

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-105386

(P2023-105386A)

(43)公開日 令和5年7月31日(2023.7.31)

(51)国際特許分類

G 0 2 B 17/08 (2006.01)

F I

G 0 2 B 17/08

A

テーマコード(参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全40頁)

(21)出願番号 特願2022-6174(P2022-6174)

(22)出願日 令和4年1月19日(2022.1.19)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社
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 柳澤 博隆

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
コーエプソン株式会社内

(72)発明者 峯藤 延孝

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
コーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投写光学系、およびプロジェクター

(57)【要約】

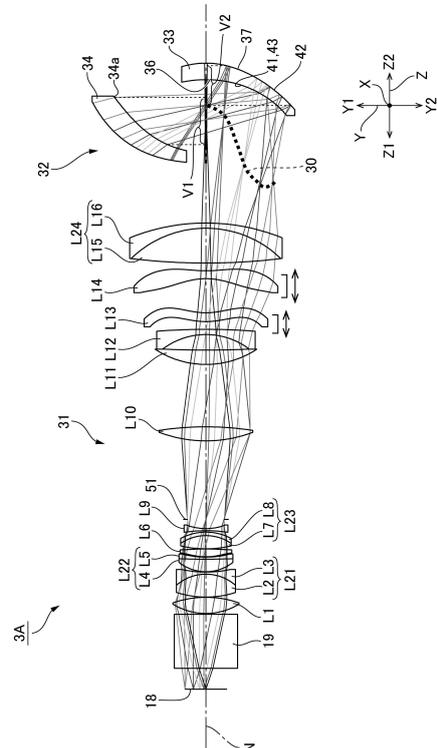
【課題】従来よりも小型化することが可能な短焦点の投写光学系を提供すること。

【解決手段】投写光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1光学系と、第2光学系と、を備える。第2光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、凹形状の反射面を有する光学素子と、負のパワーを有する第1レンズとを備える。第1レンズの最大半径をLLとし、反射面の最大半径をMRとし、光軸から画像形成素子の最大像高までの第1距離をimyとし、光軸から拡大像の最大像高までの第2距離を第1距離imyで除した投写倍率をMとし、投写距離を第2距離で除したスローレシオをTRとし、画像形成素子の開口数をNAとすると、以下の条件式(1)および(2)を満たす。

$$3.5 < (LL + MR) / imy \times TR \times (1 / NA) < 6.0 \quad \dots (1)$$

$$TR < 0.2 \quad \dots (2)$$

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

縮小側共役面に配置された画像形成素子が形成した投写画像を拡大して拡大側共役面に拡大像を投写するための投写光学系において、

縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系と、第 2 光学系と、を備え、

前記第 1 光学系は、絞りを備え、

前記第 2 光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、凹形状の反射面を有する光学素子と、負のパワーを有する第 1 レンズとを備え、

前記第 1 光学系と前記第 2 光学系との間に、前記縮小側共役面および前記拡大側共役面と共役な中間像が形成され、

10

前記第 1 光学系より縮小側は、テレセントリックであり、

前記第 1 レンズの最大半径を L とし、前記反射面の最大半径を M とし、光軸から前記画像形成素子の最大像高までの第 1 距離を i とし、投写距離を前記光軸から前記拡大像の最大像高までの第 2 距離で除したスローレシオを T とし、前記画像形成素子の開口数を NA とすると、以下の条件式 (1) および (2) を満たすことを特徴とする投写光学系。

$$3.5 < (L + M) / i \times T \times (1 / NA) < 6.0 \quad (1)$$

$$T > 0.2 \quad (2)$$

【請求項 2】

前記第 1 光学系は、前記絞りより拡大側に非球面レンズを 2 枚以上備えることを特徴とする請求項 1 に記載の投写光学系。

20

【請求項 3】

前記非球面レンズは、フォーカシング時にそれぞれ光軸方向に移動することを特徴とする請求項 2 に記載の投写光学系。

【請求項 4】

前記第 1 光学系は、前記絞りより拡大側に接合レンズを備えることを特徴とする請求項 1 から 3 のうち何れか一項に記載の投写光学系。

【請求項 5】

前記反射面は、表面に反射層を備えることを特徴とする請求項 1 から 4 のうち何れか一項に記載の投写光学系。

30

【請求項 6】

前記第 1 レンズの縮小側のレンズ面における光束通過領域を前記光軸上に射影した第 1 領域と、前記反射面における光束通過領域を前記光軸上に射影した第 2 領域とが互いに重なり合っていることを特徴とする請求項 1 から 5 のうち何れか一項に記載の投写光学系。

【請求項 7】

前記第 1 領域は、前記第 2 領域に対して、10% 以上重なっていることを特徴とする請求項 6 に記載の投写光学系。

【請求項 8】

前記画像形成素子の前記開口数を NA とすると、以下の条件式 (3) を満たすことを特徴とする請求項 1 から 7 のうちの何れか一項に記載の投写光学系。

40

$$0.3 < NA \quad (3)$$

【請求項 9】

縮小側共役面に配置された画像形成素子が形成した投写画像を拡大して拡大側共役面に拡大像を投写するための投写光学系において、

縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系と、第 2 光学系と、を備え、

前記第 2 光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、凹形状の反射面を有する光学素子と、負のパワーを有する第 1 レンズとを備え、

前記第 1 光学系と前記第 2 光学系との間に、前記縮小側共役面および前記拡大側共役面と共役な中間像が形成され、

前記第 1 レンズの縮小側の縮小側レンズ面における光束通過領域を光軸上に射影した第

50

1領域と、前記反射面における光束通過領域を前記光軸上に射影した第2領域とが互いに重なりあっていることを特徴とする投写光学系。

【請求項10】

請求項1から9のうちの何れか一項に記載の投写光学系と、
前記投写光学系の前記縮小側共役面に投写画像を形成する前記画像形成素子と、
を有することを特徴とするプロジェクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投写光学系、およびプロジェクターに関する。

10

【背景技術】

【0002】

画像表示素子に表示された投写画像を、投写光学系により拡大して、スクリーンに投写するプロジェクターは、特許文献1に記載されている。投写光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1屈折光学系、反射光学系、および第2屈折光学系を備える。第1屈折光学系は、複数の屈折レンズを備える。反射光学系は、凹面鏡を有し、第1屈折光学系からの光線を、画像表示素子の側に向かって第1屈折光学系の光軸と交差する方向に反射する。第2屈折光学系は、1枚の屈折レンズからなる。屈折レンズは、投写光学系において最も拡大側に位置する拡大側レンズである。拡大側レンズには、凹面鏡からの光線が、拡大側レンズの光軸と交差する方向から入射する。

20

【0003】

特許文献1に開示された投写光学系の実施例のうち、最も投写距離が短い投写光学系の投写距離は、257.6mmである。かかる投写光学系の拡大側レンズの有効半径は、79.7mmである。また、かかる投写光学系のスローレシオは、0.154である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2020-34690号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

プロジェクターは、投写光学系のスローレシオが小さいほど、所定の大きさの拡大像を投写する際の投写距離が短くなる。したがって、屋内などで使用するプロジェクターに搭載される投写光学系には、スローレシオが0.2以下となる短焦点の投写光学系が求められている。

【0006】

ここで、投写光学系を短焦点化すると、拡大側で発生する収差が大きくなりやすい。したがって、凹面鏡からの光線が斜めに通過する拡大側レンズの有効半径を大きくして、拡大側レンズにおいて像高毎の光線の補正を行う必要がある。しかし、有効半径を確保するために拡大側レンズが大型化すると、拡大側レンズが、第1屈折光学系の第1光軸から径方向に飛び出す突出量が大きくなり、投写光学系全体が太くなる。したがって、投写光学系を搭載するプロジェクターの小型化が阻害される。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明の投写光学系は、縮小側共役面に配置された画像形成素子が形成した投写画像を拡大して拡大側共役面に拡大像を投写するための投写光学系において、縮小側から拡大側に向かって順に、第1光学系と、第2光学系と、を備え、前記第1光学系は、絞りを備え、前記第2光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、凹形状の反射面を有する光学素子と、負のパワーを有する第1レンズとを備え、前記第1光学系と前記第2光学系との間に、前記縮小側共役面および前記拡大側共役面と共役な中

50

間像が形成され、前記第 1 光学系より縮小側は、テレセントリックであり、前記第 1 レンズの最大半径を $L L$ とし、前記反射面の最大半径を $M R$ とし、光軸から前記画像形成素子の最大像高までの第 1 距離を $i m y$ とし、投写距離を前記光軸から前記拡大像の最大像高までの第 2 距離で除したスローレシオを $T R$ とし、前記画像形成素子の開口数を $N A$ とすると、以下の条件式 (1) および (2) を満たすことを特徴とする。

$$3 . 5 \quad (L L + M R) / i m y \times T R \times (1 / N A) \quad 6 . 0 \quad (1)$$

$$T R \quad 0 . 2 \quad (2)$$

【 0 0 0 8 】

また、本発明の投写光学系は、縮小側共役面に配置された画像形成素子が形成した投写画像を拡大して拡大側共役面に拡大像を投写するための投写光学系において、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系と、第 2 光学系と、を備え、前記第 2 光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、凹形状の反射面を有する光学素子と、負のパワーを有する第 1 レンズとを備え、前記第 1 光学系と前記第 2 光学系との間に、前記縮小側共役面および前記拡大側共役面と共役な中間像が形成され、前記第 1 レンズの縮小側の縮小側レンズ面における光束通過領域を光軸上に射影した第 1 領域と、前記反射面における光束通過領域を前記光軸上に射影した第 2 領域とが互いに重なりあっていることを特徴とする。

10

【 0 0 0 9 】

次に、本発明のプロジェクターは、上記の投写光学系と、前記投写光学系の前記縮小側共役面に投写画像を形成する前記画像形成素子と、を有することを特徴とする。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】本発明の投写光学系を備えるプロジェクターの概略構成を示す図である。

【 図 2 】実施例 1 の投写光学系の光線図である。

【 図 3 】実施例 1 の投写光学系の基準距離における横収差を示す図である。

【 図 4 】実施例 1 の投写光学系の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 5 】実施例 1 の投写光学系の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 6 】実施例 1 の投写光学系の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

30

【 図 7 】実施例 2 の投写光学系の光線図である。

【 図 8 】実施例 2 の投写光学系の基準距離における横収差を示す図である。

【 図 9 】実施例 2 の投写光学系の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 1 0 】実施例 2 の投写光学系の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 1 1 】実施例 2 の投写光学系の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 1 2 】実施例 3 の投写光学系の光線図である。

【 図 1 3 】実施例 3 の投写光学系の基準距離における横収差を示す図である。

40

【 図 1 4 】実施例 3 の投写光学系の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 1 5 】実施例 3 の投写光学系の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 1 6 】実施例 3 の投写光学系の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【 図 1 7 】実施例 4 の投写光学系の光線図である。

【 図 1 8 】実施例 4 の投写光学系の基準距離における横収差を示す図である。

【 図 1 9 】実施例 4 の投写光学系の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

50

【図 20】実施例 4 の投写光学系の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図 21】実施例 4 の投写光学系の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図 22】実施例 5 の投写光学系の光線図である。

【図 23】実施例 5 の投写光学系の基準距離における横収差を示す図である。

【図 24】実施例 5 の投写光学系の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図 25】実施例 5 の投写光学系の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

10

【図 26】実施例 5 の投写光学系の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に図面を参照して、本発明の実施形態に係る光学系、およびプロジェクターを説明する。

【0012】

(プロジェクター)

図 1 は本発明の投写光学系 3 を備えるプロジェクターの概略構成を示す図である。図 1 に示すように、プロジェクター 1 は、スクリーン S に投写する投写画像を生成する画像形成部 2 と、投写画像を拡大してスクリーン S に拡大像を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、を備える。

20

【0013】

(画像形成部および制御部)

画像形成部 2 は、光源 10、第 1 インテグレートレンズ 11、第 2 インテグレートレンズ 12、偏光変換素子 13、重畳レンズ 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 インテグレートレンズ 11 および第 2 インテグレートレンズ 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 インテグレートレンズ 11 は、光源 10 からの光束を複数に分割する。第 1 インテグレートレンズ 11 の各レンズ素子は、光源 10 からの光束を第 2 インテグレートレンズ 12 の各レンズ素子の近傍に集光させる。

30

【0014】

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

【0015】

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、フィールドレンズ 17 R、および、液晶パネル 18 R を備える。第 1 ダイクロイックミラー 15 は、重畳レンズ 14 から入射した光線の一部である R 光を反射させ、重畳レンズ 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 17 R を経て、液晶パネル 18 R へ入射する。液晶パネル 18 R は光変調素子である。液晶パネル 18 R は R 光を画像信号に応じて変調することにより、赤色の投写画像を形成する。

40

【0016】

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 17 G、および、液晶パネル 18 G 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 17 G を経て、液晶パネル 18 G へ入射する。液晶パネル 18

50

Gは光変調素子である。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、緑色の投写画像を形成する。

【0017】

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、フィールドレンズ17B、液晶パネル18Bおよびクロスダイクロイックプリズム19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は画像形成素子である。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、青色の投写画像を形成する。

10

【0018】

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で変調された光を合成した投写画像を生成する。

【0019】

投写光学系3は、クロスダイクロイックプリズム19が合成した投写画像をスクリーンSに拡大して投写する。

【0020】

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。

20

【0021】

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階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。

【0022】

(投写光学系)

次に、投写光学系3を説明する。図1に示すように、投写光学系3の拡大側共役面には、スクリーンSが配置されている。投写光学系3の縮小側共役面には、液晶パネル18R、液晶パネル18Gおよび液晶パネル18Bが配置されている。

30

【0023】

以下では、プロジェクター1に搭載される投写光学系3の構成例として実施例1~5を説明する。

【0024】

(実施例1)

図2は、実施例1の投写光学系3Aの光線図である。なお、実施例1~5の投写光学系3の光線図において、液晶パネル18R、液晶パネル18G、液晶パネル18Bを、液晶パネル18として表す。本例の投写光学系3Aは、図2に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第1光学系31、および第2光学系32からなる。第2光学系32は、第1光学系31の光軸N上に配置されている。

40

【0025】

以下の説明では、便宜上、互いに直交する3軸をX軸、Y軸、およびZ軸とする。Z軸は、第1光学系31の光軸Nと一致する。Z軸方向は、光軸Nに沿った方向である。Z軸方向において、第1光学系31が位置する側を第1方向Z1、第2光学系32が位置する側を第2方向Z2とする。Y軸は、スクリーンSに沿って延びる。Y軸方向は、上下方向であり、Y軸方向の一方側を上方Y1、他方側を下方Y2とする。X軸は、スクリーンの幅方向に延びる。

50

【0026】

第1光学系31は、屈折光学系である。第1光学系31は、16枚のレンズL1～L16からなる。レンズL1～L16は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。レンズL9とレンズL10との間には、絞り51が配置されている。

【0027】

レンズL6は、両面に非球面形状を備える。レンズL13は、両面に非球面形状を備える。レンズL14は、両面に非球面形状を備える。レンズL2およびレンズL3は、接合された接合レンズL21である。レンズL4およびレンズL5は、接合された接合レンズL22である。レンズL7およびレンズL8は、接合された接合レンズL23である。レンズL15およびレンズL16は、接合された接合レンズL24である。

10

【0028】

第2光学系32は、光学素子33と、第1レンズ34とを備える。光学素子33と第1レンズ34は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。光学素子33は、縮小側を向く第1面36と、第1面36とは反対側を向く第2面37とを備える。また、光学素子33は、第2面37に反射コーティング層を備える。第1面36は、凹形状を備える。第2面37は、凸形状を備える。ここで、光学素子33は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1透過面41、および反射面42、および第2透過面43を有する。第1透過面41は、第1面36に設けられている。第1透過面41は凹形状を備える。反射面42は、反射コーティング層であり、第2面37の表面形状が転写された凹形状を備える。反射面42は、光学素子33の内部において、光を反射する。第2透過面43は、第1面36に設けられている。第2透過面43は凹形状を備える。第1透過面41、反射面42、および第2透過面43は、非球面形状を備える。図2に示すように、第1透過面41、反射面42、および第2透過面43は、光軸Nの下方Y2に位置する。

20

【0029】

第1レンズ34は、光軸N方向においてレンズL16と光学素子33との間であって、光軸Nより上方Y1に配置されている。第1レンズ34は、負のパワーを有する。第1レンズ34は、拡大側の面に凸形状を備え、縮小側の面に凹形状を備える。第1レンズ34は、両面に非球面形状を備える。

【0030】

図2に示すように、第1レンズ34の縮小側のレンズ面34a(縮小側レンズ面)における光束通過領域を光軸N上に射影した第1領域V1と、反射面42における光束通過領域を光軸N上に射影した第2領域V2とが互いに重なりあっている。

30

【0031】

ここで、投写光学系3Aの縮小側共役面には、画像形成部2の液晶パネル18が配置されている。投写光学系3Aの拡大側共役面には、スクリーンSが配置されている。

【0032】

液晶パネル18は、第1光学系31の光軸Nに垂直な画像形成面内に投写画像を形成する。液晶パネル18は、第1光学系31の光軸Nに対して上方Y1にオフセットされた位置に配置されている。したがって、投写画像は、光軸Nに対して上方Y1にオフセットされた位置に形成される。

40

【0033】

液晶パネル18からの光線は、第1光学系31、および第2光学系32を、この順に通過する。第1光学系31と第2光学系32との間において、光線は、光軸Nの下方Y2を通過する。これにより、光線は、第2光学系32を構成する光学素子33の第1透過面41に入射する。

【0034】

第1透過面41を介して光学素子33に入射した光線は、反射面42に向かう。反射面42に到達した光線は、第1方向Z1および上方Y1に向かって折り返される。反射面42により折り返された光線は、第2透過面43に向かう。第2透過面43を出射した光線は、光軸Nを上方Y1に横切って、第1レンズ34に向かう。第1レンズ34を透過した

50

光線は、第 1 レンズ 3 4 によって広げられて、スクリーン S に到達する。

【 0 0 3 5 】

中間像 3 0 は、レンズ L 1 6 と反射面 4 2 との間に形成される。

【 0 0 3 6 】

投写光学系 3 A において、第 1 光学系 3 1 より縮小側は、テレセントリックである。テレセントリックとは、第 1 光学系 3 1 と縮小側共役面に配置された液晶パネル 1 8 との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。

【 0 0 3 7 】

ここで、投写光学系 3 A は、投写距離を変更できる。投写距離を変更した場合には、第 1 光学系 3 1 のレンズ L 1 3 およびレンズ L 1 4 を光軸 N に沿って移動させてフォーカシングを行う。

【 0 0 3 8 】

第 1 レンズ 3 4 の最大半径を L L とし、反射面 4 2 の最大半径を M R とし、光軸 N から液晶パネル 1 8 の最大像高までの第 1 距離を i m y とし、光軸 N からスクリーン S に投写された拡大像の最大像高までの第 2 距離を s c y とし、第 2 距離を第 1 距離で除した投写倍率を M とし、第 1 レンズ 3 4 からスクリーン S までの距離である投写距離を P D とし、投写距離を第 2 距離で除したスローレシオを T R とし、液晶パネル 1 8 の開口数を N A とし、第 1 領域を第 2 領域で除したオーバーラップ率を O L とすると、投写光学系 3 A のデータは以下のとおりである。

【 0 0 3 9 】

| | |
|-------|-------------|
| L L | 6 4 . 3 m m |
| M R | 4 9 . 7 m m |
| i m y | 1 1 . 8 m m |
| s c y | 1 4 7 3 m m |
| M | 1 2 5 |
| P D | 1 6 8 m m |
| T R | 0 . 1 1 4 |
| N A | 0 . 3 1 3 |
| O L | 1 1 % |

【 0 0 4 0 】

投写光学系 3 A のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。符号は、液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第 1 レンズおよびスクリーンの符号である。液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第 1 レンズおよびスクリーンに対応しない面番号のデータはダミーデータである。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。C はアパーチャー半径であり、アパーチャー半径の 2 倍がレンズの面の直径となる。R、D、C の単位は m m である。

【 0 0 4 1 】

| 符号 | 面番号 | 形状 | R | D | 硝材 | 屈折/反射 | C |
|----|-----|----|----------|---------|----------------|-------|---------|
| 18 | 0 | 球 | 無限 | 12.0000 | | 屈折 | 0.0000 |
| 19 | 1 | 球 | 無限 | 31.0600 | SB SL7_OHARA | 屈折 | 13.5918 |
| | 2 | 球 | 無限 | 0.5000 | | 屈折 | 16.6277 |
| L1 | 3 | 球 | 35.2847 | 9.2979 | SF PL51_OHARA | 屈折 | 17.3864 |
| | 4 | 球 | -55.4170 | 0.1000 | | 屈折 | 17.2045 |
| L2 | 5 | 球 | 53.1915 | 13.2016 | SF PL51_OHARA | 屈折 | 15.5000 |
| L3 | 6 | 球 | -24.9552 | 1.2000 | SL AH55V_OHARA | 屈折 | 13.9685 |
| | 7 | 球 | 63.2923 | 0.2000 | | 屈折 | 13.6541 |
| L4 | 8 | 球 | 24.3360 | 7.1767 | SF PL51_OHARA | 屈折 | 14.0882 |
| L5 | 9 | 球 | 380.3225 | 1.2000 | SL AH55V_OHARA | 屈折 | 13.7489 |
| | 10 | 球 | 51.5712 | 0.2000 | | 屈折 | 13.4723 |

| | | | | | | | | |
|------|----|-----|-----------|----------|----------------|----|-----------|----|
| L 6 | 11 | 非球面 | 32.0905 | 4.5000 | LBAL35_OHARA | 屈折 | 13.4940 | |
| | 12 | 非球面 | -134.9471 | 0.1000 | | 屈折 | 13.3938 | |
| L 7 | 13 | 球 | 61.5686 | 7.5914 | 519175.5419 | 屈折 | 13.2085 | |
| L 8 | 14 | 球 | -25.0000 | 2.0000 | SLAH55VS_OHARA | 屈折 | 12.8549 | |
| | 15 | 球 | -29.8695 | 0.8280 | | 屈折 | 12.8460 | |
| L 9 | 16 | 球 | -80.8658 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 11.3301 | |
| | 17 | 球 | 30.8042 | 5.2958 | | 屈折 | 10.6239 | |
| 5 1 | 18 | 球 | 無限 | 44.9733 | | 屈折 | 10.5177 | |
| | 19 | 球 | 無限 | 0.2000 | | 屈折 | 23.6260 | |
| L 10 | 20 | 球 | 73.9012 | 8.0640 | EFD1_HOYA | 屈折 | 24.9872 | 10 |
| | 21 | 球 | -170.3392 | 0.2000 | | 屈折 | 25.0000 | |
| | 22 | 球 | 無限 | 35.6635 | | 屈折 | 24.9832 | |
| L 11 | 23 | 球 | 51.5474 | 8.2539 | STIM2_OHARA | 屈折 | 38.0000 | |
| | 24 | 球 | 524.8620 | 8.9325 | | 屈折 | 24.1124 | |
| L 12 | 25 | 球 | -39.9922 | 3.0000 | TAFD55W_HOYA | 屈折 | 23.9922 | |
| | 26 | 球 | -349.9088 | 可変間隔1 | | 屈折 | 26.3032 | |
| L 13 | 27 | 非球面 | 38.8539 | 5.0842 | E48R_ZEON | 屈折 | 31.5921 | |
| | 28 | 非球面 | 36.1680 | 可変間隔2 | | 屈折 | 34.5080 | |
| L 14 | 29 | 非球面 | -35.7720 | 4.5000 | E48R_ZEON | 屈折 | 36.7745 | |
| | 30 | 非球面 | 61.7301 | 可変間隔3 | | 屈折 | 38.7915 | 20 |
| L 15 | 31 | 球 | 353.5468 | 20.0000 | SBSM14_OHARA | 屈折 | 39.6720 | |
| L 16 | 32 | 球 | -60.0000 | 3.0000 | EFDS1W_HOYA | 屈折 | 39.6812 | |
| | 33 | 球 | -113.2468 | 82.4341 | | 屈折 | 41.1611 | |
| 4 1 | 34 | 非球面 | -65.3767 | 9.5000 | E48R_ZEON | 屈折 | 45.0955 | |
| 4 2 | 35 | 非球面 | -44.9827 | -9.5000 | E48R_ZEON | 反射 | 48.1799 | |
| 4 3 | 36 | 非球面 | -65.3767 | -41.9443 | | 屈折 | 42.9615 | |
| 3 4 | 37 | 非球面 | 54.1015 | -6.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 52.2393 | |
| | 38 | 非球面 | 142.2509 | 0.0000 | | 屈折 | 64.3335 | |
| | 39 | 球 | 無限 | 可変間隔4 | | 屈折 | 313.8463 | |
| S | 40 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 2324.7663 | 30 |

【0042】

ここで、本例の投写光学系3Aは、投写距離を、基準距離、基準距離よりも短い近距離、基準距離よりも遠い遠距離の間で変化させることができる。投写距離を変化させた場合には、レンズL13およびレンズL14をそれぞれ光軸N方向に移動させて、フォーカシングを行う。

【0043】

フォーカシングを行った際の各投写距離における可変間隔1、可変間隔2、可変間隔3、可変間隔4を以下に示す。可変間隔1は、レンズL12とレンズL13との軸上面間隔である。可変間隔2は、レンズL13とレンズL14との軸上面間隔である。可変間隔3は、レンズL14とレンズL15との軸上面間隔である。可変間隔4は、投写距離である。

【0044】

| | 基準距離 | 近距離 | 遠距離 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 可変間隔1 | 4.4230 | 1.5000 | 15.0214 |
| 可変間隔2 | 19.6419 | 22.4144 | 10.0000 |
| 可変間隔3 | 4.4783 | 4.6289 | 2.8000 |
| 可変間隔4 | -168.0000 | -152.4354 | -283.9986 |

【0045】

各非球面係数は以下のとおりである。

【0046】

| 面番号 | S11 | S12 | S27 | S28 |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 曲率半径(R) | 32.0905 | -134.9471 | 38.8539 | 36.1680 |
| コーニック定数(K) | -1.94128E+00 | -6.71900E+00 | 0 | -2.149694228 |
| 4次 | -1.38254E-05 | 6.71863E-06 | -1.99666E-05 | -1.75494E-05 |
| 6次 | -2.83857E-08 | -1.80730E-08 | 2.95006E-09 | 7.63059E-09 |
| 8次 | -4.72839E-11 | 1.11637E-11 | -4.48850E-12 | -3.11841E-12 |
| 10次 | 4.24189E-13 | 4.04245E-13 | 3.69153E-15 | 6.69179E-16 |
| 12次 | | | -1.40845E-18 | |

【0047】

| 面番号 | S29 | S30 | S34 | S35 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | -35.7720 | 61.7301 | -65.3767 | -44.9827 | 10 |
| コーニック定数(K) | -0.341543841 | -34.55839799 | -0.770073098 | -6.73401E-01 | |
| 4次 | 1.05561E-05 | -1.02640E-05 | -2.89382E-07 | 1.92201E-06 | |
| 6次 | 1.54518E-09 | 8.21068E-09 | -1.03664E-09 | -1.07675E-09 | |
| 8次 | -5.01740E-12 | -5.35974E-12 | 7.69165E-13 | 3.50601E-13 | |
| 10次 | 2.39960E-15 | 1.55871E-15 | -2.08201E-16 | -3.79540E-18 | |
| 12次 | 8.79249E-19 | 3.19301E-19 | | -1.82590E-20 | |
| 14次 | -1.20369E-21 | -3.97317E-22 | | -9.23744E-25 | |
| 16次 | 3.39597E-25 | 7.66203E-26 | | 9.11590E-28 | 20 |

【0048】

| 面番号 | S36 | S37 | S38 |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| 曲率半径(R) | -65.3767 | 54.1015 | 142.2508932 |
| コーニック定数(K) | -7.70073E-01 | -7.29901E-01 | -10 |
| 4次 | -2.89382E-07 | 7.08541E-07 | 2.10912E-06 |
| 6次 | -1.03664E-09 | 4.61815E-10 | -5.31390E-10 |
| 8次 | 7.69165E-13 | -2.34494E-13 | 1.51858E-13 |
| 10次 | -2.08201E-16 | 2.84518E-17 | -2.26420E-17 |
| 12次 | | -1.23445E-21 | 1.77694E-21 |

【0049】

ここで、本例の投写光学系3Aは、第1レンズ34の最大半径をLLとし、反射面42の最大半径をMRとし、光軸Nから液晶パネル18の最大像高までの第1距離をimyとし、投写距離を光軸NからスクリーンSにおける拡大像の最大像高までの第2距離で除したスローレシオをTRとし、液晶パネル18の開口数をNAとすると、以下の条件式(1)および(2)を満たす。

$$3.5 \leq (LL + MR) / imy \times TR \times (1 / NA) \leq 6.0 \quad \dots (1)$$

$$TR \geq 0.2 \quad \dots (2)$$

【0050】

本例では、

| | | |
|-----|--------|----|
| LL | 64.3mm | 40 |
| MR | 49.7mm | |
| imy | 11.8mm | |
| TR | 0.114 | |
| NA | 0.313 | |

である。よって、 $(LL + MR) / imy \times TR \times (1 / NA) = 3.52$ であり、条件式(1)を満たす。TR = 0.114であり、条件式(2)を満たす。

【0051】

また、第1領域V1を第2領域V2で除したオーバーラップ率OLは、10%以上である。すなわち、第1領域V1は、第2領域V2に対して、10%以上重なっている。本例では、オーバーラップ率OLは、11%であり、第1領域V1は、第2領域V2に対して

、 11%重なっている。

【0052】

(作用効果)

本例の投写光学系3Aは、縮小側共役面に配置された液晶パネル18が形成した投写画像を拡大して拡大側共役面に拡大像を投写する。本例の投写光学系3Aは、縮小側から拡大側に向かって順に、第1光学系31と、第2光学系32と、を備える。第1光学系31は、絞り51を備える。第2光学系32は、縮小側から拡大側に向かって順に、凹形状の反射面42を有する光学素子33と、負のパワーを有する第1レンズ34とを備える。第1光学系31と第2光学系32との間に、縮小側共役面および拡大側共役面と共役な中間像30が形成される。第1光学系31より縮小側は、テレセントリックである。

10

【0053】

また、本例の投写光学系3Aは、第1レンズ34の最大半径をLLとし、反射面42の最大半径をMRとし、光軸Nから液晶パネル18の最大像高までの第1距離をimyとし、投写距離を光軸NからスクリーンSにおける拡大像の最大像高までの第2距離で除したスローレシオをTRとし、液晶パネル18の開口数をNAとすると、以下の条件式(1)および(2)を満たす。

$$3.5 < (LL + MR) / imy \times TR \times (1 / NA) < 6.0 \quad (1)$$

$$TR > 0.2 \quad (2)$$

【0054】

本例の投写光学系3Aは、条件式(2)を満たす。したがって、投写光学系3は、短焦点化される。ここで、投写光学系を短焦点化すると、拡大側で発生する収差が大きくなりやすい。したがって、凹面鏡からの光線が斜めに通過する拡大側レンズの有効半径を大きくして、拡大側レンズにおいて像高毎の光線の補正を行う必要がある。しかし、有効半径を確保するために拡大側レンズが大型化すると、拡大側レンズが、第1屈折光学系の第1光軸から径方向に飛び出す突出量が大きくなり、投写光学系全体が太くなる。

20

【0055】

かかる問題に対して、本例の本例の投写光学系3Aは、条件式(1)を満たす。したがって、第1レンズ34が光軸Nから径方向に飛び出す突出量を抑制することによって投写光学系全体が太くなることを抑制できるので、投写光学系3Aを搭載するプロジェクターを小型化することができる。また、第1レンズ34が光軸Nから径方向に飛び出す突出量を抑制しつつ、第1レンズ34において像高毎の光線を補正可能な有効径を確保できる。すなわち、条件式(1)が下限を下回ると、TRおよび1/NAに対して、第1レンズ34のレンズ径が小さくなりすぎるので、像高毎の光線を補正することが困難となり、投写光学系3Aの解像性能を確保しにくくなる。また、設計的に、解像性能が得られるレンズができたとしても、このレンズは、製造時の成形精度が求められるので、量産性が高くないという問題がある。条件式(1)が上限を超えると、第1レンズ34のレンズ径が過度に大きくなる。すなわち、第1レンズ34が光軸Nから径方向に飛び出す突出量が大きくなるので、投写光学系全体が太くなる。このため、投写光学系を搭載するプロジェクターが大型化する。

30

【0056】

ここで、比較例として、先行技術文献である、特開2020-34690号公報の実施例3について検討する。比較例の投写光学系は、縮小側から拡大側に向かって順に、第1屈折光学系、反射光学系、および第2屈折光学系を備える。第1屈折光学系は、複数の屈折レンズを備える。反射光学系は、凹面鏡を有し、第1屈折光学系からの光線を、画像表示素子の側に向かって第1屈折光学系の光軸と交差する方向に反射する。第2屈折光学系は、1枚の屈折レンズからなる。屈折レンズは、投写光学系において最も拡大側に位置する拡大側レンズである。拡大側レンズには、凹面鏡からの光線が、拡大側レンズの光軸と交差する方向から入射する。比較例のデータは以下のとおりである。

40

【0057】

LL

79.7mm

50

| | |
|-------|---------------|
| M R | 4 9 . 5 m m |
| i m y | 1 1 . 8 m m |
| P D | 2 5 7 . 6 m m |
| T R | 0 . 1 5 4 |
| N A | 0 . 2 5 |

【 0 0 5 8 】

比較例では、 $T R = 0 . 1 5 4$ である。したがって、比較例の投写光学系は、条件式(2)を満たす。しかし、比較例では、条件式(1)が、 $(L L + M R) / i m y \times T R \times (1 / N A) = 6 . 0 2$ となる。したがって、比較例の投写光学系は、条件式(1)を満たさない。よって、スローレシオが同等の場合に、比較例の投写光学系の拡大側レンズのレンズ径は、本例の投写光学系3Aの第1レンズの有効半径と比較して、大きい。すなわち、比較例の投写光学系全体は、本例の投写光学系3A全体と比較して、太い。

10

【 0 0 5 9 】

ここで、本例の第1光学系31は、絞り51より拡大側に非球面形状を備えるレンズL13およびレンズL14(非球面レンズ)を2枚備える。したがって、投写光学系は、像高毎の歪曲収差および像面湾曲収差を補正できる。

【 0 0 6 0 】

また、レンズL13およびレンズL14は、フォーカシング時にそれぞれ光軸N方向に移動する。像高毎の諸収差を補正するレンズL13およびレンズL14を、それぞれ光軸N方向に移動させるので、フォーカシング時の諸収差の発生を抑制できる。

20

【 0 0 6 1 】

さらに、第1光学系31は、絞り51より拡大側に接合レンズL24を備える。よって、色収差を良好に補正できる。

【 0 0 6 2 】

本例の投写光学系3Aは、液晶パネル18の開口数をNAとすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$0 . 3 \quad N A \quad (3)$$

本例の投写光学系3Aは、 $N A = 0 . 3 1 3$ であり、条件式(3)を満たす。よって、明るい投写光学系とすることができる。

【 0 0 6 3 】

ここで、本例の投写光学系3Aは、中間像30をスクリーンSに拡大して結像させる機能を反射面42と第1レンズ34とで負担する。第1レンズ34には、反射面42からの光線が、第1レンズ34の光軸と交差する方向から入射する。このような構成では、高像高の光束は、反射面42において光軸Nから最も離れた部分で、光軸Nに対して大きな角度で反射し、第1レンズ34において光軸から最も離れた部分に入射する。特に、第1レンズ34と反射面42との距離が小さくなるほど、反射面42により反射する高像高の光束は、光軸Nに対して、より大きな角度となる。このとき、第1レンズ34において、高像高の光束を含む周辺光束の光量は、コサイン4条則に従い、光量が低下してしまうという問題がある。このため、高像高の光束を含む周辺光束を確保するためには、高像高の光束における瞳を大きくする必要がある。この場合、拡大側の最終レンズである第1レンズ34を大きくして、高像高の光束を確実に取り込むことが考えられるが、第1レンズ34が大きくなり、投写光学系が大型化する。

30

40

【 0 0 6 4 】

そこで、上記の問題を解決するために、本例の投写光学系3Aは、第1レンズ34の縮小側のレンズ面34aにおける光束通過領域を光軸N上に射影した第1領域V1と、反射面42における光束通過領域を光軸N上に射影した第2領域V2とが互いに重なりあっている。すなわち、第1レンズ34において高像高の光束が入射する部分と、反射面42において高像高の光束が反射する部分と、が光軸Nに直交する方向で重なっている。よって、第1レンズ34と反射面42との距離を小さくしても、第1領域V1と第2領域V2とが互いに重なれば、第1レンズ34は、反射面42で反射された光線における高像高の光

50

束を取り込みやすくなる。この結果、本例の投写光学系 3 A は、第 1 レンズ 3 4 のレンズ径が大きくなることを抑制することができるとともに、投写光学系を短焦点化することができる。なお、上記の比較例では、第 1 領域 V 1 と第 2 領域 V 2 とが互いに重ならないので、本例の投写光学系 3 A の第 1 レンズ 3 4 のレンズ径と比較すると、比較例の第 2 屈折光学系の屈折レンズのレンズ径は大きい。

【 0 0 6 5 】

また、本例の投写光学系 3 A では、第 1 領域 V 1 は、第 2 領域 V 2 に対して、11% 重なっている。よって、重なり量を 10% 以上確保することによって、周辺光束の光量を 40% 程度確保することができる。これにより、投写光学系 3 A は、周辺まで明るい拡大像を投写することができる。

10

【 0 0 6 6 】

図 3 は、投写光学系 3 A の基準距離における横収差を示す図である。図 4 は、投写光学系 3 A の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 5 は、投写光学系 3 A の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 6 は、投写光学系 3 A の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 3 ~ 図 6 に示すように、本例の投写光学系 3 A は、拡大像における諸収差が抑制されている。

【 0 0 6 7 】

(実施例 2)

図 7 は、実施例 2 の投写光学系 3 B の光線図である。本例の投写光学系 3 B は、図 7 に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系 3 1、および第 2 光学系 3 2 からなる。第 2 光学系 3 2 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N 上に配置されている。

20

【 0 0 6 8 】

第 1 光学系 3 1 は、屈折光学系である。第 1 光学系 3 1 は、19 枚のレンズ L 1 ~ L 19 からなる。レンズ L 1 ~ L 19 は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 10 とレンズ L 11 との間には、絞り 5 1 が配置されている。

【 0 0 6 9 】

レンズ L 4 は、縮小側の面に非球面形状を備える。レンズ L 18 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 19 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 2 およびレンズ L 3 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 4 およびレンズ L 5 は、接合された接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 9 およびレンズ L 9 は、接合された接合レンズ L 2 3 である。レンズ L 11 およびレンズ L 12 は、接合された接合レンズ L 2 4 である。

30

【 0 0 7 0 】

第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、第 1 レンズ 3 4 とを備える。光学素子 3 3 と第 1 レンズ 3 4 とは、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。光学素子 3 3 は、縮小側を向く反射面 4 4 を備える。反射面 4 4 は、第 2 方向 Z 2 に窪む凹形状を備える。反射面 4 4 は、非球面形状を備える。図 7 に示すように、反射面 4 4 は、光軸 N の下方 Y 2 に位置する。反射面 4 4 は、光学素子 3 3 の第 1 方向 Z 1 の外側面に反射コーティング層（反射層）を設けることにより形成される。反射面 4 4 は、光学素子 3 3 の Z 1 方向の表面において、光を反射する。

40

【 0 0 7 1 】

第 1 レンズ 3 4 は、光軸 N 方向においてレンズ L 19 と光学素子 3 3 との間であって、光軸 N より上方 Y 1 に配置されている。第 1 レンズ 3 4 は、負のパワーを有する。第 1 レンズ 3 4 は、拡大側の面に凸形状を備え、縮小側の面に凹形状を備える。第 1 レンズ 3 4 は、両面に非球面形状を備える。

【 0 0 7 2 】

なお、実施例 1 の投写光学系 3 A の第 2 光学系 3 2 では、第 1 領域 V 1 と第 2 領域 V 2 とが互いに重なったが、本例の投写光学系 3 B の第 2 光学系 3 2 では、重ならない。

【 0 0 7 3 】

ここで、投写光学系 3 B の縮小側共役面には、画像形成部 2 の液晶パネル 18 が配置さ

50

れている。投写光学系 3 B の拡大側共役面には、スクリーン S が配置されている。

【 0 0 7 4 】

液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に垂直な画像形成面内に投写画像を形成する。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットされた位置に配置されている。したがって、投写画像は、光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットされた位置に形成される。

【 0 0 7 5 】

液晶パネル 1 8 からの光線は、第 1 光学系 3 1、および第 2 光学系 3 2 を、この順に通過する。第 1 光学系 3 1 と第 2 光学系 3 2 との間において、光線は、光軸 N の下方 Y 2 を通過する。これにより、光線は、第 2 光学系 3 2 を反射面 4 4 に向かう。反射面 4 4 に到達した光線は、第 1 方向 Z 1 および上方 Y 1 に向かって折り返される。反射面 4 4 により折り返された光線は、光軸 N を上方 Y 1 に横切って、第 1 レンズ 3 4 に向かう。第 1 レンズ 3 4 を透過した光線は、第 1 レンズ 3 4 によって広げられて、スクリーン S に到達する。

10

【 0 0 7 6 】

中間像 3 0 は、レンズ L 1 6 と反射面 4 4 との間に形成される。

【 0 0 7 7 】

投写光学系 3 B において、第 1 光学系 3 1 より縮小側は、テレセントリックである。

【 0 0 7 8 】

ここで、投写光学系 3 B は、投写距離を変更できる。投写距離を変更した場合には、第 1 光学系 3 1 の 7 枚のレンズ L 1 3 ~ L 1 9 を光軸 N に沿って移動させてフォーカシングを行う。フォーカシングでは、レンズ L 1 3 およびレンズ L 1 4 は、一体に移動させる。また、フォーカシングでは、レンズ L 1 5、レンズ L 1 6 およびレンズ L 1 7 は、一体に移動させる。

20

【 0 0 7 9 】

第 1 レンズ 3 4 の最大半径を L L とし、反射面 4 4 の最大半径を M R とし、光軸 N から液晶パネル 1 8 の最大像高までの第 1 距離を $i m y$ とし、光軸 N からスクリーン S に投写された拡大像の最大像高までの第 2 距離を $s c y$ とし、第 2 距離を第 1 距離で除した投写倍率を M とし、第 1 レンズ 3 4 からスクリーン S までの距離である投写距離を P D とし、投写距離を第 2 距離で除したスローレシオを T R とし、液晶パネル 1 8 の開口数を N A とし、第 1 領域を第 2 領域で除したオーバーラップ率を O L とすると、投写光学系 3 B のデータは以下のとおりである。

30

【 0 0 8 0 】

| | |
|---------|-------------|
| L L | 7 0 . 3 m m |
| M R | 6 0 . 0 m m |
| $i m y$ | 1 1 . 8 m m |
| $s c y$ | 1 4 7 5 m m |
| M | 1 2 5 |
| P D | 1 6 8 m m |
| T R | 0 . 1 1 4 |
| N A | 0 . 3 1 3 |
| O L | - 1 7 % |

40

【 0 0 8 1 】

投写光学系 3 B のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。符号は、液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第 1 レンズおよびスクリーンの符号である。液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第 1 レンズおよびスクリーンに対応しない面番号のデータはダミーデータである。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。C はアパーチャー半径であり、アパーチャー半径の 2 倍がレンズの面の直径となる。R、D、C の単位は m m である。

【 0 0 8 2 】

50

| 符号 | 面番号 | 形状 | R | D | 硝材 | 屈折/反射 | C | |
|-----|-----|-----|-----------|----------|---------------|-------|-----------|----|
| 18 | 0 | 球 | 無限 | 12.0000 | | 屈折 | 0.0000 | |
| | 1 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 13.7731 | |
| 19 | 2 | 球 | 無限 | 31.0600 | SBSL7_OHARA | 屈折 | 13.7731 | |
| | 3 | 球 | 無限 | 0.5000 | | 屈折 | 17.1118 | |
| L1 | 4 | 球 | 26.6288 | 10.4696 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 18.4088 | |
| | 5 | 球 | -150.1579 | 0.1000 | | 屈折 | 18.0025 | |
| L2 | 6 | 球 | 25.5623 | 8.5438 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 15.5000 | |
| L3 | 7 | 球 | -97.0389 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 14.5832 | |
| | 8 | 球 | 85.4686 | 1.5000 | | 屈折 | 13.5904 | 10 |
| L4 | 9 | 非球面 | 66.9350 | 9.2467 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 13.1508 | |
| L5 | 10 | 球 | -15.9986 | 1.2000 | SLAH58_OHARA | 屈折 | 12.3029 | |
| | 11 | 球 | 41.6431 | 0.2000 | | 屈折 | 12.8263 | |
| L6 | 12 | 球 | 38.0827 | 4.0030 | LBAL42_OHARA | 屈折 | 13.0543 | |
| | 13 | 球 | 318.3152 | 0.1000 | | 屈折 | 13.2827 | |
| L7 | 14 | 球 | 70.4405 | 8.4210 | SFSL5_OHARA | 屈折 | 13.5227 | |
| | 15 | 球 | -22.3532 | 0.1000 | | 屈折 | 13.6989 | |
| | 16 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 12.4435 | |
| L8 | 17 | 球 | -84.9967 | 7.3497 | EFD1_HOYA | 屈折 | 12.6701 | |
| L9 | 18 | 球 | -15.9906 | 1.2000 | TAFD37_HOYA | 屈折 | 12.5122 | 20 |
| | 19 | 球 | -36.1966 | 2.0000 | | 屈折 | 12.7989 | |
| L10 | 20 | 球 | -244.2902 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 11.7933 | |
| | 21 | 球 | 97.6234 | 0.6890 | | 屈折 | 11.5565 | |
| 51 | 22 | 球 | 無限 | 49.3148 | | 屈折 | 11.5563 | |
| | 23 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 16.0000 | |
| L11 | 24 | 球 | 603.4243 | 1.5000 | SFSL5_OHARA | 屈折 | 16.0682 | |
| L12 | 25 | 球 | 30.3502 | 8.2708 | 603703.3642 | 屈折 | 17.4145 | |
| | 26 | 球 | -159.7097 | 可変間隔1 | | 屈折 | 17.6353 | |
| L13 | 27 | 球 | 58.3785 | 5.2371 | SFSL5_OHARA | 屈折 | 20.5420 | |
| | 28 | 球 | 211.5489 | 8.4167 | | 屈折 | 20.4448 | 30 |
| L14 | 29 | 球 | -32.8105 | 3.0000 | SLAH60_OHARA | 屈折 | 20.4418 | |
| | 30 | 球 | -179.0439 | 可変間隔2 | | 屈折 | 23.3194 | |
| L15 | 31 | 球 | 65.8625 | 11.5160 | SFSL5_OHARA | 屈折 | 29.4810 | |
| | 32 | 球 | -132.6893 | 8.2607 | | 屈折 | 29.6197 | |
| L16 | 33 | 球 | 46.7969 | 8.1128 | 580360.3963 | 屈折 | 31.0392 | |
| | 34 | 球 | 99.4438 | 11.4077 | | 屈折 | 30.7171 | |
| L17 | 35 | 球 | -158.6923 | 3.0000 | 845147.2965 | 屈折 | 29.8409 | |
| | 36 | 球 | 86.1824 | 可変間隔3 | | 屈折 | 29.4729 | |
| L18 | 37 | 非球面 | 528.0372 | 4.5000 | E48R_ZEON | 屈折 | 31.3346 | |
| | 38 | 非球面 | 33.7665 | 可変間隔4 | | 屈折 | 31.9279 | 40 |
| L19 | 39 | 非球面 | -380.2495 | 4.5000 | E48R_ZEON | 屈折 | 32.2460 | |
| | 40 | 非球面 | 104.5568 | 可変間隔5 | | 屈折 | 31.1074 | |
| 44 | 41 | 非球面 | -42.5636 | -78.3294 | | 反射 | 58.3033 | |
| 34 | 42 | 球 | 69.4353 | -6.0000 | SBSL7_OHARA | 屈折 | 59.6267 | |
| | 43 | 球 | 86.2250 | 0.0000 | | 屈折 | 70.3493 | |
| | 44 | 球 | 無限 | 可変間隔6 | | 屈折 | 317.5369 | |
| S | 45 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 2320.5066 | |

【0083】

ここで、本例の投写光学系3Bは、投写距離を、基準距離、基準距離よりも短い近距離、基準距離よりも遠い遠距離の間で変化させることができる。投写距離を変化させた場合

には、第1光学系31の7枚のレンズL13~L19を光軸Nに沿って移動させてフォーカシングを行う。

【0084】

フォーカシングを行った際の各投写距離における可変間隔1、可変間隔2、可変間隔3、可変間隔4、可変間隔5、可変間隔6を以下に示す。可変間隔1は、レンズL12とレンズL13との軸上面間隔である。可変間隔2は、レンズL14とレンズL15との軸上面間隔である。可変間隔3は、レンズL17とレンズL18との軸上面間隔である。可変間隔4は、レンズL18とレンズL19との軸上面間隔である。可変間隔5は、レンズL19と反射面44との軸上面間隔である。可変間隔6は、投写距離である。

【0085】

| | 基準距離 | 近距離 | 遠距離 |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 可変間隔1 | 17.5493 | 17.3144 | 17.7167 |
| 可変間隔2 | 1.9816 | 1.5000 | 3.1094 |
| 可変間隔3 | 7.6021 | 7.6917 | 7.7992 |
| 可変間隔4 | 9.7204 | 10.4580 | 8.0000 |
| 可変間隔5 | 95.0272 | 94.9165 | 95.0000 |
| 可変間隔6 | -168.0000 | -149.0000 | -299.0000 |

10

【0086】

各非球面係数は以下のとおりである。

【0087】

| 面番号 | S9 | S37 | S38 |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| 曲率半径(R) | 66.9350 | 528.0372 | 33.7665 |
| コーニック定数(K) | 1.99808E+01 | 0.00000E+00 | -0.933898063 |
| 4次 | -3.51935E-05 | 1.29656E-06 | -2.77972E-05 |
| 6次 | -3.84869E-08 | 1.76500E-08 | 3.28971E-08 |
| 8次 | 1.64277E-10 | -2.92156E-11 | -1.92879E-11 |
| 10次 | -2.73714E-13 | 2.18211E-14 | 2.74697E-15 |
| 12次 | | -8.19357E-18 | |

20

【0088】

| 面番号 | S39 | S40 | S41 |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| 曲率半径(R) | -380.2495 | 104.5568 | -42.5636 |
| コーニック定数(K) | 90 | -1 | -0.642670804 |
| 4次 | -1.04601E-06 | -3.06455E-06 | 1.27431E-06 |
| 6次 | 5.85943E-09 | 1.95488E-08 | -2.26894E-10 |
| 8次 | -3.64606E-12 | -2.55133E-11 | 5.16584E-14 |
| 10次 | 8.78722E-16 | 9.61539E-15 | 6.33283E-20 |
| 12次 | 1.72449E-18 | 5.52402E-18 | -3.49736E-22 |
| 14次 | -1.60803E-21 | -1.82570E-21 | -2.74244E-25 |
| 16次 | 4.60964E-25 | -1.51405E-24 | 6.78070E-29 |

30

【0089】

ここで、本例の投写光学系3Bは、第1レンズ34の最大半径をLLとし、反射面42の最大半径をMRとし、光軸Nから液晶パネル18の最大像高までの第1距離をimyとし、投写距離を光軸NからスクリーンSにおける拡大像の最大像高までの第2距離で除したスローレシオをTRとし、液晶パネル18の開口数をNAとすると、以下の条件式(1)および(2)を満たす。

40

$$3.5 (LL + MR) / imy \times TR \times (1 / NA) \leq 6.0 \quad \dots (1)$$

$$TR \geq 0.2 \quad \dots (2)$$

【0090】

本例では、

$$LL = 70.3 \text{ mm}$$

50

| | |
|-------|-------------|
| M R | 6 0 . 0 m m |
| i m y | 1 1 . 8 m m |
| T R | 0 . 1 1 4 |
| N A | 0 . 3 1 3 |

である。よって、 $(L L + M R) / i m y \times T R \times (1 / N A) = 4 . 0 2$ であり、条件式(1)を満たす。T R = 0 . 1 1 4であり、条件式(2)を満たす。

【0091】

(作用効果)

本例の投写光学系3Bにおいて、第1光学系31は、絞り51より拡大側に非球面形状を備えるレンズL18およびレンズL19(非球面レンズ)を2枚備える。したがって、
10

【0092】

また、レンズL18およびレンズL19は、フォーカシング時にそれぞれ光軸N方向に移動する。像高毎の諸収差を補正するレンズL18およびレンズL19を、それぞれ光軸N方向に移動させるので、フォーカシング時の諸収差の発生を抑制できる。

【0093】

さらに、第1光学系31は、絞り51より拡大側に接合レンズL24を備える。よって、色収差を良好に補正することができる。

【0094】

本例の投写光学系3Bは、液晶パネル18の開口数をNAとすると、以下の条件式(3)
20

$$0 . 3 \quad N A \quad (3)$$

本例の投写光学系3Bは、 $N A = 0 . 3 1 3$ であり、条件式(3)を満たす。よって、明るい投写光学系とすることができる。

【0095】

本例の投写光学系3Bにおいて、反射面44は、表面に反射コーティング層(反射層)を備える。ここで、実施例1の反射面42は、光学素子33の内部に設けられる構成であるので、反射面42が設けられる第2面37の形状精度は、光学素子33の形状精度に依存する。つまり、第2面37の形状精度を向上させるためには、第1面36の形状精度も向上させる必要がある。これに対して、本例の投写光学系3Bの反射面44は、光学素子
30

33の外側に設けられているので、光学素子33の外側の形状精度のみを向上させればよい。よって、本例の反射面44は、実施例1の反射面42と比較して、反射面の形状精度を向上させやすい。

【0096】

また、実施例1では、光学素子33を成形後に、反射コーティング層を光学素子33の第2面37に形成することによって、反射面42を形成するが、この際、反射コーティング層と第2面37との間に、支持膜層を設ける必要がある。支持膜層を設けることによって反射コーティング層が第2面37から剥がれにくくなるが、支持膜層が介在することによって、反射面42の光学性能が低下しやすくなり、製造時における反射面42の光学性能がばらつき易い。これに対して、本例の投写光学系3Bでは、支持膜層は、反射コー
40

ティング層の反射面側とは反対側に設けられるので、反射面44の光学性能が低下しにくい。このため、製造時における反射面44の光学性能が安定しやすい。

【0097】

ここで、本例の投写光学系3Bは、条件式(1)(2)を満たすので、実施例1の投写光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図8は、投写光学系3Bの基準距離における横収差を示す図である。図9は、投写光学系3Bの基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図10は、投写光学系3Bの近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図11は、投写光学系3Bの遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図8~図11に示すように、本例の投写光学系3Aは、拡大像における諸収差が抑制されている。
50

【 0 0 9 8 】

(実施例 3)

図 1 2 は、実施例 3 の投写光学系 3 C の光線図である。本例の投写光学系 3 C は、図 1 2 に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系 3 1、および第 2 光学系 3 2 からなる。第 2 光学系 3 2 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N 上に配置されている。

【 0 0 9 9 】

第 1 光学系 3 1 は、屈折光学系である。第 1 光学系 3 1 は、17 枚のレンズ L 1 ~ L 1 7 からなる。レンズ L 1 ~ L 1 7 は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 9 とレンズ L 1 0 との間には、絞り 5 1 が配置されている。

【 0 1 0 0 】

レンズ L 6 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 1 3 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 1 4 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 1 7 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 2 およびレンズ L 3 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 4 およびレンズ L 5 は、接合された接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 7 およびレンズ L 8 は、接合された接合レンズ L 2 3 である。レンズ L 1 5 およびレンズ L 1 6 は、接合された接合レンズ L 2 4 である。

【 0 1 0 1 】

第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、第 1 レンズ 3 4 とを備える。光学素子 3 3 と第 1 レンズ 3 4 は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。光学素子 3 3 は、縮小側を向く第 1 面 3 6 と、第 1 面 3 6 とは反対側を向く第 2 面 3 7 とを備える。また、光学素子 3 3 は、第 2 面 3 7 に反射コーティング層を備える。第 1 面 3 6 は、凹形状を備える。第 2 面 3 7 は、凸形状を備える。ここで、光学素子 3 3 は、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 透過面 4 1、および反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 を有する。第 1 透過面 4 1 は、第 1 面 3 6 に設けられている。第 1 透過面 4 1 は凹形状を備える。反射面 4 2 は、反射コーティング層であり、第 2 面 3 7 の表面形状が転写された凹形状を備える。反射面 4 4 は、光学素子 3 3 の内部において、光を反射する。第 2 透過面 4 3 は、第 1 面 3 6 に設けられている。第 2 透過面 4 3 は凹形状を備える。第 1 透過面 4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 は、非球面形状を備える。図 1 2 に示すように、第 1 透過面 4 1、反射面 4 2、および第 2 透過面 4 3 は、光軸 N の下方 Y 2 に位置する。

【 0 1 0 2 】

第 1 レンズ 3 4 は、光軸 N 方向においてレンズ L 1 7 と光学素子 3 3 との間であって、光軸 N より上方 Y 1 に配置されている。第 1 レンズ 3 4 は、負のパワーを有する。第 1 レンズ 3 4 は、拡大側の面に凸形状を備え、縮小側の面に凹形状を備える。第 1 レンズ 3 4 は、両面に非球面形状を備える。

【 0 1 0 3 】

図 1 2 に示すように、第 1 レンズ 3 4 の縮小側のレンズ面 3 4 a における光束通過領域を光軸 N 上に射影した第 1 領域 V 1 と、反射面 4 2 における光束通過領域を光軸 N 上に射影した第 2 領域 V 2 とが互いに重なりあっている。

【 0 1 0 4 】

ここで、投写光学系 3 C の縮小側共役面には、画像形成部 2 の液晶パネル 1 8 が配置されている。投写光学系 3 C の拡大側共役面には、スクリーン S が配置されている。

【 0 1 0 5 】

液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に垂直な画像形成面内に投写画像を形成する。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットされた位置に配置されている。したがって、投写画像は、光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットされた位置に形成される。

【 0 1 0 6 】

液晶パネル 1 8 からの光線は、第 1 光学系 3 1、および第 2 光学系 3 2 を、この順に通過する。第 1 光学系 3 1 と第 2 光学系 3 2 との間において、光線は、光軸 N の下方 Y 2 を通過する。これにより、光線は、第 2 光学系 3 2 を構成する光学素子 3 3 の第 1 透過面 4

10

20

30

40

50

1に入射する。

【0107】

第1透過面41を介して光学素子33に入射した光線は、反射面42に向かう。反射面42に到達した光線は、第1方向Z1および上方Y1に向かって折り返される。第2透過面43を出射した光線は、光軸Nを上方Y1に横切って、第1レンズ34に向かう。第1レンズ34を透過した光線は、第1レンズ34によって広げられて、スクリーンSに到達する。

【0108】

中間像30は、レンズL17と反射面42との間に形成される。

【0109】

投写光学系3Cにおいて、第1光学系31より縮小側は、テレセントリックである。

【0110】

ここで、投写光学系3Cは、投写距離を変更できる。投写距離を変更した場合には、第1光学系31のレンズL13およびレンズL14を光軸Nに沿って移動させてフォーカシングを行う。

【0111】

第1レンズ34の最大半径をLLとし、反射面42の最大半径をMRとし、光軸Nから液晶パネル18の最大像高までの第1距離をimyとし、光軸NからスクリーンSに投写された拡大像の最大像高までの第2距離をscyとし、第2距離を第1距離で除した投写倍率をMとし、第1レンズ34からスクリーンSまでの距離である投写距離をPDとし、投写距離を第2距離で除したスローレシオをTRとし、液晶パネル18の開口数をNAとし、第1領域を第2領域で除したオーバーラップ率をOLとすると、投写光学系3Cのデータは以下のとおりである。

【0112】

| | |
|-----|---------|
| LL | 64.1mm |
| MR | 49.5mm |
| imy | 11.8mm |
| scy | 147.3mm |
| M | 12.5 |
| PD | 168mm |
| TR | 0.114 |
| NA | 0.313 |
| OL | 17% |

【0113】

投写光学系3Cのレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。符号は、液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第1レンズおよびスクリーンの符号である。液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第1レンズおよびスクリーンに対応しない面番号のデータはダミーデータである。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。Cはアパーチャー半径であり、アパーチャー半径の2倍がレンズの面の直径となる。R、D、Cの単位はmmである。

【0114】

| 符号 | 面番号 | 形状 | R | D | 硝材 | 屈折/反射 | C |
|----|-----|----|----------|---------|---------------|-------|---------|
| 18 | 0 | 球 | 無限 | 12.0000 | | 屈折 | 0.0000 |
| | 1 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 13.7172 |
| 19 | 2 | 球 | 無限 | 31.0600 | SBSL7_OHARA | 屈折 | 13.7172 |
| | 3 | 球 | 無限 | 0.5000 | | 屈折 | 16.9627 |
| L1 | 4 | 球 | 34.7152 | 9.4162 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 17.8300 |
| | 5 | 球 | -62.8985 | 1.9807 | | 屈折 | 17.6406 |
| L2 | 6 | 球 | 53.8953 | 11.5119 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 15.5000 |
| L3 | 7 | 球 | -26.7189 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 14.3850 |

10

20

30

40

50

| | | | | | | | | |
|------|----|-----|-------------|----------|----------------|----|-----------|----|
| | 8 | 球 | 67.7890 | 0.2000 | | 屈折 | 14.0665 | |
| L 4 | 9 | 球 | 25.0001 | 7.4634 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 14.3732 | |
| L 5 | 10 | 球 | -14757.3800 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 13.9801 | |
| | 11 | 球 | 60.7035 | 0.2000 | | 屈折 | 13.7118 | |
| L 6 | 12 | 非球面 | 33.9317 | 4.5000 | LBAL35_OHARA | 屈折 | 13.7221 | |
| | 13 | 非球面 | -134.9471 | 0.1000 | | 屈折 | 13.6184 | |
| L 7 | 14 | 球 | 57.8598 | 7.7518 | SNSL36_OHARA | 屈折 | 13.3475 | |
| L 8 | 15 | 球 | -25.0000 | 2.0000 | SLAH55VS_OHARA | 屈折 | 12.9314 | |
| | 16 | 球 | -31.5381 | 0.8640 | | 屈折 | 12.8743 | |
| L 9 | 17 | 球 | -78.6821 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 11.4257 | 10 |
| | 18 | 球 | 31.1050 | 5.2958 | | 屈折 | 10.7142 | |
| 5 1 | 19 | 球 | 無限 | 42.1388 | | 屈折 | 10.6132 | |
| | 20 | 球 | 無限 | 0.2000 | | 屈折 | 23.2444 | |
| L 10 | 21 | 球 | 73.2019 | 9.4842 | EFD1_HOYA | 屈折 | 24.7958 | |
| | 22 | 球 | -189.2361 | 0.2000 | | 屈折 | 25.0000 | |
| | 23 | 球 | 無限 | 37.2164 | | 屈折 | 25.0083 | |
| L 11 | 24 | 球 | 50.4199 | 8.7405 | STIM2_OHARA | 屈折 | 25.3000 | |
| | 25 | 球 | 621.3861 | 9.1274 | | 屈折 | 24.6823 | |
| L 12 | 26 | 球 | -40.2892 | 3.0000 | TAFD55W_HOYA | 屈折 | 24.5989 | |
| | 27 | 球 | -364.7079 | 可変間隔1 | | 屈折 | 27.0602 | 20 |
| L 13 | 28 | 非球面 | 39.8225 | 5.7565 | E48R_ZEON | 屈折 | 33.0273 | |
| | 29 | 非球面 | 35.6871 | 可変間隔2 | | 屈折 | 36.3201 | |
| L 14 | 30 | 非球面 | -35.4303 | 4.5000 | E48R_ZEON | 屈折 | 37.7965 | |
| | 31 | 非球面 | 54.9118 | 可変間隔3 | | 屈折 | 39.8685 | |
| L 15 | 32 | 球 | 409.6120 | 20.0000 | SBSM14_OHARA | 屈折 | 40.7633 | |
| L 16 | 33 | 球 | -60.0000 | 3.0000 | EFDS1W_HOYA | 屈折 | 40.7745 | |
| | 34 | 球 | -104.6127 | 30.9445 | | 屈折 | 42.3072 | |
| L 17 | 35 | 非球面 | -168.6919 | 6.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 39.4860 | |
| | 36 | 非球面 | -141.4356 | 42.3866 | | 屈折 | 39.8692 | |
| 4 1 | 37 | 非球面 | -62.5238 | 9.5000 | E48R_ZEON | 屈折 | 44.8638 | 30 |
| 4 2 | 38 | 非球面 | -44.1497 | -9.5000 | E48R_ZEON | 反射 | 47.9328 | |
| 4 3 | 39 | 非球面 | -62.5238 | -42.3866 | | 屈折 | 41.9244 | |
| 3 4 | 40 | 非球面 | 54.0710 | -6.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 52.3639 | |
| | 41 | 非球面 | 135.5731 | 0.0000 | | 屈折 | 64.3885 | |
| | 42 | 球 | 無限 | 可変間隔4 | | 屈折 | 320.1021 | |
| S | 43 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 2325.7596 | |

【 0 1 1 5 】

ここで、本例の投写光学系 3 C は、投写距離を、基準距離、基準距離よりも短い近距離、基準距離よりも遠い遠距離の間で変化させることができる。投写距離を変化させた場合には、レンズ L 1 3 およびレンズ L 1 4 をそれぞれ光軸 N 方向に移動させて、フォーカシングを行う。 40

【 0 1 1 6 】

フォーカシングを行った際の各投写距離における可変間隔 1、可変間隔 2、可変間隔 3、可変間隔 4 を以下に示す。可変間隔 1 は、レンズ L 1 2 とレンズ L 1 3 との軸上面間隔である。可変間隔 2 は、レンズ L 1 3 とレンズ L 1 4 との軸上面間隔である。可変間隔 3 は、レンズ L 1 4 とレンズ L 1 5 との軸上面間隔である。可変間隔 4 は、投写距離である。

【 0 1 1 7 】

| | 基準距離 | 近距離 | 遠距離 |
|--------|--------|--------|---------|
| 可変間隔 1 | 4.7921 | 1.5000 | 15.1106 |

| | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 可変間隔 2 | 19.5776 | 22.7642 | 10.0000 |
| 可変間隔 3 | 4.9915 | 5.0970 | 3.2512 |
| 可変間隔 4 | -168.0000 | -152.2525 | -286.8933 |

【 0 1 1 8 】

各非球面係数は以下のとおりである。

【 0 1 1 9 】

| 面番号 | S12 | S13 | S28 | S29 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | 33.9317 | -134.9471 | 39.8225 | 35.6871 | |
| コーニック定数(K) | -1.91488E+00 | 5.29125E+00 | 0 | -1.519076235 | |
| 4次 | -1.36083E-05 | 6.07214E-06 | -1.78027E-05 | -1.70470E-05 | 10 |
| 6次 | -2.36845E-08 | -1.83910E-08 | 3.67433E-09 | 7.80702E-09 | |
| 8次 | -8.21413E-11 | -2.33402E-11 | -4.29777E-12 | -2.91996E-12 | |
| 10次 | 3.81369E-13 | 3.26482E-13 | 3.10285E-15 | 5.78482E-16 | |
| 12次 | | | -1.04151E-18 | | |

【 0 1 2 0 】

| 面番号 | S30 | S31 | S35 | S36 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | -35.4303 | 54.9118 | -168.6919 | -141.4356 | |
| コーニック定数(K) | -0.349123834 | -27.12785108 | 0 | 0.00000E+00 | |
| 4次 | 1.03122E-05 | -1.06456E-05 | 1.02713E-06 | -1.67537E-07 | |
| 6次 | 1.63690E-09 | 8.28855E-09 | -1.86783E-10 | 4.01405E-10 | 20 |
| 8次 | -4.92720E-12 | -5.33059E-12 | 3.12588E-14 | 1.04096E-13 | |
| 10次 | 2.39811E-15 | 1.60459E-15 | 6.28338E-17 | 3.43985E-17 | |
| 12次 | 8.64974E-19 | 3.15854E-19 | | | |
| 14次 | -1.20770E-21 | -4.11577E-22 | | | |
| 16次 | 3.44046E-25 | 8.17257E-26 | | | |

【 0 1 2 1 】

| 面番号 | S37 | S38 | S39 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | -62.5238 | -44.1497 | -62.52380168 | |
| コーニック定数(K) | -5.59655E-01 | -6.80365E-01 | -0.559655288 | |
| 4次 | -6.36282E-07 | 2.20181E-06 | -6.36282E-07 | 30 |
| 6次 | -9.06977E-10 | -1.69823E-09 | -9.06977E-10 | |
| 8次 | 8.38639E-13 | 9.66601E-13 | 8.38639E-13 | |
| 10次 | -2.33588E-16 | -3.27157E-16 | -2.33588E-16 | |
| 12次 | | 7.91655E-20 | | |
| 14次 | | -1.65069E-23 | | |
| 16次 | | 1.87002E-27 | | |

【 0 1 2 2 】

| 面番号 | S40 | S41 | |
|------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | 54.07103555 | 135.5730803 | |
| コーニック定数(K) | -0.682127347 | -10 | 40 |
| 4次 | 8.47829E-07 | 2.14102E-06 | |
| 6次 | 4.63957E-10 | -5.31612E-10 | |
| 8次 | -2.39127E-13 | 1.54943E-13 | |
| 10次 | 2.76459E-17 | -2.38642E-17 | |
| 12次 | -1.35352E-21 | 1.96750E-21 | |

【 0 1 2 3 】

ここで、本例の投写光学系 3 C は、第 1 レンズ 3 4 の最大半径を L L とし、反射面 4 2 の最大半径を M R とし、光軸 N から液晶パネル 1 8 の最大像高までの第 1 距離を $i m y$ とし、投写距離を光軸 N からスクリーン S における拡大像の最大像高までの第 2 距離で除したスローレシオを T R とし、液晶パネル 1 8 の開口数を N A とすると、以下の条件式 (1 40

) および (2) を満たす。

$$\frac{3.5}{TR} \cdot \frac{(LL + MR)}{imy} \times TR \times (1/NA) = 6.0 \quad \dots (1)$$

$$TR = 0.2 \quad \dots (2)$$

【 0 1 2 4 】

本例では、

| | |
|-----|---------|
| LL | 64.1 mm |
| MR | 49.5 mm |
| imy | 11.8 mm |
| TR | 0.114 |
| NA | 0.313 |

10

である。よって、 $(LL + MR) / imy \times TR \times (1/NA) = 3.51$ であり、条件式 (1) を満たす。TR = 0.114 であり、条件式 (2) を満たす。

【 0 1 2 5 】

また、第 1 領域 V 1 を第 2 領域 V 2 で除したオーバーラップ率 OL は、10% 以上である。すなわち、第 1 領域 V 1 は、第 2 領域 V 2 に対して、10% 以上重なっている。本例では、オーバーラップ率 OL は、17% であり、第 1 領域 V 1 は、第 2 領域 V 2 に対して、17% 重なっている。

【 0 1 2 6 】

(作用効果)

本例の投写光学系 3 C において、第 1 光学系 3 1 は、絞り 5 1 より拡大側に非球面形状を備えるレンズ L 1 3、レンズ L 1 4 およびレンズ L 1 7 (非球面レンズ) を 3 枚備える。したがって、投写光学系 3 C は、像高毎の歪曲収差および像面湾曲収差を補正することができる。

20

【 0 1 2 7 】

また、レンズ L 1 3 およびレンズ L 1 4 は、フォーカシング時にそれぞれ光軸 N 方向に移動する。像高毎の諸収差を補正するレンズ L 1 3 およびレンズ L 1 4 を、それぞれ光軸 N 方向に移動させるので、フォーカシング時の諸収差の発生を抑制できる。

【 0 1 2 8 】

さらに、第 1 光学系 3 1 は、絞り 5 1 より拡大側に接合レンズ L 2 4 を備える。よって、色収差を良好に補正することができる。

30

【 0 1 2 9 】

本例の投写光学系 3 C は、液晶パネル 1 8 の開口数を NA とすると、以下の条件式 (3) を満たす。

$$0.3 \cdot NA = 0.313 \quad (3)$$

本例の投写光学系 3 C は、NA = 0.313 であり、条件式 (3) を満たす。よって、明るい投写光学系とすることができる。

【 0 1 3 0 】

本例の投写光学系 3 C は、第 1 レンズ 3 4 の縮小側のレンズ面 3 4 a における光束通過領域を光軸 N 上に射影した第 1 領域 V 1 と、反射面 4 2 における光束通過領域を光軸 N 上に射影した第 2 領域 V 2 とが互いに重なりあっている。よって、第 1 レンズ 3 4 と反射面 4 2 との距離を小さくしても、第 1 領域 V 1 と第 2 領域 V 2 とが互いに重なれば、第 1 レンズ 3 4 は、反射面 4 2 で反射された光線における高像高の光束を取り込みやすくなる。この結果、本例の投写光学系 3 C は、第 1 レンズ 3 4 のレンズ径が大きくなることを抑制することができる。とともに、投写光学系を短焦点化することができる。

40

【 0 1 3 1 】

また、本例の投写光学系 3 C では、第 1 領域 V 1 は、第 2 領域 V 2 に対して、17% 重なっている。よって、重なり量を 10% 以上確保することによって、周辺光束の光量を 40% 程度確保することができる。これにより、投写光学系 3 C は、周辺まで明るい拡大像を投写することができる。

【 0 1 3 2 】

50

ここで、本例の投写光学系 3 C は、条件式 (1) (2) を満たすので、実施例 1 の投写光学系 3 A と同様の作用効果を得ることができる。図 1 3 は、投写光学系 3 C の基準距離における横収差を示す図である。図 1 4 は、投写光学系 3 C の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 1 5 は、投写光学系 3 C の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 1 6 は、投写光学系 3 C の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 1 3 ~ 図 1 6 に示すように、本例の投写光学系 3 C は、拡大像における諸収差が抑制されている。

【 0 1 3 3 】

(実施例 4)

図 1 7 は、実施例 4 の投写光学系 3 D の光線図である。本例の投写光学系 3 D は、図 1 7 に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系 3 1、および第 2 光学系 3 2 からなる。第 2 光学系 3 2 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N 上に配置されている。

10

【 0 1 3 4 】

第 1 光学系 3 1 は、屈折光学系である。第 1 光学系 3 1 は、17 枚のレンズ L 1 ~ L 17 からなる。レンズ L 1 ~ L 17 は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 9 とレンズ L 10 との間には、絞り 5 1 が配置されている。

【 0 1 3 5 】

レンズ L 6 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 13 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 14 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 17 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 2 およびレンズ L 3 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 4 およびレンズ L 5 は、接合された接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 7 およびレンズ L 8 は、接合された接合レンズ L 2 3 である。レンズ L 15 およびレンズ L 16 は、接合された接合レンズ L 2 4 である。

20

【 0 1 3 6 】

第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、第 1 レンズ 3 4 とを備える。光学素子 3 3 と第 1 レンズ 3 4 は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。光学素子 3 3 は、縮小側を向く反射面 4 4 を備える。反射面 4 4 は、第 2 方向 Z 2 に窪む凹形状を備える。反射面 4 4 は、非球面形状を備える。図 1 7 に示すように、反射面 4 4 は、光軸 N の下方 Y 2 に位置する。反射面 4 4 は、光学素子 3 3 の第 1 方向 Z 1 の外側面に反射コーティング層 (反射層) を設けることにより形成される。反射面 4 4 は、光学素子 3 3 の Z 1 方向の表面において、光を反射する。

30

【 0 1 3 7 】

第 1 レンズ 3 4 は、レンズ L 17 と光学素子 3 3 との間であって、光軸 N より上方 Y 1 に配置されている。第 1 レンズ 3 4 は、負のパワーを有する。第 1 レンズ 3 4 は、拡大側の面に凸形状を備え、縮小側の面に凹形状を備える。第 1 レンズ 3 4 は、両面に非球面形状を備える。

【 0 1 3 8 】

図 1 7 に示すように、第 1 レンズ 3 4 の縮小側のレンズ面 3 4 a における光束通過領域を光軸 N 上に射影した第 1 領域 V 1 と、反射面 4 4 における光束通過領域を光軸 N 上に射影した第 2 領域 V 2 とが互いに重なりあっている。

40

【 0 1 3 9 】

ここで、投写光学系 3 D の縮小側共役面には、画像形成部 2 の液晶パネル 1 8 が配置されている。投写光学系 3 D の拡大側共役面には、スクリーン S が配置されている。

【 0 1 4 0 】

液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に垂直な画像形成面内に投写画像を形成する。液晶パネル 1 8 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットされた位置に配置されている。したがって、投写画像は、光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットされた位置に形成される。

【 0 1 4 1 】

液晶パネル 1 8 からの光線は、第 1 光学系 3 1、および第 2 光学系 3 2 を、この順に通

50

過する。第1光学系31と第2光学系32との間において、光線は、光軸Nの下方Y2を通過する。これにより、光線は、第2光学系32を反射面44に向かう。反射面44に到達した光線は、第1方向Z1および上方Y1に向かって折り返される。反射面44により折り返された光線は、光軸Nを上方Y1に横切って、第1レンズ34に向かう。第1レンズ34を透過した光線は、第1レンズ34によって広げられて、スクリーンSに到達する。

【0142】

中間像30は、接合レンズL24と反射面44との間に形成される。

【0143】

投写光学系3Dにおいて、第1光学系31より縮小側は、テレセントリックである。

10

【0144】

ここで、投写光学系3Dは、投写距離を変更できる。投写距離を変更した場合には、第1光学系31のレンズL13およびレンズL14を光軸Nに沿って移動させてフォーカシングを行う。

【0145】

第1レンズ34の最大半径をLLとし、反射面44の最大半径をMRとし、光軸Nから液晶パネル18の最大像高までの第1距離をimyとし、光軸NからスクリーンSに投写された拡大像の最大像高までの第2距離をscyとし、第2距離を第1距離で除した投写倍率をMとし、第1レンズ34からスクリーンSまでの距離である投写距離をPDとし、投写距離を第2距離で除したスローレシオをTRとし、液晶パネル18の開口数をNAとし、第1領域を第2領域で除したオーバーラップ率をOLとすると、投写光学系3Dのデータは以下のとおりである。

20

【0146】

| | |
|-----|---------|
| LL | 64.0mm |
| MR | 49.5mm |
| imy | 11.8mm |
| scy | 147.5mm |
| M | 12.5 |
| PD | 168mm |
| TR | 0.114 |
| NA | 0.313 |
| OL | 35% |

30

【0147】

投写光学系3Dのレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。符号は、液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第1レンズおよびスクリーンの符号である。液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第1レンズおよびスクリーンに対応しない面番号のデータはダミーデータである。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。Cはアパーチャー半径であり、アパーチャー半径の2倍がレンズの面の直径となる。R、D、Cの単位はmmである。

【0148】

40

| 符号 | 面番号 | 形状 | R | D | 硝材 | 屈折/反射 | C |
|----|-----|----|----------|---------|---------------|-------|---------|
| 18 | 0 | 球 | 無限 | 12.0000 | | 屈折 | 0.0000 |
| | 1 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 13.9867 |
| 19 | 2 | 球 | 無限 | 31.0600 | SBSL7_OHARA | 屈折 | 13.9867 |
| | 3 | 球 | 無限 | 0.5000 | | 屈折 | 17.6806 |
| L1 | 4 | 球 | 35.0456 | 9.5857 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 18.7643 |
| | 5 | 球 | -82.3845 | 0.1500 | | 屈折 | 18.5713 |
| L2 | 6 | 球 | 47.1041 | 16.2301 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 17.0701 |
| L3 | 7 | 球 | -28.2620 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 15.0541 |
| | 8 | 球 | 56.2828 | 0.2000 | | 屈折 | 14.6397 |

50

| | | | | | | | | |
|------|----|-----|-----------|----------|----------------|----|-----------|----|
| L 4 | 9 | 球 | 23.5101 | 8.3358 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 15.1168 | |
| L 5 | 10 | 球 | -561.8839 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 14.6188 | |
| | 11 | 球 | 55.1573 | 0.2000 | | 屈折 | 14.1414 | |
| L 6 | 12 | 非球面 | 35.6099 | 4.5000 | LBAL35_OHARA | 屈折 | 14.1105 | |
| | 13 | 非球面 | 790.1163 | 1.5424 | | 屈折 | 13.7143 | |
| L 7 | 14 | 球 | 190.2717 | 9.6606 | SNSL36_OHARA | 屈折 | 13.5858 | |
| L 8 | 15 | 球 | -17.0613 | 2.0000 | SLAH55VS_OHARA | 屈折 | 13.3512 | |
| | 16 | 球 | -24.2849 | 0.1500 | | 屈折 | 13.9214 | |
| L 9 | 17 | 球 | -115.1313 | 1.2000 | SLAH55V_OHARA | 屈折 | 12.6057 | |
| | 18 | 球 | 50.8279 | 4.5588 | | 屈折 | 12.2520 | 10 |
| 5 1 | 19 | 球 | 無限 | 32.5756 | | 屈折 | 12.2983 | |
| | 20 | 球 | 無限 | 0.2000 | | 屈折 | 22.2074 | |
| L 10 | 21 | 球 | 206.4084 | 7.8594 | 661899.3094 | 屈折 | 22.6473 | |
| | 22 | 球 | -70.0227 | 0.2000 | | 屈折 | 24.7405 | |
| | 23 | 球 | 無限 | 65.2509 | | 屈折 | 22.9486 | |
| L 11 | 24 | 球 | 49.3229 | 9.2057 | 698675.5141 | 屈折 | 27.9940 | |
| | 25 | 球 | 171.7382 | 7.1627 | | 屈折 | 27.3923 | |
| L 12 | 26 | 球 | -85.6703 | 3.0000 | TAFD55W_HOYA | 屈折 | 27.2546 | |
| | 27 | 球 | 146.2723 | 可変間隔1 | | 屈折 | 27.7075 | |
| L 13 | 28 | 非球面 | 37.0939 | 5.6058 | E48R_ZEON | 屈折 | 34.8196 | 20 |
| | 29 | 非球面 | 36.2920 | 可変間隔2 | | 屈折 | 37.0315 | |
| L 14 | 30 | 非球面 | -42.6206 | 4.5000 | E48R_ZEON | 屈折 | 38.9990 | |
| | 31 | 非球面 | 43.2026 | 可変間隔3 | | 屈折 | 41.0194 | |
| | 32 | 球 | 254.5013 | 20.0000 | 607793.6094 | 屈折 | 41.0822 | |
| L 15 | 33 | 球 | -68.0557 | 3.0000 | EFDS1W_HOYA | 屈折 | 40.9056 | |
| L 16 | 34 | 球 | -114.0162 | 3.5287 | | 屈折 | 41.5719 | |
| | 35 | 非球面 | 71.9288 | 6.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 40.5582 | |
| L 17 | 36 | 非球面 | 54.9756 | 42.5784 | | 屈折 | 41.3090 | |
| | 37 | 球 | 無限 | 9.5000 | | 屈折 | 61.3553 | |
| 4 4 | 38 | 非球面 | -27.4464 | -9.5000 | | 反射 | 49.2811 | 30 |
| | 39 | 球 | 無限 | -42.5784 | | 屈折 | 186.8037 | |
| | 40 | 非球面 | 99.9351 | -6.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 56.8531 | |
| 3 4 | 41 | 非球面 | 59.8152 | 0.0000 | | 屈折 | 65.2610 | |
| | 42 | 球 | 無限 | 可変間隔4 | | 屈折 | 331.4336 | |
| | 43 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 2322.5115 | |
| S | 44 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 2325.7596 | |

【 0 1 4 9 】

ここで、本例の投写光学系 3 D は、投写距離を、基準距離、基準距離よりも短い近距離、基準距離よりも遠い遠距離の間で変化させることができる。投写距離を変化させた場合には、レンズ L 1 3 およびレンズ L 1 4 をそれぞれ光軸 N 方向に移動させて、フォーカシングを行う。 40

【 0 1 5 0 】

フォーカシングを行った際の各投写距離における可変間隔 1、可変間隔 2、可変間隔 3、可変間隔 4 を以下に示す。可変間隔 1 は、レンズ L 1 2 とレンズ L 1 3 との軸上面間隔である。可変間隔 2 は、レンズ L 1 3 とレンズ L 1 4 との軸上面間隔である。可変間隔 3 は、レンズ L 1 4 とレンズ L 1 5 との軸上面間距離である。可変間隔 4 は、投写距離である。

【 0 1 5 1 】

| | 基準距離 | 近距離 | 遠距離 |
|--------|--------|--------|---------|
| 可変間隔 1 | 4.9848 | 1.5000 | 18.0158 |

| | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 可変間隔 2 | 25.8203 | 28.7472 | 14.7861 |
| 可変間隔 3 | 16.3634 | 16.9264 | 14.3448 |
| 可変間隔 4 | -168.0000 | -150.2128 | -293.3796 |

【 0 1 5 2 】

各非球面係数は以下のとおりである。

【 0 1 5 3 】

| 面番号 | S12 | S13 | S28 | S29 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | 35.6099 | 790.1163 | 37.0939 | 36.2920 | |
| コーニック定数(K) | -1.21463E+00 | 0.00000E+00 | 0 | -0.413891498 | |
| 4次 | -1.31545E-05 | 1.34858E-05 | -4.08775E-06 | -3.40633E-06 | 10 |
| 6次 | -7.44286E-09 | -7.13228E-10 | 1.30257E-09 | 1.64757E-09 | |
| 8次 | -1.21820E-10 | -8.89705E-11 | -1.60174E-11 | -1.41391E-11 | |
| 10次 | 7.96558E-13 | 7.11611E-13 | 2.18790E-14 | 3.21657E-15 | |
| 12次 | | | -2.9222E-17 | 4.1512E-17 | |
| 14次 | | | 4.94534E-20 | -8.00873E-20 | |
| 16次 | | | -6.28829E-23 | 6.8147E-23 | |
| 18次 | | | 4.12923E-26 | -2.8436E-26 | |
| 20次 | | | -1.06684E-29 | 4.70997E-30 | |

【 0 1 5 4 】

| 面番号 | S30 | S31 | S35 | S36 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | -42.6206 | 43.2026 | 71.9288 | 54.9756 | 20 |
| コーニック定数(K) | 0.056965865 | -4.135304852 | 0 | 0.00000E+00 | |
| 4次 | 3.08878E-05 | -1.68823E-06 | 2.21193E-05 | 7.21985E-06 | |
| 6次 | -6.88752E-08 | -6.69053E-09 | -7.37617E-08 | -4.57465E-08 | |
| 8次 | 1.58520E-10 | 1.32432E-12 | 8.84237E-11 | 5.00113E-11 | |
| 10次 | -2.50117E-13 | 4.57917E-14 | -5.20462E-14 | -2.12167E-14 | |
| 12次 | 2.60405E-16 | -1.09411E-16 | 1.44343E-17 | 1.94322E-18 | |
| 14次 | -1.80118E-19 | 1.17978E-19 | -9.15753E-22 | 1.04026E-21 | |
| 16次 | 8.19251E-23 | -6.81458E-23 | -2.66625E-25 | -2.31410E-25 | |
| 18次 | -2.27082E-26 | 2.04969E-26 | | | 30 |
| 20次 | 2.94511E-30 | -2.52975E-30 | | | |

【 0 1 5 5 】

| 面番号 | S38 | S40 | S41 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | -27.4464 | 99.9351 | 59.81524269 | |
| コーニック定数(K) | -8.41006E-01 | 1.05301E+00 | -13.8159847 | |
| 4次 | 1.28662E-05 | 1.77683E-05 | 5.07345E-06 | |
| 6次 | -2.58290E-08 | -5.97124E-08 | -1.55689E-08 | |
| 8次 | 3.96010E-11 | 9.10924E-11 | 2.02144E-11 | |
| 10次 | -3.82664E-14 | -7.57697E-14 | -1.40903E-14 | |
| 12次 | 2.39667E-17 | 3.85237E-17 | 6.14695E-18 | 40 |
| 14次 | -9.77579E-21 | -1.24207E-20 | -1.74666E-21 | |
| 16次 | 2.51330E-24 | 2.49179E-24 | 3.16103E-25 | |
| 18次 | -3.70566E-28 | -2.85104E-28 | -3.31720E-29 | |
| 20次 | 2.38895E-32 | 1.42848E-32 | 1.53534E-33 | |

【 0 1 5 6 】

ここで、本例の投写光学系 3 D は、第 1 レンズ 3 4 の最大半径を L L とし、反射面 4 2 の最大半径を M R とし、光軸 N から液晶パネル 1 8 の最大像高までの第 1 距離を $i m y$ とし、投写距離を光軸 N からスクリーン S における拡大像の最大像高までの第 2 距離で除したスローレシオを T R とし、液晶パネル 1 8 の開口数を N A とすると、以下の条件式 (1) および (2) を満たす。

$$\frac{3.5}{TR} = \frac{(LL + MR)}{imy} \times TR \times \left(\frac{1}{NA}\right) = 6.0 \quad \dots (1)$$

$$TR = 0.2 \quad \dots (2)$$

【0157】

本例では、

| | |
|-----|---------|
| LL | 64.0 mm |
| MR | 49.5 mm |
| imy | 11.8 mm |
| TR | 0.114 |
| NA | 0.313 |

である。よって、 $(LL + MR) / imy \times TR \times (1 / NA) = 3.50$ であり、条件式(1)を満たす。TR = 0.114であり、条件式(2)を満たす。 10

【0158】

また、第1領域V1を第2領域V2で除したオーバーラップ率OLは、10%以上である。すなわち、第1領域V1は、第2領域V2に対して、10%以上重なっている。本例では、オーバーラップ率OLは、35%であり、第1領域V1は、第2領域V2に対して、35%重なっている。

【0159】

(作用効果)

本例の投写光学系3Dにおいて、第1光学系31は、絞り51より拡大側に非球面形状を備えるレンズL13、レンズL14およびレンズL17(非球面レンズ)を3枚備える。したがって、投写光学系3Dは、像高毎の歪曲収差および像面湾曲収差を補正することができる。 20

【0160】

また、レンズL13およびレンズL14は、フォーカシング時にそれぞれ光軸N方向に移動する。像高毎の諸収差を補正するレンズL13およびレンズL14を、それぞれ光軸N方向に移動させるので、フォーカシング時の諸収差の発生を抑制できる。

【0161】

さらに、第1光学系31は、絞り51より拡大側に接合レンズL24を備える。よって、色収差を良好に補正することができる。

【0162】

本例の投写光学系3Dは、液晶パネル18の開口数をNAとすると、以下の条件式(3)を満たす。 30

$$0.3 \leq NA \leq 0.5 \quad (3)$$

本例の投写光学系3Dは、NA = 0.313であり、条件式(3)を満たす。よって、明るい投写光学系とすることができる。

【0163】

本例の投写光学系3Dにおいて、反射面44は、表面に反射コーティング層(反射層)を備える。よって、本例の反射面44は、実施例1の反射面42と比較して、反射面の形状精度を向上させやすい。また、本例の投写光学系3Dでは、支持膜層は、反射コーティング層の反射面側とは反対側に設けられるので、反射面44の光学性能が低下しにくい。このため、製造時における反射面44の光学性能が安定しやすい。 40

【0164】

本例の投写光学系3Dは、第1レンズ34の縮小側のレンズ面34aにおける光束通過領域を光軸N上に射影した第1領域V1と、反射面42における光束通過領域を光軸N上に射影した第2領域V2とが互いに重なりあっている。よって、第1レンズ34と反射面42との距離を小さくしても、第1領域V1と第2領域V2とが互いに重なれば、第1レンズ34は、反射面42で反射された光線における高像高の光束を取り込みやすくなる。この結果、本例の投写光学系3Dは、第1レンズ34のレンズ径が大きくなることを抑制することができる。 50

【0165】

また、本例の投写光学系 3 D では、第 1 領域 V 1 は、第 2 領域 V 2 に対して、35% 重なっている。よって、重なり量を 10% 以上確保することによって、周辺光束の光量を 40% 程度確保することができる。これにより、投写光学系 3 D は、周辺まで明るい拡大像を投写することができる。

【0166】

ここで、本例の投写光学系 3 D は、条件式 (1) (2) を満たすので、実施例 1 の投写光学系 3 A と同様の作用効果を得ることができる。図 18 は、投写光学系 3 D の基準距離における横収差を示す図である。図 19 は、投写光学系 3 D の基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 20 は、投写光学系 3 D の近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 21 は、投写光学系 3 D の遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 18 ~ 図 21 に示すように、本例の投写光学系 3 D は、拡大像における諸収差が抑制されている。

10

【0167】

(実施例 5)

図 22 は、実施例 5 の投写光学系 3 E の光線図である。本例の投写光学系 3 E は、図 2 に示すように、縮小側から拡大側に向かって順に、第 1 光学系 3 1、および第 2 光学系 3 2 からなる。第 2 光学系 3 2 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N 上に配置されている。

【0168】

第 1 光学系 3 1 は、屈折光学系である。第 1 光学系 3 1 は、16 枚のレンズ L 1 ~ L 16 からなる。レンズ L 1 ~ L 16 は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 7 とレンズ L 8 との間には、絞り 5 1 が配置されている。

20

【0169】

レンズ L 1 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 8 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 15 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 16 は、両面に非球面形状を備える。レンズ L 2 およびレンズ L 3 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。レンズ L 5 およびレンズ L 6 は、接合された接合レンズ L 2 2 である。レンズ L 9 およびレンズ L 10 は、接合された接合レンズ L 2 3 である。

【0170】

第 2 光学系 3 2 は、光学素子 3 3 と、第 1 レンズ 3 4 とを備える。光学素子 3 3 と第 1 レンズ 3 4 は、縮小側から拡大側に向かってこの順に配置されている。光学素子 3 3 は、縮小側を向く反射面 4 4 を備える。反射面 4 4 は、第 2 方向 Z 2 に窪む凹形状を備える。反射面 4 4 は、非球面形状を備える。図 22 に示すように、反射面 4 4 は、光軸 N の下方 Y 2 に位置する。反射面 4 4 は、光学素子 3 3 の第 1 方向 Z 1 の外側面に反射コーティング層を設けることにより形成される。反射面 4 4 は、光学素子 3 3 の Z 1 方向の表面において、光を反射する。

30

【0171】

第 1 レンズ 3 4 は、レンズ L 16 と光学素子 3 3 との間であって、光軸 N より上方 Y 1 に配置されている。第 1 レンズ 3 4 は、負のパワーを有する。第 1 レンズ 3 4 は、拡大側の面に凸形状を備え、縮小側の面に凹形状を備える。第 1 レンズ 3 4 は、両面に非球面形状を備える。

40

【0172】

なお、実施例 1 の投写光学系 3 A の第 2 光学系 3 2 では、第 1 領域 V 1 と第 2 領域 V 2 とが互いに重なったが、本例の投写光学系 3 E の第 2 光学系 3 2 では、重ならない。

【0173】

ここで、投写光学系 3 E の縮小側共役面には、画像形成部 2 の液晶パネル 18 が配置されている。投写光学系 3 E の拡大側共役面には、スクリーン S が配置されている。

【0174】

液晶パネル 18 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に垂直な画像形成面内に投写画像を形成する。液晶パネル 18 は、第 1 光学系 3 1 の光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットされた位置に配置されている。したがって、投写画像は、光軸 N に対して上方 Y 1 にオフセットさ

50

れた位置に形成される。

【0175】

液晶パネル18からの光線は、第1光学系31、および第2光学系32を、この順に通過する。第1光学系31と第2光学系32との間において、光線は、光軸Nの下方Y2を通過する。これにより、光線は、第2光学系32を反射面44に向かう。反射面44に到達した光線は、第1方向Z1および上方Y1に向かって折り返される。反射面44により折り返された光線は、光軸Nを上方Y1に横切って、第1レンズ34に向かう。第1レンズ34を透過した光線は、第1レンズ34によって広げられて、スクリーンSに到達する。

【0176】

中間像30は、レンズL16と反射面44との間に形成される。

【0177】

投写光学系3Eにおいて、第1光学系31より縮小側は、テレセントリックである。

【0178】

ここで、投写光学系3Eは、投写距離を変更できる。投写距離を変更した場合には、第1光学系31のレンズL11、レンズL12、レンズL13、レンズL14、レンズL15およびレンズL16を光軸Nに沿って移動させてフォーカシングを行う。フォーカスを行う際、レンズL11およびレンズL12は、一体となって光軸Nに沿って移動する。また、フォーカスを行う際、レンズL13およびレンズL14は、一体となって光軸Nに沿って移動する。

【0179】

第1レンズ34の最大半径をLLとし、反射面44の最大半径をMRとし、光軸Nから液晶パネル18の最大像高までの第1距離をimyとし、光軸NからスクリーンSに投写された拡大像の最大像高までの第2距離をscyとし、第2距離を第1距離で除した投写倍率をMとし、第1レンズ34からスクリーンSまでの距離である投写距離をPDとし、投写距離を第2距離で除したスローレシオをTRとし、液晶パネル18の開口数をNAとし、第1領域を第2領域で除したオーバーラップ率をOLとすると、投写光学系3Eのデータは以下のとおりである。

【0180】

| | |
|-----|--------|
| LL | 57.7mm |
| MR | 44.2mm |
| imy | 11.8mm |
| scy | 1916mm |
| M | 162 |
| PD | 330mm |
| TR | 0.172 |
| NA | 0.250 |
| OL | -23% |

【0181】

投写光学系3Eのレンズデータは以下のとおりである。面番号は、縮小側から拡大側に順番に付してある。符号は、液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第1レンズおよびスクリーンの符号である。液晶パネル、ダイクロイックプリズム、レンズ、光学素子、第1レンズおよびスクリーンに対応しない面番号のデータはダミーデータである。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。Cはアパーチャー半径であり、アパーチャー半径の2倍がレンズの面の直径となる。R、D、Cの単位はmmである。

【0182】

| 符号 | 面番号 | 形状 | R | D | 硝材 | 屈折/反射 | C |
|----|-----|----|----|---------|-------------|-------|---------|
| 18 | 0 | 球 | 無限 | 12.2000 | | 屈折 | 0.0000 |
| 19 | 1 | 球 | 無限 | 29.8000 | SBSL7_OHARA | 屈折 | 13.4567 |
| | 2 | 球 | 無限 | 0.5000 | | 屈折 | 16.1086 |

10

20

30

40

50

| | | | | | | | | |
|------|----|-----|-----------|----------|----------------|----|-----------|----|
| L 1 | 3 | 非球面 | 22.9735 | 11.7215 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 17.0000 | |
| | 4 | 非球面 | -33.2895 | 0.1000 | | 屈折 | 16.7235 | |
| L 2 | 5 | 球 | 26.2193 | 7.7263 | SFPL51_OHARA | 屈折 | 13.2273 | |
| L 3 | 6 | 球 | -50.8538 | 1.0000 | SLAH58_OHARA | 屈折 | 11.8203 | |
| | 7 | 球 | 20.2462 | 0.3000 | | 屈折 | 10.1886 | |
| L 4 | 8 | 球 | 16.9814 | 6.0240 | SFSL5_OHARA | 屈折 | 10.7000 | |
| | 9 | 球 | -124.4574 | 0.2000 | | 屈折 | 9.5974 | |
| L 5 | 10 | 球 | 32.7350 | 3.3679 | EFD1_HOYA | 屈折 | 8.9378 | |
| L 6 | 11 | 球 | -25.9116 | 1.0000 | TAFD37_HOYA | 屈折 | 8.7379 | |
| | 12 | 球 | 15.3594 | 0.1000 | | 屈折 | 7.6026 | 10 |
| L 7 | 13 | 球 | 15.2275 | 8.2099 | 528662.6632 | 屈折 | 7.6050 | |
| 51 | 14 | 球 | -23.6790 | 2.2870 | | 屈折 | 6.6642 | |
| L 8 | 15 | 非球面 | -46.6839 | 1.0327 | SLAH55VS_OHARA | 屈折 | 6.5025 | |
| | 16 | 非球面 | 54.0682 | 2.3755 | | 屈折 | 6.6286 | |
| | 17 | 球 | 無限 | 5.2141 | | 屈折 | 7.1452 | |
| | 18 | 球 | 無限 | 4.3323 | | 屈折 | 9.0035 | |
| L 9 | 19 | 球 | -33.3190 | 1.0000 | 487000.7040 | 屈折 | 10.0000 | |
| L 10 | 20 | 球 | 55.6504 | 5.9211 | 731376.3194 | 屈折 | 11.8754 | |
| | 21 | 球 | -29.2968 | 可変間隔1 | | 屈折 | 12.5356 | |
| L 11 | 22 | 球 | 35.3086 | 11.2891 | 718036.3817 | 屈折 | 18.0174 | 20 |
| | 23 | 球 | -42.2683 | 0.8662 | | 屈折 | 17.7737 | |
| L 12 | 24 | 球 | -36.6046 | 2.0000 | TAFD55W_HOYA | 屈折 | 17.5508 | |
| | 25 | 球 | 60.6219 | 可変間隔2 | | 屈折 | 17.8424 | |
| L 13 | 26 | 球 | 70.1228 | 6.9671 | 738209.2664 | 屈折 | 20.9477 | |
| | 27 | 球 | -134.4173 | 4.1428 | | 屈折 | 21.1195 | |
| L 14 | 28 | 球 | -42.6546 | 1.0000 | EFDS1W_HOYA | 屈折 | 21.1249 | |
| | 29 | 球 | -137.6019 | 可変間隔3 | | 屈折 | 22.4442 | |
| L 15 | 30 | 非球面 | -29.6454 | 4.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 23.1933 | |
| | 31 | 非球面 | 66.4079 | 可変間隔4 | | 屈折 | 23.9248 | |
| L 16 | 32 | 非球面 | 38.1592 | 4.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 24.0292 | 30 |
| | 33 | 非球面 | 18.1420 | 可変間隔5 | | 屈折 | 26.7248 | |
| 44 | 34 | 非球面 | -30.2098 | -63.2541 | | 反射 | 44.2335 | |
| 34 | 35 | 非球面 | 60.8785 | -5.0000 | E48R_ZEON | 屈折 | 51.5338 | |
| | 36 | 非球面 | 61.2471 | 0.0000 | | 屈折 | 57.7466 | |
| | 37 | 球 | 無限 | 可変間隔6 | | 屈折 | 224.1805 | |
| S | 38 | 球 | 無限 | 0.0000 | | 屈折 | 2878.6944 | |

【 0 1 8 3 】

ここで、本例の投写光学系 3 E は、投写距離を、基準距離、基準距離よりも短い近距離、基準距離よりも遠い遠距離の間で変化させることができる。投写距離を変化させた場合には、レンズ L 1 1、レンズ L 1 2、レンズ L 1 3、レンズ L 1 4、レンズ L 1 5 およびレンズ L 1 6 をそれぞれ光軸 N 方向に移動させて、フォーカシングを行う。

【 0 1 8 4 】

フォーカシングを行った際の各投写距離における可変間隔 1、可変間隔 2、可変間隔 3、可変間隔 4、可変間隔 5、可変間隔 6 を以下に示す。可変間隔 1 は、レンズ L 1 0 とレンズ L 1 1 との軸上面間隔である。可変間隔 2 は、レンズ L 1 2 とレンズ L 1 3 との軸上面間隔である。可変間隔 3 は、レンズ L 1 4 とレンズ L 1 5 との軸上面間隔である。可変間隔 4 は、レンズ L 1 5 とレンズ L 1 6 との軸上面間隔である。可変間隔 5 は、レンズ L 1 6 と反射面 4 4 との軸上面間隔である。可変間隔 6 は、投写距離である。

【 0 1 8 5 】

基準距離 近距離 遠距離

| | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 可変間隔 1 | 11.1930 | 10.9632 | 11.4774 |
| 可変間隔 2 | 5.0100 | 3.9219 | 6.6042 |
| 可変間隔 3 | 2.2028 | 3.0054 | 1.0238 |
| 可変間隔 4 | 23.0903 | 23.6418 | 22.3820 |
| 可変間隔 5 | 44.1638 | 44.1529 | 44.1978 |
| 可変間隔 6 | -330.0000 | -251.0000 | -522.0000 |

【 0 1 8 6 】

各非球面係数は以下のとおりである。

【 0 1 8 7 】

| 面番号 | S3 | S4 | S15 | S16 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | 22.9735 | -33.2895 | -46.6839 | 54.0682 | 10 |
| コーニック定数(K) | -0.63480782 | -2.48946482 | 0 | 0 | |
| 4次 | -7.32862E-06 | 3.44263E-06 | -3.89105E-05 | -1.77200E-05 | |
| 6次 | 3.87175E-09 | -2.84167E-09 | -5.21407E-07 | -4.86950E-07 | |
| 8次 | -8.25724E-12 | -7.48747E-14 | 1.29913E-09 | 3.02490E-09 | |

【 0 1 8 8 】

| 面番号 | S30 | S31 | S32 | S33 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | -29.6454 | 66.4079 | 38.1592 | 18.1420 | |
| コーニック定数(K) | -9.78559876 | -2.871274538 | -60 | -10.9483185 | |
| 4次 | 3.43097E-05 | -1.60433E-06 | -9.59108E-05 | -9.87546E-05 | 20 |
| 6次 | -8.03187E-08 | -4.23005E-08 | 2.43009E-07 | 2.72413E-07 | |
| 8次 | 1.40155E-10 | 8.63706E-11 | -5.91725E-10 | -5.93614E-10 | |
| 10次 | -1.52336E-13 | -1.26750E-13 | 8.33380E-13 | 6.92345E-13 | |
| 12次 | 7.86163E-17 | 8.50866E-17 | -4.33376E-16 | -2.93433E-16 | |

【 0 1 8 9 】

| 面番号 | S34 | S35 | S36 | |
|------------|--------------|--------------|--------------|----|
| 曲率半径(R) | -30.2098 | 60.8785 | 61.2471 | |
| コーニック定数(K) | -0.64479181 | 0.161497477 | -1.23384873 | |
| 4次 | 6.61313E-06 | 2.69495E-07 | 7.00456E-06 | |
| 6次 | -1.06166E-08 | -1.66173E-10 | -1.28849E-08 | 30 |
| 8次 | 1.45898E-11 | 5.99180E-15 | 1.07206E-11 | |
| 10次 | -1.16075E-14 | -1.37056E-18 | -4.93645E-15 | |
| 12次 | 5.50232E-18 | -6.32794E-21 | 1.32277E-18 | |
| 14次 | -1.43605E-21 | 8.94218E-24 | -1.93000E-22 | |
| 16次 | 1.62643E-25 | -2.52469E-27 | 1.19489E-26 | |

【 0 1 9 0 】

ここで、本例の投写光学系 3 E は、第 1 レンズ 3 4 の最大半径を L L とし、反射面 4 2 の最大半径を M R とし、光軸 N から液晶パネル 1 8 の最大像高までの第 1 距離を i m y とし、投写距離を光軸 N からスクリーン S における拡大像の最大像高までの第 2 距離で除したスローレシオを T R とし、液晶パネル 1 8 の開口数を N A とすると、以下の条件式 (1) および (2) を満たす。 40

$$3.5 \frac{(LL + MR)}{imy} \times TR \times (1/NA) \leq 6.0 \quad \dots (1)$$

$$TR \geq 0.2 \quad \dots (2)$$

【 0 1 9 1 】

本例では、

| | |
|-----|---------|
| LL | 57.7 mm |
| MR | 44.2 mm |
| imy | 11.8 mm |
| TR | 0.172 |
| NA | 0.250 |

である。よって、 $(L L + M R) / i m y \times T R \times (1 / N A) = 5.95$ であり、条件式(1)を満たす。TR = 0.172であり、条件式(2)を満たす。

【0192】

(作用効果)

本例の投写光学系3Eにおいて、第1光学系31は、絞り51より拡大側に非球面形状を備えるレンズL15およびレンズL16(非球面レンズ)を2枚備える。したがって、投写光学系3Eは、像高毎の歪曲収差および像面湾曲収差を補正することができる。

【0193】

また、レンズL15およびレンズL16は、フォーカシング時にそれぞれ光軸N方向に移動する。像高毎の諸収差を補正するレンズL15およびレンズL16を、それぞれ光軸N方向に移動させるので、フォーカシング時の諸収差の発生を抑制できる。

【0194】

さらに、第1光学系31は、絞り51より拡大側に接合レンズL23を備える。よって、色収差を良好に補正することができる。

【0195】

本例の投写光学系3Eにおいて、反射面44は、表面に反射層を備える。よって、本例の反射面44は、実施例1の反射面42と比較して、反射面の形状精度を向上させやすい。また、本例の投写光学系3Eでは、支持膜層は、反射コーティング層の反射面側とは反対側に設けられるので、反射面44の光学性能が低下しにくい。このため、製造時における反射面44の光学性能が安定しやすい。

【0196】

ここで、本例の投写光学系3Eは、条件式(1)(2)を満たすので、実施例1の投写光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図23は、投写光学系3Eの基準距離における横収差を示す図である。図24は、投写光学系3Eの基準距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図25は、投写光学系3Eの近距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図26は、投写光学系3Eの遠距離における球面収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図23~図26に示すように、本例の投写光学系3Eは、拡大像における諸収差が抑制されている。

【符号の説明】

【0197】

1...プロジェクター、2...画像形成部、3・3A・3B・3C・3D・3E...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...インテグレーターレンズ、12...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...ダイクロイックミラー、16...反射ミラー、17R...フィールドレンズ、17G...フィールドレンズ、17B...フィールドレンズ、18(18B・18R・18G)...液晶パネル、19...クロスダイクロイックプリズム、21...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、30...中間像、31...第1光学系、32...第2光学系、33...光学素子、34...第1レンズ34...第1面、37...第2面、41...第1透過面、42...反射面、43...第2透過面、44...反射面、51...絞り、L1~L19...レンズ、L21~L24...接合レンズ、N...光軸、S...スクリーン、V1...第1領域、V2...第2領域。

10

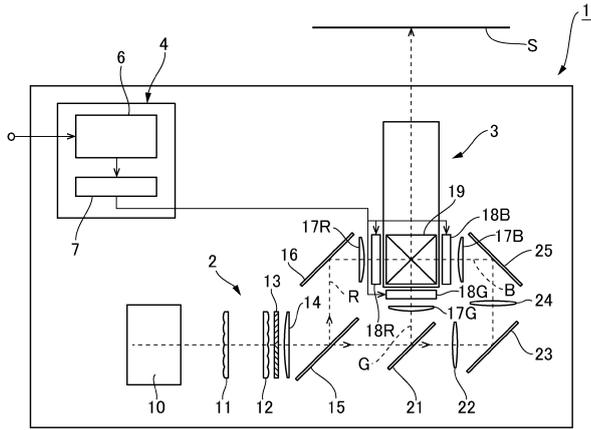
20

30

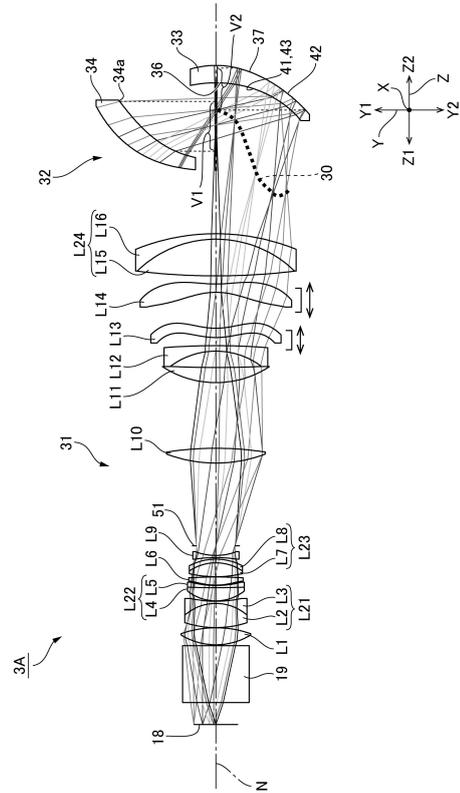
40

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

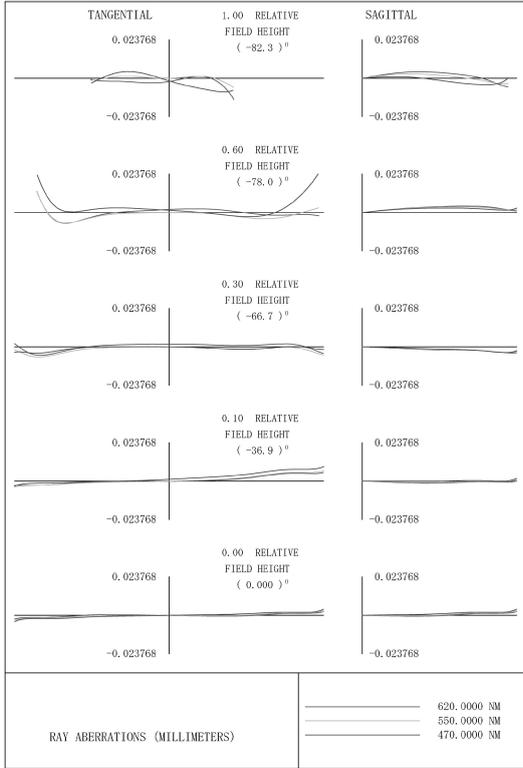
20

30

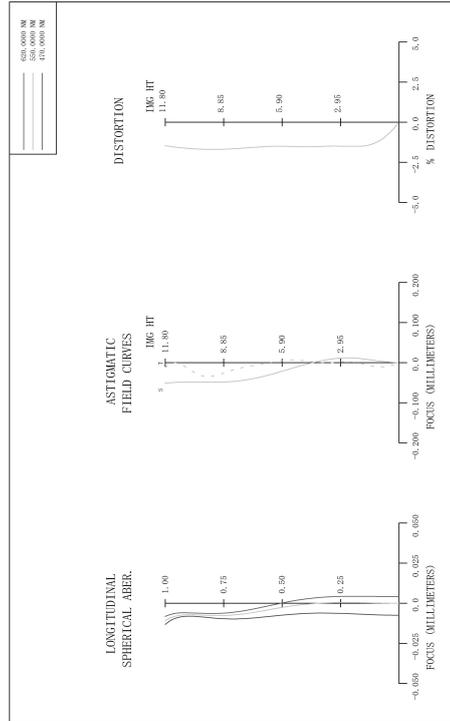
40

50

【 図 3 】



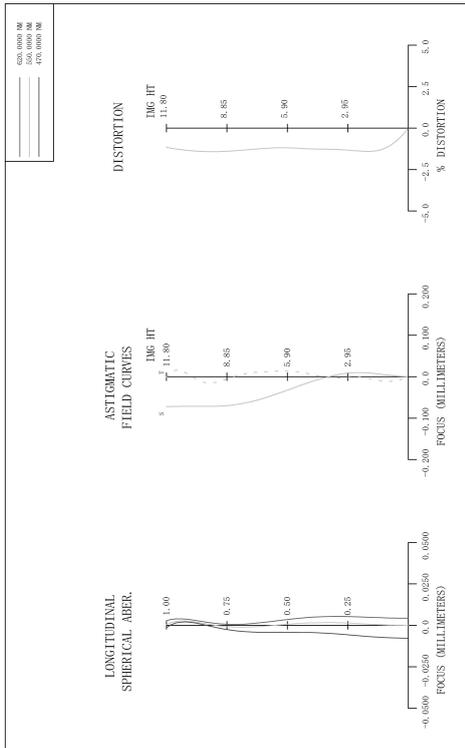
【 図 4 】



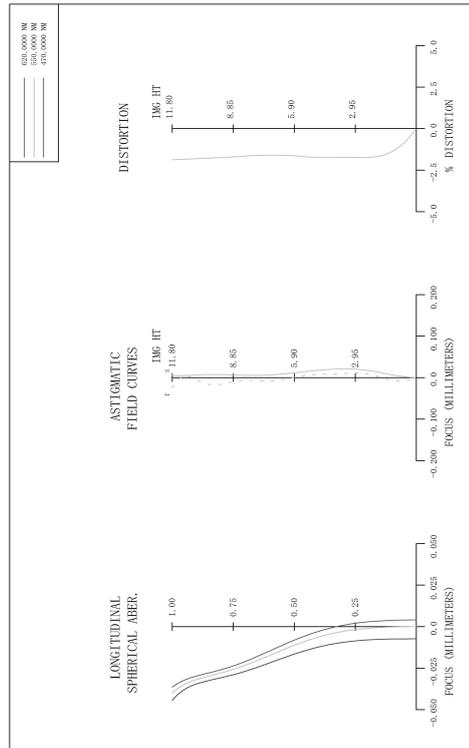
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

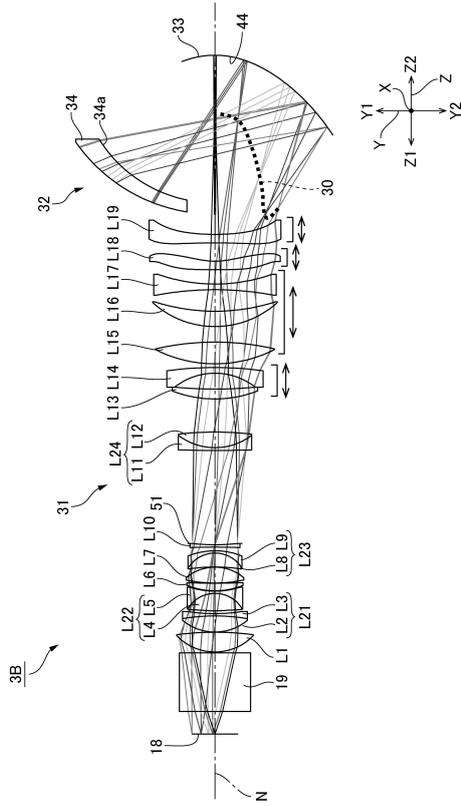


30

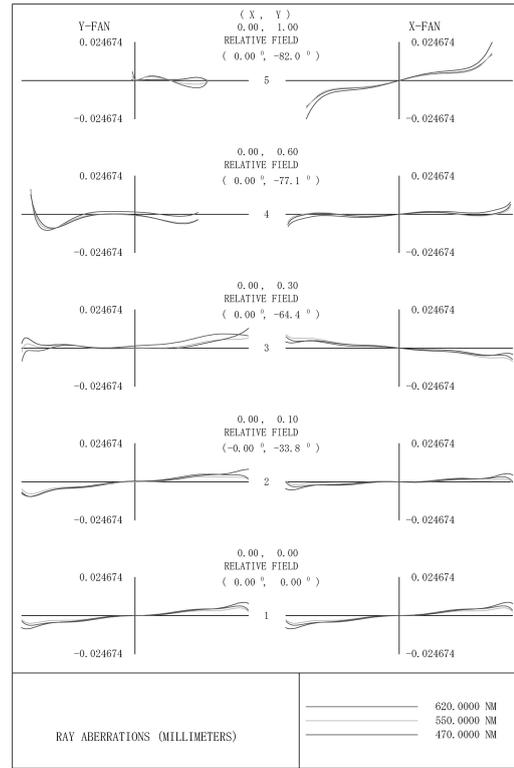
40

50

【 図 7 】



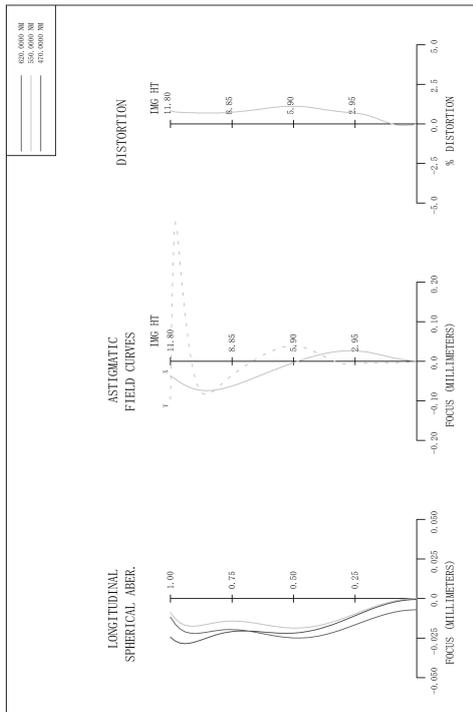
【 図 8 】



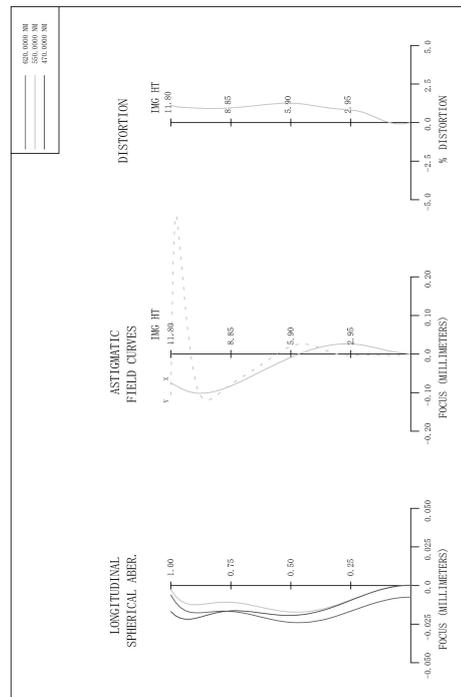
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

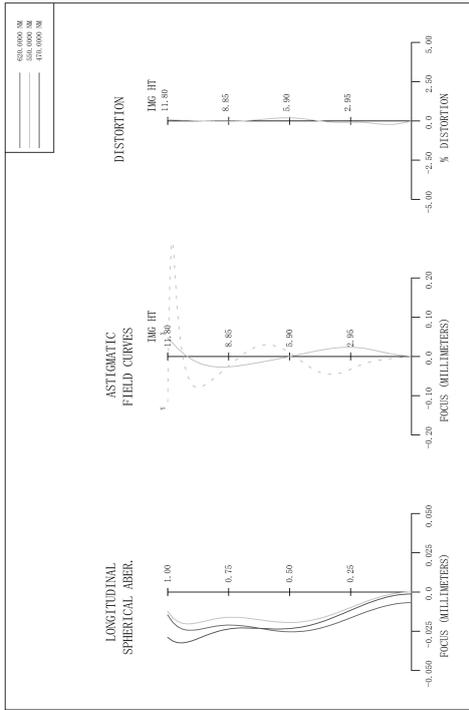


30

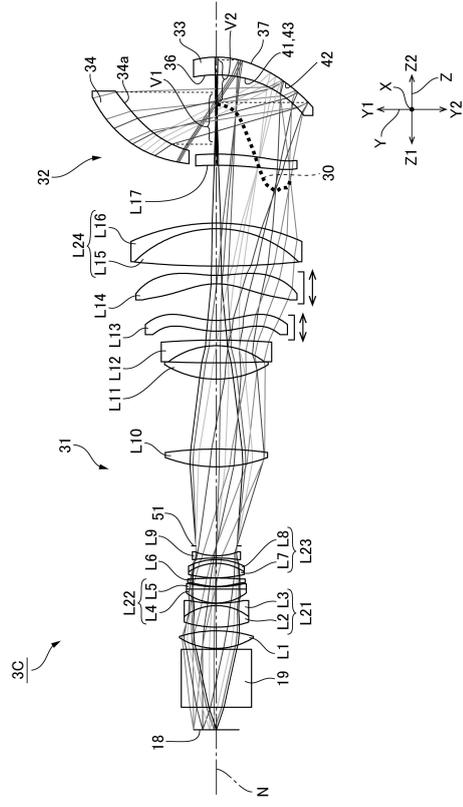
40

50

【 図 1 1 】



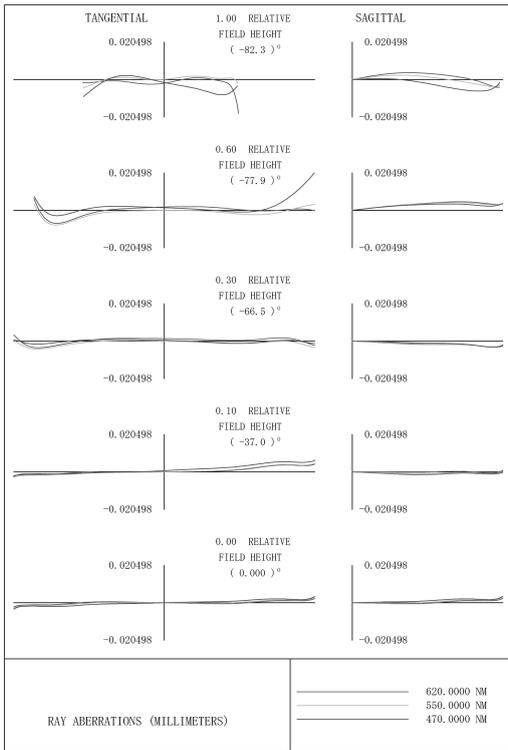
【 図 1 2 】



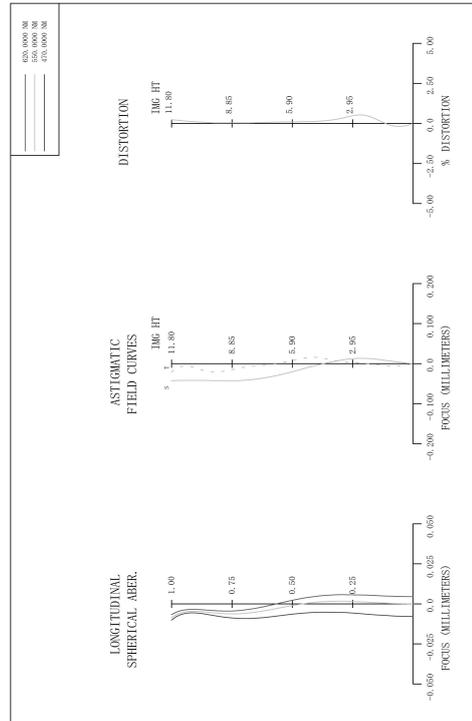
10

20

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

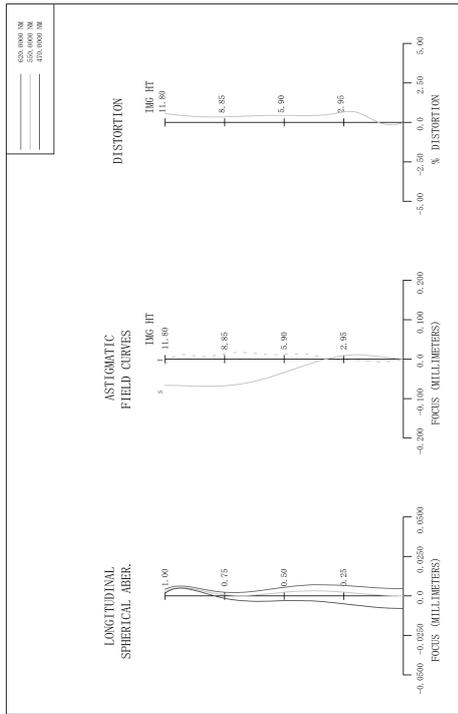


30

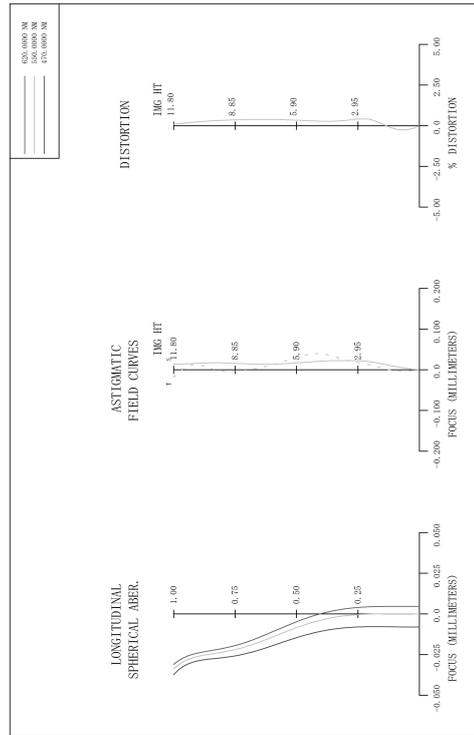
40

50

【 図 1 5 】



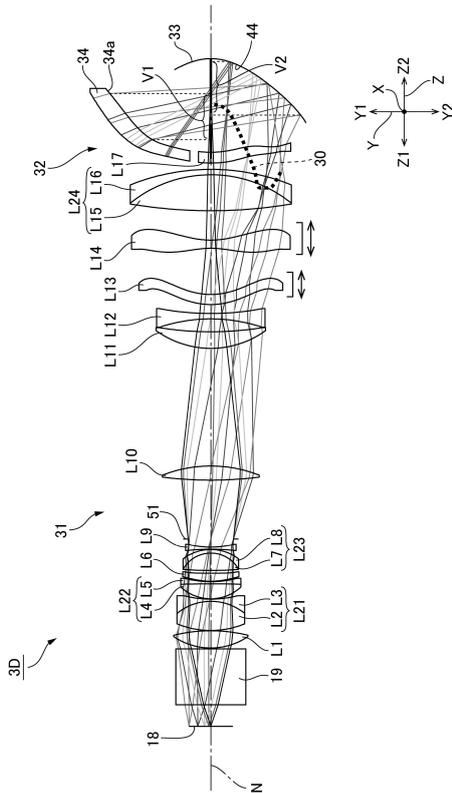
【 図 1 6 】



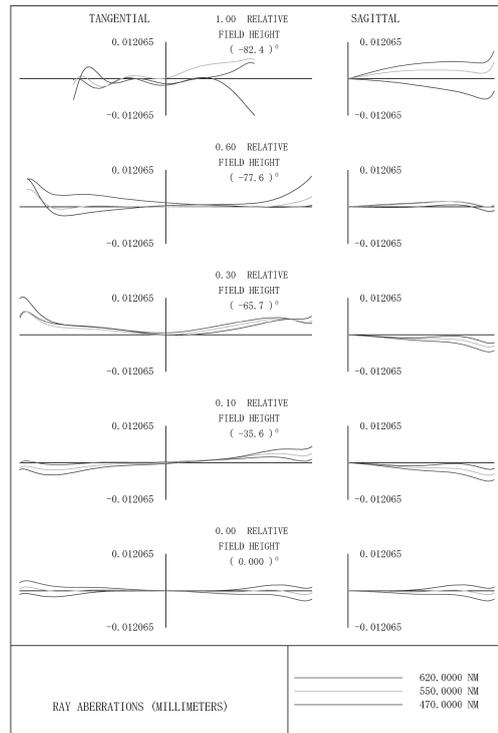
10

20

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

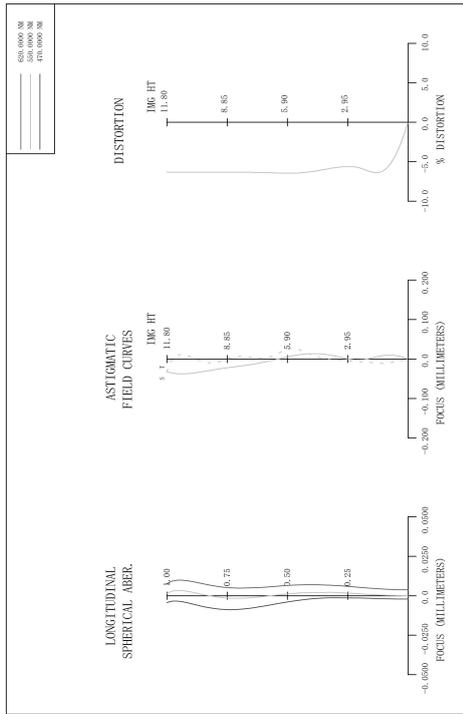


30

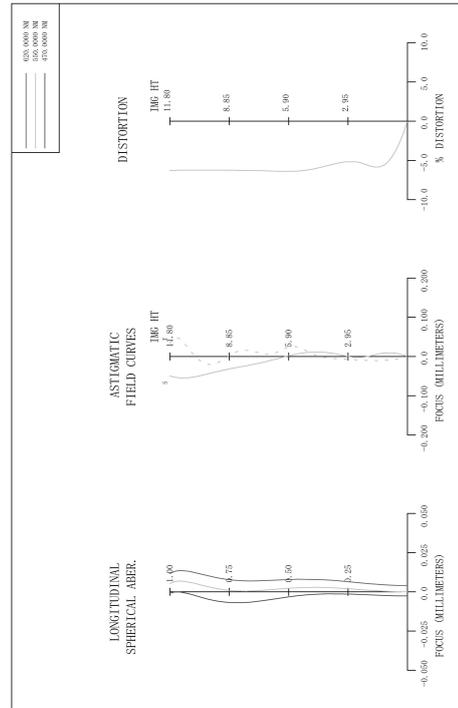
40

50

【 図 19 】



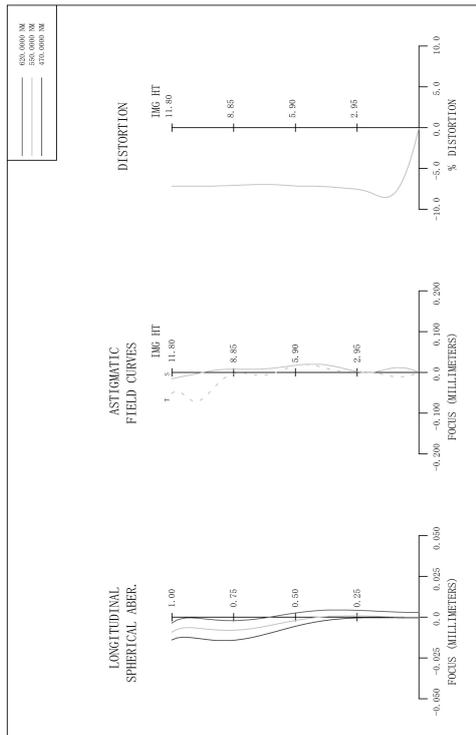
【 図 20 】



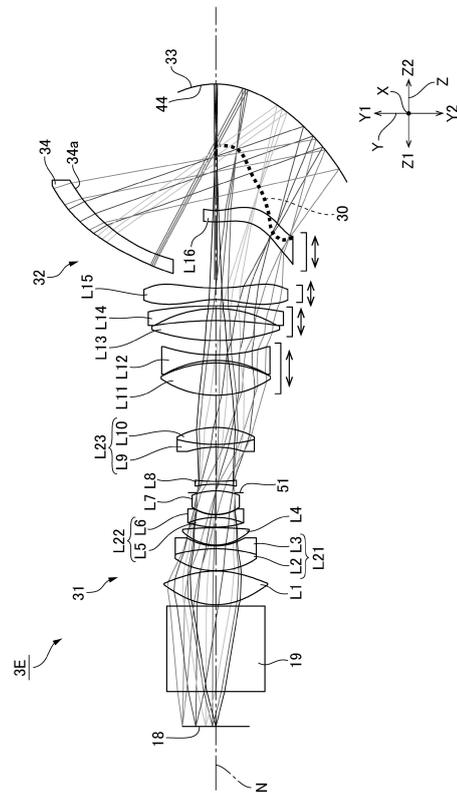
10

20

【 図 21 】



【 図 22 】

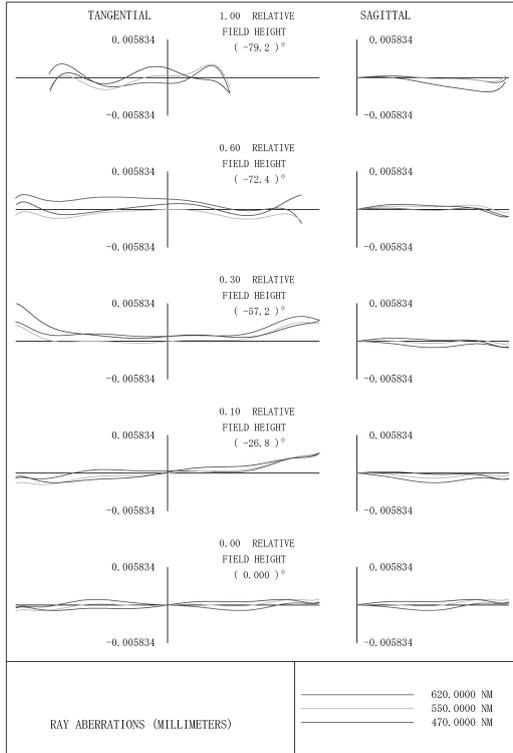


30

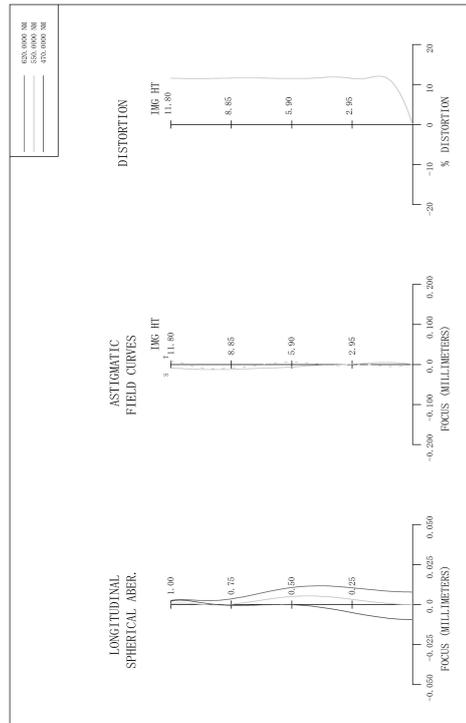
40

50

【 2 3 】



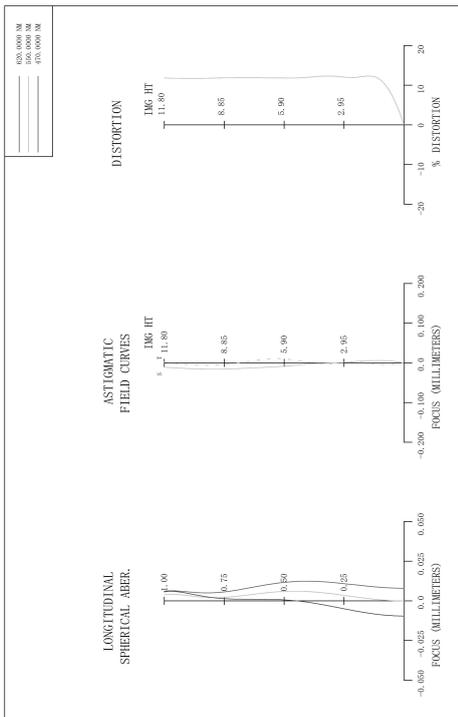
【 2 4 】



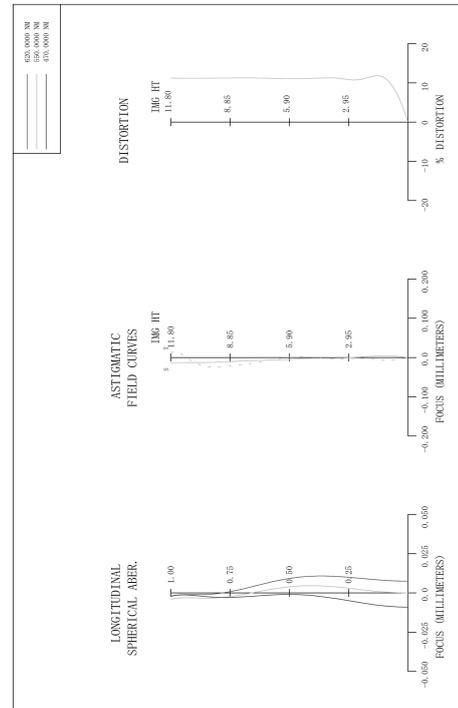
10

20

【 2 5 】



【 2 6 】



30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 平野 整

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA06 LA27 MA07 MA09 NA02 RA04 RA05 RA12 RA13 RA32
RA41 RA45 RA48 TA01 TA03 TA06