

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5053694号
(P5053694)

(45) 発行日 平成24年10月17日(2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年8月3日(2012.8.3)

(51) Int. Cl. F I
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18
G O 3 B 21/00 (2006.01) G O 3 B 21/00 E

請求項の数 9 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2007-116384 (P2007-116384)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成19年4月26日(2007.4.26)	(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
(65) 公開番号	特開2008-275713 (P2008-275713A)	(74) 代理人	100104628 弁理士 水本 敦也
(43) 公開日	平成20年11月13日(2008.11.13)	(72) 発明者	猪子 和宏 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
審査請求日	平成22年4月22日(2010.4.22)	審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投射用ズームレンズ、光学ユニット及び画像投射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

原画を拡大投射する投射用ズームレンズであって、拡大側から順に、負の第1レンズユニットと、正の第2レンズユニットと、正の第3レンズユニットと、正の第4レンズユニットと、負の第5レンズユニットと、正の第6レンズユニットと、正の第7レンズユニットとで構成され、前記第2レンズユニット、前記第3レンズユニット、前記第4レンズユニット、前記第5レンズユニット、そして前記第6レンズユニットは、ズーミングのために移動する可動レンズユニットであり、前記第6レンズユニットは、拡大側から順に、負の接合レンズコンポーネントと、正のレンズエレメントで構成され、かつ前記接合レンズコンポーネントは最も縮小側の面が非球面であり、

以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$-1.5 \leq f_{asp}/f_{Bk-1} \leq -0.38$$

$$0.2 \leq |f/bf| \leq 1.0$$

ただし、 f_{Bk-1} は前記第6レンズユニットの焦点距離、 f_{asp} は前記接合レンズコンポー

ネットの焦点距離、 f は前記ズームレンズの全系の広角端における焦点距離、 bf は前記ズームレンズの最も縮小側のレンズ面から縮小側共役面までの空気換算バックフォーカスである。

【請求項 2】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームレンズ。

$DLasp < 35$ [mm]

ただし、 $DLasp$ は前記接合レンズコンポーネントにおける最も拡大側のレンズ面の外径である。

【請求項 3】

前記接合レンズコンポーネントは、拡大側から順に配置された負のレンズエレメントと正のレンズエレメントとが接合されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

10

【請求項 4】

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

$300 < Tg < 600$

ただし、 Tg は前記接合レンズコンポーネントのうち前記非球面を有するレンズエレメントのガラス材料のガラス転移温度である。

【請求項 5】

絞りを有し、

20

該絞りに最も近いレンズエレメントと前記接合レンズコンポーネントとの間に少なくとも 1 つのレンズエレメントが配置されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載のズームレンズ。

【請求項 6】

前記第 1 レンズユニットのうち拡大側から 2 番目のレンズエレメントは、拡大側に凸面を向けた負の両面非球面メニスカスレンズエレメントであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 つに記載のズームレンズ。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 つに記載のズームレンズと、

照明光学系からの光を色分解して、それぞれ原画を形成する複数の画像形成素子に導き、該複数の画像形成素子からの複数の色光を合成して前記ズームレンズに導く色分解合成光学系とを有することを特徴とする光学ユニット。

30

【請求項 8】

請求項 7 に記載の光学ユニットを有する画像投射装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の画像投射装置と、

該画像投射装置に画像情報を供給する画像供給装置とを有することを特徴とする画像表示システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、プロジェクタ等の画像投射装置に関し、特に画像投射装置に投射レンズとして用いられるズームレンズに関する。

【背景技術】

【0002】

プロジェクタは会議およびプレゼンテーションや過程での映画鑑賞などに広く利用されてきており、以下に掲げる要求がある。

【0003】

1. R, G, B の 3 色の画像形成素子を使用する 3 板方式のプロジェクタでは、照明光学系からの光を色分解して該 3 つの画像形成素子に導いたり、それら画像形成素子からの

50

色光を合成したりする色合成プリズムや偏光素子等の色分解合成光学系を用いる。このため、色分解合成光学系を配置するスペースを画像形成素子と投射レンズとの間に設ける必要がある。このため、投射レンズのバックフォーカスはある程度長いことが必要である。

【0004】

2. 色分解合成光学系に使用される光学膜(偏光分離膜等)には、入射角度依存症がある。この入射角度依存症の影響を小さくし、また画像形成素子を照明する照明系との良好な瞳整合性を確保するため、投射レンズは、画像形成素子側の瞳が無限遠方にあるテレセントリック光学系であることが必要となる。

【0005】

3. 3色の画像を合成して被投射面に投射した場合に、3色の対応画素同士を被投射面上の全範囲にて良好に重ね合わせることが必要である。このため、投射レンズにて発生する色ずれ(倍率色収差)を可視光全域にて良好に補正することが求められる。

【0006】

4. 原画に対して、投射画像の輪郭部に歪みが生じないように、投射レンズは、歪曲収差が良好に補正されていることが必要である。

【0007】

これらの要件を満たしつつ、レンズ構成枚数を抑えるとともに高い基本性能を得るため、構成レンズの一部に非球面を用いることが有効である。特に、絞りよりも縮小共役側(画像形成素子側、以下単に縮小側という)に用いると、軸外及び軸上の収差補正やテレセントリック性の確保等に効果が高い。縮小側に非球面を用いた液晶プロジェクタ用の投射レンズとしては、特許文献1~5にて開示されている。

【0008】

【特許文献1】特開2003-195169号公報

【特許文献2】特開2006-30469号公報

【特許文献3】特開2004-85979号公報

【特許文献4】特開2004-109896号公報

【特許文献5】特開2005-156963号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

非球面を実現する方法としては、プラスチック材料を射出成形するプラスチックレンズや球面研磨されたガラスレンズの表面に、薄い樹脂材料を接合する所謂レプリカ法がある。また、プレス成形で溶融されたガラスの表面に、直接非球面を転写するガラスモールド法もある。ただし、いずれの方法でも、一般的な球面研磨レンズと比べると製造コストが高く、多用することはできない。したがって、非球面を使用する位置を適正に決めて、コストを抑えつつ最大限の非球面効果を得る必要がある。

【0010】

特許文献1では、マージナル光線が最も高くなる位置にレプリカレンズによる非球面を用いており、主に像面湾曲およびコマ収差補正とテレセン性の確保に特化した使い方を採用している。しかし、このような使い方では、非球面レンズの外径が非常に大きくなり、コスト的に不利になる。しかも、非球面効果を軸上収差の補正に用いていないので、効果的な非球面の用い方とは言えない。

【0011】

さらに、最近のプロジェクタは高輝度化が著しく、外気から遠く光密度の高い縮小側にプラスチックや樹脂材料を用いることが困難になってきている。この点から、最近では、非球面ガラスモールドレンズに注目が集まっている。しかし、ガラスモールドレンズは、コスト上、径に制約があるため、プラスチックレンズやレプリカレンズに比べて使う位置が限定されてしまう。この点に着目し、特許文献2では、最もレンズ径が小さい位置に非球面ガラスモールドレンズを使うことで、低コスト化を図っている。ただし、軸上収差の

10

20

30

40

50

補正に特化した使い方であるため、非球面の効果を十分に生かしているとは言えない。

【0012】

また、収差補正のバランス上は、絞りからある程度離れた位置で軸外及び軸上の収差を補正することが好ましい。特許文献3～5では、絞りよりも若干、画像形成素子側で非球面を用いており、軸上及び軸外の両方の収差補正に該非球面を活用している。しかしながら、いずれの特許文献でも、絞り直後のレンズユニットに非球面を用い、ズーム時の絞りからの距離変化に伴う収差変動のバラシングまでも兼ねている。この結果、それぞれの補正が中途半端となっている。このため、高ズーム比を実現することが困難である上、非球面レンズの屈折力が高くなり、取り付け精度や面精度、さらには軸ずれなどの性能に対する敏感度が非常に高い。

10

【0013】

以上のような理由から、特許文献1～5にて開示された技術では、現在及び今後において投射レンズに求められる高いズーム比、高スペック及び高輝度対応という条件を満たすことが難しい。

【0014】

本発明は、少ないレンズエレメント数で諸収差を良好に補正できる投射用ズームレンズ、及びこれを備えた光学ユニット、画像投射装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の一側面としての投射用ズームレンズは、拡大側から順に、負の第1レンズユニットと、正の第2レンズユニットと、正の第3レンズユニットと、正の第4レンズユニットと、負の第5レンズユニットと、正の第6レンズユニットと、正の第7レンズユニットとで構成され、前記第2レンズユニット、前記第3レンズユニット、前記第4レンズユニット、前記第5レンズユニット、そして前記第6レンズユニットは、ズームのために移動する可動レンズユニットであり、前記第6レンズユニットは、拡大側から順に、負の接合レンズコンポーネントと、正のレンズエレメントで構成され、かつ前記接合レンズコンポーネントは最も縮小側の面が非球面であり、以下の条件を満足することを特徴とする。

20

【0016】

$$\begin{aligned} -1.5 & \text{ fasp}/\text{fBk-1} & -0.38 \\ 0.2 & |\text{f}/\text{bf}| & 1.0 \end{aligned}$$

30

ただし、fBk-1は前記第6レンズユニットの焦点距離、faspは前記接合レンズコンポーネントの焦点距離、fは前記ズームレンズの全系の広角端における焦点距離、bfは前記ズームレンズの最も縮小側のレンズ面から縮小側共役面までの空気換算バックフォーカスである。

【0017】

なお、上記ズームレンズと、照明光学系からの光を色分解して、それぞれ原画を形成する複数の画像形成素子に導き、該複数の画像形成素子からの互いに異なる色の光を合成してズームレンズに導く光学系とを有する光学ユニットも本発明の他の側面を構成する。

【0018】

また、上記投射光学ユニットを有する画像投射装置や、該画像投射装置とこの画像投射装置に画像情報を供給する画像供給装置とを有する画像表示システムも本発明の他の側面を構成する。

40

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、非球面を適正な位置に用いることで、少ないレンズエレメント数又はレンズユニット数で諸収差を良好に補正できる投射用ズームレンズを実現することができる。したがって、このズームレンズを用いることで、高品位な画像を投射する光学ユニット、画像投射装置及び画像表示システムを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【 0 0 2 0 】

以下、本発明の好ましい実施例について説明する。

【 0 0 2 1 】

まず、本発明の全実施例に共通する事項について説明する。

【 0 0 2 2 】

実施例のズームレンズは、液晶プロジェクタ等の画像投射装置に設けられる投射レンズとして使用される投射用ズームレンズである。プロジェクタには、光源と、照明光学系、色分解合成光学系及び投射レンズを含む光学ユニットとが設けられる。色分解合成光学系は、光源から発せられて照明光学系を射出した光を色分解して、原画を形成する複数（例えば、RGB用の3つ）の画像形成素子に導く。また、色分解合成光学系は、該複数の画像形成素子からの複数の色光を合成して投射レンズに導く。

10

【 0 0 2 3 】

投射レンズは、縮小共役側（以下、単に縮小側という）において画像形成素子上に形成された原画を、拡大共役側（以下、単に拡大側という）に配置されたスクリーンや壁面等の被投射面に拡大投射する。そして、投射レンズとしてのズームレンズは、投射画像のサイズを変更するためにズーミングを行う。

【 0 0 2 4 】

該ズームレンズは、最も拡大側に配置された負のB1レンズユニットと、最も縮小側に配置された正のBkレンズユニットと、これらB1レンズユニット及びBkレンズユニットの間に配置され、ズーミングのために移動する複数の可動レンズユニットとを有する。

20

【 0 0 2 5 】

該複数の可動レンズユニットのうち最も縮小側のBk-1レンズユニットを構成する最も拡大側のLasplensコンポーネント（単レンズエレメント又は接合レンズコンポーネント）は負のレンズコンポーネントである。また、該Lasplensコンポーネントは、最も縮小側に非球面のレンズ面を有する。

【 0 0 2 6 】

さらに以下の条件を満足する。

【 0 0 2 7 】

$$\begin{aligned} -1.5 & \leq f_{asp}/f_{Bk-1} \leq -0.38 & \dots (1) \\ 0.2 & \leq |f/bf| \leq 1.0 & \dots (2) \end{aligned}$$

30

ここで、 f_{Bk-1} はBk-1レンズユニットの焦点距離、 f_{asp} はLasplensコンポーネントの焦点距離である。そして、 f は該ズームレンズ全系の広角端（ワイド端）における焦点距離、 bf は該ズームレンズの最も縮小側のレンズ面から像面までの空気換算バックフォーカスである。

【 0 0 2 8 】

条件（1）は、軸上収差と軸外収差を適正に補正するために必要な可動レンズユニットであるBk-1レンズユニットにおいて最も拡大側に配置されたLasplensコンポーネントの屈折力バランスを示す。この条件の範囲を逸脱すると、軸上収差及び軸外収差のうち一方に偏った収差補正が行われることになる。また、非球面レンズ面の諸敏感度が高くなり、Lasplensコンポーネントの生産性の低下を招く。

40

【 0 0 2 9 】

条件（2）は、プロジェクタとして必要なバックフォーカスの条件を示す。該条件の上限を超えると、原画（画像形成素子）と投射レンズとの間に、色合成光学素子（色合成プリズム等）を配置することができず、色合成ができなくなる。

【 0 0 3 0 】

これらの条件（1）、（2）を満足することで、非球面を適正な位置に用いることができ、少ないレンズエレメント数又はレンズユニット数で諸収差を良好に補正できる

なお、条件（1）、（2）に加えて、以下の条件（3）を満足するとなおよい。

【 0 0 3 1 】

$$DL_{asp} \leq 35 \quad \dots (3)$$

50

ここで、DLasp はLaspレンズコンポーネントにおける最も拡大側のレンズ面の外径である。

【0032】

条件(3)は、Laspレンズコンポーネントに含まれる非球面レンズエレメントの製造上、好適な外径の範囲を示している。この条件の上限を超えると、1回の成形で製造できる非球面レンズエレメントの個数が減り、コストの上昇につながる可能性が出てくる。

【0033】

ただし、この条件(3)は、満足することが好ましい条件に過ぎず、必ずしも満足すべきものではない。このことは、後述する他の条件についても同様である。

【0034】

Bk-1レンズユニットのうち最も拡大側に配置されたLaspレンズコンポーネントを、拡大側から順に配置された負レンズエレメントと正レンズエレメントとを接合した接合レンズコンポーネントにより構成するとよい。これにより、色収差をより良好に補正できるようになる。

【0035】

また、Laspレンズコンポーネントを、縮小側に凸面を向けた単レンズエレメントとしての負のメニスカスレンズエレメントにより構成してもよい。この場合、色収差の補正効果のある程度確保しつつ、レンズエレメント数の削減によるコストダウンや両面非球面化による性能向上を図ることができる。

【0036】

また、Laspレンズコンポーネントのうち上記非球面を有するレンズエレメントのガラス材料のガラス転移温度(T_g)は、

$$300 \quad T_g \quad 600 \quad \dots (4)$$

を満たしているとさらによりよい。この条件(4)の上限を上回ると、プレス成形による安価な非球面加工が難しくなってくる。また、下限を下回ると、プラスチック材料等の耐光性の低い材料しか選定できなくなり可能性が生じ、高スペックで高輝度のズームレンズへの採用が難しくなってくる。

【0037】

さらに、ズームレンズが絞りを有する場合には、該絞りに最も近いレンズエレメントとLaspレンズコンポーネントとの間に少なくとも1つのレンズエレメントを配置するとよい。この条件を満たすことで、非球面効果を軸上収差の補正にとどまらずに、軸外収差の補正にも十分に用いることが可能となる。

【0038】

なお、本発明の実施例又は参考例としてのズームレンズの好ましいレンズユニット構成としては、以下のような例がある。

【0039】

第1の例は、拡大側から順に、負正正負正正の光学的パワー(焦点距離の逆数:屈折力と言い換えてもよい)を有した6つのレンズユニットにより構成されたズームレンズである。このような構成により、絞りからの距離変化による収差変動の補正を担当するレンズユニットを設けることができ、非球面を収差補正用に特化して高スペック高ズーム比を実現することができる。しかも、非球面に必要な光学的パワー(屈折力)を低減して、製造誤差や取り付け誤差に対する敏感度を下げて生産性を向上させることができる。

【0040】

第2の例は、拡大側から順に、負正正正負正正の光学的パワーを有した7つのレンズユニットで構成されたズームレンズである。この構成により、ズーミングによる諸収差の変動をより低減することができる。

【0041】

以下、本発明の実施例又は参考例についてより詳細に説明する。

[参考例1]

【実施例1】

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

図 1 には、本発明の参考例 1 であるズームレンズの広角端（ワイド端）での断面を示す。本参考例のズームレンズは、14 枚のレンズエレメントにより構成され、拡大側から順に負正正負正正の 6 つのレンズユニットを有する。14 枚のレンズエレメント中、拡大側から 2 番目及び 12 番目のレンズエレメント 12, 52 が、両面が非球面である非球面レンズエレメントである。

【 0 0 4 3 】

表 1 には、本参考例の数値例を示す。表 1 中、 f はズームレンズ全系の広角端における焦点距離、 ω は半画角、 F は F ナンバーである。面番号は、拡大側から順に各レンズ面に付した番号である。 r はレンズ面の曲率半径、 d はレンズ面間の間隔（面間隔：次のレンズ面との物理的間隔）である。表中に括弧書きで記載されている面間隔は、ズーミングに伴って表 1 (B) に示すように変化する。 n_d , ν_d はそれぞれ該レンズ面を備えたレンズエレメントを構成するガラス材料の d 線の屈折率及びアッペ数である。

10

【 0 0 4 4 】

面番号の右側に*が付されている面は、以下の関数 (5) に従う非球面形状を有し、表 1 (C) に非球面係数を示す。 y は該レンズ面の径方向の座標、 x は光軸方向の座標を示す。

【 0 0 4 5 】

$$x = (y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(y^2 / R^2)\}^{1/2}] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} \dots \quad (5)$$

20

以上の諸元の表し方は、他の実施例又は参考例の数値例でも同じである。

【 0 0 4 6 】

本参考例（数値例）では、ズーミングのために、第 2, 第 3, 第 4 及び第 5 レンズユニット 20 ~ 50 が光軸方向に移動し、第 1 及び第 6 レンズユニット 10, 60 は不動（固定）である。図 1 には、広角端から望遠端にズーミングする際の第 2, 第 3, 第 4 及び第 5 レンズユニット 20 ~ 50 の移動を矢印で示している。

【 0 0 4 7 】

第 1 レンズユニット（B1 レンズユニット）10 は、全体として負の屈折力を有し、拡大側から順に、負負負正の 4 枚のレンズエレメントで構成されている。第 1 レンズユニット 10 のうち拡大側から 2 番目の第 2 レンズエレメント 12 は、拡大側に凸面を向けた負の両面非球面メニスカスレンズエレメントであり、プラスチックレンズエレメントである。

30

【 0 0 4 8 】

高輝度プロジェクタにおいては、拡大側のレンズは外気に近いために温度が低く、拡大側におけるプラスチックレンズの使用は問題がない。もちろん、ここにガラスモールドレンズやレプリカレンズを用いることも可能である。第 1 レンズユニット 10 の最も拡大側に正レンズを配置（追加）して歪曲補正を行ってもよい（第 1 レンズユニット全体としては負）。

【 0 0 4 9 】

第 2 レンズユニット 20 ~ 第 5 レンズユニット 50 は、ズーミングにおいて光軸方向に移動する複数の可動レンズユニットであり、第 2 レンズユニット 20 が主たる変倍レンズユニットである。

40

【 0 0 5 0 】

第 2 レンズユニット 20 は、全体として正の屈折力を有し、拡大側から順に、正正負の 3 枚のレンズエレメント 21 ~ 23 により構成されている。拡大側から 2 番目及び 3 番目のレンズエレメント 22, 23 は接合レンズコンポーネントを構成している。

【 0 0 5 1 】

第 3 レンズユニット 30 は、正の単レンズエレメントにより構成されている。

【 0 0 5 2 】

第 4 レンズユニット 40 は、全体として負の屈折力を有し、負レンズエレメント 41 と正のレンズエレメント 42 の接合レンズコンポーネントにより構成されている。

50

【 0 0 5 3 】

第5レンズユニット(Bk-1レンズユニット)50については、後述する。

【 0 0 5 4 】

また、第6レンズユニット(Bkレンズユニット)60は、正の単レンズエレメントにより構成されている。

【 0 0 5 5 】

80は、偏光ビームスプリッタや色合成プリズム等の色分解合成光学系を構成する光学素子であり、IPには液晶パネル等の画像形成素子が配置される。これらは後述する他の実施例又は参考例でも同じである。

【 0 0 5 6 】

第5レンズユニット50は、拡大側から順に、以下の接合レンズコンポーネント(Laspレンズコンポーネント51, 52)と正のレンズエレメント53とを有する。接合レンズコンポーネントは、拡大側から順に配置された両凹の負レンズエレメント51と両凸の正レンズエレメント52が接合されて構成されている。該接合レンズコンポーネント(51, 52)は、全体として負の屈折力を有する。

【 0 0 5 7 】

両凸の正レンズエレメント52は、縮小側のレンズ面(Laspレンズコンポーネントのうち最も縮小側のレンズ面)を非球面としたガラスモールドレンズであり、これにより軸外及び軸上の収差の補正を行う。軸外及び軸上の収差をバランスよく補正するために、接合レンズコンポーネントの合成焦点距離 f_{asp} と第5レンズユニット50全体の焦点距離 f_{Bk-1} との比は、条件(1)を満たす。さらに、Laspレンズコンポーネントの最も拡大側のレンズ面(負レンズエレメント51の拡大側レンズ面)の外径が条件(3)式を満たすことで、より低コストで非球面レンズエレメントを製作できる。

【 0 0 5 8 】

また、負レンズエレメント51を構成するガラス材のガラス転移温度 T_g は、条件(4)を満たしている。

【 0 0 5 9 】

条件(2)は、プロジェクタ用投射レンズとして満たすべき、該ズームレンズのバックフォーカスの空気換算値とズームレンズ全系の広角端における焦点距離との間の条件であり、本参考例(数値例)でもこれを満たす。

【 0 0 6 0 】

また、条件(1), (2)に代えて、以下の条件(1), (2)を満たすことで、収差補正上さらに有利になる。

【 0 0 6 1 】

$$\begin{aligned} -1.0 & f_{asp}/f_{Bk-1} & -0.45 & \dots (1) \\ 0.4 & |f/bf| & 0.8 & \dots (2) \end{aligned}$$

【 0 0 6 2 】

$$\begin{aligned} -1.0 & f_{asp}/f_{Bk-1} & -0.45 & \dots (1) \\ 0.4 & |f/bf| & 0.8 & \dots (2) \end{aligned}$$

《表1》

$$f = 23.8 \sim 37.2 \text{ (変倍比} 1.56) \quad = 28.9^\circ \sim 19.4^\circ \quad F/1.60 \sim F/2.28$$

条件(1)の値 = -0.500

条件(2)の値 = 0.765

条件(3)の値 = 26

(A) レンズデータ

面番号 r d nd d

10

20

30

40

50

1	100.829	2.76	1.743	44.7
2	25.840	4.63		
3*	54.362	2.50	1.529	55.7
4*	29.447	11.61		
5	-29.179	2.29	1.487	70.2
6	-73.938	1.00		
7	-449.897	4.20	1.834	37.1
8	-58.081	()		
9	69.623	4.42	1.834	37.1
10	-617.449	0.50		
11	53.736	8.02	1.749	35.2
12	-53.736	1.30	1.755	27.5
13	174.794	()		
14	46.251	2.87	1.487	70.2
15	1905.775	()		
16	-348.089	1.15	1.698	30.1
17	15.031	4.51	1.487	70.2
18	61.920	()		
19	-21.910	1.40	1.755	27.5
20	39.087	6.65	1.583	59.3
21*	-30.749	3.50		
22	152.345	7.52	1.516	64.1
23	-32.807	()		
24	68.146	5.64	1.805	25.4
25	-163.261	2.00		
26		32.00	1.516	64.1
27		8.07		

10

20

(B) 可変面間隔

	W	M	T
d 8	23.61	13.41	0.50
d13	17.91	17.78	15.03
d15	1.19	3.18	8.49
d18	3.74	4.26	3.16
d23	2.08	9.89	21.35

30

(C) 非球面係数

	K	A	B	C	D	E
3	0.000e+000	9.246e-006	-5.124e-008	1.512e-010	-2.572e-013	1.391e-016
4	-2.377e-001	6.238e-007	-6.574e-008	1.913e-010	-3.806e-013	2.501e-016
21	-1.643e-001	1.724e-006	1.346e-008	-1.478e-010	8.704e-013	-2.454e-015

40

図 2 には、本数値例のズームレンズの広角端と望遠端での球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

[参考例 2]

【実施例 2】

【 0 0 6 3 】

図 3 には、本発明の参考例 1 であるズームレンズの広角端での断面を示す。本参考例のズームレンズは、1 1 枚のレンズエレメントにより構成され、拡大側から順に負正正負正正の 6 つのレンズユニットを有する。

50

【 0 0 6 4 】

本参考例でも、ズームングのために、第 2 , 第 3 , 第 4 及び第 5 レンズユニット 2 0 ~ 5 0 が光軸方向に移動し、第 1 及び第 6 レンズユニット 1 0 , 6 0 は不動 (固定) である。

【 0 0 6 5 】

参考例 1 とは、第 5 レンズユニット (Bk-1 レンズユニット) 5 0 のうち最も拡大側の負のレンズコンポーネント (Laspl レンズコンポーネント) 5 1 が、縮小側に凸面を向けた両面非球面メニスカスレンズエレメントにより構成されている点で大きく異なる。これにより、色収差の補正効果のある程度確保しつつ、両面の非球面化による性能向上とレンズエレメント枚の削減による低コスト化を実現できる。第 5 レンズユニット 5 0 は、上記縮小側に凸面を向けたメニスカスレンズエレメント 5 1 の縮小側に、正のレンズエレメント 5 2 を有する。

10

【 0 0 6 6 】

また、第 1 レンズユニット (B1 レンズユニット) 1 0 は、参考例 1 と同様に構成されている。第 2 レンズユニット 2 0 は、全体として正の屈折力を有し、拡大側から順に、正負の 2 枚のレンズエレメント 2 1 , 2 2 により構成されている。

【 0 0 6 7 】

第 3 レンズユニット 3 0 は、正の単レンズエレメントにより構成されている。第 4 レンズユニット 4 0 は、負の単レンズエレメントにより構成されている。さらに、第 6 レンズユニット (Bk レンズユニット) 6 0 は、正の単レンズエレメントにより構成されている。

20

【 0 0 6 8 】

本参考例のズームレンズは、画像形成素子のサイズが小さく有効像円が小さいプロジェクタ用の投射レンズとして好適である。

【 0 0 6 9 】

表 2 には、本参考例の数値例を示す。図 4 には、本数値例のズームレンズの広角端と望遠端での球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

【 0 0 7 0 】

《表 2》

f = 21.8 ~ 34.6 (変倍比 1.59) = 29.2 ° ~ 19.4 ° F/1.60 ~ F/2.30

30

式 (1) の値 = -0.772

式 (2) の値 = 0.793

式 (3) の値 = 24

(A) レンズデータ

面番号	r	d	nd	d
1	209.977	1.70	1.669	39.2
2	25.222	3.56		
3*	40.216	2.60	1.529	55.7
4*	26.717	11.36		
5	-31.328	1.45	1.487	70.2
6	394.959	4.92	1.834	37.1
7	-56.227	()		
8	85.173	4.90	1.696	55.5
9	-132.264	0.50		
10	47.533	3.53	1.712	53.8
11	122.545	()		
12	0.000	14.94		
13	31.618	3.50	1.622	58.1

40

50

14	-264.146	()			
15	-94.370	1.30	1.805	25.4	
16	25.270	()			
17*	-23.946	1.80	1.688	31.0	
18*	-60.489	1.25			
19	186.312	7.68	1.487	70.2	
20	-19.938	()			
21	57.528	5.87	1.717	47.9	
22	-108.931	2.00			
23	0.000	29.50	1.516	64.1	
24	0.000	6.07			

10

(B) 可変面間隔

	W	M	T
d 7	21.91	12.24	1.15
d11	9.93	10.11	9.28
d14	1.32	2.92	5.78
d16	7.78	7.64	3.63
d20	5.18	13.22	26.29

(C) 非球面係数

20

	K	A	B	C	D	E
3	0.000e+000	8.310e-006	-2.371e-008	-1.056e-011	1.497e-013	-2.957e-016
4	3.342e-001	-5.240e-006	-4.217e-008	-1.482e-011	1.458e-013	-4.067e-016
17	0.000e+000	-1.743e-005	-3.912e-008	-6.214e-011	0.000e+000	0.000e+000
18	1.508e+000	3.642e-006	1.448e-009	2.767e-010	-1.374e-012	3.238e-015

【実施例 3】

【0071】

図 5 には、本発明の実施例 3 であるズームレンズの広角端での断面を示す。本実施例のズームレンズは、11 枚のレンズエレメントにより構成され、拡大側から順に、負正正正負正正の 7 つのレンズユニットを有する。

30

【0072】

本実施例では、ズームングのために、第 2、第 3、第 4、第 5 及び第 6 レンズユニット 20 ~ 60 が光軸方向に移動し、第 1 及び第 7 レンズユニット 10、70 は不動（固定）である。

【0073】

第 1 レンズユニット（B1 レンズユニット）10 は、拡大側から順に、負負負の 3 枚のレンズエレメント 11 ~ 13 により構成されている。

【0074】

第 2 レンズユニット 20 は、正の単レンズエレメントにより構成されている。第 3 レンズユニット 30 は、正の単レンズエレメントにより構成されている。第 4 レンズユニット 40 は、拡大側から順に、正のレンズエレメント 41 と負のレンズエレメント 42 の接合レンズコンポーネントと絞り AS により構成されている。

40

【0075】

第 5 レンズユニット 50 は、負のレンズエレメント 51 と正のレンズエレメント 52 が接合された負の接合レンズコンポーネントにより構成されている。

【0076】

第 6 レンズユニット（Bk-1 レンズユニット）60 は、拡大側から順に、負の接合レンズコンポーネント（Lasp レンズコンポーネント 61、62）と正のレンズエレメント 63 とを有する。接合レンズコンポーネントは、拡大側から順に配置された負のレンズエレメン

50

ト 6 1 , 6 2 が接合されて構成され、縮小側のレンズエレメント 6 2 における縮小側のレンズ面 (Lasplens コンポーネントの最も縮小側のレンズ面) は、非球面である。

【 0 0 7 7 】

さらに、第 7 レンズユニット (Bk レンズユニット) 7 0 は、正の単レンズエレメントにより構成されている。

【 0 0 7 8 】

本実施例では、7 つのレンズユニットを用いることで、参考例 1 より高い光学性能を実現している。

【 0 0 7 9 】

また、本実施例のズームレンズでは、絞り A S に最も近いレンズエレメント 5 1 と Lasplens コンポーネント (接合レンズコンポーネント 6 1 , 6 2) との間に 1 つのレンズエレメント 5 2 が配置されている。これにより、非球面効果によって軸上収差及び軸外収差を良好に補正することができる。なお、絞りに最も近いレンズエレメントと Lasplens コンポーネントとの間に配置されるレンズエレメントは、2 つ以上でもよい。

10

【 0 0 8 0 】

本実施例のズームレンズは、画像形成素子のサイズが小さく有効像円が小さいプロジェクタ用の投射レンズとして好適である。

【 0 0 8 1 】

表 3 には、本実施例の数値例を示す。図 6 には、本数値例のズームレンズの広角端と望遠端での球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。

20

【 0 0 8 2 】

《表 3》

f = 23.8 ~ 37.7 (変倍比 1.58) = 28.9 ° ~ 19.2 ° F/1.60 ~ F/2.26

- 式 (1) の値 = -0.802
- 式 (2) の値 = 0.765
- 式 (3) の値 = 26

(A) レンズデータ

30

面番号	r	d	nd	d
1	469.340	2.00	1.612	58.7
2	27.917	3.40		
3*	50.000	2.50	1.529	55.7
4*	30.201	11.21		
5	-38.764	1.65	1.487	70.2
6	-120.473	()		
7	555.277	4.09	1.834	37.1
8	-76.630	()		
9	51.436	4.17	1.834	37.1
10	297.500	()		
11	57.322	5.61	1.712	53.8
12	-68.990	1.30	1.805	25.4
13	-492.970	13.31		
14	0.000	()		
15	-79.813	1.15	1.672	32.0
16	15.994	4.48	1.612	58.7
17	74.748	()		
18	-22.310	1.80	1.698	30.1
19	-44.853	2.15	1.693	53.2

40

50

20*	-45.932	2.37		
21	223.505	9.31	1.496	81.5
22	-23.914	()		
23	57.135	5.17	1.743	44.7
24	-197.672	2.00		
25	0.000	32.00	1.516	64.1
26	0.000	8.05		

(B) 可変面間隔

	W	M	T
d 6	2.48	1.10	1.00
d 8	19.44	10.12	0.50
d10	7.04	5.17	0.70
d14	1.62	5.36	9.92
d17	8.07	5.37	3.60
d22	0.70	12.20	23.62

10

(C) 非球面係数

	K	A	B	C	D	E
3	0.000e+000	1.849e-005	-6.272e-008	1.331e-010	-1.872e-013	1.079e-016
4	5.941e-001	8.553e-006	-7.452e-008	1.142e-010	-1.442e-013	8.141e-018
20	-5.858e+000	6.697e-006	1.312e-008	1.679e-010	-1.069e-012	2.257e-015

20

【実施例 4】

【0083】

参考例 1、2 および実施例 3 で説明したズームレンズは、図 7 に示すプロジェクタ（画像投射装置）に用いられる。

【0084】

図 7 において、303 は液晶ドライバである。この液晶ドライバ 303 には、パーソナルコンピュータ、DVD プレーヤ、テレビチューナ等の画像供給装置 350 からのビデオ信号（画像情報）が入力される。液晶ドライバ 303 は、該ビデオ信号を、画像形成素子としての反射型液晶表示素子であるレッド（R）用液晶表示素子 3R、グリーン（G）用液晶表示素子 3G 及びブルー（B）用液晶表示素子 3B の駆動信号に変換する。これにより、レッド用液晶表示素子 3R、グリーン用液晶表示素子 3G 及びブルー用液晶表示素子 3B はそれぞれ独立に制御される。

30

【0085】

なお、本実施例では、反射型液晶表示素子を画像形成素子として用いたプロジェクタについて説明するが、デジタルマイクロミラーデバイス（DMD）を画像形成素子として用いてもよい。

【0086】

また、プロジェクタと画像供給装置 350 により画像表示システムが構成される。

40

【0087】

301 は照明光学系である。なお、図の枠内における左側には、右側に示した照明光学系 301 の側面図を示している。照明光学系 301 は、高圧水銀ランプ等の光源ランプ 301a から発せられた白色光を、図の紙面に垂直な偏光方向を有する直線偏光に変換してダイクロイックミラー 305 に導く。

【0088】

本実施例のダイクロイックミラー 305 は、マゼンタ色の光を反射してグリーン色の光を透過する。これにより、白色光のうちマゼンタ光成分が偏向されて、ブルークロスカラー偏光子 311 に導かれる。

50

【 0 0 8 9 】

ブルークロスカラー偏光子 3 1 1 は、ブルー色の偏光に対して半波長のリタレーションを与える。これにより、紙面に水平な偏光方向を有する直線偏光であるブルー光成分と、紙面に垂直な偏光方向を有する直線偏光であるレッド光成分とが生成される。

【 0 0 9 0 】

次に、ブルー光成分は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 1 0 に P 偏光として入射し、その偏光分離膜を透過して、ブルー用液晶表示素子 3 B に導かれる。また、レッド光成分は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 1 0 に S 偏光として入射し、その偏光分離膜で反射されてレッド用液晶表示素子 3 R に導かれる。

【 0 0 9 1 】

一方、ダイクロイックミラー 3 0 5 を透過したグリーン光成分は、光路長を補正するためのダミーガラス 3 0 6 を通過した後、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 0 7 に入射する。図の紙面に垂直な偏光方向を有するグリーン光成分は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 0 7 の偏光分離膜に対して S 偏光であるため、ここで反射されてグリーン用液晶表示素子 3 G に導かれる。

【 0 0 9 2 】

以上のようにして、レッド用液晶表示素子 3 R、グリーン用液晶表示素子 3 G 及びブルー用液晶表示素子 3 G に照明光が入射する。

【 0 0 9 3 】

各液晶表示素子は、入射した照明光（偏光光）に対して、該液晶表示素子上に配列された画素の変調状態に応じてリタレーションを与える。各液晶表示素子からの反射光のうち、照明光と同じ方向の偏光成分は、照明光の光路を概ね引き返して光源ランプ側に戻る。

【 0 0 9 4 】

また、各液晶表示素子からの反射光のうち、照明光の偏光方向に対して直交する偏光方向の偏光成分により形成される画像光は以下のように進む。

【 0 0 9 5 】

レッド用液晶表示素子 3 R から射出した図の紙面に水平な偏光方向の直線偏光であるレッド光成分は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 1 0 の偏光分離膜を P 偏光として透過し、次にレッドクロスカラー偏光子 3 1 2 を透過する。レッドクロスカラー偏光子 3 1 2 は、レッド光成分に半波長のリタレーションを与える。これにより、レッド光成分は、図の紙面に垂直な偏光方向を有する直線偏光に変換される。そして、該レッド光成分は、第 3 の偏光ビームスプリッタ 3 0 8 に S 偏光として入射し、その偏光分離膜で反射して、上述したズームレンズとしての投射レンズ（投射用ズームレンズ） 3 0 4 に導かれ、この投射レンズによって拡大投射される。

【 0 0 9 6 】

ブルー用液晶表示素子 3 B から射出した図の紙面に垂直な偏光方向を有する直線偏光であるブルー光成分は、第 1 の偏光ビームスプリッタ 3 1 0 の偏光分離膜で S 偏光として反射し、レッドクロスカラー偏光子 3 1 2 をそのまま通過する。そして、該ブルー光成分は、第 3 の偏光ビームスプリッタ 3 0 8 に S 偏光として入射し、その偏光分離面で反射して投射レンズ 3 0 4 に導かれ、拡大投射される。

【 0 0 9 7 】

グリーン用液晶表示素子 3 G から射出した図の紙面に水平な偏光方向を有する直線偏光であるグリーン光成分は、第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 0 7 の偏光分離膜を P 偏光として透過し、次に光路長を補正するためのダミーガラス 3 0 9 を透過する。そして、該ブルー光成分は、第 3 の偏光ビームスプリッタ 3 0 8 に P 偏光として入射し、その偏光分離膜を透過して、投射レンズ 3 0 4 に導かれ、拡大投射される。

【 0 0 9 8 】

第 3 の偏光ビームスプリッタ 3 0 8 で色合成されたレッド、グリーン及びブルー光成分は、投射レンズ 3 0 4 の入射瞳によって捕らえられ、光拡散スクリーン（被投射面） 3 1 3 に転送される。各液晶表示素子の光変調面とスクリーン 3 1 3 の光拡散面とが投射レン

10

20

30

40

50

ズ 3 0 4 によって光学的に共役な関係に配されているため、スクリーン 3 1 3 上には、ビデオ信号に応じた画像が投射（表示）される。なお、レッド用液晶表示素子 3 R、グリーン用液晶表示素子 3 G 及びブルー用液晶表示素子 3 B は、対応する画素からの光がスクリーン 3 1 3 上において所定の精度で重なるように調整されている。

【 0 0 9 9 】

なお、第 1 及び第 2 の偏光ビームスプリッタ 3 1 0 , 3 0 7、ダミーガラス 3 0 9 及び第 3 の偏光ビームスプリッタ 3 0 8 が、上述した色分解合成光学系を構成する。

【 0 1 0 0 】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、種々の変形及び変更が可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 1 】

【図 1】本発明の参考例 1 であるズームレンズの広角端での断面図。

【図 2】参考例 1 の数値例の収差図。

【図 3】本発明の参考例 2 であるズームレンズの広角端での断面図。

【図 4】参考例 2 の数値例の収差図。

【図 5】本発明の実施例 3 であるズームレンズの広角端での断面図。

【図 6】実施例 3 の数値例の収差図。

【図 7】実施例又は参考例のズームレンズを用いたプロジェクタの構成例を示す図。

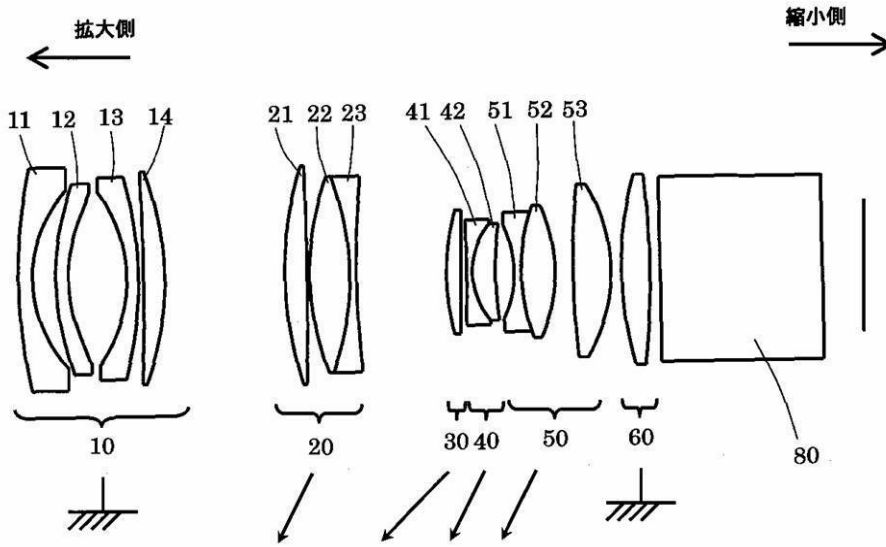
【符号の説明】

20

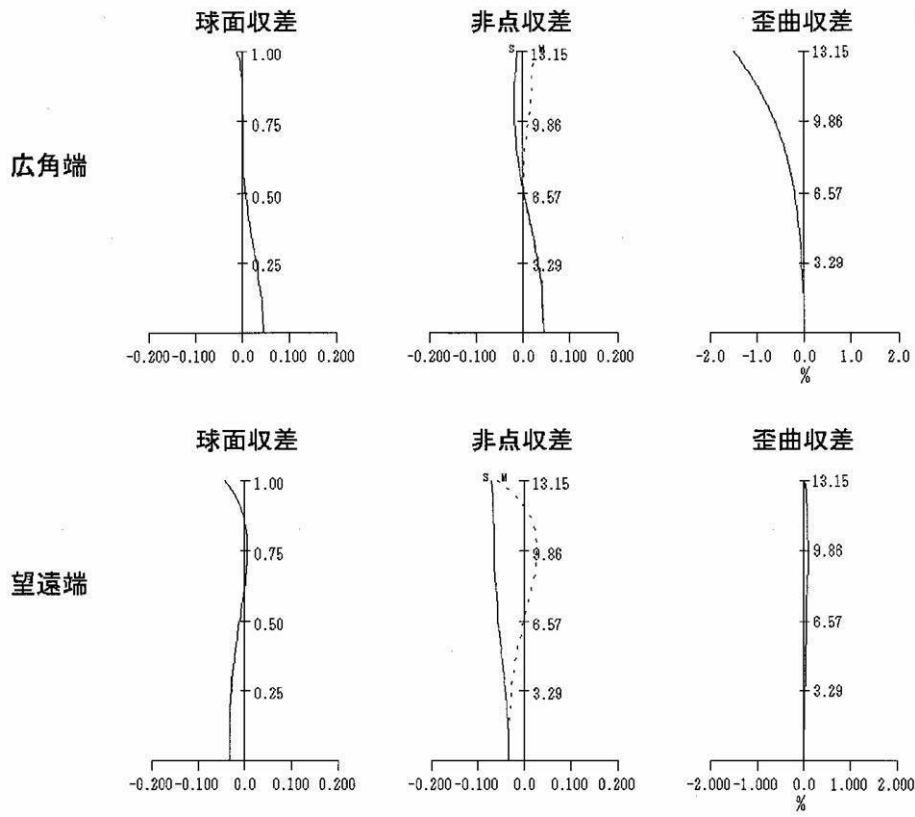
【 0 1 0 2 】

- 1 0 第 1 レンズユニット
- 2 0 第 2 レンズユニット
- 3 0 第 3 レンズユニット
- 4 0 第 4 レンズユニット
- 5 0 第 5 レンズユニット
- 6 0 第 6 レンズユニット
- 7 0 第 7 レンズユニット
- 8 0 色分解合成光学系を構成する光学素子

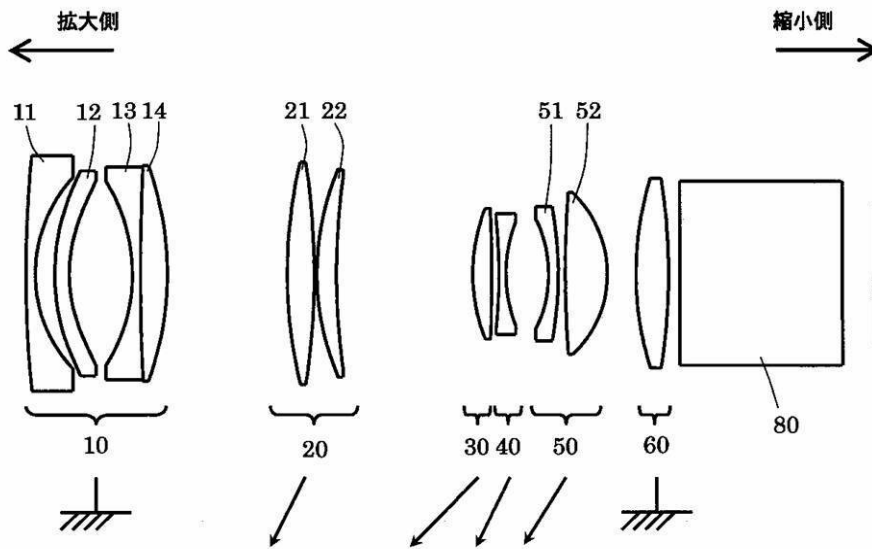
【 図 1 】



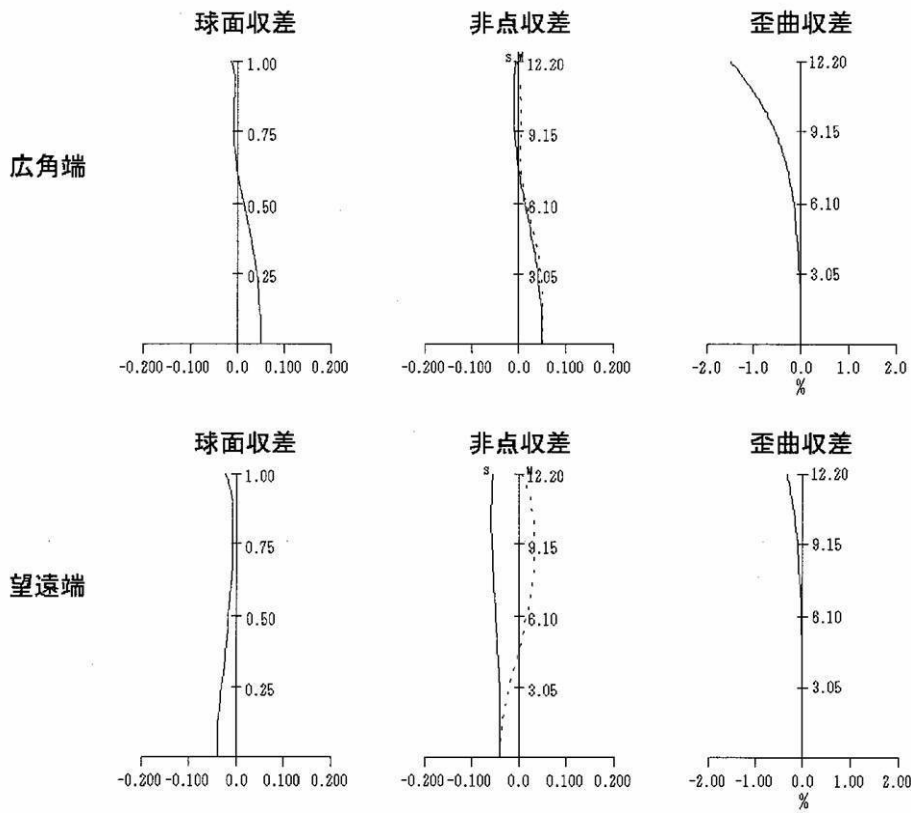
【 図 2 】



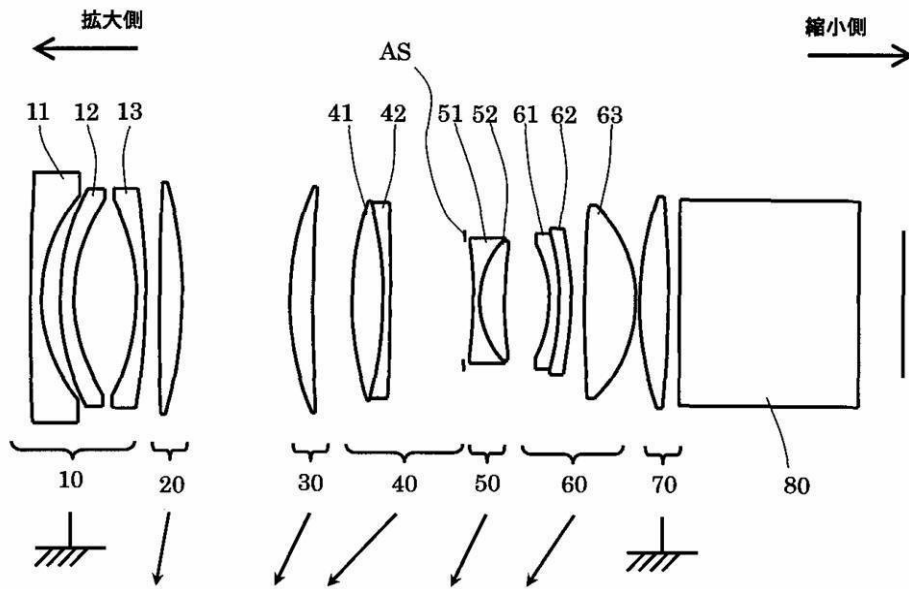
【 図 3 】



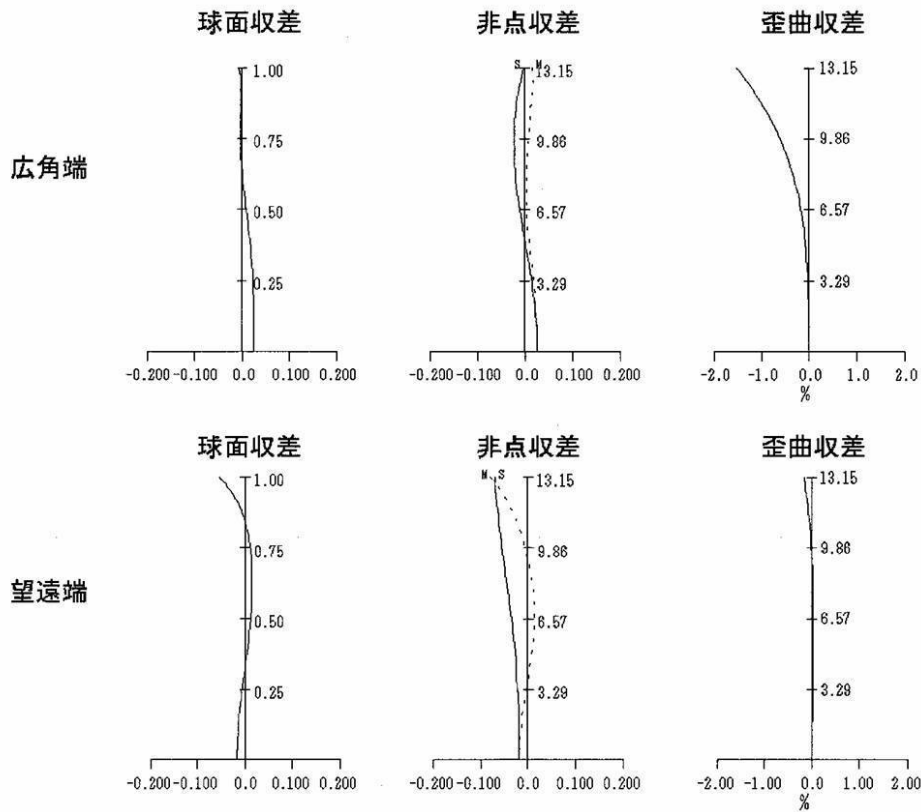
【 図 4 】



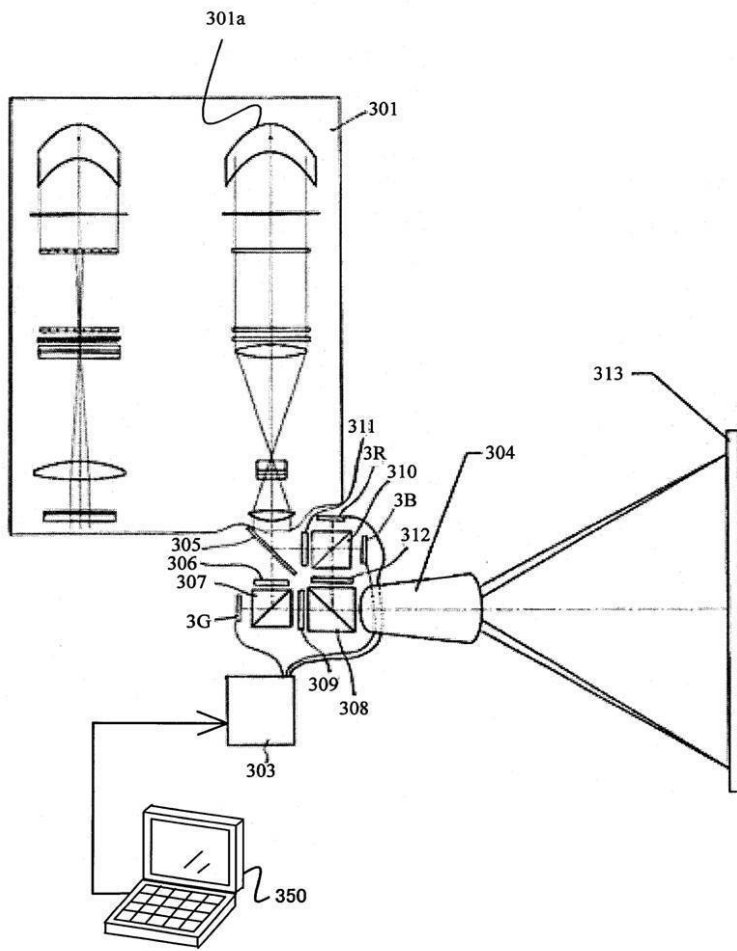
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-316186(JP,A)
特開2004-117519(JP,A)
特開2001-330776(JP,A)
特開2005-338702(JP,A)
特開2006-039034(JP,A)
特開2001-350094(JP,A)
特開平11-326763(JP,A)
特開2004-109896(JP,A)
特開2006-234893(JP,A)
特開2006-162700(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04