

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7027736号

(P7027736)

(45)発行日 令和4年3月2日(2022.3.2)

(24)登録日 令和4年2月21日(2022.2.21)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 15/20 (2006.01)

G 0 2 B 15/20

G 0 2 B 13/16 (2006.01)

G 0 2 B 13/16

G 0 2 B 13/18 (2006.01)

G 0 2 B 13/18

G 0 3 B 21/14 (2006.01)

G 0 3 B 21/14

D

G 0 3 B 21/16 (2006.01)

G 0 3 B 21/16

請求項の数 4 (全27頁)

(21)出願番号 特願2017-169219(P2017-169219)

(22)出願日 平成29年9月4日(2017.9.4)

(65)公開番号 特開2019-45708(P2019-45708A)

(43)公開日 平成31年3月22日(2019.3.22)

審査請求日 令和2年6月23日(2020.6.23)

(73)特許権者 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 豊田 章一郎

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ

コーエブソン株式会社内

(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

コーエブソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投写型画像表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像表示素子と前記画像表示に表示された画像を拡大して投写する投写光学系とを備える
投写型画像表示装置であって、

前記画像表示装置は、前記投写光学系のバックフォーカスの位置に配置され、所定の画素
ピッチを有し、

前記投写光学系は、

投写倍率を変化させる際に光軸方向に移動する移動レンズ群と、

前記移動レンズ群の拡大側に配置され、前記投写倍率を変化させる際に前記光軸方向に移
動しない倍率変化時固定レンズ群と、

を備え、

前記倍率変化時固定レンズ群は、

1以上のレンズからなり、前記光軸方向への移動により温度変化に応じて発生する収差の
変動を補正する補正レンズ群と、

前記補正レンズ群の縮小側に配置され、前記光軸方向に移動しない固定レンズ群と、
を有し、

レンズ全系を保持する鏡筒と、

前記鏡筒の内部の温度を検出する温度センサーと、

前記補正レンズ群を前記光軸方向に移動させる移動機構と、

前記温度センサーからの出力に基づいて前記移動機構を駆動する補正制御部と、

を備え、

前記補正制御部は、温度変化に起因して発生する前記非点収差を補正する前記補正レンズ群の前記光軸方向の補正位置関係をあらかじめ記憶保持している記憶部を有し、前記温度変化に基づいて前記記憶部を参照して前記移動機構を駆動させ、

前記画像表示素子の画素ピッチを P 、レンズ全系の F ナンバーを FNO 、レンズ全系の焦点距離を f 、前記補正レンズ群の焦点距離を f_1 、温度が 20°C 変動した時に変動した、非点収差を補正する移動量だけ前記補正レンズ群を移動させたときのバックフォーカスの移動量を BFO としたときに、次の条件式 (1)、(2) を満足することを特徴とする投写型画像表示装置。

$$|BFO| < P \times FNO \times 2 \dots (1)$$

$$1.5 < |f_1 / f| \dots (2)$$

【請求項 2】

請求項 1 に記載の投写光学系であって、

前記固定レンズ群のうち最も前記拡大側に位置するレンズは、負レンズであり、

前記負レンズの焦点距離を f_2 としたときに、次の条件式 (3) を満足することを特徴とする投写型画像表示装置。

$$0.1 < |f_2 / f_1| < 0.9 \dots (3)$$

【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、

前記補正レンズ群が 1 つの補正レンズからなる場合、前記補正レンズの屈折率を n_{d1} 、アッペ数を d_1 としたときに、次の条件式 (4)、(5) を満足し、

前記補正レンズ群が複数の補正レンズからなる場合、前記複数の補正レンズのうち最も前記縮小側に位置するレンズの屈折率を n_{d1} 、アッペ数を d_1 としたときに、次の条件式 (4)、(5) を満足することを特徴とする投写型画像表示装置。

$$1.45 < n_{d1} < 1.60 \dots (4)$$

$$50 < d_1 < 85 \dots (5)$$

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の投写型画像表示装置であって、

投写する光の光束が 20klm 以上であ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、温度変化に起因して発生する収差を補正することが容易な投写光学系、および、かかる投写光学系を備え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では、高輝度化に伴って、投写光学系を通過する光線密度が上昇している。従って、画像投写時に投写光学系を構成するレンズの温度が上昇して、投写光学系の光学特性が変化する場合がある。

【0003】

特許文献 1 には、投写光学系を構成する複数のレンズ群のうち、少なくとも 2 つのレンズ群を光軸方向に移動させることにより、温度変化に起因する光学特性の変化を補正する技術が開示されている。2 つのレンズ群のうちの一方のレンズ群は、光軸方向に移動することにより、温度変化に起因して劣化した投写画像の像面湾曲を補正する。他方のレンズ群は、光軸方向に移動することにより温度に起因して変動した投写光学系のバックフォーカスの位置を補正する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2016 - 80823 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、画像投写時に投写光学系を構成するレンズの温度が上昇した場合には、投写光学系の光学特性のうち非点収差が劣化する場合がある。

【0006】

本発明の課題は、このような点に鑑みて、温度変化に起因して劣化した非点収差を補正できる投写光学系を提供することにある。また、このような投写光学系を組み込んだ投写型画像表示装置を提供することにある。

【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、本発明は、画像表示素子に表示された所定の画素ピッチの画像をスクリーンに投写するとともに、投写倍率を変化させるズーム機能を備える投写光学系において、最も前記スクリーンの側に位置し、前記ズーム機能により投写倍率を変化させる際に光軸方向に移動しない第1レンズ群を有し、前記第1レンズ群は、前記光軸方向への移動により温度変化に応じて発生する収差の変動を補正する補正レンズ群と、前記補正レンズ群の前記スクリーンとは反対の側で前記光軸方向に移動することがない固定レンズ群と、を備え、前記補正レンズ群は、前記スクリーンの側から1枚または複数枚のレンズからなり、前記画像の画素ピッチをP、レンズ全系のFナンバーをFNO、レンズ全系の焦点距離をf、前記補正レンズ群の焦点距離をf1、温度が20℃変動した時に変動した収差を補正する移動量だけ前記補正レンズ群を移動させたときのバックフォーカスの移動量をBFとしたときに、次の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする。

$$|BF_{20}| < P \times FNO \times \frac{1}{f_1} \cdots (1)$$

$$1.5 < |f_1 / f| < 2 \cdots (2)$$

【0008】

本発明は、最もスクリーンに近い位置にある補正レンズ群を移動させて光学特性の劣化を補正する。従って、非点収差の劣化を補正しやすい。また、補正レンズ群の焦点距離とレンズ全系の焦点距離との関係が条件式(2)を満たすので、補正レンズ群を光軸方向に移動させたときに非点収差を補正しやすい。

【0009】

ここで、条件式(1)は、温度が20℃変動した時に劣化(変動)した非点収差を補正する移動量だけ補正レンズ群を移動させたときに、バックフォーカスの移動量が投写光学系の焦点深度よりも小さいことを規定するものである。従って、条件式(1)を満たす本発明では、温度が20℃変動した時に変動した非点収差を補正する移動量だけ補正レンズ群を移動させたときのバックフォーカスの移動量が、投写画像の画質に影響がでることを回避できるほどに僅かなものとなる。ここで、温度変化に起因して発生する投写光学系のバックフォーカスの変動は設計によって抑制することができる。従って、補正レンズ群を移動させたときのバックフォーカスの移動量が投写光学系の焦点深度より小さければ、補正レンズ群とは別にバックフォーカスの位置を補正するための第2の補正レンズ群を備える必要がない。よって、温度変化に起因する非点収差の劣化を補正するために光軸方向に移動させるレンズ群の数を少なくすることができる。

【0010】

本発明において、前記固定レンズ群の最も前記スクリーンの側に位置する固定レンズ群第1レンズは、負レンズであり、前記固定レンズ群第1レンズの焦点距離をf2としたときに、次の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$0.1 < |f_2 / f_1| < 0.9 \cdots (3)$$

条件式(3)の上限および下限を超える場合には、補正レンズ群を移動させて温度変化に起因して発生した非点収差を補正したときに、歪曲収差が大きくなる場合がある。これに対して、負レンズである固定レンズ群第1レンズの焦点距離f2と、補正レンズ群の焦点距離f1との関係が条件式(3)を満たせば、歪曲収差が大きくなることを抑制できるま

10

20

30

40

50

た、条件式(3)を満たせば、像面湾曲の増大を抑制できる。

【0011】

本発明において、前記補正レンズ群が1枚のレンズからなる場合には、当該レンズの屈折率を n_{d1} 、アッペ数を d_1 としたときに、次の条件式(4)、(5)を満足し、前記補正レンズ群が複数枚のレンズからなる場合には、前記補正レンズ群のなかで最も前記固定レンズ群の側に位置する補正レンズ群最終レンズの屈折率を n_{d1} 、アッペ数を d_1 としたときに、次の条件式(4)、(5)を満足することが望ましい。

$$1.45 < n_{d1} < 1.60 \quad \dots (4)$$

$$50 < d_1 < 85 \quad \dots (5)$$

条件式(4)を満たせば、補正レンズ群が光軸方向に移動したときに像面湾曲が増大することを抑制できる。また、条件式(5)を満たせば、補正レンズ群が光軸方向に移動したときに、倍率色収差が増大することを抑制できる。

10

【0012】

本発明において、レンズ全系を保持する鏡筒と、前記鏡筒の内部の温度を検出する温度センサーと、前記補正レンズ群を前記光軸方向に移動させる移動機構と、前記温度センサーからの出力に基づいて前記移動機構を駆動する補正制御部と、を備えることが望ましい。このようにすれば、温度センサーからの出力に基づいて制御部が移動機構を駆動することにより、温度変化に起因する非点収差の劣化を自動で補正することができる。

【0013】

次に、本発明の投写型画像表示装置は、上記の投写光学系と、前記所定の画素ピッチを備え、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を有することを特徴とする。

20

【0014】

本発明の投写型画像表示装置によれば、投写光学系の一つの補正レンズ群を光軸方向に移動させるだけで、温度変化に起因した非点収差を補正できる。従って、温度変化に起因した非点収差の補正が容易である。また、補正レンズ群を移動させて温度変化に起因した非点収差を補正したときの投写光学系のバックフォーカスの位置の変動が投写光学系の焦点深度よりも小さい。従って、バックフォーカスの変動によって、ピントがずれるのを回避できる。

【0015】

30

また、本発明の投写型画像表示装置は、投写する光の光束が20klm以上のものとしてすることができる。かかる明るさを備える投写型画像表示装置では、画像投写時に投写光学系を構成するレンズの温度が上昇して非点収差などが発生しやすい。これに対して、本発明では、投写光学系の一つの補正レンズ群を光軸方向に移動させるだけで、温度変化に起因した非点収差を補正できる。従って、投写画像の画質を維持できる。なお、lm(ルーメン)とは、光束を表す単位であり、全ての方向に対して1カンデラの光度を持つ標準の点光源が1ステラジアン(立体角)内に放出する光束である。

本発明の投写型画像表示装置は、画像表示素子と前記画像表示に表示された画像を拡大して投写する投写光学系とを備える投写型画像表示装置であって、前記画像表示装置は、前記投写光学系のバックフォーカスの位置に配置され、所定の画素ピッチを有し、前記投写光学系は、投写倍率を変化させる際に光軸方向に移動する移動レンズ群と、前記移動レンズ群の拡大側に配置され、前記投写倍率を変化させる際に前記光軸方向に移動しない倍率変化時固定レンズ群と、を備え、前記倍率変化時固定レンズ群は、1以上のレンズからなり、前記光軸方向への移動により温度変化に応じて発生する収差の変動を補正する補正レンズ群と、前記補正レンズ群の縮小側に配置され、前記光軸方向に移動しない固定レンズ群と、を有し、レンズ全系を保持する鏡筒と、前記鏡筒の内部の温度を検出する温度センサーと、前記補正レンズ群を前記光軸方向に移動させる移動機構と、前記温度センサーからの出力に基づいて前記移動機構を駆動する補正制御部と、を備え、前記補正制御部は、温度変化に起因して発生する前記非点収差を補正する前記補正レンズ群の前記光軸方向の補正位置関係をあらかじめ記憶保持している記憶部を有し、前記温度変化に基づいて前記

40

50

記憶部を参照して前記移動機構を駆動させ、前記画像表示素子の画素ピッチを P 、レンズ全系の F ナンバーを FNO 、レンズ全系の焦点距離を f 、前記補正レンズ群の焦点距離を f_1 、温度が 20° 変動した時に変動した、非点収差を補正する移動量だけ前記補正レンズ群を移動させたときのバックフォーカスの移動量を $BF20$ としたときに、次の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする。

$$|BF20| < P \times FNO \times 2 \dots (1)$$

$$1.5 < |f_1 / f| \dots (2)$$

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の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。

10

【図2】各レンズがワイド位置にある場合の実施例1の投写光学系の構成図である。

【図3】各レンズがテレ位置にある場合の実施例1の投写光学系の構成図である。

【図4】実施例1の投写光学系のレンズデータを示す図である。

【図5】各レンズがワイド位置にある場合の実施例1の投写光学系の収差図である。

【図6】各レンズがテレ位置にある場合の実施例1の投写光学系の収差図である。

【図7】各レンズがワイド位置にある場合の実施例2の投写光学系の構成図である。

【図8】各レンズがテレ位置にある場合の実施例2の投写光学系の構成図である。

【図9】実施例2の投写光学系のレンズデータを示す図である。

【図10】各レンズがワイド位置にある場合の実施例2の投写光学系の収差図である。

【図11】各レンズがテレ位置にある場合の実施例2の投写光学系の収差図である。

20

【図12】各レンズがワイド位置にある場合の実施例2の投写光学系の構成図である。

【図13】各レンズがテレ位置にある場合の実施例3の投写光学系の構成図である。

【図14】実施例3の投写光学系のレンズデータを示す図である。

【図15】各レンズがワイド位置にある場合の実施例3の投写光学系の収差図である。

【図16】各レンズがテレ位置にある場合の実施例3の投写光学系の収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下に図面を参照して、本発明の実施形態に係る投写光学系、および、これを備える投写型画像表示装置について詳細に説明する。

【0018】

30

(投写型画像表示装置)

図1は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図である。図1に示すように、プロジェクター1(投写型画像表示装置)は、スクリーンSに投写する画像光を生成する画像光生成光学系2と、画像光を拡大して投写する投写光学系3と、制御部4とを備える。プロジェクター1は、投写する光の光束が 20klm 以上である。

【0019】

(画像光生成光学系および制御部)

画像光生成光学系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、重畳レンズ14を備える。光源10は、例えば、超高圧水銀ランプ、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。

40

【0020】

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。重畳レンズ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の表示領域上で重畳させる。

【0021】

50

また、画像光生成光学系 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 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 R 光を画像信号に応じて変調することにより、赤色の画像を形成する。

【0022】

さらに、画像光生成光学系 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 G は G 光を画像信号に応じて変調することにより、緑色の画像を形成する。

10

【0023】

また、画像光生成光学系 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 17 B、および、液晶パネル 18 B 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 17 B を経て、液晶パネル 18 B へ入射する。液晶パネル 18 B は B 光を画像信号に応じて変調することにより、青色の画像を形成する。

20

【0024】

液晶パネル 18 R、液晶パネル 18 G、および、液晶パネル 18 B は、それぞれ所定の画素ピッチ P を備える画像表示素子である。液晶パネル 18 R、液晶パネル 18 G、および、液晶パネル 18 B 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 18 R、18 G、18 B で変調された光を合成して画像光を生成する。

【0025】

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（各液晶パネル 18 R、18 G、18 B が形成した画像）をスクリーン S に拡大して投写する。投写光学系 3 は投写倍率を変化させるズーム機能を備える。投写光学系 3 は鏡筒 30 に収容されている。

30

【0026】

また、投写光学系 3 は、投写光学系 3 の温度変化に応じて発生する収差の変動を補正する収差補正機構 31 を備える。収差補正機構 31 は、鏡筒 30 の内部の温度を検出する温度センサー 32 と、投写光学系 3 を構成する複数のレンズ群のうち最もスクリーンの側に位置する補正レンズ群 L G 11（図 1、図 3、図 7、図 8、図 12、図 13 参照）を光軸 L 方向に移動させる移動機構 33 を備える。移動機構 33 は、不図示の支持機構によって光軸 L 方向に移動可能に支持された補正レンズ群 L G 11 をスクリーン S の側、或いは、スクリーン S とは反対側に移動させる。移動機構 33 はモーターなどの駆動源を備える。また、収差補正機構 31 は、温度センサー 32 からの出力に基づいて移動機構 33 を駆動して補正レンズ群 L G 11 を光軸 L 方向に移動させる補正制御部 34 を備える。投写光学系 3 の具体的な構成例は後述する。

40

【0027】

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 18 R、液晶パネル 18 G および液晶パネル 18 B を駆動する表示駆動部 7 とを備える。

【0028】

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画像信号に基づいて液晶パ

50

ネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G および液晶パネル 1 8 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画像を液晶パネル 1 8 R、液晶パネル 1 8 G および液晶パネル 1 8 G に表示する。

【 0 0 2 9 】

(投写光学系)

次に、投写光学系 3 を説明する。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 ~ 3 を説明する。

【 0 0 3 0 】

(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ワイド位置に配置されている。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テレ位置に配置されている。図 4 は実施例 1 の投写光学系のレンズデータを示す図である。図 5 は実施例 1 の投写光学系がワイド位置にある場合の収差図 (球面収差、非点収差および歪曲収差) である。図 6 は実施例 1 の投写光学系がテレ位置にある場合の収差図 (球面収差、非点収差および歪曲収差) である。図 5 および図 6 では、投写光学系が基準温度である場合 (温度変化前) の収差図と、投写光学系が基準温度よりも 2 0 上昇した温度状態となった場合 (温度変化後) の収差図と、補正レンズ群 L G 1 1 を基準位置から補正位置に移動させて、温度変化に起因して劣化した非点収差を補正した場合 (補正後) の収差図を示す。

【 0 0 3 1 】

図 2 および図 3 に示すように、本例の投写光学系 3 A は、第 1 レンズ L 1 ~ 第 1 6 レンズ L 1 6 の 1 6 枚のレンズを備える。投写光学系 3 A は、スクリーン S の側から液晶パネル 1 8 の側に向かって、順に、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 を備える。液晶パネル 1 8 は、投写光学系 3 A のバックフォーカスの位置にある。第 7 レンズ群 L G 7 と液晶パネル 1 8 との間には、クロスダイクロイックプリズム 1 9 が位置する。

【 0 0 3 2 】

第 1 レンズ群 L G 1 と第 7 レンズ群 L G 7 とは、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に、光軸 L 方向に移動しないレンズ群である。すなわち、第 1 レンズ群 L G 1 と第 7 レンズ群 L G 7 とは、変倍に際して、動かないレンズ群である。第 1 レンズ群 L G 1 は、第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3 の 3 枚のレンズからなる。第 1 レンズ群 L G 1 は、光軸 L 方向への移動により温度変化に応じて発生する非点収差の劣化を補正する補正レンズ群 L G 1 1 と、補正レンズ群 L G 1 1 のスクリーン S とは反対の側で光軸 L 方向に移動することがない固定レンズ群 L G 1 2 と、を備える。補正レンズ群 L G 1 1 は第 1 レンズ L 1 からなる。固定レンズ群 L G 1 2 は第 2 レンズ L 2 および第 3 レンズ L 3 からなる。第 1 レンズ L 1 はスクリーン S の側および液晶パネル 1 8 の側の両面が非球面である。固定レンズ群 L G 1 2 において最もスクリーン S の側に位置する第 2 レンズ L 2 (固定レンズ群第 1 レンズ) は負レンズである。第 7 レンズ群 L G 7 は第 1 6 レンズ L 1 6 からなる。

【 0 0 3 3 】

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、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に (すなわち、変倍に際して)、それぞれが光軸 L 方向に移動するレンズ群である。第 2 レンズ群 L G 2 は、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5、第 6 レンズ L 6 の 3 枚のレンズからなる。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 とは互いに接合された接合レンズである。第 3 レンズ群 L G 3 は、第 7 レンズ L 7 からなる。第 4 レンズ群 L G 4 は、第 8 レンズ L 8 と第 9 レンズ L 9 とからなる。第 5 レンズ群 L G 5 は第 1 0 レンズ L 1 0、第 1 1 レンズ L 1 1、第 1 2 レンズ L 1 2 の 3 枚のレンズからなる。第 6 レンズ群 L G 6 は第 1 3 レンズ L 1 3、第 1 4 レンズ L 1 4、第 1 5 レンズ L 1 5 の 3 枚のレンズからなる。第 1 3 レンズ L 1 3 と第

10

20

30

40

50

14 レンズ L14 とは互いに接合された接合レンズである。

【0034】

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 587.56 nm とする。

【0035】

ズーム比：1.34

焦点距離：71.11 mm (ワイド位置) / 95.62 mm (テレ位置)

F ナンバー：1.96 (ワイド位置) / 2.29 (テレ位置)

バックフォーカス (in air)：90.16 mm

有効像円径：70 mm

10

最大画角 (半画角)：26.5° (ワイド位置) / 20.2° (テレ位置)

【0036】

また、投写光学系 3A を構成する各レンズ L1 ~ L16 のレンズデータは図 4 に示すとおりである。図 4 において、厚み・間隔の欄の O B J は、第 1 レンズ L1 からスクリーン S までの軸上面間距離 (mm) を表す。厚み・間隔の欄の間隔 A は、温度変化に起因して発生した収差を補正した場合に変化する値である。間隔 A は補正レンズ群 L G 11 と固定レンズ群 L G 12 との間の軸上面間距離 (mm) である。厚み・間隔の欄の間隔 B、間隔 C、間隔 D、間隔 E、間隔 F、間隔 G は、各レンズ L1 ~ L16 がワイド位置に配置された場合と、各レンズ L1 ~ L16 がテレ位置に配置された場合とで変化する値である。間隔 B、間隔 C、間隔 D、間隔 E、間隔 F、間隔 G は、隣り合うレンズ群の軸上面間距離 (mm) である。nd は各レンズ L1 ~ L16 の屈折率である。d は各レンズ L1 ~ L16 の

20

【0037】

なお、非球面とされている第 1 レンズ L1 の第 1 面および第 2 面の非球面係数は、以下のとおりである。

第 1 面	第 2 面	
曲率半径	216.922	128.975
コーニック定数 (K)	-1.467	-1.719
4 次の係数 (A)	9.66234E-08	5.66419E-09
6 次の係数 (B)	-5.13267E-12	-2.31131E-11
8 次の係数 (C)	-2.19282E-15	2.68541E-15
10 次の係数 (D)	9.21819E-19	4.12250E-20
12 次の係数 (E)	8.65528E-23	1.68220E-22
14 次の係数 (F)	-8.21895E-27	4.96701E-26
16 次の係数 (G)	2.01043E-30	-2.61118E-30

30

【0038】

また、O B J、間隔 B、間隔 C、間隔 D、間隔 E、間隔 F、間隔 G の値は、以下のとおりである。

O B J	7.5 (ワイド位置)	10.125 (テレ位置)
間隔 B	37.982 (ワイド位置)	15.581 (テレ位置)
間隔 C	18.787 (ワイド位置)	16.376 (テレ位置)
間隔 D	3.524 (ワイド位置)	21.455 (テレ位置)
間隔 E	53.109 (ワイド位置)	22.849 (テレ位置)
間隔 F	10.109 (ワイド位置)	10.629 (テレ位置)
間隔 G	0.200 (ワイド位置)	36.820 (テレ位置)

40

【0039】

(補正レンズ群)

ここで、補正レンズ群 L G 11 について、詳細に説明する。図 5 および図 6 の上段に位置する温度変化前の収差図と、中段に位置する温度変化後 (温度が 20 上昇した状態) の収差図を比較すれば分かるように、画像投写時に投写光学系 3A の温度が予め想定された

50

基準温度から 20 上昇した場合には、投写光学系 3 A の光学特性が変化し、非点収差が劣化（変動）する。このような問題に対して、投写光学系 3 A では、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に移動しない第 1 レンズ群 L G 1 のなかに非点収差の劣化を補正するための補正レンズ群 L G 1 1 を備え、この補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて、非点収差の劣化を補正する。

【 0 0 4 0 】

補正レンズ群 L G 1 1 は基準位置と補正位置との間で移動する。基準位置は、投写光学系 3 A の温度が予め想定した基準温度の場合に補正レンズ群 L G 1 1 が配置されている位置である。図 5 および図 6 の温度変化前の収差図および温度変化後の収差図は、補正レンズ群 L G 1 1 が基準位置に配置されている状態におけるものである。補正位置は、投写光学系 3 A の温度が基準温度から 20 上昇したときに、補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて温度変化に起因する非点収差の劣化を補正した状態における補正レンズ群 L G 1 1 の位置である。補正レンズ群 L G 1 1 が補正位置に配置された状態では、図 5 および図 6 の下段に位置する補正後の収差図に示すように、非点収差の劣化（変動）は補正され、温度変化前の収差図に近い状態となる。

10

【 0 0 4 1 】

ここで、図 4 における厚み・間隔の欄の間隔 A は、補正レンズ群 L G 1 1 が基準位置に配置されている場合と、補正レンズ群 L G 1 1 が補正位置に配置されている場合とで変化する。間隔 A の値は、以下の通りである。

基準位置 補正位置

間隔 A（ワイド位置） 3 6 . 0 6 1 3 6 . 7 6 1

間隔 A（テレ位置） 3 6 . 0 6 1 3 6 . 7 6 1

20

【 0 0 4 2 】

本例では、温度が 20 上昇した時に劣化した非点収差を補正する補正レンズ群 L G 1 1 の移動量（基準位置と補正位置との間の距離）を M 2 0 としたときに、ワイド位置、テレ位置ともに、 $M 2 0 = + 0 . 7 \text{ mm}$ である。M 2 0 は、投写光学系 3 A において実際に補正レンズ群 L G 1 1 を移動させた実験、或いは、シミュレーションにより求められる。なお、基準位置から補正位置に移動する際に補正レンズ群 L G 1 1 がスクリーン S の側に移動する場合には M 2 0 はプラスの値となる。基準位置から補正位置に移動する際に補正レンズ群 L G 1 1 がスクリーン S とは反対側に移動する場合には M 2 0 はマイナスの値となる。

30

【 0 0 4 3 】

また、本例では、補正レンズ群 L G 1 1 を基準位置と補正位置との間で移動させたときのバックフォーカスの移動量を B F としたときに、ワイド位置およびテレ位置のそれぞれにおいて、B F は以下のとおりである。

B F 0 . 0 1（ワイド位置） / 0 . 0 1 8（テレ位置）

【 0 0 4 4 】

なお、投写光学系 3 A の温度として、各レンズ L 1 ~ L 1 6 を保持する鏡筒 3 0 の内部の温度を用いることができる。すなわち、温度センサー 3 2 により検出される温度を、投写光学系 3 A の温度とすることができる。

40

【 0 0 4 5 】

ここで、補正レンズ群 L G 1 1 の焦点距離を f 1 としたときに、 $f 1 = - 6 3 6 . 8 1 1$ である。また、第 2 レンズ L 2 の焦点距離を f 2 としたときに、 $f 2 = - 3 3 8 . 0 1 4$ である。

【 0 0 4 6 】

次に、投写光学系 3 A は、液晶パネル 1 8 が表示する画像の画素ピッチを P、レンズ全系の F ナンバーを F N O、温度が 20 変動した時に変動した収差を補正する移動量（M 2 0）だけ補正レンズ群 L G 1 1 を移動させたときのバックフォーカスの移動量を B F としたときに、次の条件式（1）を満足する。条件式（1）は、温度が 20 変動した時に劣化した収差を補正する移動量（ $M 2 0 = + 0 . 7 \text{ mm}$ ）だけ補正レンズ群 L G 1 1

50

を移動させたときに、バックフォーカスの移動量 BF が、投写光学系 3 A の焦点深度よりも小さいことを規定している。

$$|BF_{20}| < P \times FNO \times 2 \cdots (1)$$

【0047】

具体的に、本例では、 $P = 0.010$ mm である。ワイド位置において、 $FNO = 1.96$ である。テレ位置において、 $FNO = 2.29$ である。また、ワイド位置において、 $BF = 0.01$ である。テレ位置において、 $BF = 0.018$ である。従って、投写光学系 3 A は、以下のとおり、条件式 (1) を満足する。

$$(\text{ワイド位置}) \quad |0.010| < 0.010 \times 1.96 \times 2 = 0.028$$

$$(\text{テレ位置}) \quad |0.018| < 0.010 \times 2.29 \times 2 = 0.032$$

10

【0048】

また、投写光学系 3 A は、レンズ全系の焦点距離を f 、補正レンズ群 L G 1 1 の焦点距離を f_1 としたときに、以下の条件式 (2) を満足する。

$$1.5 < |f_1 / f| \cdots (2)$$

【0049】

具体的に、本例では、ワイド位置において $f = 71.11$ である。テレ位置において $f = 95.62$ である。また、 $f_1 = -636.811$ である。よって、投写光学系 3 A は、以下のとおり、条件式 (2) を満足する。

$$(\text{ワイド位置}) \quad 1.5 < |-636.811 / 71.11| = 9.0$$

$$(\text{テレ位置}) \quad 1.5 < |-636.811 / 95.62| = 6.7$$

20

【0050】

ここで、本例では、最もスクリーン S に近い位置にある補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて光学特性の劣化を補正する。従って、非点収差の劣化を補正しやすい。また、本例は、補正レンズ群 L G 1 1 の焦点距離 f_1 とレンズ全系の焦点距離 f との関係が条件式 (2) を満たすので、補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させることにより、温度変化に起因して劣化した非点収差を補正しやすい。

【0051】

さらに、投写光学系 3 A は条件式 (1) を満たすので、温度が 20°C 変動した時に変動した収差を補正する移動量 M_{20} だけ補正レンズ群 L G 1 1 を移動させたときのバックフォーカスの移動量 BF_{20} が、投写光学系 3 A の焦点深度以下である。換言すれば、投写光学系 3 A は条件式 (1) を満たすので、補正レンズ群 L G 1 1 を基準位置から補正位置に移動させたときのバックフォーカスの移動量 BF_{20} は、投写画像の画質に影響がでることを回避できるほどに僅かなものとなる。換言すれば、補正レンズ群 L G 1 1 を基準位置から補正位置に移動させたときのピントずれを回避できる。ここで、温度変化に起因して発生する投写光学系 3 A のバックフォーカスの変動は設計によって抑制できる。従って、補正レンズ群 L G 1 1 を移動させたときのバックフォーカスの移動量 BF_{20} が投写光学系 3 A の焦点深度より小さければ、補正レンズ群 L G 1 1 を移動させたときに、バックフォーカスの位置を補正するための第 2 の補正レンズ群を備える必要がない。よって、温度変化に起因する非点収差の劣化を補正するために光軸 L 方向に移動させるレンズ群の数を少なくすることができる。

30

40

【0052】

次に、本例は、固定レンズ群 L G 1 2 の最もスクリーン S の側に位置する第 2 レンズ L 2 は、負レンズであり、第 2 レンズ L 2 の焦点距離を f_2 としたときに、次の条件式 (3) を満足する。

$$0.1 < |f_2 / f_1| < 0.9 \cdots (3)$$

【0053】

具体的に、本例では、 $f_1 = -636.811$ であり、 $f_2 = -338.014$ である。よって、投写光学系 3 A は、以下のとおり、本例は条件式 (3) を満足する。

$$0.1 < |-338.014 / -636.811| = 0.5 < 0.9$$

【0054】

50

ここで、条件式(3)の上限および下限を超える場合には、補正レンズ群LG11を移動させて温度変化に起因して発生した非点収差を補正したときに、歪曲収差が大きくなる場合がある。これに対して、負レンズである第2レンズL2の焦点距離 f_2 と、補正レンズ群LG11の焦点距離 f_1 との関係が条件式(3)を満たせば、歪曲収差が大きくなることを抑制できる。また、条件式(3)を満たせば、像面湾曲の増大を抑制できる。

【0055】

さらに、本例は、補正レンズ群LG11を構成する第1レンズL1の屈折率を n_{d1} 、第1レンズL1のアッベ数を d_1 としたときに、次の条件式(4)、(5)を満足する。

$$1.45 < n_{d1} < 1.60 \quad \cdots (4)$$

$$50 < d_1 < 85 \quad \cdots (5)$$

10

【0056】

すなわち、本例では、図4に示すように、 $n_{d1} = 1.509415$ であり、 $d_1 = 55.9$ である。従って、本例は条件式(4)および条件式(5)を満足する。ここで、条件式(4)を満たせば、補正レンズ群LG11が光軸L方向に移動したときに像面湾曲が増大することを抑制できる。また、条件式(5)を満たせば、補正レンズ群LG11が光軸L方向に移動したときに、倍率色収差が増大することを抑制できる。

【0057】

また、投写光学系3Aは、レンズ全系を保持する鏡筒30と、鏡筒30の内部の温度を検出する温度センサー32と、補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させる移動機構33と、温度センサー32からの出力に基づいて移動機構33を駆動する補正制御部34を備える。従って、温度センサー32からの出力に基づいて補正制御部34が移動機構33を駆動することにより、温度変化に起因する非点収差の劣化を自動で補正できる。

20

【0058】

ここで、本例では、予め、鏡筒30の内部の温度変化(基準温度からの上昇温度)と、温度変化に起因して発生する非点収差を補正できる補正レンズ群LG11の光軸L上の位置(補正位置)との関係を、実験、或いは、シミュレーションにより求めている。また、投写光学系3Aの補正制御部34は、基準温度からの上昇温度と補正位置との関係を、テーブル等の形態で記憶保持している。従って、補正制御部34は、基準温度からの上昇温度に基づいて記憶部を参照して移動機構33を駆動して、補正レンズ群LG11を補正位置に配置する。

30

【0059】

また、本例では、投写光学系3Aにおいて、温度変化に起因する非点収差の劣化を容易に補正できるので、プロジェクター1の投写する光の光束が20klm以上であり、画像投写時に投写光学系3Aを構成する各レンズL1~L16の温度が上昇しやすく、非点収差が劣化しやすい場合でも、投写画像の画質を維持できる。

【0060】

なお、補正レンズ群LG11は、手動によって、基準位置から補正位置に移動させてもよい。

【0061】

また、上記の例では、温度変化に起因して非点収差が劣化した場合に補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させているが、投写倍率を変化させるのに伴って非点収差が劣化した場合などに、補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させて、非点収差を補正してすることもできる。

40

【0062】

(実施例2)

図7および図8は実施例2の投写光学系の構成図である。図7では、実施例2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ワイド位置に配置されている。図8では実施例2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テレ位置に配置されている。図9は実施例2の投写光学系のレンズデータを示す図である。図10は実施例2の投写光学系がワイド位置にある場合の収差図(球面収差、非点収差および歪曲収差)であ

50

る。図 11 は実施例 2 の投写光学系がテレ位置にある場合の収差図（球面収差、非点収差および歪曲収差）である。図 10 および図 11 では、投写光学系が基準温度である場合（温度変化前）の収差図と、投写光学系が基準温度よりも 20℃ 上昇した温度状態となった場合（温度変化後）の収差図と、補正レンズ群 L G 11 を基準位置から補正位置に移動させて、温度変化に起因して劣化した非点収差を補正した場合（補正後）の収差図を示す。

【0063】

図 7 および図 8 に示すように、本例の投写光学系 3 B は、第 1 レンズ L 1 ~ 第 18 レンズ L 18 の 18 枚のレンズを備える。投写光学系 3 B は、スクリーン S の側から液晶パネル 18 の側に向かって、順に、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 を備える。液晶パネル 18 は、投写光学系 3 B のバックフォーカスの位置にある。第 7 レンズ群 L G 7 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。

【0064】

第 1 レンズ群 L G 1、第 2 レンズ群 L G 2 および第 7 レンズ群 L G 7 は、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に、光軸 L 方向に移動しないレンズ群である。すなわち、第 1 レンズ群 L G 1、第 2 レンズ群 L G 2 および第 7 レンズ群 L G 7 は、変倍に際して、動かないレンズ群である。第 1 レンズ群 L G 1 は、第 1 レンズ L 1、第 2 レンズ L 2、第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4、第 5 レンズ L 5 の 5 枚のレンズからなる。第 1 レンズ群 L G 1 は、光軸 L 方向への移動により温度変化に応じて発生する非点収差の劣化を補正する補正レンズ群 L G 11 と、補正レンズ群 L G 11 のスクリーン S とは反対の側で光軸 L 方向に移動することがない固定レンズ群 L G 12 と、を備える。補正レンズ群 L G 11 は第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 からなる。固定レンズ群 L G 12 は第 3 レンズ L 3、第 4 レンズ L 4 および第 5 レンズ L 5 からなる。第 2 レンズ L 2 はスクリーン S の側および液晶パネル 18 の側の両面が非球面である。固定レンズ群 L G 12 において最もスクリーン S の側に位置する第 3 レンズ L 3（固定レンズ群第 1 レンズ）は負レンズである。

【0065】

第 2 レンズ群 L G 2 は、第 6 レンズ L 6 および第 7 レンズ L 7 の 2 枚のレンズからなる。第 7 レンズ群 L G 7 は第 18 レンズ L 18 からなる。

【0066】

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、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に（すなわち、変倍に際して）、それぞれが光軸 L 方向に移動するレンズ群である。第 3 レンズ群 L G 3 は、第 8 レンズ L 8 からなる。第 4 レンズ群 L G 4 は、第 9 レンズ L 9 と第 10 レンズ L 10 とからなる。第 5 レンズ群 L G 5 は、第 11 レンズ L 11、第 12 レンズ L 12、第 13 レンズ L 13、および、第 14 レンズ L 14 の 4 枚のレンズからなる。第 6 レンズ群 L G 6 は第 15 レンズ L 15、第 16 レンズ L 16、第 17 レンズ L 17 の 3 枚のレンズからなる。

【0067】

投写光学系 3 B のデータは以下のとおりである。本例では、基準波長 λ_0 を 587.56 nm とする。

【0068】

ズーム比：1.20

焦点距離：29.87 mm（ワイド位置） / 35.83 mm（テレ位置）

F ナンバー：2.40（ワイド位置） / 2.62（テレ位置）

バックフォーカス（in air）：70.98 mm

有効像円径：50 mm

最大画角（半画角）：40.2°（ワイド位置） / 35.1°（テレ位置）

【0069】

また、投写光学系 3 B を構成する各レンズ L 1 ~ L 18 のレンズデータは図 9 に示すとおりである。図 9 において、厚み・間隔の欄の OBJ は、第 1 レンズ L 1 からスクリーン S

までの軸上面間距離 (mm) を表す。厚み・間隔の欄の間隔 A は、温度変化に起因して発生した収差を補正した場合に変化する値である。間隔 A は補正レンズ群 L G 1 1 と固定レンズ群 L G 1 2 との間の軸上面間距離 (mm) である。厚み・間隔の欄の間隔 B、間隔 C、間隔 D、間隔 E、間隔 F は、各レンズ L 1 ~ L 1 8 がワイド位置に配置された場合と、各レンズ L 1 ~ L 1 8 がテレ位置に配置された場合とで変化する値である。間隔 B、間隔 C、間隔 D、間隔 E、間隔 F は、隣り合うレンズ群の軸上面間距離 (mm) である。n は各レンズ L 1 ~ L 1 8 の屈折率である。d は各レンズ L 1 ~ L 1 8 のアッペ数である。

【0070】

なお、非球面とされている第 2 レンズ L 2 の両面 (第 3 面および第 4 面) の非球面係数は、以下のとおりである。

第 3 面

第 4 面

曲率半径	84.350	57.275
コーニック定数 (K)	-1.002	-0.335
4 次の係数 (A)	6.17595E-07	2.32600E-07
6 次の係数 (B)	-6.93154E-11	-2.39935E-10
8 次の係数 (C)	-1.54068E-14	1.46172E-13
10 次の係数 (D)	-1.64525E-18	-2.18608E-16
12 次の係数 (E)	8.98913E-22	1.01396E-19
14 次の係数 (F)	-6.43365E-25	-2.50322E-23
16 次の係数 (G)	7.00618E-29	2.65938E-27

【0071】

また、OBJ、間隔 B、間隔 C、間隔 D、間隔 E、間隔 F の値は、以下のとおりである。

OBJ	3.9 (ワイド位置)	3.9 (テレ位置)
間隔 B	114.535 (ワイド位置)	85.282 (テレ位置)
間隔 C	18.675 (ワイド位置)	28.296 (テレ位置)
間隔 D	10.934 (ワイド位置)	12.857 (テレ位置)
間隔 E	0.640 (ワイド位置)	2.506 (テレ位置)
間隔 F	16.560 (ワイド位置)	32.404 (テレ位置)

【0072】

(補正レンズ群)

ここで、補正レンズ群 L G 1 1 について、詳細に説明する。図 10 および図 11 の上段に位置する温度変化前の収差図と、中段に位置する温度変化後 (温度が 20 上昇した状態) の収差図を比較すれば分かるように、画像投写時に投写光学系 3 B の温度が予め想定された基準温度から 20 上昇した場合には、投写光学系 3 B の光学特性が変化し、非点収差が劣化 (変動) する。このような問題に対して、投写光学系 3 B では、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に移動しない第 1 レンズ群 L G 1 のなかに非点収差の劣化を補正するための補正レンズ群 L G 1 1 を備え、この補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて、非点収差の劣化を補正する。

【0073】

補正レンズ群 L G 1 1 は基準位置と補正位置との間で移動する。基準位置は、投写光学系 3 B の温度が予め想定した基準温度の場合に補正レンズ群 L G 1 1 が配置されている位置である。図 10 および図 11 の温度変化前の収差図および温度変化後の収差図は、補正レンズ群 L G 1 1 が基準位置に配置されている状態におけるものである。補正位置は、投写光学系 3 B の温度が基準温度から 20 上昇したときに、補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて温度変化に起因する非点収差の劣化を補正した状態における補正レンズ群 L G 1 1 の位置である。補正レンズ群 L G 1 1 が補正位置に配置された状態では、図 10 および図 11 の下段に位置する補正後の収差図に示すように、非点収差の劣化 (変動) は補正され、温度変化前の収差図に近い状態となる。

【0074】

10

20

30

40

50

ここで、図 9 における厚み・間隔の欄の間隔 A は、補正レンズ群 L G 1 1 が基準位置に配置されている場合と、補正レンズ群 L G 1 1 が補正位置に配置されている場合とで変化する。間隔 A の値は、以下の通りである。

基準位置 補正位置

間隔 A (ワイド位置) 1 0 . 3 3 3 1 0 . 4 7 6

間隔 A (テレ位置) 1 0 . 3 3 3 1 0 . 5 2 4

【 0 0 7 5 】

本例では、温度が 2 0 上昇した時に劣化した非点収差を補正する補正レンズ群 L G 1 1 の移動量 (基準位置と補正位置との間の距離) を M 2 0 としたときに、ワイド位置において、 $M 2 0 = + 0 . 1 4 3 \text{ mm}$ であり、テレ位置において、 $M 2 0 = + 0 . 1 9 1 \text{ mm}$ である。M 2 0 は、投写光学系 3 B において実際に補正レンズ群 L G 1 1 を移動させた実験、或いは、シミュレーションにより求められる。なお、基準位置から補正位置に移動する際に補正レンズ群 L G 1 1 がスクリーン S の側に移動する場合には M 2 0 はプラスの値となる。基準位置から補正位置に移動する際に補正レンズ群 L G 1 1 がスクリーン S とは反対側に移動する場合には M 2 0 はマイナスの値となる。

【 0 0 7 6 】

また、本例では、補正レンズ群 L G 1 1 を基準位置と補正位置との間で移動させたときのバックフォーカスの移動量を B F としたときに、ワイド位置およびテレ位置のそれぞれにおいて、B F は以下のとおりである。

B F - 0 . 0 0 0 5 (ワイド位置) / - 0 . 0 0 0 5 (テレ位置)

【 0 0 7 7 】

なお、投写光学系 3 B の温度として、各レンズ L 1 ~ L 1 8 を保持する鏡筒 3 0 の内部の温度を用いることができる。すなわち、温度センサー 3 2 により検出される温度を、投写光学系 3 B の温度とすることができる。

【 0 0 7 8 】

ここで、補正レンズ群 L G 1 1 の焦点距離を f 1 としたときに、 $f 1 = - 5 6 8 . 7 3 3$ である。また、第 3 レンズ L 3 の焦点距離を f 2 としたときに、 $f 2 = - 1 0 2 . 6 7 0$ である。

【 0 0 7 9 】

次に、投写光学系 3 B は、液晶パネル 1 8 が表示する画像の画素ピッチを P、レンズ全系の F ナンバーを F N O、温度が 2 0 変動した時に変動した収差を補正する移動量 (M 2 0) だけ補正レンズ群 L G 1 1 を移動させたときのバックフォーカスの移動量を B F としたときに、次の条件式 (1) を満足する。条件式 (1) は、温度が 2 0 変動した時に劣化した収差を補正する移動量 (M 2 0 = + 0 . 1 4 7 mm または + 0 . 1 9 1 mm) だけ補正レンズ群 L G 1 1 を移動させたときに、バックフォーカスの移動量 B F が、投写光学系 3 B の焦点深度よりも小さいことを規定している。

$| B F 2 0 | < P \times F N O \times 2 \dots (1)$

【 0 0 8 0 】

具体的に、本例では、 $P = 0 . 0 1 0 \text{ mm}$ である。ワイド位置において、 $F N O = 2 . 4 0$ である。テレ位置において、 $F N O = 2 . 6 2$ である。また、ワイド位置において、 $B F = - 0 . 0 0 0 5$ である。テレ位置において、 $B F = - 0 . 0 0 0 5$ である。従って、投写光学系 3 B は、以下のとおり、条件式 (1) を満足する。

(ワイド位置) $| - 0 . 0 0 0 5 | < 0 . 0 1 0 \times 2 . 4 0 \times 2 = 0 . 0 3 4$

(テレ位置) $| - 0 . 0 0 0 5 | < 0 . 0 1 0 \times 2 . 6 2 \times 2 = 0 . 0 3 7$

【 0 0 8 1 】

また、投写光学系 3 B は、レンズ全系の焦点距離を f、補正レンズ群 L G 1 1 の焦点距離を f 1 としたときに、以下の条件式 (2) を満足する。

$1 . 5 < | f 1 / f | \dots (2)$

【 0 0 8 2 】

具体的に、本例では、ワイド位置において $f = 2 9 . 8 7$ である。テレ位置において $f =$

35.83である。また、 $f_1 = -568.733$ である。よって、投写光学系3Bは、以下のとおり、条件式(2)を満足する。

$$(\text{ワイド位置}) \quad 1.5 < |-568.733 / 29.87| = 19.1$$

$$(\text{テレ位置}) \quad 1.5 < |-568.733 / 35.83| = 15.9$$

【0083】

ここで、本例では、最もスクリーンSに近い位置にある補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させて光学特性の劣化を補正する。従って、非点収差の劣化を補正しやすい。また、本例は、補正レンズ群LG11の焦点距離 f_1 とレンズ全系の焦点距離 f との関係が条件式(2)を満たすので、補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させることにより、温度変化に起因して劣化した非点収差を補正しやすい。

【0084】

さらに、投写光学系3Bは条件式(1)を満たすので、温度が20℃変動した時に変動した収差を補正する移動量M20だけ補正レンズ群LG11を移動させたときのバックフォーカスの移動量BF20が、投写光学系3Bの焦点深度以下である。換言すれば、投写光学系3Bは条件式(1)を満たすので、補正レンズ群LG11を基準位置から補正位置に移動させたときのバックフォーカスの移動量BF20は、投写画像の画質に影響がであることを回避できるほどに僅かなものとなる。換言すれば、補正レンズ群LG11を基準位置から補正位置に移動させたときのピントずれを回避できる。ここで、温度変化に起因して発生する投写光学系3Bのバックフォーカスの変動は設計によって抑制できる。従って、補正レンズ群LG11を移動させたときのバックフォーカスの移動量BF20が投写光学系3Bの焦点深度より小さければ、補正レンズ群LG11を移動させたときに、バックフォーカスの位置を補正するための第2の補正レンズ群を備える必要がない。よって、温度変化に起因する非点収差の劣化を補正するために光軸L方向に移動させるレンズ群の数を少なくすることができる。

【0085】

次に、本例は、固定レンズ群LG12の最もスクリーンSの側に位置する第3レンズL3は、負レンズであり、第3レンズL3の焦点距離を f_2 としたときに、次の条件式(3)を満足する。

$$0.1 < |f_2 / f_1| < 0.9 \quad \dots (3)$$

【0086】

具体的に、本例では、 $f_1 = -568.733$ であり、 $f_2 = -102.670$ である。よって、投写光学系3Bは、以下のとおり、本例は条件式(3)を満足する。

$$0.1 < |-102.670 / -568.733| = 0.2 < 0.9$$

【0087】

ここで、条件式(3)の上限および下限を超える場合には、補正レンズ群LG11を移動させて温度変化に起因して発生した非点収差を補正したときに、歪曲収差が大きくなる場合がある。これに対して、負レンズである第3レンズL3の焦点距離 f_2 と、補正レンズ群LG11の焦点距離 f_1 との関係が条件式(3)を満たせば、歪曲収差が大きくなることを抑制できる。また、条件式(3)を満たせば、像面湾曲の増大を抑制できる。

【0088】

さらに、本例は、補正レンズ群LG11の最も固定レンズ群LG12の側に位置する第2レンズL2の屈折率を nd_1 、第2レンズL2のアッペ数を d_1 としたときに、次の条件式(4)、(5)を満足する。

$$1.45 < nd_1 < 1.60 \quad \dots (4)$$

$$50 < d_1 < 85 \quad \dots (5)$$

【0089】

すなわち、本例では、図9に示すように、 $nd_1 = 1.53116$ であり、 $d_1 = 56.0$ である。従って、本例は条件式(4)および条件式(5)を満足する。ここで、条件式(4)を満たせば、補正レンズ群LG11が光軸L方向に移動したときに像面湾曲が増大することを抑制できる。また、条件式(5)を満たせば、補正レンズ群LG11が光軸

10

20

30

40

50

L 方向に移動したときに、倍率色収差が増大することを抑制できる。

【 0 0 9 0 】

また、投写光学系 3 B は、レンズ全系を保持する鏡筒 3 0 と、鏡筒 3 0 の内部の温度を検出する温度センサー 3 2 と、補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させる移動機構 3 3 と、温度センサー 3 2 からの出力に基づいて移動機構 3 3 を駆動する補正制御部 3 4 を備える。従って、温度センサー 3 2 からの出力に基づいて補正制御部 3 4 が移動機構 3 3 を駆動することにより、温度変化に起因する非点収差の劣化を自動で補正できる。

【 0 0 9 1 】

ここで、本例においても、予め、鏡筒 3 0 の内部の温度変化（基準温度からの上昇温度）と、温度変化に起因して発生する非点収差を補正できる補正レンズ群 L G 1 1 の光軸 L 上の位置（補正位置）との関係を、実験、或いは、シミュレーションにより求めている。また、投写光学系 3 B の補正制御部 3 4 は、基準温度からの上昇温度と補正位置との関係を、テーブル等の形態で記憶保持している。従って、補正制御部 3 4 は、基準温度からの上昇温度に基づいて記憶部を参照して移動機構 3 3 を駆動して、補正レンズ群 L G 1 1 を補正位置に配置する。

10

【 0 0 9 2 】

また、本例では、投写光学系 3 B において、温度変化に起因する非点収差の劣化を容易に補正できるので、プロジェクター 1 の投写する光の光束が 2 0 k l m 以上であり、画像投写時に投写光学系 3 B を構成する各レンズ L 1 ~ L 1 8 の温度が上昇しやすく、非点収差が劣化しやすい場合でも、投写画像の画質を維持できる。

20

【 0 0 9 3 】

なお、補正レンズ群 L G 1 1 は、手動によって、基準位置から補正位置に移動させてもよい。

【 0 0 9 4 】

また、上記の例では、温度変化に起因して非点収差が劣化した場合に補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させているが、投写倍率を変化させるのに伴って非点収差が劣化した場合などに、補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて、非点収差を補正してすることもできる。

【 0 0 9 5 】

（実施例 3）

30

図 1 2 および図 1 3 は実施例 3 の投写光学系の構成図である。図 1 2 では、実施例 3 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ワイド位置に配置されている。図 1 3 では実施例 3 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テレ位置に配置されている。図 1 4 は実施例 3 の投写光学系のレンズデータを示す図である。図 1 5 は実施例 3 の投写光学系がワイド位置にある場合の収差図（球面収差、非点収差および歪曲収差）である。図 1 6 は実施例 3 の投写光学系がテレ位置にある場合の収差図（球面収差、非点収差および歪曲収差）である。図 1 5 および図 1 6 では、投写光学系が基準温度である場合（温度変化前）の収差図と、投写光学系が基準温度よりも 2 0 上昇した温度状態となった場合（温度変化後）の収差図と、補正レンズ群 L G 1 1 を基準位置から補正位置に移動させて、温度変化に起因して劣化した非点収差を補正した場合（補正後）の収差図を示す。

40

【 0 0 9 6 】

図 1 2 および図 1 3 に示すように、本例の投写光学系 3 C は、第 1 レンズ L 1 ~ 第 1 4 レンズ L 1 4 の 1 4 枚のレンズを備える。投写光学系 3 C は、スクリーン S の側から液晶パネル 1 8 の側に向かって、順に、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 を備える。液晶パネル 1 8 は、投写光学系 3 C のバックフォーカスの位置にある。第 7 レンズ群 L G 7 と液晶パネル 1 8 との間には、クロスダイクロイックプリズム 1 9 が位置する。

【 0 0 9 7 】

50

第1レンズ群LG1と第7レンズ群LG7とは、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に、光軸L方向に移動しないレンズ群である。すなわち、第1レンズ群LG1と第7レンズ群LG7とは、変倍に際して、動かないレンズ群である。第1レンズ群LG1は、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3の3枚のレンズからなる。第1レンズ群LG1は、光軸L方向への移動により温度変化に応じて発生する非点収差の劣化を補正する補正レンズ群LG11と、補正レンズ群LG11のスクリーンSとは反対の側で光軸L方向に移動することがない固定レンズ群LG12と、を備える。補正レンズ群LG11は第1レンズL1および第2レンズL2からなる。固定レンズ群LG12は第3レンズL3からなる。第1レンズL1はスクリーンSの側および液晶パネル18の側の両面が非球面（奇数次非球面）である。第2レンズは負レンズである。第7レンズ群LG7は第14レンズL14からなる。

10

【0098】

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、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に（すなわち、変倍に際して）、それぞれが光軸L方向に移動するレンズ群である。第2レンズ群LG2は、第4レンズL4、第5レンズL5および第6レンズL6の3枚のレンズからなる。第4レンズL4と第5レンズL5とは互いに接合された接合レンズである。第3レンズ群LG3は、第7レンズL7および第8レンズL8からなる。第7レンズL7と第8レンズL8とは互いに接合された接合レンズである。第4レンズ群LG4は、第9レンズL9からなる。第5レンズ群LG5は、第10レンズL10からなる。第10レンズL10はスクリーンSの側および液晶パネル18の側の両面が非球面である。第6レンズ群LG6は、第11レンズL11、第12レンズL12および第13レンズL13の3枚のレンズからなる。第11レンズL11と第12レンズL12とは互いに接合された接合レンズである。

20

【0099】

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 λ を587.56nmとする。

【0100】

ズーム比：1.59

焦点距離：18.51mm（ワイド位置） / 29.39mm（テレ位置）

30

Fナンバー：1.50（ワイド位置） / 1.98（テレ位置）

バックフォーカス（in air）：29.82mm

有効像円径：22.1mm

最大画角（半画角）：31.0°（ワイド位置） / 20.5°（テレ位置）

【0101】

また、投写光学系3Cを構成する各レンズL1～L14のレンズデータは図14に示すとおりである。図14において、厚み・間隔の欄のOBJは、第1レンズL1からスクリーンSまでの軸上面間距離（mm）を表す。厚み・間隔の欄の間隔Aは、温度変化に起因して発生した収差を補正した場合に変化する値である。間隔Aは補正レンズ群LG11と固定レンズ群LG12との間の軸上面間距離（mm）である。厚み・間隔の欄の間隔B、間隔C、間隔D、間隔E、間隔F、間隔Gは、各レンズL1～L14がワイド位置に配置された場合と、各レンズL1～L14がテレ位置に配置された場合とで変化する値である。間隔B、間隔C、間隔D、間隔E、間隔F、間隔Gは、隣り合うレンズ群の軸上面間距離（mm）である。ndは各レンズL1～L14の屈折率である。dは各レンズL1～L14のアッペ数である。

40

【0102】

なお、奇数次非球面とされている第1レンズL1の第1面および第2面の非球面係数は、以下のとおりである。

第1面

第2面

Y曲率半径

-52.187

-47.248

50

正規化半径	0	0	
コーニック定数 (K)	2 . 1 6 0	2 . 0 4 9	
3 次の非球面係数 (C 4)	5 . 8 5 0 3 9 5 E - 0 6	1 . 0 0 8 3 2 5 E - 0 7	
4 次の非球面係数 (C 5)	2 . 9 1 6 6 0 4 E - 0 5	2 . 7 5 5 1 6 4 E - 0 5	
5 次の非球面係数 (C 6)	2 . 7 8 4 2 2 8 E - 0 8	1 . 1 5 7 4 1 0 E - 0 8	
6 次の非球面係数 (C 7)	- 4 . 9 2 9 3 7 1 E - 0 8	- 4 . 7 0 1 7 2 0 E - 0 8	
7 次の非球面係数 (C 8)	- 2 . 0 3 2 5 6 5 E - 1 1	- 5 . 3 2 2 9 4 6 E - 1 1	
8 次の非球面係数 (C 9)	9 . 0 2 8 2 3 4 E - 1 1	9 . 4 0 6 7 0 3 E - 1 1	
9 次の非球面係数 (C 1 0)	- 3 . 2 0 6 6 8 1 E - 1 5	- 3 . 6 1 6 9 5 4 E - 1 4	
1 0 次の非球面係数 (C 1 1)	- 1 . 1 4 0 3 6 6 E - 1 3	- 1 . 2 1 4 5 1 1 E - 1 3	10
1 1 次の非球面係数 (C 1 2)	2 . 3 5 4 0 8 4 E - 1 7	- 1 . 2 2 0 5 5 2 E - 1 8	
1 2 次の非球面係数 (C 1 3)	9 . 7 1 4 8 8 1 E - 1 7	1 . 2 8 5 7 9 0 E - 1 6	
1 3 次の非球面係数 (C 1 4)	5 . 9 6 3 6 2 8 E - 2 1	6 . 3 3 6 2 7 4 E - 2 1	
1 4 次の非球面係数 (C 1 5)	- 8 . 9 7 2 6 4 2 E - 2 1	- 2 . 1 1 2 1 3 4 E - 2 0	
1 5 次の非球面係数 (C 1 6)	- 3 . 1 5 3 1 0 0 E - 2 3	- 3 . 1 6 6 4 0 8 E - 2 3	
1 6 次の非球面係数 (C 1 7)	- 2 . 9 5 1 5 9 2 E - 2 3	- 6 . 2 4 8 8 5 6 E - 2 3	20
1 7 次の非球面係数 (C 1 8)	- 6 . 7 2 7 1 3 9 E - 2 6	- 2 . 0 3 6 4 7 7 E - 2 5	
1 8 次の非球面係数 (C 1 9)	- 3 . 2 4 1 8 6 7 E - 2 6	- 3 . 4 8 2 1 5 3 E - 2 6	
1 9 次の非球面係数 (C 2 0)	- 8 . 6 0 4 0 2 3 E - 3 0	- 1 . 8 5 0 0 3 0 E - 2 8	
2 0 次の非球面係数 (C 2 1)	6 . 8 0 8 0 6 5 E - 2 9	1 . 6 0 4 3 2 6 E - 2 8	
【 0 1 0 3 】			

また、非球面とされている第 1 0 レンズ L G 1 0 の第 1 7 面および第 1 8 面の非球面係数は、以下のとおりである。

S 1 7 面	S 1 8 面	
曲率半径	6 8 . 2 5 9	- 2 4 . 2 7 7
コーニック定数 (K)	1 5 . 8 4 8	- 0 . 2 6 7
4 次の係数 (A)	- 1 . 2 8 5 5 5 E - 0 5	3 . 0 5 9 3 8 E - 0 6
6 次の係数 (B)	- 6 . 4 1 9 7 8 E - 0 9	- 2 . 4 8 0 0 6 E - 0 8
8 次の係数 (C)	- 5 . 4 0 4 8 8 E - 1 2	3 . 3 6 9 9 6 E - 1 0
1 0 次の係数 (D)	- 2 . 9 2 9 7 3 E - 1 2	- 3 . 6 3 2 8 1 E - 1 2
1 2 次の係数 (E)	1 . 5 2 2 3 9 E - 1 4	7 . 3 1 3 5 4 E - 1 5
1 4 次の係数 (F)	- 3 . 3 5 7 0 5 E - 1 7	- 8 . 4 6 2 8 7 E - 1 7
1 6 次の係数 (G)	5 . 2 2 1 3 8 E - 2 0	1 . 3 5 0 2 1 E - 1 8
1 8 次の係数 (H)	- 2 . 8 7 2 4 1 E - 2 1	- 7 . 0 2 7 7 6 E - 2 1
【 0 1 0 4 】		

また、O B J、間隔 B、間隔 C、間隔 D、間隔 E、間隔 F、間隔 G の値は、以下のとおりである。

O B J	1 . 6 3 (ワイド位置)	1 . 6 3 (テレ位置)
間隔 B	9 . 6 5 2 (ワイド位置)	3 . 1 1 1 (テレ位置)
間隔 C	1 9 . 8 4 2 (ワイド位置)	1 . 2 0 0 (テレ位置)
間隔 D	3 . 4 7 5 (ワイド位置)	1 8 . 9 8 0 (テレ位置)
間隔 E	6 . 1 9 8 (ワイド位置)	2 . 4 5 8 (テレ位置)
間隔 F	1 . 5 1 4 (ワイド位置)	5 . 1 6 8 (テレ位置)

10

20

30

40

50

間隔 G 4 . 9 6 7 (ワイド位置) 1 4 . 6 4 9 (テレ位置)

【 0 1 0 5 】

(補正レンズ群)

ここで、補正レンズ群 L G 1 1 について、詳細に説明する。図 1 5 および図 1 6 の上段に位置する温度変化前の収差図と、中段に位置する温度変化後 (温度が 2 0 上昇した状態) の収差図を比較すれば分かるように、画像投写時に投写光学系 3 C の温度が予め想定された基準温度から 2 0 上昇した場合には、投写光学系 3 C の光学特性が変化し、非点収差が劣化 (変動) する。このような問題に対して、投写光学系 3 C では、ズーム機能により投写倍率を変化させる際に移動しない第 1 レンズ群 L G 1 のなかに非点収差の劣化を補正するための補正レンズ群 L G 1 1 を備え、この補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて、非点収差の劣化を補正する。

10

【 0 1 0 6 】

補正レンズ群 L G 1 1 は基準位置と補正位置との間で移動する。基準位置は、投写光学系 3 C の温度が予め想定した基準温度の場合に補正レンズ群 L G 1 1 が配置されている位置である。図 1 5 および図 1 6 の温度変化前の収差図および温度変化後の収差図は、補正レンズ群 L G 1 1 が基準位置に配置されている状態におけるものである。補正位置は、投写光学系 3 C の温度が基準温度から 2 0 上昇したときに、補正レンズ群 L G 1 1 を光軸 L 方向に移動させて温度変化に起因する非点収差の劣化を補正した状態における補正レンズ群 L G 1 1 の位置である。補正レンズ群 L G 1 1 が補正位置に配置された状態では、図 1 5 および図 1 6 の下段に位置する補正後の収差図に示すように、非点収差の劣化 (変動) は補正され、温度変化前の収差図に近い状態となる。

20

【 0 1 0 7 】

ここで、図 1 4 における厚み・間隔の欄の間隔 A は、補正レンズ群 L G 1 1 が基準位置に配置されている場合と、補正レンズ群 L G 1 1 が補正位置に配置されている場合とで変化する。間隔 A の値は、以下の通りである。

基準位置	補正位置	
間隔 A (ワイド位置)	1 3 . 8 1	1 3 . 7 3
間隔 A (テレ位置)	1 3 . 8 1	1 3 . 7 6

【 0 1 0 8 】

本例では、温度が 2 0 上昇した時に劣化した非点収差を補正する補正レンズ群 L G 1 1 の移動量 (基準位置と補正位置との間の距離) を M 2 0 としたときに、ワイド位置において、 $M 2 0 = - 0 . 0 8 0 \text{ mm}$ であり、テレ位置において、 $M 2 0 = - 0 . 0 5 0 \text{ mm}$ である。M 2 0 は、投写光学系 3 C において実際に補正レンズ群 L G 1 1 を移動させた実験、或いは、シミュレーションにより求められる。なお、基準位置から補正位置に移動する際に補正レンズ群 L G 1 1 がスクリーン S の側に移動する場合には M 2 0 はプラスの値となる。基準位置から補正位置に移動する際に補正レンズ群 L G 1 1 がスクリーン S とは反対側に移動する場合には M 2 0 はマイナスの値となる。

30

【 0 1 0 9 】

また、本例では、補正レンズ群 L G 1 1 を基準位置と補正位置との間で移動させたときのバックフォーカスの移動量を B F としたときに、ワイド位置およびテレ位置のそれぞれにおいて、B F は以下のとおりである。

40

B F 0 . 0 1 2 8 (ワイド位置) / 0 . 0 2 0 0 (テレ位置)

【 0 1 1 0 】

なお、投写光学系 3 C の温度として、各レンズ L 1 ~ L 1 4 を保持する鏡筒 3 0 の内部の温度を用いることができる。すなわち、温度センサー 3 2 により検出される温度を、投写光学系 3 C の温度とすることができる。

【 0 1 1 1 】

ここで、補正レンズ群 L G 1 1 の焦点距離を f 1 としたときに、 $f 1 = - 4 7 . 0 7 1$ ある。固定レンズ群 L G 1 2 において最もスクリーン S の側に位置する第 3 レンズ L 3 の焦点距離を f 2 としたときに、 $f 2 = - 4 1 . 0 7 1$ である。

50

【0112】

次に、投写光学系3Cは、液晶パネル18が表示する画像の画素ピッチをP、レンズ全系のFナンバーをFNO、温度が20℃変動した時に変動した収差を補正する移動量(M20)だけ補正レンズ群LG11を移動させたときのバックフォーカスの移動量をBFとしたときに、次の条件式(1)を満足する。条件式(1)は、温度が20℃変動した時に劣化した収差を補正する移動量(ワイド位置において、M20 = -0.080mmであり、テレ位置において、M20 = -0.050mmである。)だけ補正レンズ群LG11を移動させたときに、バックフォーカスの移動量BFが、投写光学系3Cの焦点深度よりも小さいことを規定している。

$$|BF_{20}| < P \times FNO \times 2 \cdots (1)$$

10

【0113】

具体的に、本例では、P = 0.010mmである。ワイド位置において、FNO = 1.50ある。テレ位置において、FNO = 1.98である。また、ワイド位置において、BF = 0.0128である。テレ位置において、BF = 0.0200である。従って、投写光学系3Cは、以下のとおり、条件式(1)を満足する。

$$(\text{ワイド位置}) \quad |0.0128| < 0.010 \times 1.50 \times 2 = 0.021$$

$$(\text{テレ位置}) \quad |0.0200| < 0.010 \times 1.98 \times 2 = 0.028$$

【0114】

また、投写光学系3Cは、レンズ全系の焦点距離をf、補正レンズ群LG11の焦点距離をf1としたときに、以下の条件式(2)を満足する。

20

$$1.5 < |f1/f| \cdots (2)$$

【0115】

具体的に、本例では、ワイド位置においてf = 18.51である。テレ位置においてf = 29.39である。また、f1 = -47.071である。よって、投写光学系3Cは、以下のとおり、条件式(2)を満足する。

$$(\text{ワイド位置}) \quad 1.5 < |-47.071/18.51| = 2.5$$

$$(\text{テレ位置}) \quad 1.5 < |-47.071/29.39| = 1.6$$

【0116】

ここで、本例では、最もスクリーンSに近い位置にある補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させて光学特性の劣化を補正する。従って、非点収差の劣化を補正しやすい。また、本例は、補正レンズ群LG11の焦点距離f1とレンズ全系の焦点距離fとの関係が条件式(2)を満たすので、補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させることにより、温度変化に起因して劣化した非点収差を補正しやすい。

30

【0117】

さらに、投写光学系3Cは条件式(1)を満たすので、温度が20℃変動した時に変動した収差を補正する移動量M20だけ補正レンズ群LG11を移動させたときのバックフォーカスの移動量BF20が、投写光学系3Cの焦点深度以下である。換言すれば、投写光学系3Cは条件式(1)を満たすので、補正レンズ群LG11を基準位置から補正位置に移動させたときのバックフォーカスの移動量BF20は、投写画像の画質に影響がでることを回避できるほどに僅かなものとなる。換言すれば、補正レンズ群LG11を基準位置から補正位置に移動させたときのピントずれを回避できる。ここで、温度変化に起因して発生する投写光学系3Cのバックフォーカスの変動は設計によって抑制できる。従って、補正レンズ群LG11を移動させたときのバックフォーカスの移動量BF20が投写光学系3Cの焦点深度より小さければ、補正レンズ群LG11を移動させたときに、バックフォーカスの位置を補正するための第2の補正レンズ群を備える必要がない。よって、温度変化に起因する非点収差の劣化を補正するために光軸L方向に移動させるレンズ群の数を少なくすることができる。

40

【0118】

次に、本例は、固定レンズ群LG12の最もスクリーンSの側に位置する第3レンズL3は、負レンズであり、第3レンズL3の焦点距離をf2としたときに、次の条件式(3)

50

を満足する。

$$0.1 < |f_2 / f_1| < 0.9 \quad \dots (3)$$

【0119】

具体的に、本例では、 $f_1 = -47.071$ であり、 $f_2 = -41.071$ である。よって、投写光学系3Cは、以下のとおり、本例は条件式(3)を満足する。

$$0.1 < |-41.071 / -47.071| = 0.88 < 0.9$$

【0120】

ここで、条件式(3)の上限および下限を超える場合には、補正レンズ群LG11を移動させて温度変化に起因して発生した非点収差を補正したときに、歪曲収差が大きくなる場合がある。これに対して、負レンズである第3レンズL3の焦点距離 f_2 と、補正レンズ群LG11の焦点距離 f_1 との関係が条件式(3)を満たせば、歪曲収差が大きくなることを抑制できる。また、条件式(3)を満たせば、像面湾曲の増大を抑制できる。

【0121】

さらに、本例は、補正レンズ群LG11のうち最も固定レンズ群LG12に近い第2レンズL2(補正レンズ群最終レンズ)の屈折率を nd_1 、第2レンズL2のアッベ数を d_1 としたときに、次の条件式(4)、(5)を満足する。

$$1.45 < nd_1 < 1.60 \quad \dots (4)$$

$$50 < d_1 < 85 \quad \dots (5)$$

【0122】

すなわち、本例では、図14に示すように、 $nd_1 = 1.49700$ であり、 $d_1 = 81.5$ である。従って、本例は条件式(4)および条件式(5)を満足する。ここで、条件式(4)を満たせば、補正レンズ群LG11が光軸L方向に移動したときに像面湾曲が増大することを抑制できる。また、条件式(5)を満たせば、補正レンズ群LG11が光軸L方向に移動したときに、倍率色収差が増大することを抑制できる。

【0123】

また、投写光学系3Cは、レンズ全系を保持する鏡筒30と、鏡筒30の内部の温度を検出する温度センサー32と、補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させる移動機構33と、温度センサー32からの出力に基づいて移動機構33を駆動する補正制御部34を備える。従って、温度センサー32からの出力に基づいて補正制御部34が移動機構33を駆動することにより、温度変化に起因する非点収差の劣化を自動で補正できる。

【0124】

ここで、本例では、予め、鏡筒30の内部の温度変化(基準温度からの上昇温度)と、温度変化に起因して発生する非点収差を補正できる補正レンズ群LG11の光軸L上の位置(補正位置)との関係を、実験、或いは、シミュレーションにより求めている。また、投写光学系3Cの補正制御部34は、基準温度からの上昇温度と補正位置との関係を、テーブル等の形態で記憶保持している。従って、補正制御部34は、基準温度からの上昇温度に基づいて記憶部を参照して移動機構33を駆動して、補正レンズ群LG11を補正位置に配置する。

【0125】

また、本例では、投写光学系3Cにおいて、温度変化に起因する非点収差の劣化を容易に補正できるので、プロジェクター1の投写する光の光束が20klm以上であり、画像投写時に投写光学系3Cを構成する各レンズL1~L14の温度が上昇しやすく、非点収差が劣化しやすい場合でも、投写画像の画質を維持できる。

【0126】

なお、補正レンズ群LG11は、手動によって、基準位置から補正位置に移動させてもよい。

【0127】

また、上記の例では、温度変化に起因して非点収差が劣化した場合に補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させているが、投写倍率を変化させるのに伴って非点収差が劣化した場合などに、補正レンズ群LG11を光軸L方向に移動させて、非点収差を補正してす

10

20

30

40

50

ることできる。

【符号の説明】

【0128】

1 ... プロジェクター（投写型画像表示装置）、2 ... 画像光生成光学系、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 ... ダイクロイックミラー、16 ... 反射ミラー、17R・17G・17B ... フィールドレンズ、18・18R・18G・18B ... 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 ... 鏡筒、31 ... 収差補正機構、32 ... 温度センサー、33 ... 移動機構、34 ... 補正制御部、L ... 光軸、L1～L16 ... レンズ、LG1～LG7 ... レンズ群、LG11 ... 補正レンズ群、LG12 ... 固定レンズ群、S ... スクリーン。

10

20

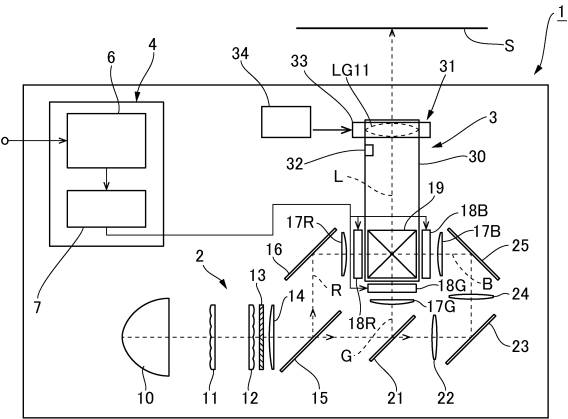
30

40

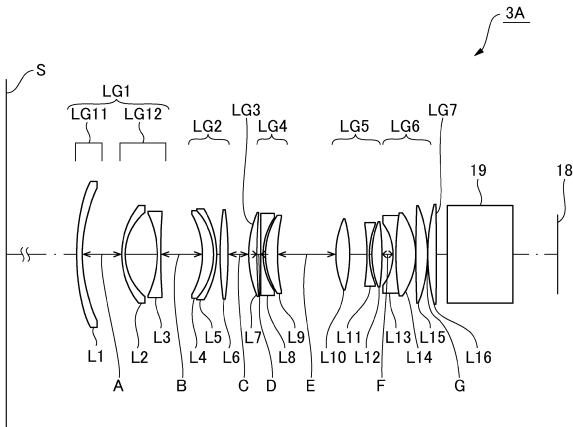
50

【図面】

【図 1】

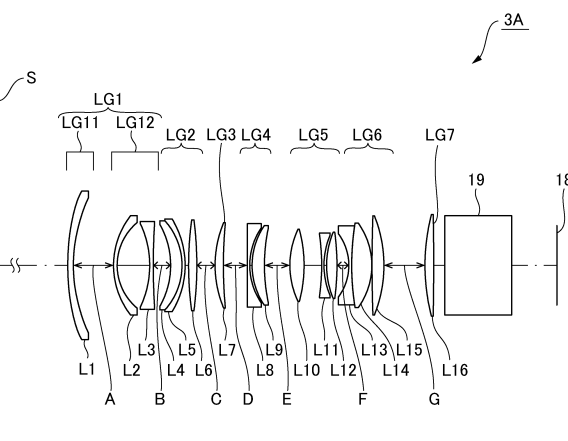


【図 2】



10

【図 3】



【図 4】

面番号	レンズ番号	レンズ群	曲率半径	厚み・間隔	nd	νd
Screen			INFINITY	OBJ		
1(非球面)	L1	1群	216.922	5.040	1.509415	55.9
2(非球面)		補正レンズ群	128.975	A		
3	L2		71.223	3.240	1.497	81.5
4			49.262	29.173		
5	L3	1群	-85.822	3.200	1.497	81.5
6		固定レンズ群	604.320	B		
7			-73.392	10.180	1.83481	42.7
8	L4/L5	2群	-58.837	2.800	1.80518	25.4
9			-78.238	3.110		
10	L6		294.236	7.4	1.84666	23.8
11			-314.793	C		
12	L7	3群	97.512	7.430	1.83481	42.7
13			400.920	D		
14	L8	4群	6648.660	2.2	1.60342	38.0
15			58.823	2.131		
16	L9		62.862	11.021	1.497	81.5
17			158.200	E		
18	L10	5群	74.040	12.740	1.43875	94.9
19			-121.240	15.750		
20	L11		-192.863	2.100	1.84666	23.8
21			68.466	2.35		
22	L12		76.491	9.270	1.43875	94.9
23			-219.074	F		
24	L13/L14	6群	-46.885	2.600	1.80518	25.4
25		接合レンズ	236.696	18.040	1.497	81.5
26			-63.672	0.200		
27	L15		1307.285	10.670	1.92286	20.9
28			-117.477	G		
29	L16	7群	178.910	7.76	1.80809	22.8
30			-2574.640	10.000		
31			INFINITY	60.000	1.5168	64.2
Panel			INFINITY			

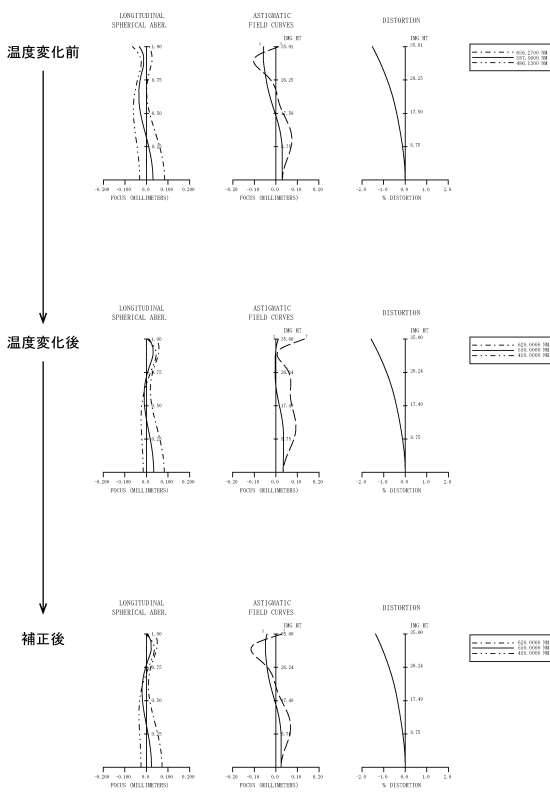
20

30

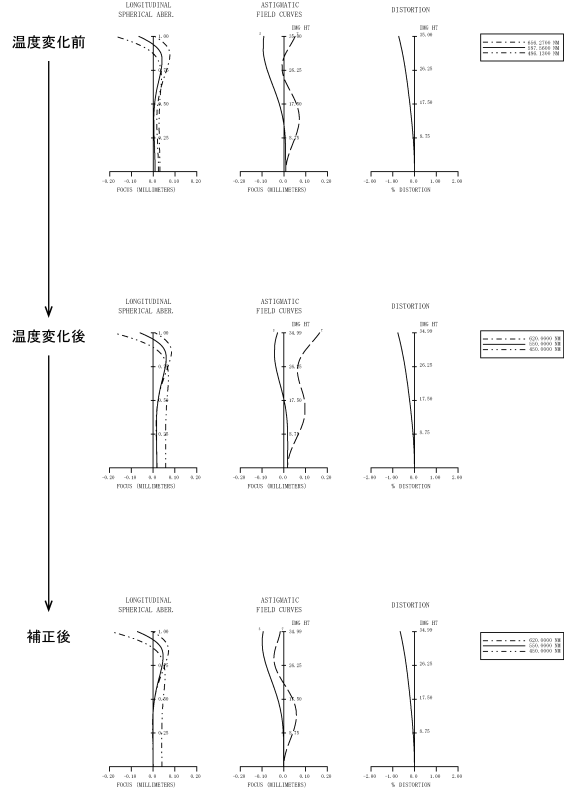
40

50

【図 5】



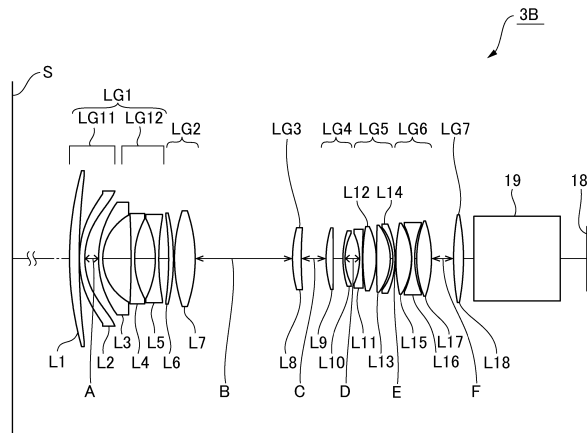
【図 6】



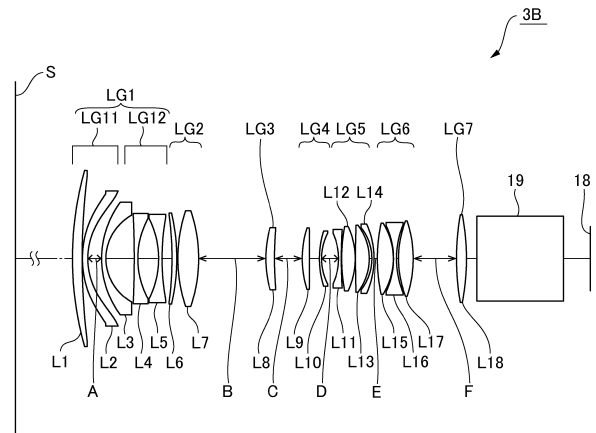
10

20

【図 7】



【図 8】



30

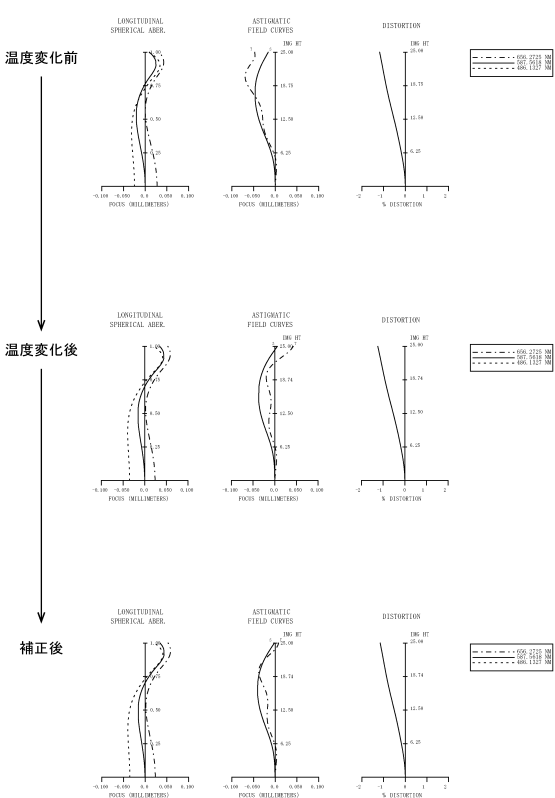
40

50

【図 9】

面番号	レンズ番号	レンズ群	曲率半径	厚み・間隔	nd	ν_d
Screen			INFINITY	OBJ		
1	L1	1群	268.300	7.260	1.51633	64.1
2			562.270	0.240		
3(非球面)	L2	補正レンズ群	84.350	4.000	1.53116	56.0
4(非球面)			57.275	A		
5	L3	1群	77.418	3.200	1.84666	23.8
6	L4		40.105	21.224		
7			-806.100	2.800	1.61800	63.4
8			68.960	15.599		
9	L5		-73.619	2.560	1.43700	95.1
10	L6	2群	194.360	7.47		
11			-268.600	3.568	1.84666	23.8
12	L7	2群	-164.307	0.800		
13			125.394	15.555	1.60342	38.0
14	L8	3群	-123.068	B		
15			96.256	6.565	1.69895	30.1
16	L9	4群	298.836	C		
17			84.381	5.410	1.48749	70.2
18	L10	4群	-1574.660	7.402		
19			75.024	1.600	1.49700	81.5
20	L11	5群	45.762	D		
21			-48.752	2.080	1.90366	31.3
22	L12	5群	392.069	0.363		
23			152.091	10.060	1.80610	33.3
24	L13	5群	-63.784	0.240		
25			885.769	10.280	1.49700	81.5
26	L14	5群	-45.339	1.978		
27			-41.165	1.600	1.80610	33.3
28	L15	6群	-70.389	E		
29			140.915	11.915	1.43700	95.1
30	L16	6群	-55.187	0.160		
31			-64.148	2.240	1.80610	33.3
32	L17	6群	75.606	1.493		
33			83.830	11.163	1.43700	95.1
34	L18	7群	-98.687	F		
35			212.541	7.430	1.80809	22.8
36			-195.853	8.000		
37			INFINITY	65.000	1.5168	64.2
Panel			INFINITY	20.13		

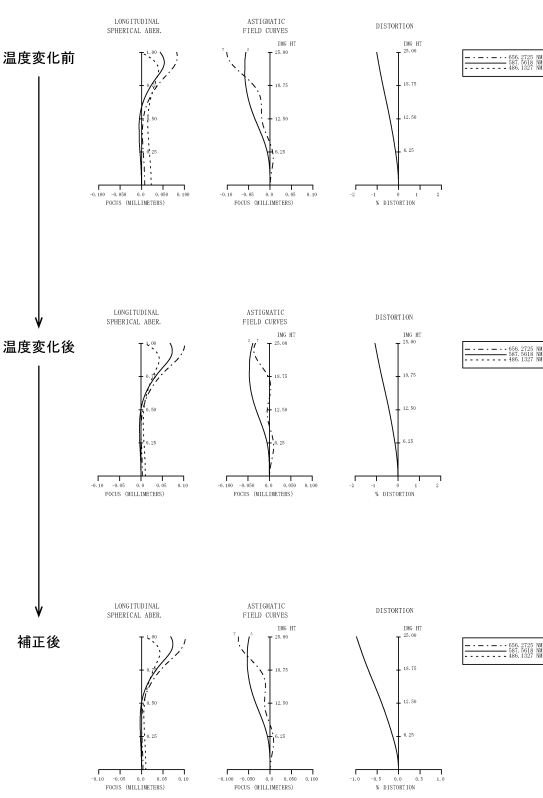
【図 10】



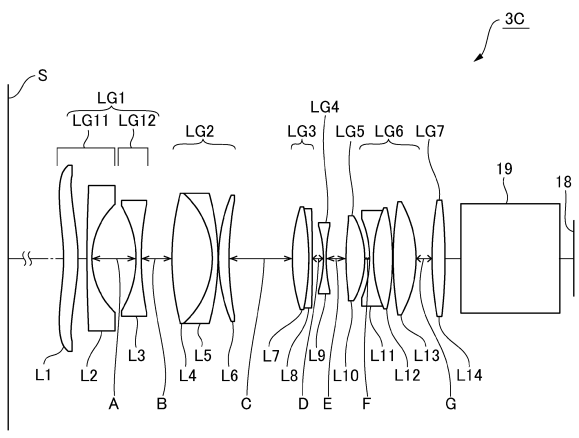
10

20

【図 11】



【図 12】

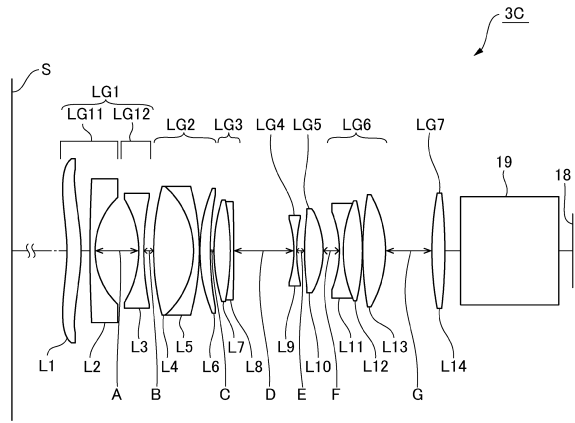


30

40

50

【図 13】

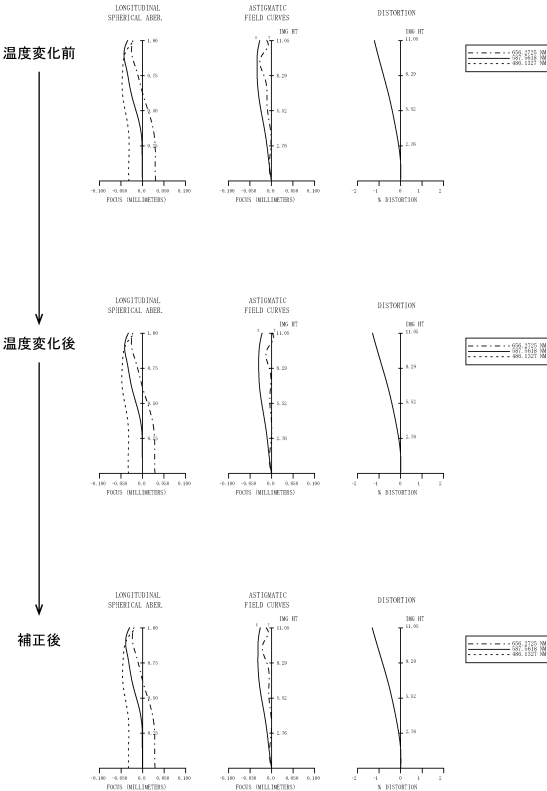


【図 14】

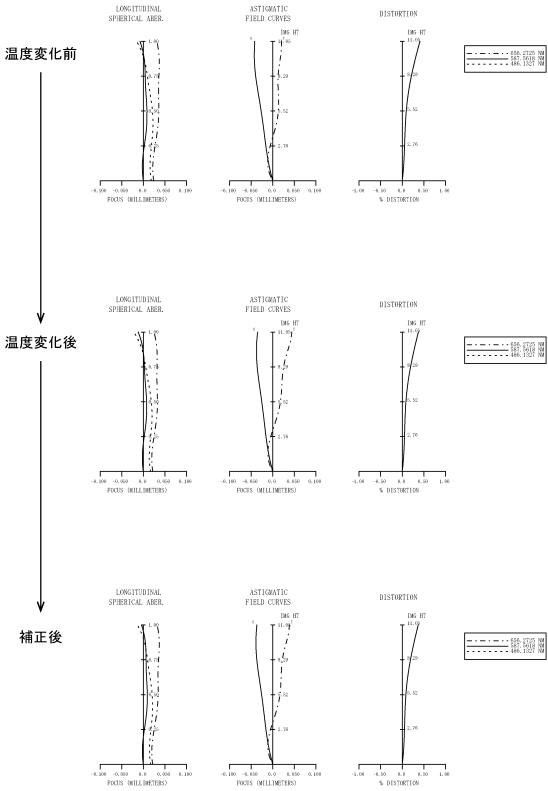
面番号	レンズ番号	レンズ群	曲率半径	厚み・間隔	nd	ν_d
Screen			INFINITY	OBJ		
1(非球面)	L1	1群	-52.187	4.500	1.50942	55.9
2(非球面)			-47.248	2.800		
3	L2	補正レンズ群	434.180	1.600	1.49700	81.5
4			21.399	A		
5	L3	1群	-28.680	1.600	1.49700	81.5
6			76.456	B		
7	L4/L5	固定レンズ群	71.750	12.600	1.83481	42.7
8			-25.130	1.800	1.85025	30.1
9	L6	2群	-68.315	0.200		
10			46.170	3.28	1.92286	20.9
11	L7/L8	接合レンズ	89.745	C		
12			47.971	5.120	1.62299	58.2
13	L9	3群	-74.396	1.100	1.72825	28.5
14			-529.789	D		
15	L10	4群	-31.341	0.900	1.78472	25.68
16			41.492	E		
17(非球面)	L11/L12	5群	68.259	5.88	1.58913	61.2
18(非球面)			-24.277	F		
19	L13	6群	-29.323	1.200	1.80610	33.3
20			35.511	6.020	1.49700	81.5
21	L14	7群	-62.343	0.183		
22			96.834	7.180	1.59522	67.7
23	L15	8群	-32.531	G		
24			91.400	4.080	1.92286	20.9
25	L16	9群	-149.989	5.000		
26			INFINITY	31.000	1.51633	64.14
Panel			INFINITY	4.38		

10

【図 15】



【図 16】



20

30

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 2 0 1 7 - 1 2 6 0 3 6 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 0 4 9 4 2 2 (J P , A)
特開平 0 6 - 2 7 3 6 7 0 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 0 4 9 3 4 0 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 8 0 8 2 3 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 1 5 8 2 9 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 3 4 7 7 4 0 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8
G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4
G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4