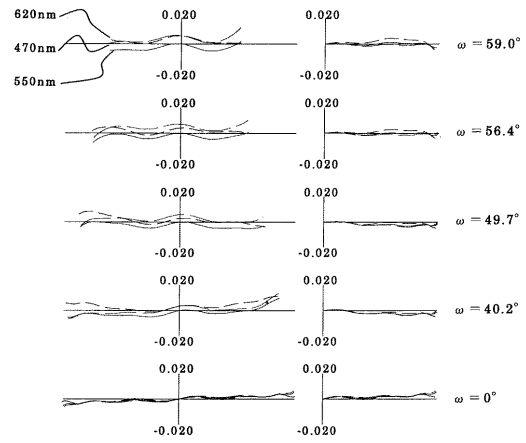
【特許文献4】特開2009-104048号広報

40

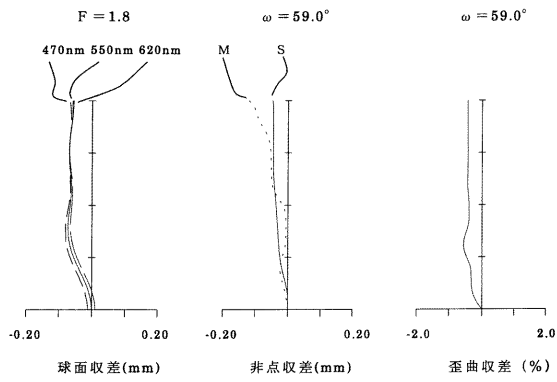
【図1】



【図3】

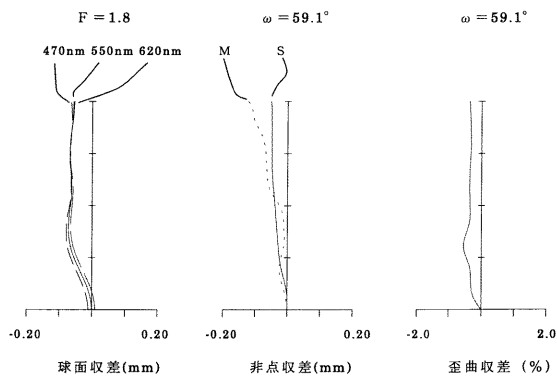


【図2】

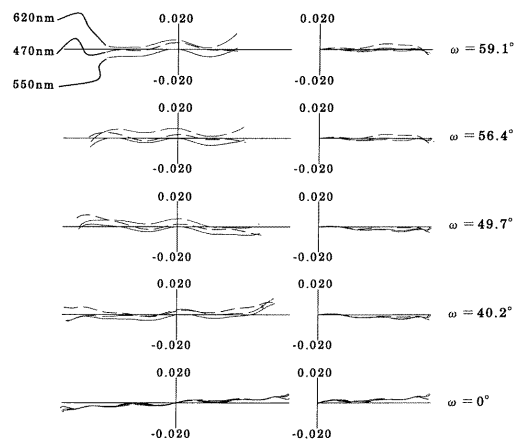


コマ収差(mm)

【図4】

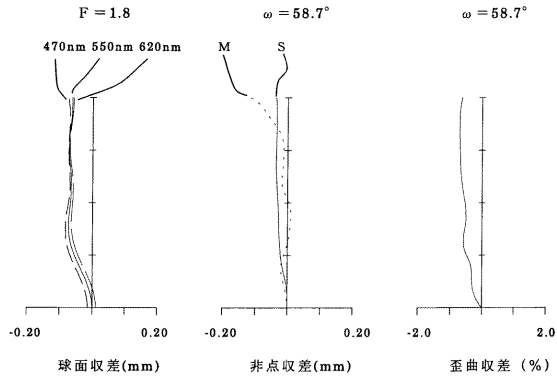


【図5】

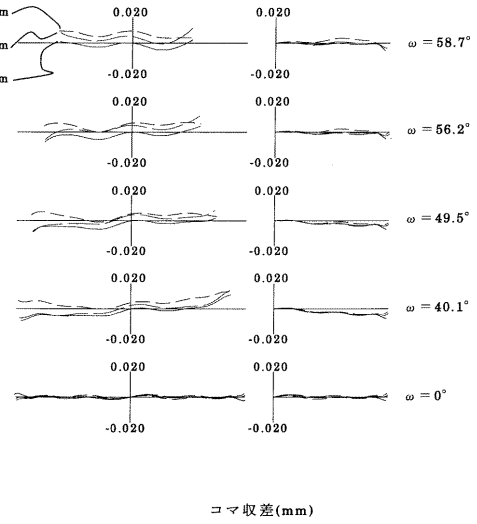


コマ収差(mm)

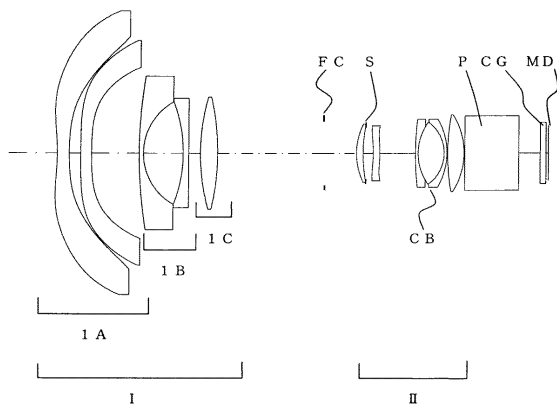
【図6】



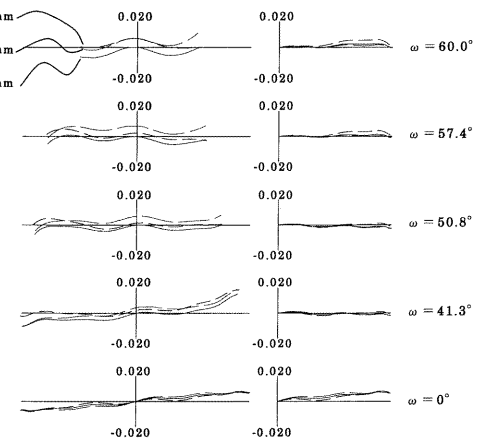
【図7】



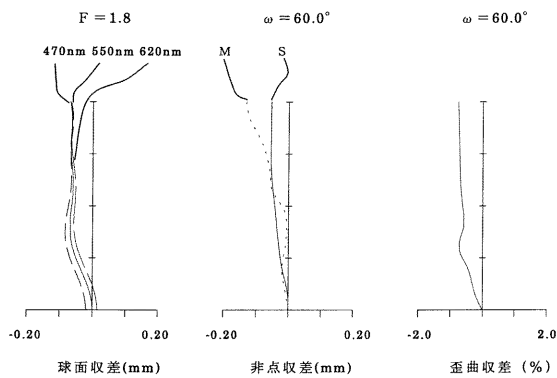
【図8】



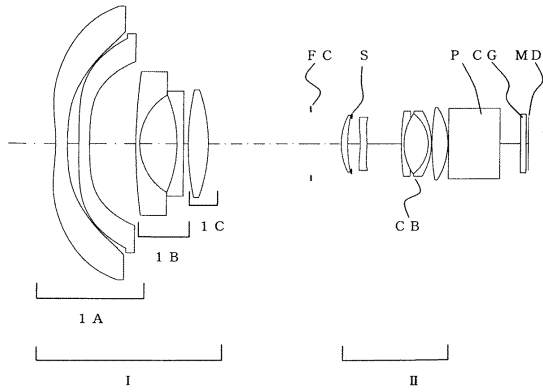
【図10】



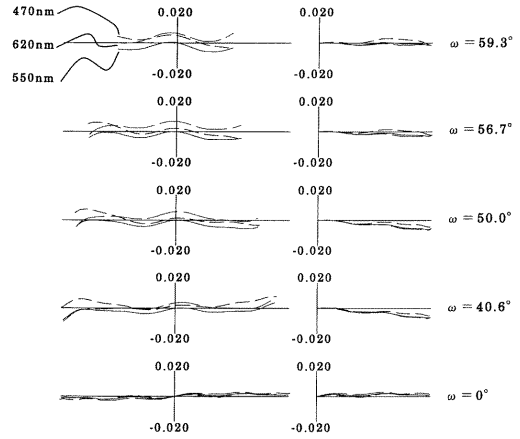
【図9】



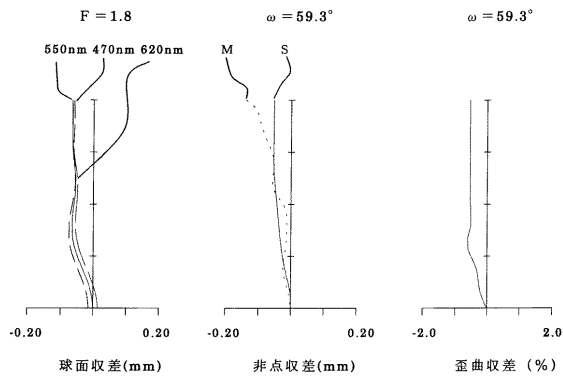
【図 1 1】



【図 1 3】

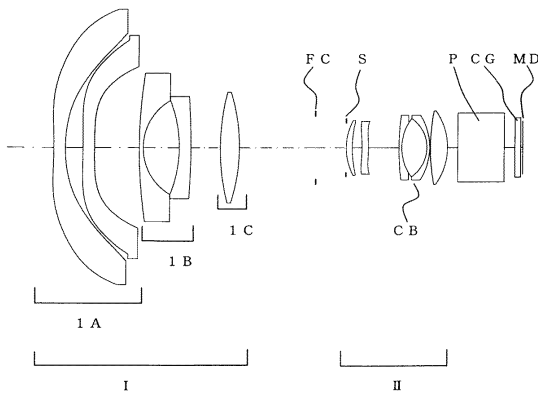


【図 1 2】

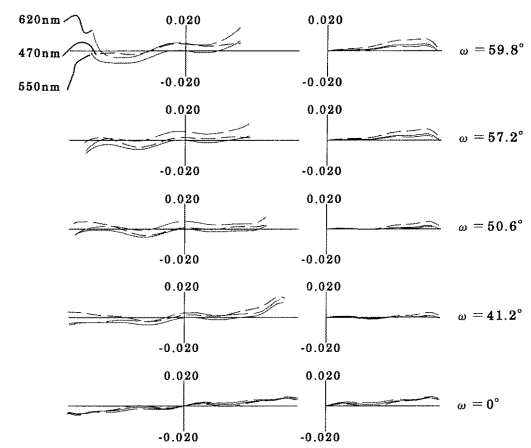


コマ収差(mm)

【図 1 4】

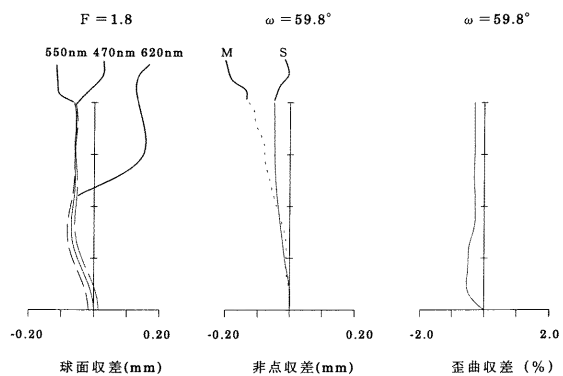


【図 1 6】

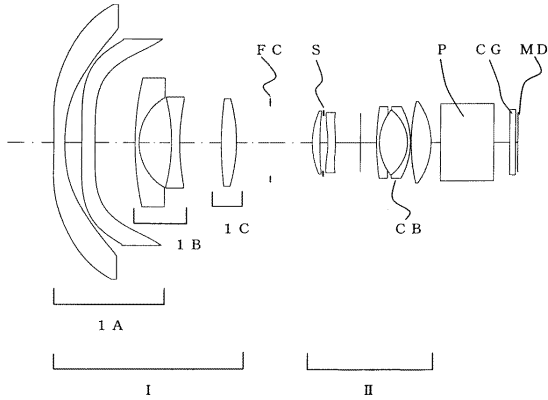


コマ収差(mm)

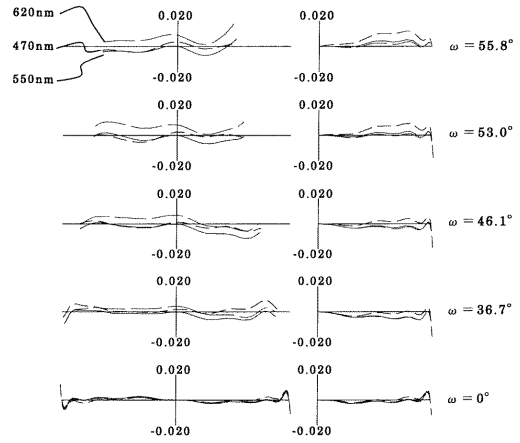
【図 1 5】



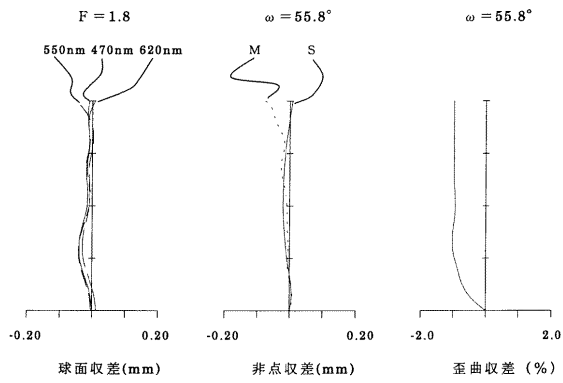
【図17】



【図19】

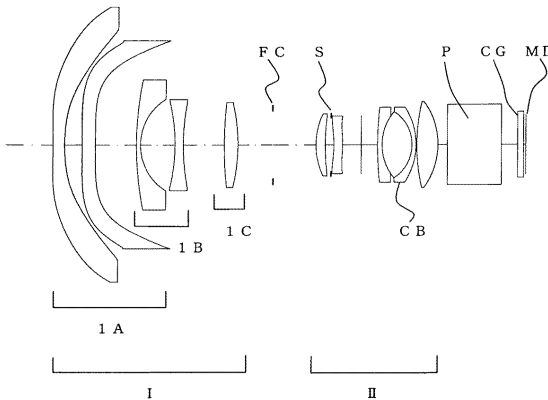


【図18】

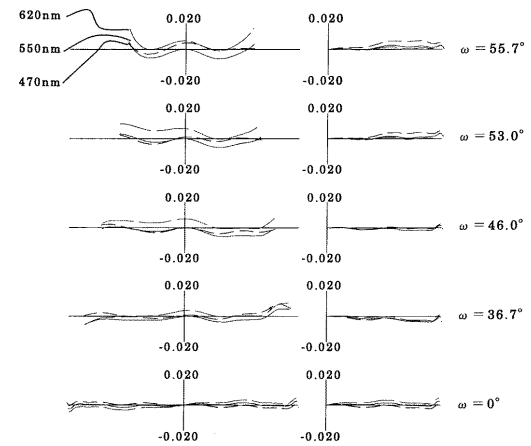


コマ収差(mm)

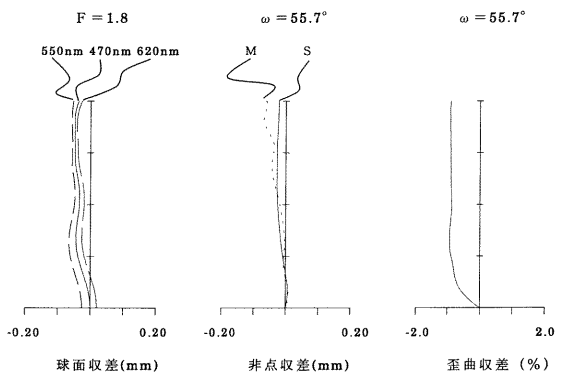
【図20】



【図22】



【図21】



コマ収差(mm)

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-085732(JP,A)  
特開2010-113193(JP,A)  
特開2010-151919(JP,A)  
特開2009-116106(JP,A)  
特開2008-287181(JP,A)  
特開2008-249842(JP,A)  
特開2006-078535(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 13/00 - 13/26