

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7081418号
(P7081418)

(45)発行日 令和4年6月7日(2022.6.7)

(24)登録日 令和4年5月30日(2022.5.30)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	15/20 (2006.01)	G 0 2 B	15/20
G 0 2 B	13/18 (2006.01)	G 0 2 B	13/18
G 0 2 B	13/16 (2006.01)	G 0 2 B	13/16
G 0 3 B	21/00 (2006.01)	G 0 3 B	21/00
G 0 3 B	21/14 (2006.01)	G 0 3 B	21/14

F I

E
Z
請求項の数 10 (全32頁)

(21)出願番号	特願2018-174993(P2018-174993)
(22)出願日	平成30年9月19日(2018.9.19)
(65)公開番号	特開2020-46539(P2020-46539A)
(43)公開日	令和2年3月26日(2020.3.26)
審査請求日	令和3年7月7日(2021.7.7)

(73)特許権者	000002369
	セイコーホームズ株式会社
	東京都新宿区新宿四丁目1番6号

(74)代理人	100179475
	弁理士 仲井 智至
(74)代理人	100216253
	弁理士 松岡 宏紀
(74)代理人	100225901
	弁理士 今村 真之
(72)発明者	塩川 浩司
	長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
	コーホームズ株式会社内
(72)発明者	坂井 俊彦
	長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
	コーホームズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投写光学系および投写型画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

投写倍率を変化させるズーム機能を備え、最も縮小側に位置する縮小側レンズにテレンズトリック光学系からの光線が導入され、広角端における最大半画角が25°以上、40°以下の投写光学系において、

拡大側から前記縮小側に向かって順番に、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、第6レンズ群、および第7レンズ群からなり、

前記第1レンズ群および前記第7レンズ群は、前記投写倍率を変化させる際に固定され、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群、前記第5レンズ群、および前記第6レンズ群は、前記投写倍率を変化させる際に光軸に沿って移動し、

前記第2レンズ群は、1枚の正レンズからなり、

前記第3レンズ群は、1枚の正レンズからなり、

前記第4レンズ群は、1枚または2枚の正レンズと、前記拡大側の面および前記縮小側の面がそれぞれ前記拡大側に曲率中心を有する1枚の負レンズからなり、

前記第5レンズ群は、前記拡大側の面および前記縮小側の面がそれ非球面でありかつ前記縮小側に曲率中心を有する1枚の負レンズからなり、

広角端における最大半画角をとし、前記広角端の全系焦点距離をf_w、望遠端の全系焦点距離をf_t、前記第1レンズ群の焦点距離をf_1、前記第5レンズ群の焦点距離をf_5とし、前記広角端のFNOをF_Nw、前記望遠端のFNOをF_Ntとし、前記第2レンズ群の正レンズの屈折率をn_d2とし、前記第4レンズ群の最も前記拡大側に位置する正レ

ンズの屈折率を n_{d41} 、アッベ数を 41 とし、前記第4レンズ群の負レンズの屈折率を n_{d42} 、前記第4レンズ群の負レンズのアッベ数を 42 としたときに、以下の条件式(1)～(8)を満足し、

13枚以下のレンズからなることを特徴とする投写光学系。

$$1.2 < |f_1 / f_w| < 1.5 \quad (1)$$

$$1.4 < f_t / f_w < 1.8 \quad (2)$$

$$1.4 < F_{Nw} < 1.8 \quad (3)$$

$$1.05 < F_{Nt} / F_{Nw} < 1.25 \quad (4)$$

$$1.5 < |f_5 / f_w| < 3.5 \quad (5)$$

$$1.75 < n_{d2} < 2.0 \quad (6)$$

$$0.2 < n_{d42} - n_{d41} < 0.5 \quad (7)$$

$$2.0 < 41 - 42 < 7.0 \quad (8)$$

10

【請求項2】

請求項1に記載の投写光学系であって、

前記第2レンズ群の正レンズのコバ厚みが 1mm となるときのレンズ径を D_2 、前記第2レンズ群の正レンズの中心肉厚を t_2 とし、前記第3レンズ群の正レンズのコバ厚みが 1mm となるときのレンズ径を D_3 、前記第3レンズ群の正レンズの中心肉厚を t_3 としたときに、以下の条件式(9)および条件式(10)を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$5 < D_2 / t_2 < 15 \quad (9)$$

$$6 < D_3 / t_3 < 15 \quad (10)$$

20

【請求項3】

請求項1または2に記載の投写光学系であって、

前記第5レンズ群の負レンズの屈折率を n_{d5} 、前記第5レンズ群の負レンズの g 線と F 線の部分分散比を P_{g5} としたときに、以下の条件式(11)および条件式(12)を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$1.65 < n_{d5} < 1.85 \quad (11)$$

$$0.53 < P_{g5} < 0.61 \quad (12)$$

【請求項4】

請求項1から3のいずれか一項に記載の投写光学系であって、

前記第6レンズ群は、2枚のレンズを接合した1つの接合レンズを備え、

30

前記接合レンズは、前記拡大側から前記縮小側に向かって順番に、負レンズと、正レンズとからなり、

前記接合レンズの負レンズの d 線の屈折率を n_{d61} 、前記接合レンズの負レンズのアッベ数を d_{61} 、前記接合レンズの正レンズの d 線の屈折率を n_{d62} 、前記接合レンズの正レンズのアッベ数を d_{62} としたときに、以下の条件式(13)および条件式(14)を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$0.2 < n_{d61} - n_{d62} < 0.5 \quad (13)$$

$$3.0 < d_{62} - d_{61} < 7.0 \quad (14)$$

【請求項5】

請求項1から4のいずれか一項に記載の投写光学系であって、

40

前記第2レンズ群の正レンズの d 線の屈折率を n_{d2} 、前記第2レンズ群の正レンズのアッベ数を d_2 、前記第3レンズ群の正レンズの d 線の屈折率を n_{d3} 、前記第3レンズ群の正レンズのアッベ数を d_3 としたときに、以下の条件式(15)および条件式(16)を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$0 < n_{d2} - n_{d3} < 0.35 \quad (15)$$

$$|d_2 - d_3| < 3.0 \quad (16)$$

【請求項6】

請求項1から5のいずれか一項に記載の投写光学系であって、

前記第1レンズ群の最も前記拡大側の第1レンズの前記拡大側の面および前記縮小側の面のそれぞれは、非球面であり、かつ、近軸の曲率中心が前記拡大側にあり、サグ量の向き

50

が面内で変わることを特徴とする投写光学系。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の投写光学系であって、
前記第 7 レンズ群は、1 枚の正レンズからなり、

前記第 7 レンズ群の正レンズの g 線と F 線の部分分散比を $P g F 1$ 、前記第 7 レンズ群の正レンズのアッベ数を $d F 1$ としたときに、以下の条件式(17)を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$P g F 1 > -0.0016 \times d F 1 + 0.62 \quad (17)$$

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の投写光学系であって、
前記第 1 レンズ群は、少なくとも 2 枚の負レンズを備え、

前記第 1 レンズ群が備える負レンズのうちの最も前記縮小側に配置された縮小側負レンズは、前記拡大側の面および前記縮小側の面がそれぞれ凹面であり、
縮小側負レンズのアッベ数を $d 1 3$ としたときに、以下の条件式(18)を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$6.0 < d 1 3 < 9.5 \quad (18)$$

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の投写光学系であって、
広角端のバックフォーカスの空気換算長を $B F$ とした場合に、以下の条件式(19)を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$1.4 < B F / f w < 2.0 \quad (19)$$

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の投写光学系と、
前記投写光学系のバックフォーカスの位置に配置された画像表示素子と、
を有することを特徴とする投写型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ズーム機能を備える投写光学系、およびズーム機能を備える投写光学系を搭載する投写型画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

プロジェクターなどの投写型画像表示装置に搭載される投写光学系は特許文献 1 に記載されている。同文献の投写光学系は、投写倍率を変化させるズーム機能を備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2015-135392 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ズーム機能を備える投写光学系では、レンズの枚数が比較的多くなる。例えば、特許文献 1 の投写光学系は、14 枚以上のレンズを備える。ここで、光学的な性能を確保しながら、レンズ枚数を減らすことができれば、投写光学系の製造コストを抑制することが容易となる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、投写倍率を変化させるズーム機能を備え、最も縮小側に位置する縮小側レンズにテレセントリック光学系からの光線が導入され、広角端における最大半画角が 25° 以上、 40° 以下の投写光学系において、拡大側から前記縮小側に向かって順番に、第 1 レンズ

10

20

30

40

50

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、第6レンズ群、および第7レンズ群からなり、前記第1レンズ群および前記第7レンズ群は、前記投写倍率を変化させる際に固定され、前記第2レンズ群、前記第3レンズ群、前記第4レンズ群、前記第5レンズ群、および前記第6レンズ群は、前記投写倍率を変化させる際に光軸に沿って移動し、前記第2レンズ群は、1枚の正レンズからなり、前記第3レンズ群は、1枚の正レンズからなり、前記第4レンズ群は、1枚または2枚の正レンズと、前記拡大側の面および前記縮小側の面がそれぞれ前記拡大側に曲率中心を有する1枚の負レンズからなり、前記第5レンズ群は、前記拡大側の面および前記縮小側の面がそれぞれ非球面かつ前記縮小側に曲率中心を有する1枚の負レンズからなり、広角端における最大半画角をとし、前記広角端の全系焦点距離を f_w 、望遠端の全系焦点距離を f_t 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第5レンズ群の焦点距離を f_5 とし、前記広角端のFNOを F_Nw 、前記望遠端のFNOを F_Nt とし、前記第2レンズ群の正レンズの屈折率を n_{d2} とし、前記第4レンズ群の最も前記拡大側に位置する正レンズの屈折率を n_{d41} 、アッペ数を 41 とし、前記第4レンズ群の負レンズの屈折率を n_{d42} 、前記第4レンズ群の負レンズのアッペ数を 42 とし、広角端における最大半画角をとしたときに、以下の条件式(1)～(8)を満足し、13枚以下のレンズからなることを特徴とする。

$$1.2 < |f_1 / f_w| < 1.5 \quad (1)$$

$$1.4 < f_t / f_w < 1.8 \quad (2)$$

$$1.4 < F_Nw < 1.8 \quad (3)$$

$$1.05 < F_Nt / F_Nw < 1.25 \quad (4)$$

$$1.5 < |f_5 / f_w| < 3.5 \quad (5)$$

$$1.75 < n_{d2} < 2.0 \quad (6)$$

$$0.2 < n_{d42} - n_{d41} < 0.5 \quad (7)$$

$$2.0 < 41 - 42 < 7.0 \quad (8)$$

【0006】

本発明において、前記第2レンズ群の正レンズのコバ厚みが1mmとなるときのレンズ径を D_2 、前記第2レンズ群の正レンズの中心肉厚を t_2 とし、前記第3レンズ群の正レンズのコバ厚みが1mmとなるときのレンズ径を D_3 、前記第3レンズ群の正レンズの中心肉厚を t_3 としたときに、以下の条件式(9)および条件式(10)を満たすことが望ましい。

$$5 < D_2 / t_2 < 15 \quad (9)$$

$$6 < D_3 / t_3 < 15 \quad (10)$$

【0007】

本発明において、前記第5レンズ群の負レンズの屈折率を n_{d5} 、前記第5レンズ群の負レンズのg線とF線の部分分散比を P_{g5} としたときに、以下の条件式(11)および条件式(12)を満たすことが望ましい。

$$1.65 < n_{d5} < 1.85 \quad (11)$$

$$0.53 < P_{g5} < 0.61 \quad (12)$$

【0008】

本発明において、前記第6レンズ群は、2枚のレンズを接合した1つの接合レンズを備え、前記接合レンズは、前記拡大側から前記縮小側に向かって順番に、負レンズと、正レンズとからなり、前記接合レンズの負レンズのd線の屈折率を n_{d61} 、前記接合レンズの負レンズのアッペ数を d_{61} 、前記接合レンズの正レンズのd線の屈折率を n_{d62} 、前記接合レンズの正レンズのアッペ数を d_{62} としたときに、以下の条件式(13)および条件式(14)を満たすことが望ましい。

$$0.2 < n_{d61} - n_{d62} < 0.5 \quad (13)$$

$$3.0 < d_{62} - d_{61} < 7.0 \quad (14)$$

【0009】

本発明において、前記第2レンズ群の正レンズのd線の屈折率を n_{d2} 、前記第2レンズ群の正レンズのアッペ数を d_2 、前記第3レンズ群の正レンズの屈折率を n_{d3} 、前記

10

20

30

40

50

第3レンズ群の正レンズのアッペ数を d_3 としたときに、以下の条件式(15)および条件式(16)を満たすことが望ましい。

$$0 < n_{d2} - n_{d3} < 0.35 \quad (15)$$

$$|d_2 - d_3| < 30 \quad (16)$$

【0010】

本発明において、前記第1レンズ群の最も前記拡大側の第1レンズの前記拡大側の面および前記縮小側の面のそれぞれは、非球面であり、かつ、近軸の曲率中心が前記拡大側にあり、サゲ量の向きが面内で変わることが望ましい。

【0011】

本発明において、前記第7レンズ群は、1枚の正レンズからなり、前記第7レンズ群の正レンズのg線とF線の部分分散比を P_{gF1} 、前記第7レンズ群の正レンズのアッペ数を d_{F1} としたときに、以下の条件式(17)を満たすことが望ましい。

$$P_{gF1} > -0.0016 \times d_{F1} + 0.62 \quad (17)$$

【0012】

本発明において、前記第1レンズ群は、少なくとも2枚の負レンズを備え、前記第1レンズ群が備える負レンズのうちの最も前記縮小側に配置された縮小側負レンズは、前記拡大側の面および前記縮小側の面がそれぞれ凹面であり、縮小側負レンズのアッペ数を d_{13} としたときに、以下の条件式(18)を満たすことが望ましい。

$$60 < d_{13} < 95 \quad (18)$$

【0013】

本発明において、広角端のバックフォーカスの空気換算長を B_F とした場合に、以下の条件式(19)を満たすことが望ましい。

$$1.4 < B_F / f_w < 2.0 \quad (19)$$

【0014】

また、本発明の投写型画像表示装置は、上記の投写光学系と、前記投写光学系のバックフォーカスの位置に配置された画像表示素子と、を有することを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】投写光学系を備える投写型画像表示装置の概略構成を示す図である。

【図2】実施例1の投写光学系の広角端におけるレンズ構成図である。

【図3】実施例1の投写光学系の望遠端におけるレンズ構成図である。

【図4】実施例1の投写光学系の広角端における諸収差図である。

【図5】実施例1の投写光学系の望遠端における諸収差図である。

【図6】実施例2の投写光学系の広角端におけるレンズ構成図である。

【図7】実施例2の投写光学系の望遠端におけるレンズ構成図である。

【図8】実施例2の投写光学系の広角端における諸収差図である。

【図9】実施例2の投写光学系の望遠端における諸収差図である。

【図10】実施例3の投写光学系の広角端におけるレンズ構成図である。

【図11】実施例3の投写光学系の望遠端におけるレンズ構成図である。

【図12】実施例3の投写光学系の広角端における諸収差図である。

【図13】実施例3の投写光学系の望遠端における諸収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下に図面を参照して、投写光学系および投写光学系を備える投写型画像表示装置の実施の形態を詳細に説明する。

【0017】

(投写型画像表示装置)

図1は投写光学系を備える投写型画像表示装置の概略構成図である。図1に示すように、投写型画像表示装置1は、スクリーンSに投写する画像光を生成する画像形成部2と、画像光を拡大して投写する投写光学系3と、画像形成部2の動作を制御する制御部4とを備

10

20

30

40

50

える。

【0018】

(画像光生成光学系および制御部)

画像形成部2は、光源10、第1インテグレーターレンズ11、第2インテグレーターレンズ12、偏光変換素子13、重畠レンズ14を備える。光源10は、例えば、超高压水銀ランプ、固体光源等で構成される。第1インテグレーターレンズ11および第2インテグレーターレンズ12は、アレイ状に配列された複数のレンズ素子をそれぞれ有する。第1インテグレーターレンズ11は、光源10からの光束を複数に分割する。第1インテグレーターレンズ11の各レンズ素子は、光源10からの光束を第2インテグレーターレンズ12の各レンズ素子の近傍に集光させる。

10

【0019】

偏光変換素子13は、第2インテグレーターレンズ12からの光を所定の直線偏光に変換させる。重畠レンズ14は、第1インテグレーターレンズ11の各レンズ素子の像を、第2インテグレーターレンズ12を介して、後述する液晶パネル18R、液晶パネル18Gおよび、液晶パネル18Bの表示領域上で重畠させる。

【0020】

また、画像形成部2は、第1ダイクロイックミラー15、反射ミラー16およびフィールドレンズ17R、および、液晶パネル18Rを備える。第1ダイクロイックミラー15は、重畠レンズ14から入射した光線の一部であるR光を反射させ、重畠レンズ14から入射した光線の一部であるG光およびB光を透過させる。第1ダイクロイックミラー15で反射されたR光は、反射ミラー16およびフィールドレンズ17Rを経て、液晶パネル18Rへ入射する。液晶パネル18Rは画像表示素子である。液晶パネル18RはR光を画像信号に応じて変調することにより、赤色の投写光を形成する。

20

【0021】

さらに、画像形成部2は、第2ダイクロイックミラー21、フィールドレンズ17G、および、液晶パネル18Gを備える。第2ダイクロイックミラー21は、第1ダイクロイックミラー15からの光線の一部であるG光を反射させ、第1ダイクロイックミラー15からの光線の一部であるB光を透過させる。第2ダイクロイックミラー21で反射されたG光は、フィールドレンズ17Gを経て、液晶パネル18Gへ入射する。液晶パネル18GはG光を画像信号に応じて変調することにより、緑色の投写光を形成する。

30

【0022】

また、画像形成部2は、リレーレンズ22、反射ミラー23、リレーレンズ24、反射ミラー25、およびフィールドレンズ17B、および、液晶パネル18Bを備える。第2ダイクロイックミラー21を透過したB光は、リレーレンズ22、反射ミラー23、リレーレンズ24、反射ミラー25、およびフィールドレンズ17Bを経て、液晶パネル18Bへ入射する。液晶パネル18Bは画像表示素子である。液晶パネル18BはB光を画像信号に応じて変調することにより、青色の投写光を形成する。

【0023】

液晶パネル18R、液晶パネル18G、および、液晶パネル18Bは、クロスダイクロイックプリズム19を3方向から囲んでいる。クロスダイクロイックプリズム19は、光合成用のプリズムであり、各液晶パネル18R、18G、18Bで変調された各色光を合成して画像光を生成する。

40

【0024】

ここで、クロスダイクロイックプリズム19は投写光学系3の一部分を構成する。投写光学系3は、クロスダイクロイックプリズム19が合成した画像光をスクリーンSに拡大して投写する。

【0025】

制御部4は、ビデオ信号等の外部画像信号が入力される画像処理部6と、画像処理部6から出力される画像信号に基づいて液晶パネル18R、液晶パネル18Gおよび液晶パネル18Bを駆動する表示駆動部7とを備える。

50

【0026】

画像処理部6は、外部の機器から入力された画像信号を各色の諧調等を含む画像信号に変換する。表示駆動部7は、画像処理部6から出力された各色の投写画像信号に基づいて液晶パネル18R、液晶パネル18Gおよび液晶パネル18Bを動作させる。これにより、画像処理部6は、画像信号に対応した投写画像を液晶パネル18R、液晶パネル18Gおよび液晶パネル18Bに表示する。

【0027】

なお、本例では、画像表示素子として液晶パネル18R、18G、18Bを用いているが、画像表示素子の構成はこれに限定されない。画像表示素子としては、一般に、画像信号に応じて入射光を変調するものであればよく、マイクロミラー型光変調装置などを用いてもよい。マイクロミラー型光変調装置としては、例えば、DMD（デジタルマイクロミラーデバイス）を用いることができる。さらに、画像表示素子は透過型液晶パネルに限定されず、反射型液晶ライトバルブであってもよく、例えば、LCOS（Liquid Crystal On Silicon）などを用いることができる。

10

【0028】

(投写光学系)

次に、投写光学系3を説明する。投写光学系3は、広角端において、縮小側の像面（液晶パネル18R、18G、18B）に形成された像を、最大半画角が25°以上、40°以下の範囲で拡大側の像面（スクリーンS）に拡大投写する。以下では、投写型画像表示装置1に搭載される投写光学系3の構成例として実施例1～3を説明する。いずれの実施例においても、投写光学系の広角端における最大半画角は25°以上、40°以下の範囲に収まっている。

20

【0029】

(実施例1)

図2および図3は実施例1の投写光学系の構成図である。図2では、実施例1の投写光学系を構成する各レンズは焦点距離を最短とする広角端に配置されている。図3では実施例1の投写光学系を構成する各レンズは、焦点距離を最長とする望遠端に配置されている。

【0030】

図2、図3に示すように、本例の投写光学系3Aは12枚のレンズL1～L12からなる。すなわち、投写光学系3Aは、スクリーンSが位置する拡大側から液晶パネル18が位置する縮小側に向かって順番に、第1レンズL1～第12レンズL12（縮小側レンズ）を備える。また、投写光学系3Aは、拡大側から縮小側に向かって順番に、第1レンズ群LG1、第2レンズ群LG2、第3レンズ群LG3、第4レンズ群LG4、第5レンズ群LG5、第6レンズ群LG6、および、第7レンズ群LG7からなる。第1レンズ群LG1および第5レンズ群LG5は、負のパワーを有する。第2レンズ群LG2、第3レンズ群LG3、第4レンズ群LG4、第6レンズ群LG6、および第7レンズ群LG7は、正のパワーを有する。従って、投写光学系3Aの各レンズ群LG1～LG7のパワーは、拡大側から縮小側に向かって順番に、負、正、正、正、負、正、正である。投写光学系3Aを構成する各レンズL1～L12の材質としては、例えば、ガラスや樹脂などが挙げられる。

30

【0031】

また、投写光学系3Aは、投写倍率を変化させるズーム機能を備える。投写倍率を変化させる変倍時には、第2レンズ群LG2、第3レンズ群LG3、第4レンズ群LG4、第5レンズ群LG5、および第6レンズ群LG6は、光軸Lに沿って移動する。一方、第1レンズ群LG1および第7レンズ群LG7は固定されており、変倍時には移動しない。なお、フォーカス時には、第1レンズ群LG1を光軸Lに沿って移動させる。

40

【0032】

液晶パネル18は、投写光学系3Aのバックフォーカスの位置にある。第7レンズ群LG7と液晶パネル18との間には、クロスダイクロイックプリズム19が位置する。液晶パネル18およびクロスダイクロイックプリズム19はテレセントリック光学系28を構成

50

する。従って、最も縮小側に位置する第12レンズL12には、テレセントリック光学系28からの光線が導入される。換言すれば、液晶パネル18から第12レンズまでの光路は、光軸Lに対してテレセントリック、或いは、略テレセントリックである。

【0033】

第1レンズ群LG1は、拡大側から縮小側に向かって順番に、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3（縮小側負レンズ）の3枚のレンズからなる。第1レンズ群LG1は、少なくとも2枚の負レンズを備える。本例では、第1レンズL1、第2レンズL2および第3レンズL3は、負レンズである。

【0034】

第1レンズL1は、樹脂製であり、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面である。第1レンズL1の拡大側の面は、近軸の曲率中心が拡大側にあり、サゲ量の向きが面内で変わる。第1レンズL1の縮小側の面は、近軸の曲率中心が拡大側にあり、サゲ量の向きが面内で変わる。第1レンズL1は、投写光学系3Aを構成する他のレンズL2～L12よりも有効径が大きい。第2レンズL2は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズである。第3レンズL3は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ凹面である。

10

【0035】

第2レンズ群LG2は、第4レンズL4からなる。第4レンズL4は、正レンズである。第3レンズ群LG3は、第5レンズL5からなる。第5レンズL5は正レンズである。第4レンズ群LG4は、第6レンズL6および第7レンズL7からなる。第6レンズL6は正レンズである。第7レンズL7は、負レンズである。第7レンズL7の拡大側の面は、拡大側に曲率中心を有する。第7レンズL7の縮小側の面は、拡大側に曲率中心を有する。第6レンズL6と第7レンズL7とは互いに接合された第1接合レンズC1である。

20

【0036】

第5レンズ群LG5は、第8レンズL8からなる。第8レンズL8は、負レンズである。第8レンズL8は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面である。第8レンズL8の拡大側の面は、縮小側に曲率中心を有する。第8レンズL8の縮小側の面は、縮小側に曲率中心を有する。ここで、第8レンズL8は、投写光学系3Aを構成する他のレンズL1～L7、L9～L12と比較して、有効径が小さい。第6レンズ群LG6は、第9レンズL9、第10レンズL10、および第11レンズL11からなる。第9レンズL9は負レンズであり、第10レンズL10は正レンズであり、第11レンズL11は正レンズである。第9レンズL9と第10レンズL10とは互いに接合された第2接合レンズC2である。第7レンズ群LG7は、第12レンズL12からなる。第12レンズL12は正レンズである。

30

【0037】

投写光学系3Aのデータは以下のとおりである。本例では、基準波長を587.56nmとする。焦点距離f、バックフォーカス（空気換算長）BF、有効像円径の単位はmmである。FNOはFナンバーである。

【0038】

広角端 望遠端

f (焦点距離)	18.21	29.09
FNO	1.54	1.78
BF(in air)	31.14	31.14
有効像円径	22.00	22.00
(半画角)	31.5°	20.9°

40

【0039】

また、投写光学系3Aを構成する各レンズL1～L12のレンズデータは以下の通りである。レンズは、各レンズに付した符号である。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。*を付した面番号の面は非球面である。面番号S0は拡大側結像面であるスクリーンSである。面番号S23および面番号S24は、画像表示素子（液晶パネル18R、18G、18B）と第12レンズL12の面番号S22との間の光路上に配置される光学

50

部材を同一材質の平面ガラスとして換算した挿入物の拡大側および縮小側の面である。画像表示素子（液晶パネル 18R、18G、18B）と第12レンズ L12 の面番号 S22 との間の光路上に配置される光学部材としては、例えば、クロスダイクロイックプリズム 19 などが挙げられる。R は曲率半径であり、単位は mm である。d は軸上面間隔であり、単位は mm である。nd は屈折率である。d はアッベ数である。軸上面間隔 A はスクリーン S と第1レンズ群 LG1 との間の距離である。軸上面間隔 B は第1レンズ群 LG1 と第2レンズ群 LG2 との間の距離である。軸上面間隔 C は第2レンズ群 LG2 と第3レンズ群 LG3 との間の距離である。軸上面間隔 D は第3レンズ群 LG3 と第4レンズ群 LG4 との間の距離である。軸上面間隔 E は第4レンズ群 LG4 と第5レンズ群 LG5 との間の距離である。軸上面間隔 F は第5レンズ群 LG5 と第6レンズ群 LG6 との間の距離である。軸上面間隔 G は第6レンズ群 LG6 と第7レンズ群 LG7 との間の距離である。軸上面間隔 B～G は、変倍時に変化する。

10

【0040】

レンズ	面番号	R	D	nd	d
S0	INFINITY	A			
L1	S1*	-41.540	3.500	1.53110	55.91
S2*	-42.420	0.300			
L2	S3	93.650	1.600	1.48749	70.24
S4	21.120	10.012			
L3	S5	-40.300	1.200	1.49700	81.55
S6	50.680	B			
L4	S7	132.100	3.800	1.83400	37.16
S8	-110.340	C			
L5	S9	48.078	4.330	1.69350	53.21
S10	INFINITY	D			
L6	S11	40.640	8.800	1.48749	70.24
L7	S12	-27.260	1.300	1.83400	37.16
S13	-40.200	E			
L8	S14*	46.540	1.700	1.68948	31.02
S15*	19.130	F			
L9	S16	-19.700	1.100	1.80610	33.27
L10	S17	87.900	7.500	1.48749	70.24
S18	-23.400	0.170			
L11	S19	198.270	7.500	1.69350	53.21
S20	-33.060	G			
L12	S21	41.200	5.000	1.74320	49.34
S22	159.700	5.000			
S23	INFINITY	26	1.51680	64.2	
S24	INFINITY	9			

20

【0041】

40

非球面とされた第1レンズ L1 の面番号 S1 および面番号 S2 の非球面係数は、以下のとおりである。K はコーニック定数である。

面番号	S1	S2
Y曲率半径	-41.54	-42.42
K	-8.418	1.815
4次の係数	3.140800E-05	4.473510E-05
6次の係数	-6.782740E-08	-7.597780E-08
8次の係数	1.163250E-10	1.044490E-10
10次の係数	-9.774940E-14	2.302250E-14
12次の係数	2.329080E-17	-1.879378E-16

50

14次の係数 4.630670E-20 2.314668E-19

【 0 0 4 2 】

また、第1レンズL1の面番号S1および面番号S2のサグ量は以下のとおりである。有効高さ、サグ、変化量の単位はmmである。

有効高さ S1面サグ量 S2面サグ量

サグ 变化量 サグ 变化量

0	0.000	-	0.000	-
1	-0.012	-0.012	-0.012	-0.012
2	-0.047	-0.035	-0.047	-0.035
3	-0.105	-0.057	-0.103	-0.056
4	-0.182	-0.077	-0.179	-0.076
5	-0.275	-0.093	-0.271	-0.092
6	-0.380	-0.105	-0.376	-0.105
7	-0.494	-0.114	-0.490	-0.114
8	-0.611	-0.117	-0.609	-0.119
9	-0.728	-0.117	-0.729	-0.120
10	-0.839	-0.112	-0.847	-0.117
11	-0.942	-0.103	-0.958	-0.111
12	-1.033	-0.090	-1.060	-0.102
13	-1.106	-0.074	-1.149	-0.089
14	-1.160	-0.054	-1.222	-0.073
15	-1.191	-0.030	-1.276	-0.054
16	-1.194	-0.003	-1.307	-0.031
17	-1.164	0.030	-1.308	-0.002
18	-1.095	0.069	-1.272	0.036
19	-0.979	0.116	-1.188	0.085
20	-0.802	0.176	-1.036	0.152
21	-0.548	0.255	-	-
22	-0.187	0.361	-	-

【 0 0 4 3 】

次に、非球面とされた第8レンズL8の面番号S14および面番号S15の非球面係数は以下のとおりである。Kはコーニック定数である。

面番号	S14	S15
Y曲率半径	46.54	19.13
K	0	0
4次の係数	-1.11723E-04	-1.22865E-04
6次の係数	7.94284E-07	8.72687E-07
8次の係数	-4.14253E-09	-4.37410E-09
10次の係数	1.05108E-11	2.55171E-12
12次の係数	-4.04307E-15	7.58570E-14
14次の係数		-2.30035E-16

【 0 0 4 4 】

また、広角端および望遠端における軸上面距離A～Gの値は、以下のとおりである。

広角端 望遠端

A	1800	1800
B	9.255	4.778
C	18.599	0.8
D	18.257	16.63
E	0.812	9.309
F	7.592	8.131

10

20

30

40

50

G 0.6 15.467

【0045】

ここで、投写光学系3Aは、広角端における最大半画角をとしたときに、 $= 31.5^\circ$ である。

【0046】

また、投写光学系3Aは、広角端の全系焦点距離を f_w 、第1レンズ群LG1の焦点距離を f_1 としたときに、以下の条件式(1)を満たす。

$$1.2 < |f_1 / f_w| < 1.5 \quad (1)$$

本例では、 $f_1 = -22.17$ であり、 $f_w = 18.21$ である。従って、 $|f_1 / f_w| = 1.22$ である。本例は、条件式(1)を満たすので、光学性能を維持しながら、かつ、バックフォーカスを確保できる。すなわち、条件式(1)の値が下限値以下となると、バックフォーカスの確保が困難となる。条件式(1)の値が上限値以上となると、第2レンズ群LG2、および第3レンズ群LG3のレンズ径が大きくなると共に、第2レンズ群LG2、および第3レンズ群LG3の収差補正の負担が増加して光学性能が劣化する。

【0047】

さらに、投写光学系3Aは、広角端の全系焦点距離を f_w 、望遠端の全系焦点距離を f_t としたときに、以下の条件式(2)を満たす。

$$1.4 < f_t / f_w < 1.8 \quad (2)$$

本例では、 $f_t = 29.10$ であり、 $f_w = 18.21$ である。従って、 $f_t / f_w = 1.6$ である。本例は、条件式(2)を満たすので、所定の倍率と所望の光学性能を得ることができる。すなわち、条件式(2)の値が下限値を下回ると倍率が低くなる。条件式(2)の値が上限値を超えると、光学性能が低下する。

【0048】

次に、投写光学系3Aは、広角端のFNOを F_{Nw} 、望遠端のFNOを F_{Nt} としたときに、以下の条件式(3)および条件式(4)を満たす。

$$1.4 < F_{Nw} < 1.8 \quad (3)$$

$$1.05 < F_{Nt} / F_{Nw} < 1.25 \quad (4)$$

本例では、 $F_{Nw} = 1.54$ である。 $F_{Nt} = 1.78$ である。従って、本例は、条件式(3)を満たすので、所定の明るさと、所望の光学性能を得ることができる。すなわち、条件式(3)の値が下限値以下となると、光学性能が低下する。条件式(3)の値が上限値を超えると、投写光学系3Aが暗くなる。また、本例では、 $F_{Nt} / F_{Nw} = 1.16$ であり、条件式(4)を満たすので、変倍時に、Fナンバーが大きく変動することを抑制できる。換言すれば、変倍によって投写光学系3Aの明るさが大きく変動することを抑制できる。

【0049】

また、投写光学系3Aは、第5レンズ群LG5(第8レンズL8)の焦点距離を f_5 とし、広角端の全系焦点距離を f_w としたときに、以下の条件式(5)を満たす。

$$1.5 < |f_5 / f_w| < 3.5 \quad (5)$$

本例では、 $f_5 = -48.33$ であり、 $f_w = 18.21$ である。従って、 $|f_5 / f_w| = 2.65$ である。本例は、条件式(5)を満たすので、コマ収差および像面湾曲を補正できる。すなわち、条件式(5)の値が下限値以下となると、コマ収差の発生を抑制することが困難になる。条件式(5)の値が上限値以上となると、像面湾曲の発生を抑制することが困難となる。

【0050】

さらに、投写光学系3Aは、第2レンズ群LG2の正レンズ(第4レンズL4)の屈折率を n_{d2} としたときに、以下の条件式(6)を満たす。

$$1.75 < n_{d2} < 2.0 \quad (6)$$

本例では、 $n_{d2} = 1.83400$ である。本例は、条件式(6)によって、第2レンズ群LG2(第4レンズL4)の屈折率を比較的高い値に規定することにより、第1レンズ群LG1の内部に光量を適切に取り込むことができる。これにより、第1レンズ群LG1

10

20

30

40

50

を構成する各レンズ $L_1 \sim L_3$ が大型化することを抑制できる。よって、第1レンズ群 $L_G 1$ の各レンズ $L_1 \sim L_3$ の製造コストを抑制できる。また、第2レンズ群 $L_G 2$ (第4レンズ L_4) の屈折率を比較的高い値に規定することにより、像面湾曲の発生を抑制できる。

【0051】

また、投写光学系3Aは、第4レンズ群 $L_G 4$ の最も拡大側に位置する正レンズ (第1接合レンズ C_1 に置いて拡大側に位置する第6レンズ L_6) の屈折率を $n_d 4 1$ 、アッベ数を 41 とし、第4レンズ群 $L_G 4$ の負レンズ (第1接合レンズ C_1 において縮小側に位置する第7レンズ L_7) の屈折率を $n_d 4 2$ 、アッベ数を 42 としたときに、以下の条件式(7)および条件式(8)を満たす。

$$0.2 < n_d 4 2 - n_d 4 1 < 0.5 \quad (7)$$

$$20 < 41 - 42 < 70 \quad (8)$$

本例では、 $n_d 4 1 = 1.48749$ であり、 $n_d 4 2 = 1.83400$ である。従って、 $n_d 4 2 - n_d 4 1 = 0.347$ である。また、本例では、 $41 = 70.24$ あり、 $42 = 37.16$ である。従って、 $41 - 42 = 33.08$ である。本例では、第4レンズ群 $L_G 4$ を望遠端に移動させた場合には、軸外の光線が高くなり、球面収差が増大しやすい。かかる問題に対して、条件式(7)を満たすので、望遠端における球面収差の増大を抑制できる。また、変倍時に第4レンズ群 $L_G 4$ を移動させると、軸上色収差の変動が大きくなる。このような問題に対して、条件式(8)を満たすので、軸上色収差の変動を抑制できる。

【0052】

次に、投写光学系3Aは、以下の条件式(9)および条件式(10)を満たす。条件式(9)では、第2レンズ群 $L_G 2$ の正レンズ (第4レンズ L_4) のコバ厚み T_2 が 1mm となるときのレンズ径を D_2 、第2レンズ群 $L_G 2$ の正レンズ (第4レンズ L_4) の中心肉厚を t_2 とする。条件式(10)では、第3レンズ群 $L_G 3$ の正レンズ (第5レンズ L_5) のコバ厚み T_3 が 1mm となるときのレンズ径を D_3 、第3レンズ群 $L_G 3$ の正レンズ (第5レンズ L_5) の中心肉厚を t_3 とする。

$$5 < D_2 / t_2 < 15 \quad (9)$$

$$6 < D_3 / t_3 < 15 \quad (10)$$

本例では、 $D_2 = 36.6$ であり、 $t_2 = 3.8$ である。従って、 $D_2 / t_2 = 9.6$ である。また、本例では、 $D_3 = 35.15$ であり、 $t_3 = 4.33$ である。従って、 $D_3 / t_3 = 8.1$ である。本例は、条件式(9)を満たすので、第4レンズ L_4 が肉厚となることを抑制できる。また、本例は、条件式(10)を満たすので、第5レンズ L_5 が肉厚となることを抑制できる。ここで、本例において、第4レンズ L_4 および第5レンズ L_5 はガラス製である。従って、レンズが薄くなれば、第4レンズ L_4 および第5レンズ L_5 の製造コストを抑制しやすい。

【0053】

また、投写光学系3Aは、第5レンズ群 $L_G 5$ の負レンズ (第8レンズ L_8) の屈折率を $n_d 5$ としたときに、以下の条件式(11)を満たす。

$$1.65 < n_d 5 < 1.85 \quad (11)$$

本例では、 $n_d 5 = 1.68948$ である。本例は、条件式(11)を満たすので、像面湾曲の発生を抑制できる。また、ガラス製の第8レンズ L_8 を製造するコストの増大を抑制できる。すなわち、条件式(11)が下限値以下となると、像面湾曲を補正することが困難となる。条件式(11)が上限値以上となると、屈折率が増大するので、ガラス製の第8レンズ L_8 を製造するコストが増大する。

【0054】

さらに、投写光学系3Aは、第5レンズ群 $L_G 5$ の負レンズ (第8レンズ L_8) のg線とF線の部分分散比を $P_g 5$ としたときに、以下の条件式(12)を満たす。

$$0.53 < P_g 5 < 0.61 \quad (12)$$

本例では、 $P_g 5 = 0.599$ である。本例は、条件式(12)を満たすので、倍率色収

10

20

30

40

50

差の発生を抑制できる。すなわち、条件式(12)を満たさない場合には、広角端における倍率色収差の補正が困難となる。

【0055】

次に、投写光学系3Aは、第6レンズ群LG6を構成する第2接合レンズC2において、拡大側に位置する負レンズ(第9レンズL9)のd線の屈折率をnd61とし、縮小側に位置する正レンズ(第10レンズL10)のd線の屈折率をnd62としたときに、以下の条件式(13)を満たす。

$$0.2 < nd61 - nd62 < 0.5 \quad (13)$$

本例では、nd61 = 1.80610であり、nd62 = 1.48749である。従って、nd61 - nd62 = 0.32である。本例は、条件式(13)を満たすので、像面湾曲の発生を抑制できる。すなわち、条件式(13)を満たさない場合には、広角端における像面湾曲の補正が困難となる。

【0056】

また、投写光学系3Aは、第6レンズ群LG6を構成する第2接合レンズC2において、拡大側に位置する負レンズ(第9レンズL9)のアッペ数をd61、縮小側に位置する正レンズ(第10レンズL10)のアッペ数をd62としたときに、以下の条件式(14)を満たす。

$$30 < d62 - d61 < 70 \quad (14)$$

本例では、d61 = 33.27であり、d62 = 70.24である。従って、d62 - d61 = 36.97である。本例は、条件式(14)を満たすので、倍率色収差の発生を抑制できる。すなわち、条件式(14)を満たさない場合には、広角端における倍率色収差の補正が困難となる。

【0057】

また、投写光学系3Aは、第2レンズ群LG2の正レンズ(第4レンズL4)のd線の屈折率をnd2とし、第3レンズ群LG3の正レンズ(第5レンズL5)の屈折率をnd3としたときに、以下の条件式(15)を満たす。

$$0 < nd2 - nd3 < 0.35 \quad (15)$$

本例では、nd2 = 1.83400であり、nd3 = 1.69350である。従って、nd2 - nd3 = 0.14である。本例は、条件式(15)を満たすので、第2レンズ群LG2の材質と、第3レンズ群LG3の材質との関係が規定される。これにより、変倍時に発生する像面湾曲を抑制できる。また、変倍時における像面湾曲の変動を抑制できる。すなわち、条件式(15)を満たさない場合には、像面湾曲の補正が困難となる。

【0058】

さらに、投写光学系3Aは、第2レンズ群LG2の正レンズ(第4レンズL4)のアッペ数をd2とし、第3レンズ群LG3の正レンズ(第5レンズL5)のアッペ数をd3としたときに、以下の条件式(16)を満たす。

$$|d2 - d3| < 30 \quad (16)$$

本例では、d2 = 37.16であり、d3 = 53.21である。従って、|d2 - d3| = 16.05である。本例は、条件式(16)を満たすので、第2レンズ群LG2の材質と、第3レンズ群LG3の材質との関係が規定される。これにより、変倍時に発生する倍率色収差の変動を抑制できる。すなわち、条件式(16)を満たさない場合には、変倍時における倍率色収差の変動の抑制が困難になる。

【0059】

次に、投写光学系3Aの第1レンズL1は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面であり、面番号S1、面番号S2の各面の近軸の曲率中心が拡大側にある。また、第1レンズL1は、面番号S1、面番号S2の各面において、サグ量の向きが面内で変わる。すなわち、面番号S1、面番号S2の各面は、面内で、サグの変化量が反転している。これにより、Fナンバーを小さな値とすることが容易となる。すなわち、投写光学系3Aを明るくすることが容易となる。また、周辺光の歪曲収差の補正、および、像面湾曲の補正が容易となる。

10

20

30

40

50

【0060】

また、第7レンズ群L G 7（第12レンズL 12）は、正レンズであり、g線とF線の部分分散比をPg F 1、アッペ数をd F 1としたときに、以下の条件式（17）を満たす。

$$Pg F 1 > -0.0016 \times d F 1 + 0.62 \quad (17)$$

本例では、Pg F 1 = 0.553であり、d F 1 = 49.34である。従って、-0.0016 × d F 1 + 0.62 = 0.541である。本例は、条件式（17）を満たすので、広角端から望遠端までの全域で、倍率色収差の発生を抑制できる。

【0061】

さらに、投写光学系3Aでは、第1レンズ群L G 1の負レンズのうちの縮小側に配置された第3レンズL 3は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ凹面であり、そのアッペ数をd 13としたときに、以下の条件式（18）を満たす。

$$60 < d 13 < 95 \quad (18)$$

本例では、d 13 = 81.55である。本例は、条件式（18）を満たすので、特に、望遠端において、倍率色収差の発生を抑制することが容易である。

【0062】

また、投写光学系3Aでは、広角端のバックフォーカスの空気換算長をB Fとした場合に、以下の条件式（19）を満たす。

$$1.4 < B F / f w < 2.0 \quad (19)$$

本例では、B F = 31.19であり、f w = 18.21である。従って、B F / f w = 1.71である。本例は、条件式（19）を満たすので、光学性能の劣化を抑制しながら、バックフォーカスを確保することが容易である。

【0063】

図4は広角端における投写光学系3Aの諸収差図である。図4では、球面収差、非点収差および歪曲収差を示す。図5は望遠端における投写光学系3Aの諸収差図である。図5では、球面収差、非点収差および歪曲収差を示す。図4、図5に示すように、投写光学系3Aでは、球面収差、非点収差および歪曲収差が良好に補正されている。

【0064】

(実施例2)

図6および図7は実施例2の投写光学系の構成図である。図6では、本例の投写光学系を構成する各レンズは焦点距離を最短とする広角端に配置されている。図7では本例の投写光学系を構成する各レンズは、焦点距離を最長とする望遠端に配置されている。

【0065】

図6、図7に示すように、本例の投写光学系3Bは12枚のレンズL 1～L 12からなる。すなわち、投写光学系3Bは、スクリーンSが位置する拡大側から液晶パネル18が位置する縮小側に向かって順番に、第1レンズL 1～第12レンズL 12（縮小側レンズ）を備える。また、投写光学系3Bは、拡大側から縮小側に向かって順番に、第1レンズ群L G 1、第2レンズ群L G 2、第3レンズ群L G 3、第4レンズ群L G 4、第5レンズ群L G 5、第6レンズ群L G 6、および、第7レンズ群L G 7からなる。第1レンズ群L G 1および第5レンズ群L G 5は、負のパワーを有する。第2レンズ群L G 2、第3レンズ群L G 3、第4レンズ群L G 4、第6レンズ群L G 6、および第7レンズ群L G 7は、正のパワーを有する。従って、投写光学系3Bの各レンズ群L G 1～L G 7のパワーは、拡大側から縮小側に向かって順番に、負、正、正、正、負、正、正である。投写光学系3Bを構成する各レンズL 1～L 12の材質としては、例えば、ガラスや樹脂などが挙げられる。

【0066】

また、投写光学系3Bは、投写倍率を変化させるズーム機能を備える。投写倍率を変化させる変倍時には、第2レンズ群L G 2、第3レンズ群L G 3、第4レンズ群L G 4、第5レンズ群L G 5、および第6レンズ群L G 6は、光軸Lに沿って移動する。一方、第1レンズ群L G 1および第7レンズ群L G 7は固定されており、変倍時には移動しない。なお、フォーカス時には、第1レンズ群L G 1を光軸Lに沿って移動させる。

10

20

30

40

50

【0067】

液晶パネル18は、投写光学系3Bのバックフォーカスの位置にある。第7レンズ群LG7と液晶パネル18との間には、クロスダイクロイックプリズム19が位置する。液晶パネル18およびクロスダイクロイックプリズム19はテレセントリック光学系28を構成する。従って、最も縮小側に位置する第12レンズL12には、テレセントリック光学系28からの光線が導入される。換言すれば、液晶パネル18から第12レンズまでの光路は、光軸Lに対してテレセントリック、或いは、略テレセントリックである。

【0068】

第1レンズ群LG1は、拡大側から縮小側に向かって順番に、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3（縮小側負レンズ）の3枚のレンズからなる。第1レンズ群LG1は、少なくとも2枚の負レンズを備える。本例では、第1レンズL1、第2レンズL2および第3レンズL3は、負レンズである。

10

【0069】

第1レンズL1は、樹脂製であり、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面である。第1レンズL1の拡大側の面は、近軸の曲率中心が拡大側にあり、サゲ量の向きが面内で変わる。第1レンズL1の縮小側の面は、近軸の曲率中心が拡大側にあり、サゲ量の向きが面内で変わる。第1レンズL1は、投写光学系3Bを構成する他のレンズL2～L12よりも有効径が大きい。第2レンズL2は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズである。第3レンズL3は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ凹面である。

【0070】

第2レンズ群LG2は、第4レンズL4からなる。第4レンズL4は、正レンズである。第3レンズ群LG3は、第5レンズL5からなる。第5レンズL5は正レンズである。第4レンズ群LG4は、第6レンズL6および第7レンズL7からなる。第6レンズL6は正レンズである。第7レンズL7は、負レンズである。第7レンズL7の拡大側の面は、拡大側に曲率中心を有する。第7レンズL7の縮小側の面は、拡大側に曲率中心を有する。第6レンズL6と第7レンズL7とは互いに接合された第1接合レンズC1である。

20

【0071】

第5レンズ群LG5は、第8レンズL8からなる。第8レンズL8は、負レンズである。第8レンズL8は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面である。第8レンズL8の拡大側の面は、縮小側に曲率中心を有する。第8レンズL8の縮小側の面は、縮小側に曲率中心を有する。ここで、第8レンズL8は、投写光学系3Bを構成する他のレンズL1～L7、L9～L12と比較して、有効径が小さい。第6レンズ群LG6は、第9レンズL9、第10レンズL10、および第11レンズL11からなる。第9レンズL9は負レンズであり、第10レンズL10は正レンズであり、第11レンズL11は正レンズである。第9レンズL9と第10レンズL10とは互いに接合された第2接合レンズC2である。第7レンズ群LG7は、第12レンズL12からなる。第12レンズL12は正レンズである。

30

【0072】

投写光学系3Bのデータは以下のとおりである。本例では、基準波長を587.56nmとする。焦点距離f、バックフォーカス（空気換算長）BF、有効像円径の単位はmmである。FNOはFナンバーである。

40

【0073】

広角端 望遠端

f (焦点距離)	18.21	29.11
FNO	1.48	1.74
BF(in air)	31.09	31.09
有効像円径	22.00	22.00
(半画角)	31.5°	20.7°

【0074】

また、投写光学系3Bを構成する各レンズL1～L12のレンズデータは以下の通りであ

50

る。レンズは、各レンズに付した符号である。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。*を付した面番号の面は非球面である。面番号 S 0 は拡大側結像面であるスクリーン S である。面番号 S 2 3 および面番号 S 2 4 は、画像表示素子（液晶パネル 1 8 R、1 8 G、1 8 B）と第 1 2 レンズ L 1 2 の面番号 S 2 2 との間の光路上に配置される光学部材を同一材質の平面ガラスとして換算した挿入物の拡大側および縮小側の面である。画像表示素子（液晶パネル 1 8 R、1 8 G、1 8 B）と第 1 2 レンズ L 1 2 の面番号 S 2 2 との間の光路上に配置される光学部材としては、例えば、クロスダイクロイックプリズム 1 9 などが挙げられる。R は曲率半径であり、単位は mm である。d は軸上面間隔であり、単位は mm である。nd は屈折率である。d はアッペ数である。軸上面間隔 A はスクリーン S と第 1 レンズ群 L G 1 との間の距離である。軸上面間隔 B は第 1 レンズ群 L G 1 と第 2 レンズ群 L G 2 との間の距離である。軸上面間隔 C は第 2 レンズ群 L G 2 と第 3 レンズ群 L G 3 との間の距離である。軸上面間隔 D は第 3 レンズ群 L G 3 と第 4 レンズ群 L G 4 との間の距離である。軸上面間隔 E は第 4 レンズ群 L G 4 と第 5 レンズ群 L G 5 との間の距離である。軸上面間隔 F は第 5 レンズ群 L G 5 と第 6 レンズ群 L G 6 との間の距離である。軸上面間隔 G は第 6 レンズ群 L G 6 と第 7 レンズ群 L G 7 との間の距離である。軸上面間隔 B ~ G は、変倍時に変化する。

10

【 0 0 7 5 】

レンズ	面番号	R	D	nd	d	
S0	INFINITY	A				
L1	S1*	-31.353	3.8	1.53110	55.91	20
S2*	-32.336	0.25				
L2	S3	138.170	1.6	1.48749	70.24	
S4	23.655	9.717				
L3	S5	-47.030	1.2	1.49700	81.55	
S6	48.100	B				
L4	S7	90.930	4.33	1.83400	37.16	
S8	-131.340	C				
L5	S9	53.800	4	1.51633	64.14	
S10	-445.000	D				
L6	S11	54.530	7.4	1.53775	74.7	30
L7	S12	-27.310	1.3	1.80610	33.27	
S13	-42.380	E				
L8	S14*	39.940	1.9	1.80625	40.91	
S15*	18.755	F				
L9	S16	-18.175	1.1	1.72047	34.71	
L10	S17	85.860	8.2	1.49700	81.55	
S18	-23.020	0.15				
L11	S19	358.600	6.47	1.74320	49.34	
S20	-33.520	G				
L12	S21	42.600	8.55	1.48749	70.24	40
S22	-472.200	2				
S23	1.00E+18	28		1.51680	64.2	
S24	1.00E+18	10.628				

【 0 0 7 6 】

非球面とされた第 1 レンズ L 1 の面番号 S 1 および面番号 S 2 の非球面係数は、以下のとおりである。K はコーニック定数である。

面番号	S1	S2
Y曲率半径	-31.353	-32.336
K	-6.1744	0.243
4次の係数	2.75917E-05	4.92342E-05

50

6次の係数	-5.26305E-08	-8.32432E-08
8次の係数	9.58178E-11	1.54424E-10
10次の係数	-7.52712E-14	-1.01681E-13
12次の係数	-1.49220E-17	-1.02493E-16
14次の係数	7.11413E-20	2.36925E-19

【 0 0 7 7 】

また、第1レンズL1の面番号S1および面番号S2のサグ量は以下のとおりである。有効高さ、サグ、変化量の単位はmmである。

有効高さ	S1面サグ量		S2面サグ量	
サグ	変化量	サグ	変化量	
0	0.000	-	0.000	-
1	-0.016	-0.016	-0.015	-0.015
2	-0.063	-0.047	-0.061	-0.046
3	-0.140	-0.077	-0.136	-0.074
4	-0.243	-0.103	-0.236	-0.101
5	-0.370	-0.127	-0.360	-0.124
6	-0.516	-0.146	-0.503	-0.143
7	-0.676	-0.160	-0.660	-0.157
8	-0.846	-0.170	-0.827	-0.167
9	-1.020	-0.175	-0.999	-0.172
10	-1.195	-0.174	-1.172	-0.173
11	-1.364	-0.169	-1.340	-0.168
12	-1.523	-0.159	-1.499	-0.159
13	-1.668	-0.145	-1.645	-0.145
14	-1.794	-0.126	-1.771	-0.127
15	-1.896	-0.102	-1.874	-0.103
16	-1.970	-0.073	-1.947	-0.073
17	-2.008	-0.038	-1.982	-0.035
18	-2.004	0.004	-1.970	0.012
19	-1.950	0.054	-1.897	0.073
20	-1.835	0.116	-1.744	0.154
21	-1.642	0.193	-1.476	0.268
22	-1.348	0.294	-1.037	0.439
23	-0.915	0.432		

【 0 0 7 8 】

次に、非球面された第8レンズL8の面番号S14および面番号S15の非球面係数は以下のとおりである。Kはコーニック定数である。

面番号	S14		S15	
Y曲率半径	39.94		18.755	
K	0	0		
4次の係数	-1.02509E-04		-1.15327E-04	
6次の係数	3.86744E-07		4.05831E-07	
8次の係数	2.52239E-10		1.15118E-09	
10次の係数	-1.44688E-11		-3.32133E-11	
12次の係数	5.82186E-14		1.84162E-13	
14次の係数	-2.64717E-17		-3.27692E-16	

【 0 0 7 9 】

また、広角端および望遠端における軸上面距離A～Gの値は、以下のとおりである。

広角端 望遠端

A 2000 2000

10

20

30

40

50

B	13.158	4.431
C	13.503	0.8
D	20.819	19.451
E	0.8	15.35
F	8.153	8.443
G	0.6	8.558

【0080】

ここで、投写光学系3Bは、広角端における最大半画角をとしたときに、 $= 31.5^\circ$ である。

【0081】

また、投写光学系3Bは、広角端の全系焦点距離を f_w 、第1レンズ群LG1の焦点距離を f_1 としたときに、以下の条件式(1)を満たす。

$$1.2 < |f_1 / f_w| < 1.5 \quad (1)$$

本例では、 $f_1 = -23.23$ であり、 $f_w = 18.21$ である。従って、 $|f_1 / f_w| = 1.28$ である。本例は、条件式(1)を満たすので、光学性能を維持しながら、かつ、バックフォーカスを確保できる。

【0082】

さらに、投写光学系3Bは、広角端の全系焦点距離を f_w 、望遠端の全系焦点距離を f_t としたときに、以下の条件式(2)を満たす。

$$1.4 < f_t / f_w < 1.8 \quad (2)$$

本例では、 $f_t = 29.11$ であり、 $f_w = 18.21$ である。従って、 $f_t / f_w = 1.6$ である。本例は、条件式(2)を満たすので、所定の倍率と所望の光学性能を得ることができる。

【0083】

次に、投写光学系3Bは、広角端のFNOを F_{Nw} 、望遠端のFNOを F_{Nt} としたときに、以下の条件式(3)および条件式(4)を満たす。

$$1.4 < F_{Nw} < 1.8 \quad (3)$$

$$1.05 < F_{Nt} / F_{Nw} < 1.25 \quad (4)$$

本例では、 $F_{Nw} = 1.48$ である。 $F_{Nt} = 1.74$ である。従って、 $F_{Nt} / F_{Nw} = 1.18$ である。本例は、条件式(3)を満たすので、所定の明るさと、所望の光学性能を得ることができる。また、本例は、条件式(4)を満たすので、変倍によって投写光学系3Bの明るさが大きく変動することを抑制できる。

【0084】

また、投写光学系3Bは、第5レンズ群LG5(第8レンズL8)の焦点距離を f_5 とし、広角端の全系焦点距離を f_w としたときに、以下の条件式(5)を満たす。

$$1.5 < |f_5 / f_w| < 3.5 \quad (5)$$

本例では、 $f_5 = -45.68$ であり、 $f_w = 18.21$ である。従って、 $|f_5 / f_w| = 2.51$ である。本例は、条件式(5)を満たすので、コマ収差および像面湾曲を補正できる。

【0085】

さらに、投写光学系3Bは、第2レンズ群LG2の正レンズ(第4レンズL4)の屈折率を n_{d2} としたときに、以下の条件式(6)を満たす。

$$1.75 < n_{d2} < 2.0 \quad (6)$$

本例では、 $n_{d2} = 1.83400$ である。本例は、条件式(6)によって、第2レンズ群LG2(第4レンズL4)の屈折率を比較的高い値に規定することにより、第1レンズ群LG1の内部に光量を適切に取り込むことができる。これにより、第1レンズ群LG1を構成する各レンズL1～L3が大型化することを抑制できる。また、第2レンズ群LG2(第4レンズL4)の屈折率を比較的高い値に規定することにより、像面湾曲の発生を抑制できる。

【0086】

10

20

30

40

50

また、投写光学系 3 B は、第 4 レンズ群 L G 4 の最も拡大側に位置する正レンズ（第 1 接合レンズ C 1 に置いて拡大側に位置する第 6 レンズ L 6 ）の屈折率を $n d 4 1$ 、アッベ数を 4 1 とし、第 4 レンズ群 L G 4 の負レンズ（第 1 接合レンズ C 1 において縮小側に位置する第 7 レンズ L 7 ）の屈折率を $n d 4 2$ 、アッベ数を 4 2 としたときに、以下の条件式（7）および条件式（8）を満たす。

$$0.2 < n d 4 2 - n d 4 1 < 0.5 \quad (7)$$

$$20 < 4 1 - 4 2 < 70 \quad (8)$$

本例では、 $n d 4 1 = 1.53775$ であり、 $n d 4 2 = 1.80610$ である。従って、 $n d 4 2 - n d 4 1 = 0.268$ である。また、本例では、 $4 1 = 74.7$ であり、 $4 2 = 33.27$ である。従って、 $4 1 - 4 2 = 41.43$ である。本例では、条件式（7）を満たすので、望遠端における球面収差の増大を抑制できる。また、条件式（8）を満たすので、変倍時に、軸上色収差の変動を抑制できる。

【0087】

次に、投写光学系 3 B は、以下の条件式（9）および条件式（10）を満たす。条件式（9）では、第 2 レンズ群 L G 2 の正レンズ（第 4 レンズ L 4 ）のコバ厚み $T 2$ が 1 mm となるときのレンズ径を $D 2$ 、第 2 レンズ群 L G 2 の正レンズ（第 4 レンズ L 4 ）の中心肉厚を $t 2$ とする。条件式（10）では、第 3 レンズ群 L G 3 の正レンズ（第 5 レンズ L 5 ）のコバ厚み $T 3$ が 1 mm となるときのレンズ径を $D 3$ 、第 3 レンズ群 L G 3 の正レンズ（第 5 レンズ L 5 ）の中心肉厚を $t 3$ とする。

$$5 < D 2 / t 2 < 15 \quad (9)$$

$$6 < D 3 / t 3 < 15 \quad (10)$$

本例では、 $D 2 = 37.65$ であり、 $t 2 = 4.33$ である。従って、 $D 2 / t 2 = 8.7$ である。また、本例では、 $D 3 = 33.55$ であり、 $t 3 = 4$ である。従って、 $D 3 / t 3 = 8.4$ である。本例は、条件式（9）を満たすので、第 4 レンズ L 4 が肉厚となることを抑制できる。また、本例は、条件式（10）を満たすので、第 5 レンズ L 5 が肉厚となることを抑制できる。ここで、本例において、第 4 レンズ L 4 および第 5 レンズ L 5 はガラス製である。従って、レンズが薄くなれば、第 4 レンズ L 4 および第 5 レンズ L 5 の製造コストを抑制しやすい。

【0088】

また、投写光学系 3 B は、第 5 レンズ群 L G 5 の負レンズ（第 8 レンズ L 8 ）の屈折率を $n d 5$ としたときに、以下の条件式（11）を満たす。

$$1.65 < n d 5 < 1.85 \quad (11)$$

本例では、 $n d 5 = 1.80625$ である。本例は、条件式（11）を満たすので、像面湾曲の発生を抑制できる。また、第 8 レンズ L 8 を製造するコストの増大を抑制できる。

【0089】

さらに、投写光学系 3 B は、第 5 レンズ群 L G 5 の負レンズ（第 8 レンズ L 8 ）の g 線と F 線の部分分散比を $P g 5$ としたときに、以下の条件式（12）を満たす。

$$0.53 < P g 5 < 0.61 \quad (12)$$

本例では、 $P g 5 = 0.569$ である。本例は、条件式（12）を満たすので、倍率色収差の発生を抑制できる。

【0090】

次に、投写光学系 3 B は、第 6 レンズ群 L G 6 を構成する第 2 接合レンズ C 2 において、拡大側に位置する負レンズ（第 9 レンズ L 9 ）の d 線の屈折率を $n d 6 1$ とし、縮小側に位置する正レンズ（第 10 レンズ L 10 ）の d 線の屈折率を $n d 6 2$ としたときに、以下の条件式（13）を満たす。

$$0.2 < n d 6 1 - n d 6 2 < 0.5 \quad (13)$$

本例では、 $n d 6 1 = 1.72047$ であり、 $n d 6 2 = 1.49700$ である。従って、 $n d 6 1 - n d 6 2 = 0.22$ である。本例は、条件式（13）を満たすので、像面湾曲の発生を抑制できる。

【0091】

10

20

30

40

50

また、投写光学系 3 B は、第 6 レンズ群 L G 6 を構成する第 2 接合レンズ C 2 において、拡大側に位置する負レンズ（第 9 レンズ L 9）のアッペ数を d_{61} 、縮小側に位置する正レンズ（第 10 レンズ L 10）のアッペ数を d_{62} としたときに、以下の条件式（14）を満たす。

$$3.0 < d_{62} - d_{61} < 7.0 \quad (14)$$

本例では、 $d_{61} = 34.71$ であり、 $d_{62} = 81.55$ である。従って、 $d_{62} - d_{61} = 46.84$ である。本例は、条件式（14）を満たすので、倍率色収差の発生を抑制できる。

【0092】

また、投写光学系 3 B は、第 2 レンズ群 L G 2 の正レンズ（第 4 レンズ L 4）の d 線の屈折率を n_{d2} とし、第 3 レンズ群 L G 3 の正レンズ（第 5 レンズ L 5）の屈折率を n_{d3} としたときに、以下の条件式（15）を満たす。

$$0 < n_{d2} - n_{d3} < 0.35 \quad (15)$$

本例では、 $n_{d2} = 1.83400$ であり、 $n_{d3} = 1.51633$ である。従って、 $n_{d2} - n_{d3} = 0.32$ である。本例は、条件式（15）を満たすので、変倍時に発生する像面湾曲を抑制できる。また、変倍時における像面湾曲の変動を抑制できる。

【0093】

さらに、投写光学系 3 B は、第 2 レンズ群 L G 2 の正レンズ（第 4 レンズ L 4）のアッペ数を d_2 とし、第 3 レンズ群 L G 3 の正レンズ（第 5 レンズ L 5）のアッペ数を d_3 としたときに、以下の条件式（16）を満たす。

$$|d_2 - d_3| < 3.0 \quad (16)$$

本例では、 $d_2 = 37.16$ であり、 $d_3 = 64.14$ である。従って、 $|d_2 - d_3| = 26.98$ である。本例は、条件式（16）を満たすので、変倍時に発生する倍率色収差の変動を抑制できる。

【0094】

次に、投写光学系 3 B の第 1 レンズ L 1 は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面であり、面番号 S 1、面番号 S 2 の各面の近軸の曲率中心が拡大側にある。また、第 1 レンズ L 1 は、面番号 S 1、面番号 S 2 の各面において、サグ量の向きが面内で変わる。すなわち、面番号 S 1、面番号 S 2 の各面は、面内で、サグの変化量が反転している。これにより、F ナンバーを小さな値とすることが容易となる。すなわち、投写光学系 3 B を明るくすることが容易となる。また、周辺光の歪曲収差の補正、および、像面湾曲の補正が容易となる。

【0095】

また、第 7 レンズ群 L G 7（第 12 レンズ L 12）は、正レンズであり、g 線と F 線の部分分散比を P_{gF1} 、アッペ数を d_{F1} としたときに、以下の条件式（17）を満たす。

$$P_{gF1} > -0.0016 \times d_{F1} + 0.62 \quad (17)$$

本例では、 $P_{gF1} = 0.530$ であり、 $d_{F1} = 70.23$ である。従って、 $-0.0016 \times d_{F1} + 0.62 = 0.508$ である。本例は、条件式（17）を満たすので、広角端から望遠端までの全域で、倍率色収差の発生を抑制できる。

【0096】

さらに、投写光学系 3 B では、第 1 レンズ群 L G 1 の負レンズのうちの縮小側に配置された第 3 レンズ L 3 は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ凹面であり、そのアッペ数を d_{13} としたときに、以下の条件式（18）を満たす。

$$6.0 < d_{13} < 9.5 \quad (18)$$

本例では、 $d_{13} = 81.55$ である。本例は、条件式（18）を満たすので、特に、望遠端において、倍率色収差の発生を抑制することが容易である。

【0097】

また、投写光学系 3 B では、広角端のバックフォーカスの空気換算長を B F とした場合に、以下の条件式（19）を満たす。

$$1.4 \quad B F / f_w \quad 2.0 \quad (19)$$

10

20

30

40

50

本例では、 $B F = 31.09$ であり、 $f w = 18.21$ である。従って、 $B F / f w = 1.71$ である。本例は、条件式(19)を満たすので、光学性能の劣化を抑制しながら、バックフォーカスを確保することが容易である。

【0098】

図8は広角端における投写光学系3Bの諸収差図である。図8では、球面収差、非点収差および歪曲収差を示す。図9は望遠端における投写光学系3Bの諸収差図である。図9では、球面収差、非点収差および歪曲収差を示す。図8、図9に示すように、投写光学系3Bでは、球面収差、非点収差および歪曲収差が良好に補正されている。

【0099】

(実施例3)

10

図10および図11は実施例3の投写光学系の構成図である。図10では、本例の投写光学系を構成する各レンズは焦点距離を最短とする広角端に配置されている。図11では本例の投写光学系を構成する各レンズは、焦点距離を最長とする望遠端に配置されている。

【0100】

図10、図11に示すように、本例の投写光学系3Cは13枚のレンズL1～L13からなる。すなわち、投写光学系3Cは、スクリーンSが位置する拡大側から液晶パネル18が位置する縮小側に向かって順番に、第1レンズL1～第13レンズL13(縮小側レンズ)を備える。また、投写光学系3Cは、拡大側から縮小側に向かって順番に、第1レンズ群LG1、第2レンズ群LG2、第3レンズ群LG3、第4レンズ群LG4、第5レンズ群LG5、第6レンズ群LG6、および、第7レンズ群LG7からなる。第1レンズ群LG1および第5レンズ群LG5は、負のパワーを有する。第2レンズ群LG2、第3レンズ群LG3、第4レンズ群LG4、第6レンズ群LG6、および第7レンズ群LG7は、正のパワーを有する。従って、投写光学系3Cの各レンズ群LG1～LG7のパワーは、拡大側から縮小側に向かって順番に、負、正、正、正、負、正、正である。投写光学系3Cを構成する各レンズL1～L13の材質としては、例えば、ガラスや樹脂などが挙げられる。

20

【0101】

また、投写光学系3Cは、投写倍率を変化させるズーム機能を備える。投写倍率を変化させる変倍時には、第2レンズ群LG2、第3レンズ群LG3、第4レンズ群LG4、第5レンズ群LG5、および第6レンズ群LG6は、光軸Lに沿って移動する。一方、第1レンズ群LG1および第7レンズ群LG7は固定されており、変倍時には移動しない。なお、フォーカス時には、第1レンズ群LG1を光軸Lに沿って移動させる。

30

【0102】

液晶パネル18は、投写光学系3Cのバックフォーカスの位置にある。第7レンズ群LG7と液晶パネル18との間には、クロスダイクロイックプリズム19が位置する。液晶パネル18およびクロスダイクロイックプリズム19はテレセントリック光学系28を構成する。従って、最も縮小側に位置する第13レンズL13には、テレセントリック光学系28からの光線が導入される。換言すれば、液晶パネル18から第12レンズまでの光路は、光軸Lに対してテレセントリック、或いは、略テレセントリックである。

【0103】

40

第1レンズ群LG1は、拡大側から縮小側に向かって順番に、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3(縮小側負レンズ)の3枚のレンズからなる。第1レンズ群LG1は、少なくとも2枚の負レンズを備える。本例では、第1レンズL1、第2レンズL2および第3レンズL3は、負レンズである。

【0104】

第1レンズL1は、樹脂製であり、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面である。第1レンズL1の拡大側の面は、近軸の曲率中心が拡大側にあり、サグ量の向きが面内で変わる。第1レンズL1の縮小側の面は、近軸の曲率中心が拡大側にあり、サグ量の向きが面内で変わる。第1レンズL1は、投写光学系3Cを構成する他のレンズL2～L12よりも有効径が大きい。第2レンズL2は、拡大側に凸形状を備えるメニスカスレンズ

50

である。第3レンズL3は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ凹面である。

【0105】

第2レンズ群LG2は、第4レンズL4からなる。第4レンズL4は、正レンズである。

第3レンズ群LG3は、第5レンズL5からなる。第5レンズL5は正レンズである。

【0106】

第4レンズ群LG4は、第6レンズL6、第7レンズL7、および第8レンズL8からなる。第6レンズL6は正レンズである。第7レンズL7は、負レンズである。第7レンズL7の拡大側の面は、拡大側に曲率中心を有する。第7レンズL7の縮小側の面は、拡大側に曲率中心を有する。第6レンズL6と第7レンズL7とは互いに接合された第1接合レンズC1である。

10

【0107】

第5レンズ群LG5は、第9レンズL9からなる。第9レンズL9は、負レンズである。第9レンズL9は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面である。第9レンズL9の拡大側の面は、縮小側に曲率中心を有する。第9レンズL9の縮小側の面は、縮小側に曲率中心を有する。ここで、第9レンズL9は、投写光学系3Cを構成する他のレンズL1～L7、L9～L12と比較して、有効径が小さい。第6レンズ群LG6は、第10レンズL10、第11レンズL11、および第12レンズL12からなる。第10レンズL10は負レンズであり、第11レンズL11は正レンズであり、第12レンズL12は正レンズである。第10レンズL10と第11レンズL11とは互いに接合された第2接合レンズC2である。第7レンズ群LG7は、第13レンズL13からなる。第13レンズL13は正レンズである。

20

【0108】

投写光学系3Cのデータは以下のとおりである。本例では、基準波長を587.56nmとする。焦点距離f、バックフォーカス(空気換算長)BF、有効像円径の単位はmmである。FNOはFナンバーである。

【0109】

広角端 望遠端

f(焦点距離)	17.79	26.69
FNO	1.4	1.7
BF(in air)	29.52	29.52
有効像円径	22.00	22.00
(半画角)	32.1°	22.5°

30

【0110】

また、投写光学系3Cを構成する各レンズL1～L13のレンズデータは以下の通りである。レンズは、各レンズに付した符号である。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。*を付した面番号の面は非球面である。面番号S0は拡大側結像面であるスクリーンSである。面番号S25および面番号S26は、画像表示素子(液晶パネル18R、18G、18B)と第13レンズL13の面番号S24との間の光路上に配置される光学部材を同一材質の平面ガラスとして換算した挿入物の拡大側および縮小側の面である。画像表示素子(液晶パネル18R、18G、18B)と第13レンズL13の面番号S24との間の光路上に配置される光学部材としては、例えば、クロスダイクロイックプリズム19などが挙げられる。Rは曲率半径であり、単位はmmである。dは軸上面間隔であり、単位はmmである。ndは屈折率である。dはアッペ数である。軸上面間隔AはスクリーンSと第1レンズ群LG1との間の距離である。軸上面間隔Bは第1レンズ群LG1と第2レンズ群LG2との間の距離である。軸上面間隔Cは第2レンズ群LG2と第3レンズ群LG3との間の距離である。軸上面間隔Dは第3レンズ群LG3と第4レンズ群LG4との間の距離である。軸上面間隔Eは第4レンズ群LG4と第5レンズ群LG5との間の距離である。軸上面間隔Fは第5レンズ群LG5と第6レンズ群LG6との間の距離である。軸上面間隔Gは第6レンズ群LG6と第7レンズ群LG7との間の距離である。軸上面間隔B～Gは、変倍時に変化する。

40

50

【 0 1 1 1 】

レンズ	面番号	R	D	n	d	
S0	INFINITY	A				
L1	S1*	-30.5270	3.8	1.53110	55.91	
S2*	-32.2820	0.25				
L2	S3	223.1250	1.5	1.48749	70.24	
S4	23.1140	10.382				
L3	S5	-42.1500	1.2	1.49700	81.55	
S6	54.4000	B				
L4	S7	176.2950	4.3	1.80420	46.50	10
S8	-82.3000	C				
L5	S9	56.2000	4.1	1.59522	67.74	
S10	-828.8000	D				
L6	S11	68.4600	8	1.58913	61.14	
L7	S12	-27.7200	1.3	1.83400	37.35	
S13	-60.2000	0.582				
L8	S14	-76.4000	2.8	1.80420	46.50	
S15	-49.2000	E				
L9	S16*	35.8350	1.7	1.80625	40.91	
S17*	19.4410	F				20
L10	S18	-25.0800	1.1	1.69895	30.13	
L11	S19	41.8000	6.9	1.48749	70.24	
S20	-39.1000	0.16				
L12	S21	151.0000	6.7	1.80420	46.50	
S22	-37.0000	G				
L13	S23	61.6000	4.35	1.69680	55.53	
S24	-355.0000	2				
S25	INFINITY	28		1.51680	64.2	
S26	INFINITY	9.061				

【 0 1 1 2 】

30

非球面とされた第1レンズL1の面番号S1および面番号S2の非球面係数は、以下のとおりである。Kはコニック定数である。

面番号	S1	S2
Y曲率半径	-30.527	-32.282
K	-6.11	0.355
4次の係数	2.831896E-05	5.039940E-05
6次の係数	-5.454844E-08	-8.526254E-08
8次の係数	8.366310E-11	1.360817E-10
10次の係数	-6.144841E-14	-8.673815E-14
12次の係数	-4.148633E-19	-3.792207E-17
14次の係数	2.879177E-20	9.713868E-20

【 0 1 1 3 】

40

また、第1レンズL1の面番号S1および面番号S2のサグ量は以下のとおりである。有効高さ、サグ、変化量の単位はmmである。

有効高さ S1面サグ量 S2面サグ量

サグ	変化量	サグ	変化量
0	0.000	-	0.000
1	-0.0163	-0.016	-0.0154
2	-0.0647	-0.048	-0.0612
3	-0.1434	-0.079	-0.1358

50

4	-0.2495	-0.106	-0.2366	-0.101	
5	-0.3794	-0.130	-0.3602	-0.124	
6	-0.5288	-0.149	-0.5027	-0.143	
7	-0.6928	-0.164	-0.6597	-0.157	
8	-0.8665	-0.174	-0.8265	-0.167	
9	-1.0449	-0.178	-0.9986	-0.172	
10	-1.2232	-0.178	-1.1713	-0.173	
11	-1.3967	-0.174	-1.3406	-0.169	
12	-1.5612	-0.165	-1.5024	-0.162	
13	-1.7128	-0.152	-1.6533	-0.151	10
14	-1.8478	-0.135	-1.7898	-0.137	
15	-1.9625	-0.115	-1.9088	-0.119	
16	-2.0536	-0.091	-2.0070	-0.098	
17	-2.1175	-0.064	-2.0810	-0.074	
18	-2.1502	-0.033	-2.1270	-0.046	
19	-2.1474	0.003	-2.1400	-0.013	
20	-2.1036	0.044	-2.1135	0.026	
21	-2.0121	0.092	-2.0381	0.075	
22	-1.8635	0.149	-1.8990	0.139	
23	-1.6443	0.219	-1.6725	0.226	20
24	-1.3334	0.311			

【0 1 1 4】

次に、非球面された第9レンズ L 9 の面番号 S 1 6 および面番号 S 1 7 の非球面係数は以下のとおりである。K はコーニック定数である。

面番号	S 1 6	S 1 7	
Y曲率半径	35.835	19.441	
K	0	0	
4次の係数	-1.102896E-04	-1.24304E-04	
6次の係数	3.732354E-07	4.42568E-07	
8次の係数	7.272159E-10	5.26979E-10	30
10次の係数	-1.957892E-11	-2.39735E-11	
12次の係数	9.916072E-14	1.35546E-13	
14次の係数	-1.706520E-16	-2.61793E-16	

【0 1 1 5】

また、広角端および望遠端における軸上面距離 A ~ G の値は、以下のとおりである。

広角端	望遠端	
A	2000	2000
B	14.976	5.495
C	9.137	0.884
D	28.921	25.14
E	0.8	15.494
F	7.207	7.111
G	0.6	7.517

【0 1 1 6】

ここで、投写光学系 3 C は、広角端における最大半画角を $\theta = 32.1^\circ$ としたときに、 $\theta = 32.1^\circ$ である。

【0 1 1 7】

また、投写光学系 3 C は、広角端の全系焦点距離を f_w 、第1レンズ群 L G 1 の焦点距離を f_1 としたときに、以下の条件式 (1) を満たす。

$$1.2 < |f_1/f_w| < 1.5 \quad (1)$$

本例では、 $f_1 = -21.61$ であり、 $f_w = 17.79$ である。従って、 $|f_1/f_w| = 1.21$ である。本例は、条件式(1)を満たすので、光学性能を維持しながら、かつ、バックフォーカスを確保できる。

【0118】

さらに、投写光学系3Cは、広角端の全系焦点距離を f_w 、望遠端の全系焦点距離を f_t としたときに、以下の条件式(2)を満たす。

$$1.4 \quad f_t/f_w \quad 1.8 \quad (2)$$

本例では、 $f_t = 26.69$ であり、 $f_w = 17.79$ である。従って、 $f_t/f_w = 1.5$ である。本例は、条件式(2)を満たすので、所定の倍率と所望の光学性能を得ることができる。

10

【0119】

次に、投写光学系3Cは、広角端のFNOを F_{Nw} 、望遠端のFNOを F_{Nt} としたときに、以下の条件式(3)および条件式(4)を満たす。

$$1.4 \quad F_{Nw} \quad 1.8 \quad (3)$$

$$1.05 < F_{Nt}/F_{Nw} < 1.25 \quad (4)$$

本例では、 $F_{Nw} = 1.4$ である。 $F_{Nt} = 1.7$ である。従って、 $F_{Nt}/F_{Nw} = 1.21$ である。本例は、条件式(3)を満たすので、所定の明るさと、所望の光学性能を得ることができる。また、本例は、条件式(4)を満たすので、変倍によって投写光学系3Cの明るさが大きく変動することを抑制できる。

20

【0120】

また、投写光学系3Cは、第5レンズ群LG5(第9レンズL9)の焦点距離を f_5 とし、広角端の全系焦点距離を f_w としたときに、以下の条件式(5)を満たす。

$$1.5 < |f_5/f_w| < 3.5 \quad (5)$$

本例では、 $f_5 = -55.27$ であり、 $f_w = 17.79$ である。従って、 $|f_5/f_w| = 3.11$ である。本例は、条件式(5)を満たすので、コマ収差および像面湾曲を補正できる。

【0121】

さらに、投写光学系3Cは、第2レンズ群LG2の正レンズ(第4レンズL4)の屈折率を n_{d2} としたときに、以下の条件式(6)を満たす。

$$1.75 < n_{d2} < 2.0 \quad (6)$$

30

本例では、 $n_{d2} = 1.80420$ である。本例は、条件式(6)によって、第2レンズ群LG2(第4レンズL4)の屈折率を比較的高い値に規定することにより、第1レンズ群LG1の内部に光量を適切に取り込むことができる。これにより、第1レンズ群LG1を構成する各レンズL1～L3が大型化することを抑制できる。また、第2レンズ群LG2(第4レンズL4)の屈折率を比較的高い値に規定することにより、像面湾曲の発生を抑制できる。

【0122】

また、投写光学系3Cは、第4レンズ群LG4の最も拡大側に位置する正レンズ(第1接合レンズC1に置いて拡大側に位置する第6レンズL6)の屈折率を n_{d41} 、アッベ数を41とし、第4レンズ群LG4の負レンズ(第1接合レンズC1において縮小側に位置する第7レンズL7)の屈折率を n_{d42} 、アッベ数を42としたときに、以下の条件式(7)および条件式(8)を満たす。

40

$$0.2 < n_{d42} - n_{d41} < 0.5 \quad (7)$$

$$2.0 < 41 - 42 < 7.0 \quad (8)$$

本例では、 $n_{d41} = 1.58913$ であり、 $n_{d42} = 1.83400$ である。従って、 $n_{d42} - n_{d41} = 0.245$ である。また、本例では、 $41 = 61.14$ であり、 $42 = 37.35$ である。従って、 $41 - 42 = 23.79$ である。本例では、条件式(7)を満たすので、望遠端における球面収差の増大を抑制できる。また、条件式(8)を満たすので、変倍時に、軸上色収差の変動を抑制できる。

【0123】

50

次に、投写光学系 3 C は、以下の条件式(9)および条件式(10)を満たす。条件式(9)では、第2レンズ群 L G 2 の正レンズ(第4レンズ L 4)のコバ厚み T 2 が 1 mm となるときのレンズ径を D 2 、第2レンズ群 L G 2 の正レンズ(第4レンズ L 4)の中心肉厚を t 2 とする。条件式(10)では、第3レンズ群 L G 3 の正レンズ(第5レンズ L 5)のコバ厚み T 3 が 1 mm となるときのレンズ径を D 3 、第3レンズ群 L G 3 の正レンズ(第5レンズ L 5)の中心肉厚を t 3 とする。

$$5 < D_2 / t_2 < 15 \quad (9)$$

$$6 < D_3 / t_3 < 15 \quad (10)$$

本例では、 $D_2 = 38.25$ であり、 $t_2 = 4.3$ である。従って、 $D_2 / t_2 = 8.9$ である。また、本例では、 $D_3 = 35.65$ であり、 $t_3 = 4.1$ である。従って、 $D_3 / t_3 = 8.7$ である。本例は、条件式(9)を満たすので、第4レンズ L 4 が肉厚となることを抑制できる。また、本例は、条件式(10)を満たすので、第5レンズ L 5 が肉厚となることを抑制できる。ここで、本例において、第4レンズ L 4 および第5レンズ L 5 はガラス製である。従って、レンズが薄くなれば、第4レンズ L 4 および第5レンズ L 5 の製造コストを抑制しやすい。

【0124】

また、投写光学系 3 C は、第5レンズ群 L G 5 の負レンズ(第9レンズ L 9)の屈折率を n_{d5} としたときに、以下の条件式(11)を満たす。

$$1.65 < n_{d5} < 1.85 \quad (11)$$

本例では、 $n_{d5} = 1.80625$ である。本例は、条件式(11)を満たすので、像面湾曲の発生を抑制できる。また、ガラス製の第9レンズ L 9 を製造するコストの増大を抑制できる。

【0125】

さらに、投写光学系 3 C は、第5レンズ群 L G 5 の負レンズ(第9レンズ L 9)の g 線と F 線の部分分散比を P_{g5} としたときに、以下の条件式(12)を満たす。

$$0.53 < P_{g5} < 0.61 \quad (12)$$

本例では、 $P_{g5} = 0.569$ である。本例は、条件式(12)を満たすので、倍率色収差の発生を抑制できる。

【0126】

次に、投写光学系 3 C は、第6レンズ群 L G 6 を構成する第2接合レンズ C 2 において、拡大側に位置する負レンズ(第10レンズ L 10)の d 線の屈折率を n_{d61} とし、縮小側に位置する正レンズ(第11レンズ L 11)の d 線の屈折率を n_{d62} としたときに、以下の条件式(13)を満たす。

$$0.2 < n_{d61} - n_{d62} < 0.5 \quad (13)$$

本例では、 $n_{d61} = 1.69895$ であり、 $n_{d62} = 1.48749$ である。従って、 $n_{d61} - n_{d62} = 0.21$ である。本例は、条件式(13)を満たすので、像面湾曲の発生を抑制できる。

【0127】

また、投写光学系 3 C は、第6レンズ群 L G 6 を構成する第2接合レンズ C 2 において、拡大側に位置する負レンズ(第10レンズ L 10)のアッベ数を d_{61} 、縮小側に位置する正レンズ(第11レンズ L 11)のアッベ数を d_{62} としたときに、以下の条件式(14)を満たす。

$$30 < d_{62} - d_{61} < 70 \quad (14)$$

本例では、 $d_{61} = 30.13$ であり、 $d_{62} = 70.24$ である。従って、 $d_{62} - d_{61} = 40.11$ である。本例は、条件式(14)を満たすので、倍率色収差の発生を抑制できる。

【0128】

また、投写光学系 3 C は、第2レンズ群 L G 2 の正レンズ(第4レンズ L 4)の d 線の屈折率を n_{d2} とし、第3レンズ群 L G 3 の正レンズ(第5レンズ L 5)の屈折率を n_{d3} としたときに、以下の条件式(15)を満たす。

10

20

30

40

50

$$0 < n d 2 - n d 3 < 0.35 \quad (15)$$

本例では、 $n d 2 = 1.80420$ であり、 $n d 3 = 1.59522$ である。従って、 $n d 2 - n d 3 = 0.21$ である。本例は、条件式(15)を満たすので、変倍時に発生する像面湾曲を抑制できる。また、変倍時における像面湾曲の変動を抑制できる。

【0129】

さらに、投写光学系3Cは、第2レンズ群LG2の正レンズ(第4レンズL4)のアッペ数を d_2 とし、第3レンズ群LG3の正レンズ(第5レンズL5)のアッペ数を d_3 としたときに、以下の条件式(16)を満たす。

$$|d_2 - d_3| < 30 \quad (16)$$

本例では、 $d_2 = 46.50$ であり、 $d_3 = 67.74$ である。従って、 $|d_2 - d_3| = 21.24$ である。本例は、条件式(16)を満たすので、変倍時に発生する倍率色収差の変動を抑制できる。

【0130】

次に、投写光学系3Cの第1レンズL1は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ非球面であり、面番号S1、面番号S2の各面の近軸の曲率中心が拡大側にある。また、第1レンズL1は、面番号S1、面番号S2の各面において、サグ量の向きが面内で変わる。すなわち、面番号S1、面番号S2の各面は、面内で、サグの変化量が反転している。これにより、Fナンバーを小さな値とすることが容易となる。すなわち、投写光学系3Cを明るくすることが容易となる。また、周辺光の歪曲収差の補正、および、像面湾曲の補正が容易となる。

【0131】

また、第7レンズ群LG7(第13レンズL13)は、正レンズであり、g線とF線の部分分散比をPgF1、アッペ数を $d_F 1$ としたときに、以下の条件式(17)を満たす。

$$PgF1 > -0.0016 \times d_F 1 + 0.62 \quad (17)$$

本例では、 $PgF1 = 0.543$ であり、 $d_F 1 = 55.53$ である。従って、 $-0.0016 \times d_F 1 + 0.62 = 0.531$ である。本例は、条件式(17)を満たすので、広角端から望遠端までの全域で、倍率色収差の発生を抑制できる。

【0132】

さらに、投写光学系3Cでは、第1レンズ群LG1の負レンズのうちの縮小側に配置された第3レンズL3は、拡大側の面および縮小側の面がそれぞれ凹面であり、そのアッペ数を d_{13} としたときに、以下の条件式(18)を満たす。

$$60 < d_{13} < 95 \quad (18)$$

本例では、 $d_{13} = 81.55$ である。本例は、条件式(18)を満たすので、特に望遠端において、倍率色収差の発生を抑制することが容易である。

【0133】

また、投写光学系3Cでは、広角端のバックフォーカスの空気換算長をBFとした場合に、以下の条件式(19)を満たす。

$$1.4 \quad BF / fw \quad 2.0 \quad (19)$$

本例では、 $BF = 29.52$ であり、 $fw = 17.79$ である。従って、 $BF / fw = 1.66$ である。本例は、条件式(19)を満たすので、光学性能の劣化を抑制しながら、バックフォーカスを確保することが容易である。

【0134】

図12は広角端における投写光学系3Cの諸収差図である。図12では、球面収差、非点収差および歪曲収差を示す。図13は望遠端における投写光学系3Cの諸収差図である。図13では、球面収差、非点収差および歪曲収差を示す。図12、図13に示すように、投写光学系3Cでは、球面収差、非点収差および歪曲収差が良好に補正されている。

【符号の説明】

【0135】

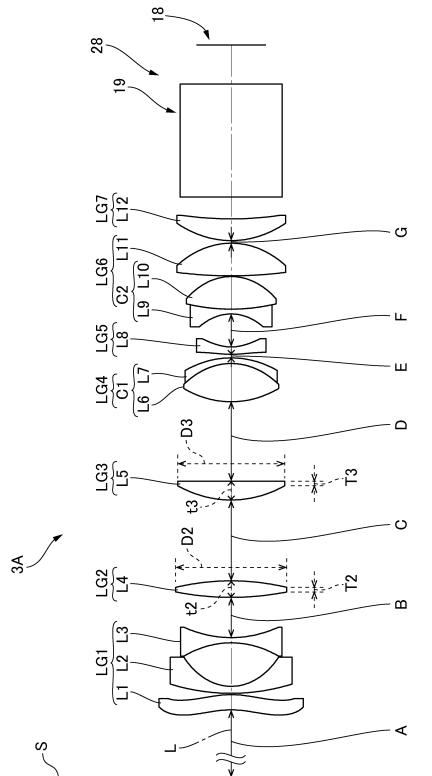
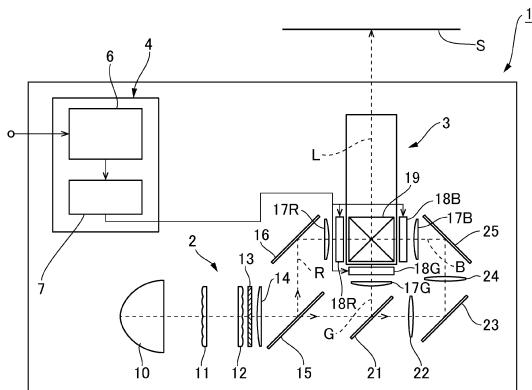
1...投写型画像表示装置、2...画像形成部、3、3A、3B、3C...投写光学系、4...制御部、6...画像処理部、7...表示駆動部、10...光源、11...第1インテグレーターレン

ズ、12...第2インテグレーターレンズ、13...偏光変換素子、14...重畳レンズ、15...第1ダイクロイックミラー、16...反射ミラー、17B...フィールドレンズ、17G...フィールドレンズ、17R...フィールドレンズ、18...液晶パネル、18B...液晶パネル、18G...液晶パネル、18R...液晶パネル、19...クロスタダイクロイックプリズム、21...第2ダイクロイックミラー、22...リレーレンズ、23...反射ミラー、24...リレーレンズ、25...反射ミラー、28...テレセントリック光学系、C1...第1接合レンズ、C2...第2接合レンズ、L1~L13...レンズ、LG1~LG7...レンズ群、S...スクリーン

【図面】

【図1】

【図2】



10

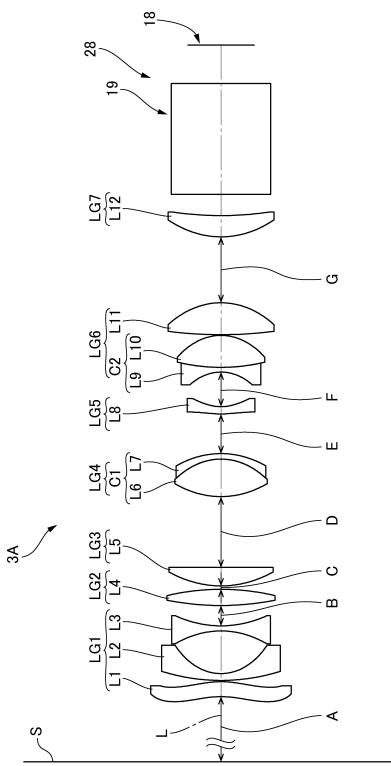
20

30

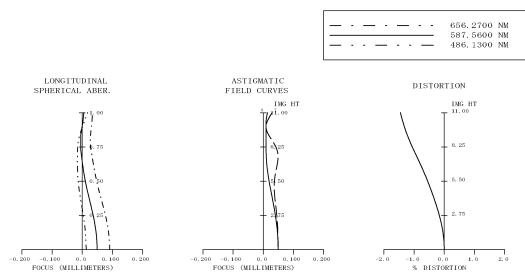
40

50

【図3】



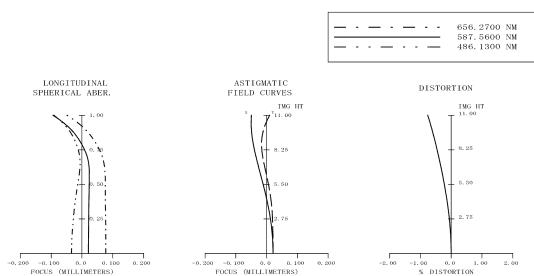
【図4】



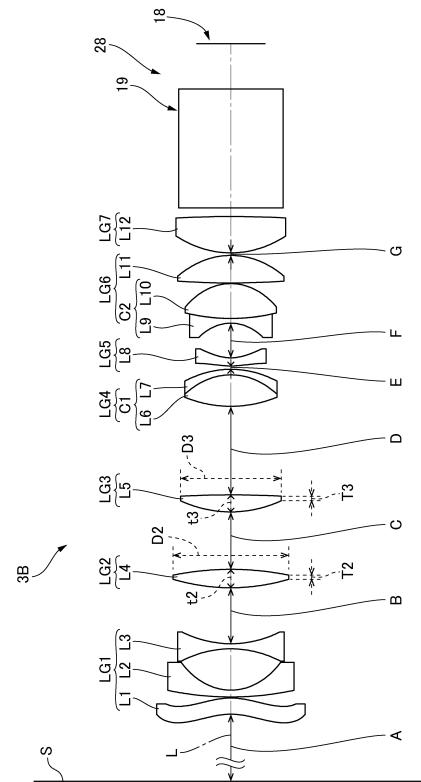
10

20

【図5】



【図6】

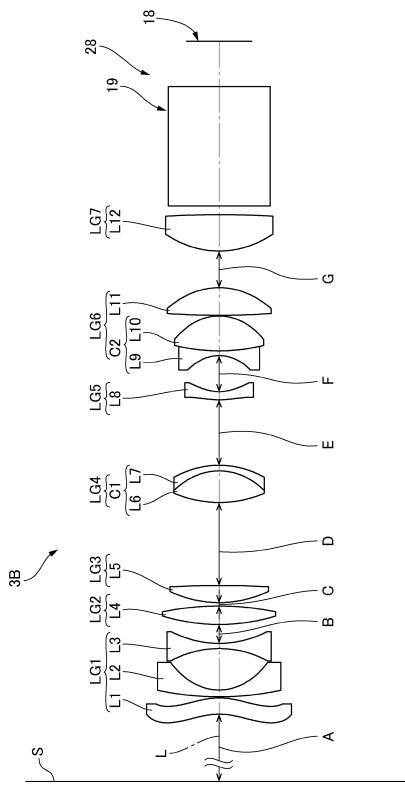


30

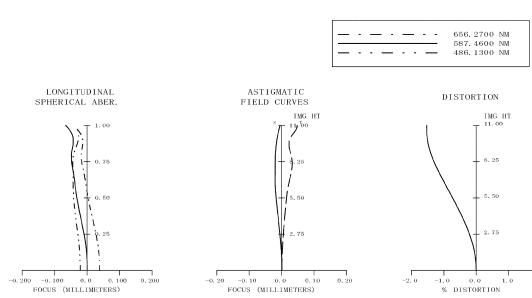
40

50

【図 7】



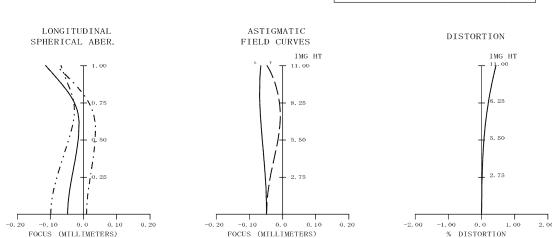
【図 8】



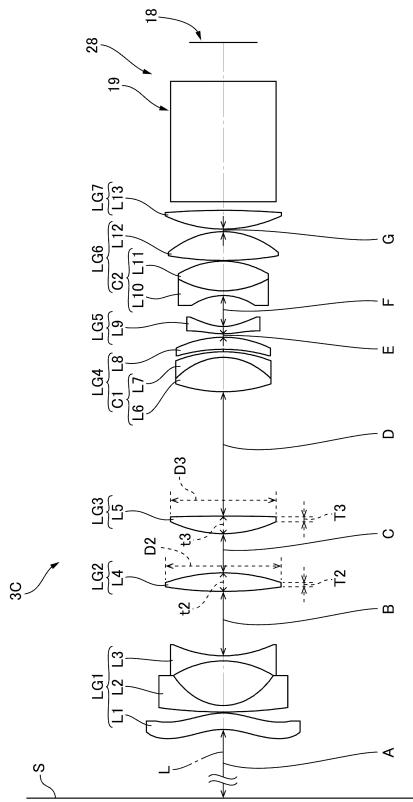
10

20

【図 9】



【図 10】

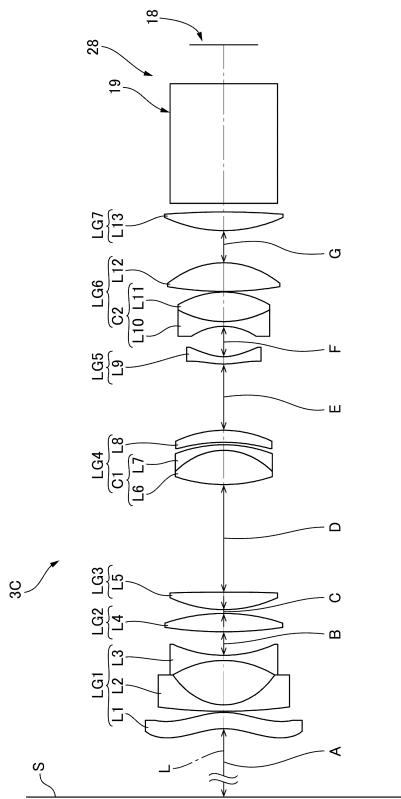


30

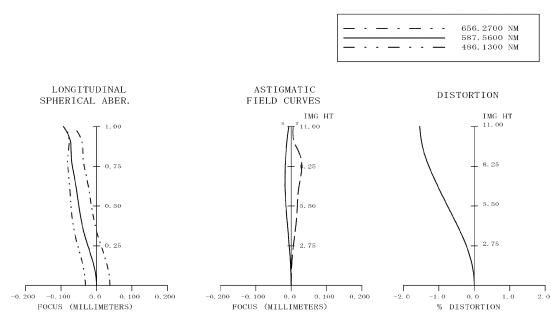
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】

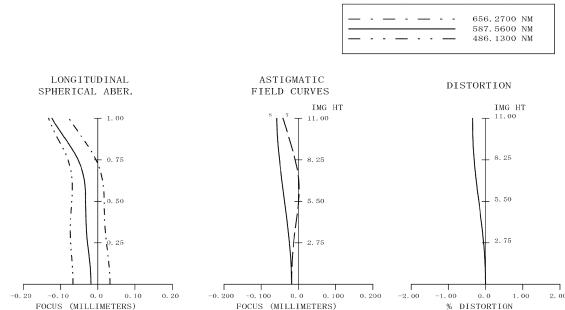


10

20

30

【図 1 3】



40

50

フロントページの続き

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献 特開2015-127750 (JP, A)

特開2011-028123 (JP, A)

特開2016-045224 (JP, A)

特開2014-134567 (JP, A)

特開2006-162700 (JP, A)

米国特許出願公開第2013/0321930 (US, A1)

(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