

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2024-121179  
(P2024-121179A)

(43)公開日 令和6年9月6日(2024.9.6)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード ( 参考 )
G 0 2 B 13/16 (2006.01)	G 0 2 B 13/16	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	2 K 2 0 3
G 0 3 B 21/00 (2006.01)	G 0 3 B 21/00	E
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 3 B 21/14	Z

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L ( 全31頁 )

(21)出願番号	特願2023-28140(P2023-28140)	(71)出願人	000002369
(22)出願日	令和5年2月27日(2023.2.27)		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	守国 栄時
			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	秦野 加奈
			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

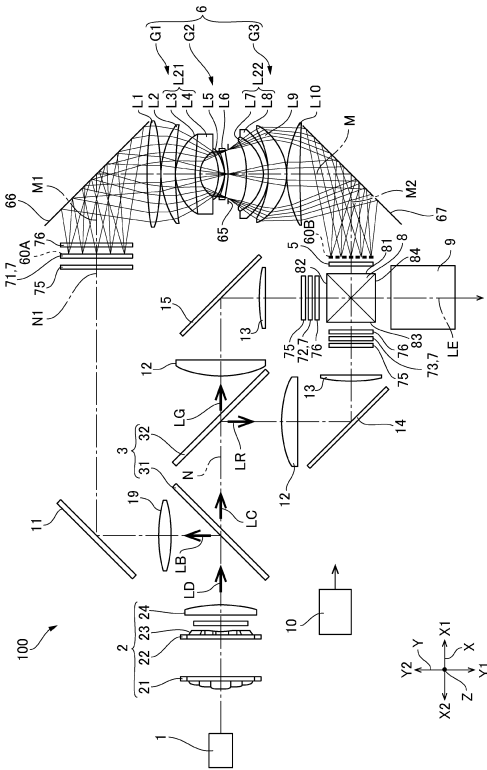
(54)【発明の名称】 リレー光学系、およびプロジェクター

(57)【要約】

【課題】光学特性が良好でコンパクトなリレー光学系を提供すること。

【解決手段】リレー光学系は、拡大側結像面と、拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶ。リレー光学系は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第1レンズ群、絞りと少なくとも1枚の負レンズとを含む負のパワーを有する第2レンズ群、および複数のレンズで構成された正のパワーを有する第3レンズ群を備える。第1レンズ群のレンズ枚数と第3レンズ群のレンズ枚数とは、同じ枚数である。拡大側から縮小側に向かって配列された第1レンズ群の複数のレンズの各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大に向かって配列された第3レンズ群の複数のレンズの各レンズパワーの配列と同じである。リレー光学系の拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。

【選択図】図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

拡大側結像面と、前記拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶリレー光学系において、

拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 1 レンズ群、絞りと少なくとも 1 枚の負レンズとを含む負のパワーを有する第 2 レンズ群、および複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 3 レンズ群を備え、

前記第 1 レンズ群のレンズ枚数と前記第 3 レンズ群のレンズ枚数とは、同じ枚数であり、

10

前記拡大側から前記縮小側に向かって配列された前記第 1 レンズ群の前記複数のレンズの各レンズパワーの配列は、前記縮小側から前記拡大に向かって配列された前記第 3 レンズ群の前記複数のレンズの各レンズパワーの配列と同じであり、

前記拡大側および前記縮小側は、それぞれ、テレセントリックであることを特徴とするリレー光学系。

## 【請求項 2】

前記第 1 レンズ群は、前記拡大側から前記縮小側に向かって順に、2 枚の正レンズ、接合レンズを有し、

前記第 3 レンズ群は、前記縮小側から前記拡大側に向かって順に、2 枚の正レンズ、接合レンズを有することを特徴とする請求項 1 に記載のリレー光学系。

20

## 【請求項 3】

前記第 1 レンズ群、前記第 2 レンズ群および前記第 3 レンズ群のレンズのうち、最も有効径が小さいレンズは、非球面形状を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のリレー光学系。

## 【請求項 4】

前記第 2 レンズ群は、前記絞りと 1 枚の前記負レンズとからなることを特徴とする請求項 1 に記載のリレー光学系。

## 【請求項 5】

前記リレー光学系において、最も大きな空気間隔を  $L_1$  とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと前記拡大側結像面および前記縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効径が小さいほうの有効径を  $D_1$  とし、2 番目に大きな空気間隔を  $L_2$  とし、2 番目に大きな空気間隔に隣接している、レンズと前記拡大側結像面および前記縮小側結像面の他方の結像面とのうち有効径が小さいほうの有効径を  $D_2$  とした場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のリレー光学系。

30

$$D_1 < L_1$$

$$D_2 < L_2$$

## 【請求項 6】

前記リレー光学系において、最も大きな空気間隔を  $L_1$  とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと前記拡大側結像面および前記縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効径が小さいほうの有効径を  $D_1$  とし、2 番目に大きな空気間隔を  $L_2$  とし、2 番目に大きな空気間隔に隣接している、2 つのレンズのうち有効径が小さいほうの有効径を  $D_2$  とした場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載のリレー光学系。

40

$$D_1 < L_1$$

$$D_2 < L_2$$

## 【請求項 7】

前記最も大きな空気間隔に配置された第 1 平面ミラーと、前記 2 番目に大きな空気間隔に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、

前記最も大きな空気間隔は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間設けられ、

前記 2 番目に大きな空気間隔は、前記第 3 レンズ群および前記縮小側結像面の間に設け

50

られることを特徴とする請求項 5 に記載のリレー光学系。

【請求項 8】

前記最も大きな空気間隔に配置された第 1 平面ミラーと、前記 2 番目に大きな空気間隔に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、

前記最も大きな空気間隔は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間設けられ、前記 2 番目に大きな空気間隔は、前記第 1 レンズ群の内部に設けられることを特徴とする請求項 6 に記載のリレー光学系。

【請求項 9】

前記第 1 平面ミラーおよび前記第 2 平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、  
前記拡大側結像面の光軸と前記縮小側結像面の光軸とは、平行であり、  
前記拡大側結像面に入射する光線の入射方向は、前記縮小側結像面に入射する入射方向と反対方向であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載のリレー光学系。 10

【請求項 10】

請求項 1 に記載されたりレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、  
光源と、  
前記光源から出射された白色光を、青色光を含む第 1 波長帯の第 1 色光と前記第 1 色光よりも長い波長帯の他の色光に分離する分離光学系と、  
前記分離光学系で分離された前記第 1 色光に対して変調する第 1 光変調素子と、  
前記分離光学系で分離させた前記他の色光に対して変調する第 2 光変調素子と、  
前記第 1 光変調素子が前記拡大側結像面に配置され、前記第 1 光変調素子で変調された  
前記第 1 色光の光束幅を前記縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、  
前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第 1 色光および前記第 2 光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、  
前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、  
を有し、  
前記第 1 光変調素子の有効面積は、前記第 2 光変調素子の有効面積より大きく、  
前記リレー光学系は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間に配置された第 1 平面ミラーと、前記第 3 レンズ群および前記縮小側結像面の間に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、  
前記第 1 平面ミラーおよび前記第 2 平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、  
前記拡大側結像面の光軸は、前記縮小側結像面の光軸と平行であり、  
前記拡大側結像面に入射する前記第 1 色光の入射方向は、前記縮小側結像面から出射する前記第 1 色光の出射方向とは反対方向であることを特徴とするプロジェクター。 20 30

【請求項 11】

請求項 1 に記載されたりレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、  
光源と、  
前記光源から出射された白色光を、青色光を含む第 1 波長帯の第 1 色光と前記第 1 色光よりも長い波長帯の他の色光に分離する分離光学系と、  
前記分離光学系で分離された前記第 1 色光に対して変調する第 1 光変調素子と、  
前記分離光学系で分離させた前記他の色光に対して変調する第 2 光変調素子と、  
前記第 1 光変調素子が前記拡大側結像面に配置され、前記第 1 光変調素子で変調された  
前記第 1 色光の光束幅を前記縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、  
前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第 1 色光および前記第 2 光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、  
前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、  
を有し、  
前記第 1 光変調素子の有効面積は、前記第 2 光変調素子の有効面積より大きく、  
前記リレー光学系は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間に配置された第 1 平面ミラーと、前記第 1 レンズ群の内部に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、  
前記第 1 平面ミラーおよび前記第 2 平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、 40 50

前記拡大側結像面の光軸は、前記縮小側結像面の光軸と平行であり、

前記拡大側結像面に入射する前記第 1 色光の入射方向は、前記縮小側結像面から出射する前記第 1 色光の出射方向とは反対方向であ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、リレー光学系、およびプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

拡大側結像面と、拡大側結像面を变倍した縮小側結像面とを結ぶ光学系は、特許文献 1 10  
に記載されている。同文献の第 1 投写光学ユニットは、両側がテレセントリックであり、  
第 1 次結像面と、第 1 次結像面を縮小した物体面とを結ぶ光学系である。第 1 投写光学ユ  
ニットは、正のパワーを有する第 1 レンズ群、負のパワーを有する第 2 レンズ群、および  
正のパワーを有する第 3 レンズ群を備える。第 1 レンズ群は、4 枚のレンズで構成されて  
いる。第 2 レンズ群は、開口絞りと 5 枚のレンズで構成されている。第 3 レンズ群は、3  
枚のレンズで構成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2006 - 330410 号公報 20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の光学系では、光学特性を改善しようとすると、レンズ全長が長くなるとい  
う問題がある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の課題を解決するために、本発明のリレー光学系は、拡大側結像面と、前記拡大側  
結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶリレー光学系において、拡大側から縮小側に向か  
って光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 1 レンズ群、 30  
絞りと少なくとも 1 枚の負レンズとを含む負のパワーを有する第 2 レンズ群、および複数  
のレンズで構成された正のパワーを有する第 3 レンズ群を備え、前記第 1 レンズ群のレン  
ズ枚数と前記第 3 レンズ群のレンズ枚数とは、同じ枚数であり、前記拡大側から前記縮  
小側に向かって配列された前記第 1 レンズ群の前記複数のレンズの各レンズパワーの配列は  
、前記縮小側から前記拡大に向かって配列された前記第 3 レンズ群の前記複数のレンズの  
各レンズパワーの配列と同じであり、前記拡大側および前記縮小側は、それぞれ、テレセ  
ントリックであることを特徴とする。

【0006】

本発明のプロジェクターは、上記リレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、光源  
と、前記光源から出射された白色光を、青色光を含む第 1 波長帯の第 1 色光と前記第 1 色 40  
光よりも長い波長帯の他の色光に分離する分離光学系と、前記分離光学系で分離された前  
記第 1 色光に対して変調する第 1 光変調素子と、前記分離光学系で分離させた前記他の色  
光に対して変調する第 2 光変調素子と、前記第 1 光変調素子が前記拡大側結像面に配置さ  
れ、前記第 1 光変調素子で変調された前記第 1 色光の光束幅を前記縮小側結像面で縮小す  
る前記リレー光学系と、前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第 1 色光および前記  
第 2 光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと  
、前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、を有し、前記第  
1 光変調素子の有効面積は、前記第 2 光変調素子の有効面積より大きく、前記リレー光学  
系は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間に配置された第 1 平面ミラーと、前  
記第 3 レンズ群および前記縮小側結像面の間に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、前 50

記第 1 平面ミラーおよび前記第 2 平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、前記拡大側結像面の光軸は、前記縮小側結像面の光軸と平行であり、前記拡大側結像面に入射する前記第 1 色光の入射方向は、前記縮小側結像面から出射する前記第 1 色光の出射方向とは反対方向であることを特徴とする。

【0007】

本発明のプロジェクターは、上記リレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、光源と、前記光源から出射された白色光を、青色光を含む第 1 波長帯の第 1 色光と前記第 1 色光よりも長い波長帯の他の色光に分離する分離光学系と、前記分離光学系で分離された前記第 1 色光に対して変調する第 1 光変調素子と、前記分離光学系で分離させた前記他の色光に対して変調する第 2 光変調素子と、前記第 1 光変調素子が前記拡大側結像面に配置され、前記第 1 光変調素子で変調された前記第 1 色光の光束幅を前記縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第 1 色光および前記第 2 光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、を有し、前記第 1 光変調素子の有効面積は、前記第 2 光変調素子の有効面積より大きく、前記リレー光学系は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間に配置された第 1 平面ミラーと、前記第 1 レンズ群の内部に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、前記第 1 平面ミラーおよび前記第 2 平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、前記拡大側結像面の光軸は、前記縮小側結像面の光軸と平行であり、前記拡大側結像面に入射する前記第 1 色光の入射方向は、前記縮小側結像面から出射する前記第 1 色光の出射方向とは反対方向であることを特徴とする。

10

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】実施形態 1 のリレー光学系を用いたプロジェクターの要部の概略図である。

【図 2】実施形態 1 のリレー光学系の縮小側の MTF を示す図である。

【図 3】比較例のリレー光学系の縮小側の MTF を示す図である。

【図 4】実施形態 2 のリレー光学系を用いたプロジェクターの要部の概略図である。

【図 5】実施形態 2 のリレー光学系 6 A の縮小側の MTF を示す図である。

【図 6】実施形態 3 のリレー光学系を用いたプロジェクターの要部の概略図である。

【図 7】実施形態 3 のリレー光学系の縮小側の MTF を示す図である。

30

【図 8】実施形態 4 のリレー光学系の光線図である。

【図 9】実施形態 4 のリレー光学系の縮小側の MTF を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

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

【0010】

[実施形態 1]

図 1 は、実施形態 1 のリレー光学系 6 を用いたプロジェクター 100 の要部の概略図である。図 1 に示すように、プロジェクター 100 は、光源 1 と、光源 1 からの出射光を均一化する照明光学系 2 と、照明光学系 2 からの出射光を各色光に分離する分離光学系 3 と、分離光学系 3 で分離された各色光に対して変調して投写画像を形成する複数の光変調素子 7 と、反射ミラー 11 と、複数の光変調素子 7 のうち 1 つで変調された色光の光束幅を縮小するリレー光学系 6 と、光変調素子 7 で変調された各色光を合成した合成光を出射する色合成プリズム 8 と、色合成プリズム 8 から出射した合成光を投写する投写光学系 9 と、光変調素子 7 を制御する制御部 10 とを有する。

40

【0011】

ここで、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。また、分離光学系 3 の第 1 光軸 N に沿った方向を X 軸方向とする。X 軸方向において、照明光学系 2 からの出射光が出射する方向を第 1 方向 X1 とし、その反対方向を第 2 方

50

向 X 2 とする。Y 軸方向において、色合成プリズム 8 から合成光が出射する方向を第 3 方向 Y 1 とし、その反対方向を第 4 方向 Y 2 とする。

【 0 0 1 2 】

光源 1 は、例えば、超高圧水銀ランプ、固体光源等で構成される。本形態では、光源 1 は、出射光 L D として白色光を出射する。

【 0 0 1 3 】

照明光学系 2 は、マルチレンズ 2 1、偏光ビームスプリッタ 2 2、マルチレンズ 2 3、およびリレーレンズ 2 4 を備える。マルチレンズ 2 1 は、光源 1 からの出射光 L D を複数に分割する。偏光ビームスプリッタ 2 2 は、マルチレンズ 2 1 から出射した出射光 L D の偏光方向を変換する。マルチレンズ 2 3 は、偏光ビームスプリッタ 2 2 から出射した出射光 L D をリレーレンズ 2 4 の近傍に集光させる。リレーレンズ 2 4 は、マルチレンズ 2 3 から入射した出射光 L D を拡大して、分離光学系 3 に向けて出射する。

10

【 0 0 1 4 】

分離光学系 3 は、第 1 方向 X 1 に向かって順に、第 1 ダイクロイックミラー 3 1、および第 2 ダイクロイックミラー 3 2 を備える。第 1 ダイクロイックミラー 3 1、および第 2 ダイクロイックミラー 3 2 は、分離光学系 3 の第 1 光軸 N に沿って配置されている。照明光学系 2 からの出射光 L D の光軸は、第 1 光軸 N と一致する。

【 0 0 1 5 】

第 1 ダイクロイックミラー 3 1 は、出射光 L D を、第 1 色光 L B と他の色光 L C とに分離する。第 1 ダイクロイックミラー 3 1 は、第 1 色光 L B を第 4 方向 Y 2 に反射し、他の色光 L C を第 1 方向 X 1 に向けて透過する。第 2 ダイクロイックミラー 3 2 は、他の色光 L C を、第 2 色光 L G と第 3 色光 L R とに分離する。第 2 ダイクロイックミラー 3 2 は、第 3 色光 L R を第 3 方向 Y 1 に反射し、第 2 色光 L G を第 1 方向 X 1 に向けて透過する。本形態では、第 1 色光 L B は、青色光を含む第 1 波長帯である。第 2 色光 L G は、緑色光を含む第 2 波長帯である。第 3 色光 L R は、赤色光を含む第 3 波長帯である。第 1 波長帯は、例えば、420 nm ~ 500 nm である。第 2 波長帯は、例えば、500 nm ~ 600 nm である。第 3 波長帯は、例えば、600 nm ~ 680 nm である。他の色光 L C の波長帯は、例えば、500 nm ~ 680 nm である。

20

【 0 0 1 6 】

ここで、第 2 ダイクロイックミラー 3 2 の第 3 方向 Y 1 には、第 2 ダイクロイックミラー 3 2 で分離された第 3 色光 L R を第 1 方向 X 1 に向けて反射する反射ミラー 1 4 が配置されている。第 2 ダイクロイックミラー 3 2 の第 1 方向 X 1 には、第 2 ダイクロイックミラー 3 2 で分離された第 2 色光 L G を第 3 方向 Y 1 に向けて反射する反射ミラー 1 5 が配置されている。第 2 ダイクロイックミラー 3 2 と反射ミラー 1 4 との間、および第 2 ダイクロイックミラー 3 2 と反射ミラー 1 5 との間には、それぞれ、レンズ 1 2 が配置されている。反射ミラー 1 4 の第 1 方向 X 1 および反射ミラー 1 5 の第 3 方向 Y 1 には、それぞれ、レンズ 1 3 が配置されている。レンズ 1 2 およびレンズ 1 3 は、分離光学系 3 で分離された第 2 色光 L G および第 3 色光 L R を光変調素子 7 の近傍に集光させる。

30

【 0 0 1 7 】

反射ミラー 1 1 は、第 1 ダイクロイックミラー 3 1 の第 4 方向 Y 2 に配置されている。反射ミラー 1 1 は、第 1 ダイクロイックミラー 3 1 で分離された第 1 色光 L B を第 1 方向 X 1 に向けて反射する。ここで、プロジェクター 1 0 0 は、反射ミラー 1 1 と第 1 ダイクロイックミラー 3 1 との間に、リレーレンズ 1 9 を備える。リレーレンズ 1 9 は、第 1 ダイクロイックミラー 3 1 からの第 1 色光 L B が第 1 光変調素子 7 1 に均一に照射するように、第 1 色光 L B の結像位置を調整する。本形態では、リレーレンズ 1 9 は、1 枚のレンズからなる。なお、リレーレンズ 1 9 は、複数のレンズで構成されてもよい。

40

【 0 0 1 8 】

光変調素子 7 は、液晶パネルである。光変調素子 7 は、第 1 色光 L B に対して変調する第 1 光変調素子 7 1 と、第 2 色光 L G に対して変調する第 3 光変調素子 7 2 と、第 3 色光 L R に対して変調する第 4 光変調素子 7 3 とを備える。第 1 光変調素子 7 1、第 3 光変調

50

素子 7 2 および第 4 光変調素子 7 3 は、それぞれ、入射側偏光板 7 5 と出射側偏光板 7 6 とを備える。なお、第 3 光変調素子 7 2 および第 4 光変調素子 7 3 は、本発明の「第 2 光変調素子」に相当する。

【 0 0 1 9 】

第 1 光変調素子 7 1 は、第 1 ダイクロイックミラー 3 1 の第 1 方向 X 1 に配置されている。第 1 光変調素子 7 1 の光軸 N 1 は、X 軸に沿った方向に延びる。第 1 光変調素子 7 1 の光軸 N 1 は、分離光学系 3 の第 1 光軸 N と平行である。

【 0 0 2 0 】

第 3 光変調素子 7 2 は、色合成プリズム 8 の第 2 面部 8 2 と対向する位置に配置されている。第 4 光変調素子 7 3 は、色合成プリズム 8 の第 3 面部 8 3 と対向する位置に配置されている。

10

【 0 0 2 1 】

第 1 光変調素子 7 1 の有効面積は、第 3 光変調素子 7 2 および第 4 光変調素子 7 3 の有効面積より大きい。ここで、有効面積とは、光変調素子の有効表示領域の面積を示す。本形態では、第 1 光変調素子 7 1 は、有効表示領域の対角寸法が 1 . 0 3 インチの液晶パネルであり、第 3 光変調素子 7 2 および第 4 光変調素子 7 3 は、有効表示領域の対角寸法が 0 . 6 7 インチの液晶パネルである。

【 0 0 2 2 】

リレー光学系 6 は、拡大側結像面 6 0 A と、拡大側結像面 6 0 A を縮小した縮小側結像面 6 0 B とを結ぶ。第 1 光変調素子 7 1 は拡大側結像面 6 0 A に配置され、リレー光学系 6 は、第 1 光変調素子 7 1 で変調された第 1 色光 L B の光束幅を縮小側結像面 6 0 B で縮小する。すなわち、リレー光学系 6 は、変倍する光学系である。本形態では、リレー光学系 6 は、第 1 光変調素子 7 1 で変調された第 1 色光 L B の 1 . 0 3 インチの光束幅を、縮小側結像面 6 0 B で 0 . 6 7 インチの光束幅に縮小する。第 1 光変調素子 7 1 の光軸 N 1 と拡大側結像面 6 0 A の光軸 M 1 とは、一致する。縮小側結像面 6 0 B は、色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 と対向する位置に配置されている。縮小側結像面 6 0 B および色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 の空気換算距離は、第 3 光変調素子 7 2 および色合成プリズム 8 の第 2 面部 8 2 の空気換算距離と同じである。また、縮小側結像面 6 0 B および色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 の空気換算距離は、第 4 光変調素子 7 3 および色合成プリズム 8 の第 3 面部 8 3 の空気換算距離と同じである。

20

30

【 0 0 2 3 】

ここで、プロジェクター 1 0 0 は、縮小側結像面 6 0 B と第 1 面部 8 1 との間に配置された偏光板 5 を有する。偏光板 5 と第 1 光変調素子 7 1 の出射側偏光板 7 6 とは、第 1 色光 L B に含まれる偏光成分のうち同一方向の直線偏光成分を透過させる。すなわち、第 1 光変調素子 7 1 の出射側偏光板 7 6 が第 1 色光 L B の S 偏光を透過させる場合には、偏光板 5 は S 偏光を透過させ、第 1 光変調素子 7 1 の出射側偏光板 7 6 が第 1 色光 L B の P 偏光を透過させる場合には、偏光板 5 は P 偏光を透過させる。

【 0 0 2 4 】

色合成プリズム 8 は、第 1 色光 L B が入射する第 1 面部 8 1、第 2 色光 L G が入射する第 2 面部 8 2、第 3 色光 L R が入射する第 3 面部 8 3 および合成光 L E が出射する第 4 面部 8 4 を備える。第 1 面部 8 1 と第 3 面部 8 3 とは、X 軸方向で対向する。第 2 面部 8 2 と第 4 面部とは、Y 軸方向で対向する。色合成プリズム 8 は、リレー光学系 6 で光束幅が縮小された第 1 色光 L B、第 3 光変調素子 7 2 で変調された第 2 色光 L G、および第 4 光変調素子 7 3 で変調された第 3 色光 L R を合成した合成光 L E を、第 4 面部 8 4 から第 3 方向 Y 1 に出射する。ここで、色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 に入射する第 1 色光 L B の光束幅は、色合成プリズム 8 の第 2 面部 8 2 に入射する第 2 色光 L G および色合成プリズム 8 の第 3 面部 8 3 に入射する第 3 色光 L R の光束幅と同じである。

40

【 0 0 2 5 】

投写光学系 9 は、色合成プリズム 8 から出射した合成光 L E をスクリーンに投写する。投写光学系 9 は、複数枚のレンズを備える。制御部 1 0 は、ビデオ信号等の外部画像信号

50

に基づいて光変調素子 7 を動作させる。

【 0 0 2 6 】

( リレー光学系の詳細 )

図 1 に示すように、リレー光学系 6 は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 1 レンズ群 G 1 と、絞り 6 5 と少なくとも 1 枚の負レンズとを含む負のパワーを有する第 2 レンズ群 G 2 と、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 3 レンズ群 G 3 と、を備える。第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 は、リレー光学系 6 の第 2 光軸 M に沿って配置されている。

【 0 0 2 7 】

第 1 レンズ群 G 1 は、4 枚のレンズ L 1 ~ レンズ L 4 からなる。L 1 ~ レンズ L 4 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 1 は、正のパワーを有する。レンズ L 1 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 2 は、正のパワーを有する。レンズ L 2 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。レンズ L 3 は、正のパワーを有する。レンズ L 3 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。レンズ L 4 は、負のパワーを有する。レンズ L 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。レンズ L 3 およびレンズ L 4 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。

【 0 0 2 8 】

第 2 レンズ群 G 2 は、2 枚のレンズ L 5 ~ L 6 と絞り 6 5 とからなる。レンズ L 5、レンズ L 6 および絞り 6 5 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 5 は、正のパワーを有する。レンズ L 5 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 5 は、拡大側および縮小側の面に、非球面形状を備える。レンズ L 6 ( 負レンズ ) は、負のパワーを有する。レンズ L 6 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 6 は、拡大側および縮小側の面に、非球面形状を備える。ここで、第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 のレンズのうち、レンズ L 6 の有効半径は、最も小さい。

【 0 0 2 9 】

第 3 レンズ群 G 3 は、レンズ L 7 ~ レンズ L 1 0 の 4 枚のレンズからなる。レンズ L 7 ~ レンズ L 1 0 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 7 は、負のパワーを有する。レンズ L 7 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 8 は、正のパワーを有する。レンズ L 8 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 9 は、正のパワーを有する。レンズ L 9 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 1 0 は、正のパワーを有する。レンズ L 1 0 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。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 2 である。

【 0 0 3 0 】

第 1 レンズ群 G 1 のレンズ枚数と第 3 レンズ群 G 3 のレンズ枚数とは、同じ枚数の 4 枚である。拡大側から縮小側に向かって配列された第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大に向かって配列された第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 1 0 ~ L 7 の各レンズパワーの配列と同じである。具体的には、第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、拡大側から縮小側に向かって順に、正正正負である。第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 1 0 ~ L 7 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大側に向かって順に、正正正負である。

【 0 0 3 1 】

リレー光学系 6 は、拡大側結像面 6 0 A と第 1 レンズ群 G 1 との間に配置された第 1 平面ミラー 6 6 と、第 3 レンズ群 G 3 および縮小側結像面 6 0 B の間に配置された第 2 平面ミラー 6 7 とを備える。第 1 平面ミラー 6 6 は、平面形状を備える。第 1 平面ミラー 6 6 は、第 1 レンズ群 G 1 の第 4 方向 Y 2 方向に配置されている。第 2 平面ミラー 6 7 は、平面形状を備える。第 2 平面ミラー 6 7 は、第 3 レンズ群 G 3 の第 3 方向 Y 1 に配置されて

10

20

30

40

50



いる。第 1 平面ミラー 66 および第 2 平面ミラー 67 は、それぞれ、光線を  $90^\circ$  屈曲させる。

【0032】

第 1 光変調素子 71 により変調された第 1 色光 LB は、第 1 方向 X1 に向かって進む。第 1 光変調素子 71 から第 1 平面ミラー 66 に到達した第 1 色光 LB は、第 1 平面ミラー 66 により、第 3 方向 Y1 に向かって反射される。第 1 平面ミラー 66 で反射された第 1 色光 LB は、第 1 レンズ群 G1、第 2 レンズ群 G2 および第 3 レンズ群 G3 を透過して、第 2 平面ミラー 67 に到達する。第 2 平面ミラー 67 に到達した第 1 色光 LB は、第 2 平面ミラー 67 により、第 2 方向 X2 に向かって反射される。第 2 平面ミラー 67 で反射された第 1 色光 LB は、縮小側結像面 60B に到達する。

10

【0033】

拡大側結像面 60A の光軸 M1 と縮小側結像面 60B の光軸 M2 とは、平行である。拡大側結像面 60A に入射する第 1 色光 LB の入射方向は、第 1 方向 X1 である。縮小側結像面 60B から出射する第 1 色光 LB の出射方向は、第 2 方向 X2 である。すなわち、拡大側結像面 60A に入射する第 1 色光 LB の入射方向は、縮小側結像面 60B から出射する第 1 色光 LB の出射方向とは反対方向である。

【0034】

拡大側結像面 60A および縮小側結像面 60B は、色合成プリズム 8 の第 1 面部 81 に対して同じ側の第 1 方向 X1 に位置する。すなわち、第 1 光変調素子 71 および縮小側結像面 60B は、色合成プリズム 8 の第 1 面部 81 に対して同じ側の第 1 方向 X1 に位置する。

20

【0035】

リレー光学系 6 の拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。リレー光学系 6 の拡大側がテレセントリックとは、第 1 レンズ群 G1 と拡大側結像面 60A との間を通過する各光束の中心光線が、光軸 M1 と平行または光軸 M1 と略平行となっていることをいう。リレー光学系 6 の縮小側がテレセントリックとは、第 3 レンズ群 G3 と縮小側結像面 60B との間を通過する各光束の中心光線が、光軸 M2 と平行または光軸 M2 と略平行となっていることをいう。本形態では、各光束の中心光線と光軸 M1、M2 とが成す角度は  $\pm 5.2^\circ$  以内である。

【0036】

リレー光学系 6 の縮小側結像面 60B の最大像高を Yb とし、リレー光学系 6 の全長を TL とし、リレー光学系 6 のレンズ長を LA とし、リレー光学系 6 の縮小側の F ナンバーを Fn とし、リレー光学系 6 の倍率を E とすると、リレー光学系 6 のデータは以下のとおりである。

30

【0037】

Yb	8.499 mm
TL	149.613 mm
LA	58.000 mm
Fn	1.56
E	1.53

40

【0038】

リレー光学系 6 のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、拡大側結像面、第 1 平面ミラー、レンズ、第 2 平面ミラーおよび縮小側結像面の符号である。レンズの面番号に付された「\*」は、非球面形状であることを示す。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。Y は有効半径である。R、D、Y の単位は mm である。

【0039】

符号	面番号	R	D	硝材	屈折/反射	Y
60A	0	0.00000	31.580246		屈折	13.0186
66	1	0.00000	-19.000000		反射	26.3350

50

L 1	2	-162.37680	-5.201359	FDS90_HOYA	屈折	19.1260	
	3	84.32601	-0.100000		屈折	19.1500	
L 2	4	-35.44181	-5.352889	TAFD5F_HOYA	屈折	17.8110	
	5	-116.32346	-0.100000		屈折	17.1550	
L 3	6	-19.11042	-7.518746	LAC14_HOYA	屈折	14.2080	
L 4	7	-124.60481	-1.700000	FDS90_HOYA	屈折	12.7950	
	8	-10.75908	-7.171088		屈折	8.8980	
L 5	* 9	14.30563	-2.069460	MFCD1_HOYA	屈折	8.8520	
	* 10	12.99599	-0.600000		屈折	8.9860	
L 6	* 11	11.66571	-0.839981	MCFDS91050_HOYA	屈折	8.5710	10
	* 12	18.19224	-0.100000		屈折	8.8900	
65	13	0.00000	-6.930074		屈折	9.1000	
L 7	14	28.86896	-6.473631	TAC8_HOYA	屈折	12.5060	
L 8	15	16.10000	-1.700000	FDS90_HOYA	屈折	13.6680	
	16	22.67072	-0.100000		屈折	15.7660	
L 9	17	35.65690	-6.961152	TAC8_HOYA	屈折	16.9490	
	18	21.45000	-0.100000		屈折	17.8570	
L 10	19	-43.75576	-4.981621	TAC8_HOYA	屈折	18.2240	
	20	-236.70294	-19.532922		屈折	17.9300	
67	21	0.00000	21.500000		反射	24.6370	20
60B	22	0.00000	0.000000		屈折	8.4990	

【 0 0 4 0 】

面番号	9	10	11	12
コーニック定数	5.053678E-03	-2.860697E+00	-3.230191E-01	-6.97551E+00
4次の係数	-3.06104E-04	-1.7453E-04	-3.34083E-04	-1.53851E-04
6次の係数	2.5211E-06	4.6784E-06	3.1088E-06	-8.54971E-08
8次の係数	-1.24701E-08	-2.93731E-08	-1.56141E-08	9.73958E-09
10次の係数	9.8277E-11	1.02513E-10	5.06999E-11	-4.04748E-11

【 0 0 4 1 】

拡大側結像面 6 0 A および縮小側結像面 6 0 B における最大像高を 1 とした場合、光軸 M 1 対する拡大側結像面 6 0 A における各光束の中心光線の角度、光軸 M 2 対する縮小側結像面 6 0 B における各光束の中心光線の角度は、以下のとおりである。

【 0 0 4 2 】

像高	拡大側結像面	縮小側結像面
1	4.754	5.198
0.9	4.419	4.722
0.85	4.225	4.481
0.75	3.803	3.989
0.5	2.619	2.706
0	0.000	0.000

【 0 0 4 3 】

ここで、本形態のリレー光学系 6 において、最も大きな空気間隔を L 1 とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を D 1 とし、2 番目に大きな空気間隔を L 2 とし、2 番目に大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の他方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を D 2 とした場合、以下の条件式を満たす。

$$D 1 < L 1 \quad ( 1 )$$
$$D 2 < L 2 \quad ( 2 )$$

## 【 0 0 4 4 】

本形態では、最も大きな空気間隔 L 1 は、拡大側結像面 6 0 A およびレンズ L 1 の間に設けられる。有効直径 D 1 は、最も大きな空気間隔 L 1 に隣接する拡大側結像面 6 0 A の有効直径である。2 番目に大きな空気間隔 L 2 は、レンズ L 1 0 および縮小側結像面 6 0 B の間に設けられる。有効直径 D 2 は、2 番目に大きな空気間隔 L 2 に隣接する縮小側結像面 6 0 B の有効直径である。具体的な数値は、以下のとおりである。

## 【 0 0 4 5 】

D 1	2 6 . 0 3 7 2 m m
L 1	5 0 . 5 8 0 2 m m
D 2	1 6 . 9 9 8 m m
L 2	4 1 . 0 3 2 9 m m

10

よって、本形態のリレー光学系 6 は、条件式 ( 1 ) ( 2 ) を満たす。

## 【 0 0 4 6 】

( 作用効果 )

本形態のリレー光学系 6 は、拡大側結像面 6 0 A と、拡大側結像面 6 0 A を縮小した縮小側結像面 6 0 B とを結ぶ。リレー光学系 6 は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 1 レンズ群 G 1、絞り 6 5 と負レンズであるレンズ L 5 およびレンズ L 6 とを含む負のパワーを有する第 2 レンズ群 G 2、および複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 3 レンズ群 G 3 を備える。第 1 レンズ群 G 1 のレンズ枚数と第 3 レンズ群 G 3 のレンズ枚数とは、同じ枚数の 4 枚である。拡大側から縮小側に向かって配列された第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大に向かって配列された第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 1 0 ~ L 7 の各レンズパワーの配列と同じであり、正正正負である。第 1 レンズ群 G 1 の拡大側と第 3 レンズ群 G 3 の縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。

20

## 【 0 0 4 7 】

本形態では、拡大側から縮小側に向かって配列された第 1 レンズ群 G 1 のレンズ構成と、縮小側から拡大に向かって配列された第 3 レンズ群 G 3 のレンズ構成とは、対称であるので、第 1 レンズ群 G 1 で発生した諸収差を、第 3 レンズ群 G 3 で発生する諸収差によりキャンセルすることができる。よって、リレー光学系 6 の光学性能を向上させることができる。

30

## 【 0 0 4 8 】

本形態のリレー光学系 6 の両側がテレセントリックであるので、リレー光学系 6 の両側がテレセントリックでないものと比較して、リレー光学系 6 をプロジェクター 1 0 0 に組み込む際の設置精度が厳しくなく、配置が容易である。

## 【 0 0 4 9 】

本形態において、第 1 レンズ群 G 1 は、拡大側から縮小側に向かって順に、2 枚の正レンズ L 1 ~ L 2、接合レンズ L 2 1 を有し、第 3 レンズ群 G 3 は、縮小側から拡大側に向かって順に、2 枚の正レンズ L 1 0 ~ L 9、接合レンズ L 2 2 を有する。よって、第 1 レンズ群 G 1 および第 3 レンズ群 G 3 は、それぞれ、接合レンズを有するので、第 1 レンズ群 G 1 で発生した倍率色収差を、第 3 レンズ群 G 3 でより良好にキャンセルすることができる。また、第 1 レンズ群 G 1 および第 3 レンズ群 G 3 は、それぞれ、2 枚の正レンズを備えるので、リレー光学系 6 の全長を短くすることができる。

40

## 【 0 0 5 0 】

本形態では、第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 のレンズのうち、最も有効径が小さいレンズ L 6 は、非球面形状を備える。ここで、レンズ L 6 は、絞り 6 5 に隣接しており、全ての光線が広がった状態でレンズ L 6 を透過する。よって、レンズ L 6 が非球面形状を備えれば、全ての像高に対して諸収差を良好に改善できるので、リレー光学系 6 の光学性能を向上させることができる。

## 【 0 0 5 1 】

リレー光学系 6 において、最も大きな空気間隔を L 1 とし、最も大きな空気間隔に隣接

50

している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を  $D_1$  とし、2 番目に大きな空気間隔を  $L_2$  とし、2 番目に大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の他方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を  $D_2$  とした場合、以下の条件式を満たす。

$$D_1 < L_1 \quad (1)$$

$$D_2 < L_2 \quad (2)$$

#### 【0052】

本形態では、リレー光学系 6 は、条件式 (1) (2) を満たすので、リレー光学系 6 は、最も大きな空気間隔  $L_1$  および 2 番目に大きな空気間隔  $L_2$  において、光路を任意の角度に変更することが容易となる。これにより、リレー光学系 6 のレイアウトの自由度が向上する。また、最も大きな空気間隔  $L_1$  は、拡大側結像面 60A の有効直径  $D_1$  より大きいので、最も大きな空気間隔  $L_1$  に隣接するレンズ  $L_1$  の屈折角を多くに取らなくとも光線のコントロールが容易となる。2 番目に大きな空気間隔  $L_2$  は、縮小側結像面 60B の有効直径  $D_2$  より大きいので、2 番目に大きな空気間隔  $L_2$  に隣接するレンズ  $L_1$  の屈折角を多くに取らなくとも光線のコントロールが容易となる。

#### 【0053】

本形態のリレー光学系 6 は、最も大きな空気間隔に配置された第 1 平面ミラー 66 と、2 番目に大きな空気間隔に配置された第 2 平面ミラー 67 と、を備える。最も大きな空気間隔は、拡大側結像面 60A および第 1 レンズ群  $G_1$  の間に設けられる。2 番目に大きな空気間隔は、第 3 レンズ群  $G_3$  および縮小側結像面 60B の間に設けられる。よって、リレー光学系 6 に、第 1 平面ミラー 66 および第 2 平面ミラー 67 を配置することが容易である。

#### 【0054】

本形態では、第 1 平面ミラー 66 および第 2 平面ミラー 67 は、それぞれ、光線を屈折させる。拡大側結像面 60A の光軸  $M_1$  と縮小側結像面 60B の光軸  $M_2$  とは、平行である。拡大側結像面 60A に入射する光線の入射方向は、縮小側結像面 60B に入射する入射方向と反対方向である。よって、リレー光学系 6 は、効率よく光路を  $180^\circ$  折り曲げることができる。

#### 【0055】

本形態のプロジェクター 100 は、光源 1 と、光源 1 から出射された出射光  $LD$  を、青色光を含む第 1 波長帯の第 1 色光  $LB$  と第 1 色光  $LB$  よりも長い波長帯の他の色光に分離する分離光学系 3 と、分離光学系 3 で分離された第 1 色光  $LB$  に対して変調する第 1 光変調素子 71 と、分離光学系 3 で分離させた他の色光に対して変調する第 2 光変調素子と、第 1 光変調素子 71 が拡大側結像面 60A に配置され、第 1 光変調素子 71 で変調された第 1 色光  $LB$  の光束幅を縮小側結像面 60B で縮小するリレー光学系 6 と、リレー光学系 6 で光束幅が縮小された第 1 色光  $LB$  および第 2 光変調素子で変調された他の色光を合成した合成光  $LE$  を出射する色合成プリズム 8 と、色合成プリズム 8 から出射した合成光  $LE$  を投写する投写光学系 9 と、を有する。第 1 光変調素子 71 の有効面積は、第 2 光変調素子の有効面積より大きい。第 1 光変調素子 71 の光軸  $N_1$  は、拡大側結像面 60A の光軸  $M_1$  と平行である。

#### 【0056】

本形態によれば、プロジェクター 100 は、本形態のリレー光学系 6 を用いるので、光学性能が向上したプロジェクター 100 を提供することができる。

#### 【0057】

本形態によれば、第 1 光変調素子 71 の有効面積は、第 2 光変調素子の有効面積より大きいので、第 2 光変調素子より、第 1 光変調素子 71 に照射される照度を小さくすることができる。これにより、光源 1 をより明るくした場合であっても、第 1 光変調素子 71 の液晶が光により劣化することを抑制することができる。

#### 【0058】

また、リレー光学系 6 は、第 1 光変調素子 71 で変調された第 1 色光  $LB$  の光束幅を縮

10

20

30

40

50

小側結像面 60B で縮小することができるので、第 1 光変調素子 71 の有効面積が、第 3 光変調素子 72 の有効面積より大きい場合であっても、色合成プリズム 8 に入射する各色光の光束幅を同じ大きさにすることができる。

【0059】

また、リレー光学系 6 は、拡大側結像面 60A に入射した第 1 色光 LB を 180° 屈曲させて縮小側結像面 60B から第 1 色光 LB を出射するので、リレー光学系 6 が第 1 色光 LB を屈曲さない場合と比較して、プロジェクター全体をコンパクトにすることができる。

【0060】

図 2 は、実施形態 1 のリレー光学系 6 の縮小側の MTF を示す図である。図 2 の横軸は空間周波数であり、縦軸はコントラスト再現比である。図 2 における波長は、450 nm、460 nm、470 nm である。図 2 に示すように、本形態のリレー光学系 6 は、高い解像度を有する。

【0061】

ここで、比較例として、先行技術文献である、特開 2006 - 330410 号公報の実施例 3 について検討する。比較例のリレー光学系は、両側がテレセントリックであり、拡大側結像面と、拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶ。比較例のリレー光学系は、正のパワーを有する第 1 レンズ群、負のパワーを有する第 2 レンズ群、および正のパワーを有する第 3 レンズ群を備える。比較例の第 1 レンズ群は、4 枚のレンズで構成されている。比較例の第 2 レンズ群は、開口絞りと 5 枚のレンズで構成されている。比較例の第 3 レンズ群は、3 枚のレンズで構成されている。

【0062】

比較例のリレー光学系の縮小側結像面の最大像高を Yb0 とし、比較例のリレー光学系の全長を TL0 とし、比較例のリレー光学系のレンズ長を LA0 とし、比較例のリレー光学系の縮小側の F ナンバーを Fn0 とし、比較例のリレー光学系の倍率を E0 とすると、比較例のリレー光学系のデータは以下のとおりである。なお、比較例のリレー光学系のレンズデータは、特開 2006 - 330410 号公報の実施例 3 のとおりであるので、ここでは省略する。

【0063】

Yb0	8 . 499 mm
TL0	229 . 353 mm
LA0	199 . 512 mm
Fn0	2 . 46
E0	3 . 00

【0064】

比較例のリレー光学系の縮小側結像面の最大像高 Yb0 を、本形態のリレー光学系 6 の縮小側結像面の最大像高 Yb と同じ仕様にした場合、比較例のリレー光学系は、本形態のリレー光学系 6 と比較して、比較例のリレー光学系の全長および比較例のリレー光学系のレンズ長が長い。すなわち、本形態のリレー光学系 6 は、比較例のリレー光学系よりコンパクトである。

【0065】

図 3 は、比較例のリレー光学系の縮小側の MTF を示す図である。図 3 の横軸は空間周波数であり、縦軸はコントラスト再現比である。図 3 における波長は、450 nm、460 nm、470 nm である。図 2 と図 3 とを比較すると、比較例の第 1 レンズ群 G1 および第 3 レンズ群 G3 は、レンズ枚数が異なりレンズ構成が対称ではないので、比較例のリレー光学系の解像度は、本形態のリレー光学系 6 の解像度より劣っていることが分かる。すなわち、本形態のリレー光学系 6 は、比較例のリレー光学系よりコンパクトであって、光学性能が高いことが分かる。

【0066】

[ 実施形態 2 ]

10

20

30

40

50

図 4 は、実施形態 2 のリレー光学系 6 A を用いたプロジェクター 1 0 0 A の要部の概略図である。実施形態 2 のリレー光学系 6 A のレンズデータは、実施形態 1 のリレー光学系 6 とは相違する。よって、実施形態 2 では、実施形態 1 と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する場合がある。

【 0 0 6 7 】

( リレー光学系の詳細 )

図 4 に示すように、本形態のリレー光学系 6 A は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 1 レンズ群 G 1 と、絞り 6 5 と少なくとも 1 枚の負レンズとを含む負のパワーを有する第 2 レンズ群 G 2 と、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 3 レンズ群 G 3 と、を備える。第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 は、リレー光学系 6 A の第 2 光軸 M に沿って配置されている。

10

【 0 0 6 8 】

第 1 レンズ群 G 1 は、4 枚のレンズ L 1 ~ レンズ L 4 からなる。L 1 ~ レンズ L 4 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 1 は、正のパワーを有する。レンズ L 1 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 2 は、正のパワーを有する。レンズ L 2 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。レンズ L 3 は、正のパワーを有する。レンズ L 3 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 4 は、負のパワーを有する。レンズ L 4 は、拡大側および縮小側の面に凹形状を備える。レンズ L 3 およびレンズ L 4 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。

20

【 0 0 6 9 】

第 2 レンズ群 G 2 は、2 枚のレンズ L 5 ~ L 6 と絞り 6 5 とからなる。レンズ L 5、レンズ L 6 および絞り 6 5 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 5 は、正のパワーを有する。レンズ L 5 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 6 は、拡大側および縮小側の面に、非球面形状を備える。レンズ L 6 ( 負レンズ ) は、負のパワーを有する。レンズ L 6 は、拡大側および縮小側の面に凹形状を備える。レンズ L 6 は、拡大側および縮小側の面に、非球面形状を備える。ここで、第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 のレンズのうち、レンズ L 6 の有効半径は、最も小さい。

【 0 0 7 0 】

30

第 3 レンズ群 G 3 は、レンズ L 7 ~ レンズ L 1 0 の 4 枚のレンズからなる。レンズ L 7 ~ レンズ L 1 0 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 7 は、負のパワーを有する。レンズ L 7 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 8 は、正のパワーを有する。レンズ L 8 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 9 は、正のパワーを有する。レンズ L 9 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 1 0 は、正のパワーを有する。レンズ L 1 0 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。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 2 である。

【 0 0 7 1 】

第 1 レンズ群 G 1 のレンズ枚数と第 3 レンズ群 G 3 のレンズ枚数とは、同じ枚数の 4 枚である。拡大側から縮小側に向かって配列された第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大に向かって配列された第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 1 0 ~ L 7 の各レンズパワーの配列と同じである。具体的には、第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、拡大側から縮小側に向かって順に、正正正負である。第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 1 0 ~ L 7 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大側に向かって順に、正正正負である。

40

【 0 0 7 2 】

リレー光学系 6 A は、拡大側結像面 6 0 A と第 1 レンズ群 G 1 との間に配置された第 1 平面ミラー 6 6 と、第 3 レンズ群 G 3 および縮小側結像面 6 0 B の間に配置された第 2 平面ミラー 6 7 とを備える。

50

【 0 0 7 3 】

第 1 光変調素子 7 1 により変調された第 1 色光 L B は、第 1 方向 X 1 に向かって進む。第 1 光変調素子 7 1 から第 1 平面ミラー 6 6 に到達した第 1 色光 L B は、第 1 平面ミラー 6 6 により、第 3 方向 Y 1 に向かって反射される。第 1 平面ミラー 6 6 で反射された第 1 色光 L B は、第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 を透過して、第 2 平面ミラー 6 7 に到達する。第 2 平面ミラー 6 7 に到達した第 1 色光 L B は、第 2 平面ミラー 6 7 により、第 2 方向 X 2 に向かって反射される。第 2 平面ミラー 6 7 で反射された第 1 色光 L B は、縮小側結像面 6 0 B に到達する。

【 0 0 7 4 】

拡大側結像面 6 0 A の光軸 M 1 と縮小側結像面 6 0 B の光軸 M 2 とは、平行である。拡大側結像面 6 0 A に入射する第 1 色光 L B の入射方向は、縮小側結像面 6 0 B から出射する第 1 色光 L B の出射方向とは反対方向である。

【 0 0 7 5 】

リレー光学系 6 A の拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。本形態では、各光束の中心光線と光軸 M 1 , M 2 とが成す角度は ± 2 ° 以内である。

【 0 0 7 6 】

リレー光学系 6 A の縮小側結像面 6 0 B の最大像高を Y b とし、リレー光学系 6 A の全長を T L とし、リレー光学系 6 A のレンズ長を L A とし、リレー光学系 6 A の縮小側の F ナンバーを F n とし、リレー光学系 6 A の倍率を E とすると、リレー光学系 6 A のデータは以下のとおりである。

【 0 0 7 7 】

Y b	8 . 4 9 9 m m
T L	1 5 7 . 6 5 5 m m
L A	5 8 . 0 0 0 m m
F n	1 . 5 6
E	1 . 5 3

【 0 0 7 8 】

リレー光学系 6 A のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、拡大側結像面、第 1 平面ミラー、レンズ、第 2 平面ミラーおよび縮小側結像面の符号である。レンズの面番号に付された「 \* 」は、非球面形状であることを示す。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。Y は有効半径である。R、D、Y の単位は m m である。

【 0 0 7 9 】

符号	面番号	R	D	硝材	屈折 / 反射	Y
6 0 A	0	0.00000	28.154788		屈折	13.0186
6 6	1	0.00000	-18.500000		反射	27.8830
L 1	2	-107.63712	-6.485840	FDS90_HOYA	屈折	20.3360
	3	85.68986	-0.100000		屈折	20.3200
L 2	4	-29.56915	-7.016961	NBFD10_HOYA	屈折	18.1800
	5	-115.35450	-0.100000		屈折	17.2140
L 3	6	-20.48438	-8.554328	BACD5_HOYA	屈折	13.7230
L 4	7	61.37167	-1.300000	FDS90_HOYA	屈折	11.8820
	8	-9.70000	-6.628532		屈折	7.9460
L 5	* 9	458.39535	-3.324156	BSC7_HOYA	屈折	7.8010
	* 10	31.39990	-0.500000		屈折	7.6000
L 6	* 11	29.45725	-0.805000	FDS90_HOYA	屈折	7.2970
	* 12	-114.50403	-0.319784		屈折	7.3000
6 5	13	0.00000	-8.897059		屈折	7.3000
L 7	14	37.01021	-8.953012	TAC8_HOYA	屈折	13.0850
L 8	15	17.80000	-1.750000	FDS90_HOYA	屈折	15.0450

	16	23.69118	-0.100000		屈折	17.0080
L 9	17	40.40714	-6.305598	TAC8_HOYA	屈折	18.3270
	18	25.42241	-0.100000		屈折	19.2350
L 10	19	-47.93663	-6.759729	TAC8_HOYA	屈折	20.3860
	20	1012.76142	-20.000000		屈折	20.0880
67	21	0.00000	23.000000		反射	27.8550
60B	22	0.00000	0.000000		屈折	8.4910

【 0 0 8 0 】

面番号	9	10	11	12	
コーニック定数	-1.243444E-02	-1.264546E+01	7.140675E+00	-2.51	10
5701E+01					
4次の係数	-4.15449E-05	3.10839E-04	1.04584E-04	-6.4658E-05	
6次の係数	-5.46074E-07	-3.62938E-06	-1.29098E-06	7.36208E-07	
8次の係数	2.88462E-09	1.21847E-08	-2.16956E-10	-2.45258E-09	
10次の係数	-1.32879E-10	1.06056E-10	1.38152E-10	0	

【 0 0 8 1 】

拡大側結像面 6 0 A および縮小側結像面 6 0 B における最大像高を 1 とした場合、光軸 M 1 対する拡大側結像面 6 0 A における各光束の中心光線の角度、光軸 M 2 対する縮小側結像面 6 0 B における各光束の中心光線の角度は、以下のとおりである。

【 0 0 8 2 】

像高	拡大側結像面	縮小側結像面
1	1.998	1.972
0.9	1.928	1.990
0.85	1.875	1.965
0.75	1.736	1.863
0.5	1.255	1.394
0	0.000	0.000

【 0 0 8 3 】

ここで、本形態のリレー光学系 6 A において、最も大きな空気間隔を L 1 とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を D 1 とし、2 番目に大きな空気間隔を L 2 とし、2 番目に大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の他方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を D 2 とした場合、以下の条件式を満たす。

$$D\ 1 < L\ 1 \qquad (1)$$
$$D\ 2 < L\ 2 \qquad (2)$$

【 0 0 8 4 】

本形態では、最も大きな空気間隔 L 1 は、拡大側結像面 6 0 A およびレンズ L 1 の間に設けられる。有効直径 D 1 は、最も大きな空気間隔 L 1 に隣接する拡大側結像面 6 0 A の有効直径である。2 番目に大きな空気間隔 L 2 は、レンズ L 1 0 および縮小側結像面 6 0 B の間に設けられる。有効直径 D 2 は、2 番目に大きな空気間隔 L 2 に隣接する縮小側結像面 6 0 B の有効直径である。具体的な数値は、以下のとおりである。

【 0 0 8 5 】

D 1	2 6 . 0 3 7 2 m m
L 1	4 6 . 6 5 4 8 m m
D 2	1 6 . 9 8 2 0 m m
L 2	4 3 . 0 0 0 0 m m

よって、本形態のリレー光学系 6 A は、条件式 ( 1 ) ( 2 ) を満たす。

【 0 0 8 6 】

( 作用効果 )

20

30

40

50



実施形態 2 のリレー光学系 6 A は、実施形態 1 と同様の作用効果を得ることができる。図 5 は、実施形態 2 のリレー光学系 6 A の縮小側の M T F を示す図である。図 5 と図 3 とを比較すると、本形態のリレー光学系 6 A は、比較例のリレー光学系より解像度が高いので、光学性能が高いことが分かる。

【 0 0 8 7 】

[ 実施形態 3 ]

図 6 は、実施形態 3 のリレー光学系 6 B を用いたプロジェクター 1 0 0 B の要部の概略図である。実施形態 3 のリレー光学系 6 B の構成およびレンズデータは、実施形態 1 のリレー光学系 6 とは相違する。また、実施形態 3 のプロジェクター 1 0 0 B の分離光学系 3 の構成は、実施形態 1 のプロジェクター 1 0 0 の分離光学系 3 の構成とは相違する。よって、実施形態 3 では、実施形態 1 と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する場合がある。

10

【 0 0 8 8 】

図 6 に示すように、分離光学系 3 は、第 1 方向 X 1 に向かって順に、第 2 ダイクロイックミラー 3 2、第 1 ダイクロイックミラー 3 1、および延長光学系 3 0 を備える。第 2 ダイクロイックミラー 3 2、第 1 ダイクロイックミラー 3 1、および延長光学系 3 0 は、分離光学系 3 の第 1 光軸 N に沿って配置されている。第 2 ダイクロイックミラー 3 2 は、出射光 L D を、第 3 色光 L R と混合光 L C とに分離する。第 2 ダイクロイックミラー 3 2 は、第 3 色光 L R を第 3 方向 Y 1 に反射し、混合光 L C を第 1 方向 X 1 に向けて透過する。第 1 ダイクロイックミラー 3 1 は、混合光 L C を、第 1 色光 L B と第 2 色光 L G (他の色光) とに分離する。第 1 ダイクロイックミラー 3 1 は、第 2 色光 L G を第 3 方向 Y 1 に反射し、第 1 色光 L B を第 1 方向 X 1 に向けて透過する。本形態では、第 1 色光 L B は、青色光を含む第 1 波長帯である。第 2 色光 L G は、緑色を含む第 2 波長帯である。第 3 色光 L R は、赤色を含む第 3 波長帯である。第 1 波長帯は、例えば、4 2 0 n m ~ 5 0 0 n m である。第 2 波長帯は、例えば、5 0 0 n m ~ 6 0 0 n m である。第 3 波長帯は、例えば、6 0 0 n m ~ 6 8 0 n m である。混合光 L C の波長帯は、例えば、4 2 0 n m ~ 6 0 0 n m である。

20

【 0 0 8 9 】

延長光学系 3 0 は、分離光学系 3 の光路を第 1 方向 X 1 に延長する。延長光学系 3 0 は、複数のレンズ 3 6 を備える。複数のレンズ 3 6 は、分離光学系 3 の第 1 光軸 N に沿って配置されている。延長光学系 3 0 は、第 1 ダイクロイックミラー 3 1 と第 1 光変調素子 7 1 との間に配置されている。

30

【 0 0 9 0 】

ここで、第 2 ダイクロイックミラー 3 2 の第 3 方向 Y 1 には、第 2 ダイクロイックミラー 3 2 で分離された第 3 色光 L R を第 1 方向 X 1 に向けて反射する反射ミラー 1 4 が配置されている。第 2 ダイクロイックミラー 3 2 と反射ミラー 1 4 との間、および第 2 ダイクロイックミラー 3 2 と第 1 ダイクロイックミラー 3 1 との間には、それぞれ、レンズ 1 2 が配置されている。反射ミラー 1 4 の第 1 方向 X 1 および第 1 ダイクロイックミラー 3 1 の第 3 方向 Y 1 には、それぞれ、レンズ 1 3 が配置されている。レンズ 1 2 およびレンズ 1 3 は、分離光学系 3 で分離された第 2 色光 L G および第 3 色光 L R を光変調素子 7 の近傍に集光させる。

40

【 0 0 9 1 】

第 1 光変調素子 7 1 は、延長光学系 3 0 の第 1 方向 X 1 であって、第 1 光軸 N 上に配置されている。すなわち、第 1 光変調素子 7 1 の光軸 N 1 と第 1 光軸 N とは、一致する。第 3 光変調素子 7 2 は、色合成プリズム 8 の第 2 面部 8 2 と対向する位置に配置されている。第 4 光変調素子 7 3 は、色合成プリズム 8 の第 3 面部 8 3 と対向する位置に配置されている。

【 0 0 9 2 】

第 1 光変調素子 7 1 の有効面積は、第 3 光変調素子 7 2 および第 4 光変調素子 7 3 の有効面積より大きい。本形態では、第 1 光変調素子 7 1 は、1 . 0 3 インチの液晶パネルで

50

あり、第 3 光変調素子 7 2 および第 4 光変調素子 7 3 は、0.67 インチの液晶パネルである。

【0093】

リレー光学系 6 B は、拡大側結像面 6 0 A と、拡大側結像面 6 0 A を縮小した縮小側結像面 6 0 B とを結ぶ。第 1 光変調素子 7 1 は拡大側結像面 6 0 A に配置され、リレー光学系 6 は、第 1 光変調素子 7 1 で変調された第 1 色光 L B の光束幅を縮小側結像面 6 0 B で縮小する。本形態では、リレー光学系 6 B は、第 1 光変調素子 7 1 で変調された第 1 色光 L B の 1.03 インチの光束幅を、縮小側結像面 6 0 B で 0.67 インチの光束幅に縮小する。第 1 光変調素子 7 1 の光軸 N 1 と拡大側結像面 6 0 A の光軸 M 1 とは、一致する。縮小側結像面 6 0 B は、色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 と対向する位置に配置されている。

10

【0094】

ここで、プロジェクター 1 0 0 B は、縮小側結像面 6 0 B と第 1 面部 8 1 との間に配置された偏光板 5 を有する。偏光板 5 と第 1 光変調素子 7 1 の出射側偏光板 7 6 とは、第 1 色光 L B に含まれる偏光成分のうち同一方向の直線偏光成分を透過させる。

【0095】

(リレー光学系の詳細)

図 6 に示すように、リレー光学系 6 B は、拡大側から縮小側に向かって順に、複数のレンズからなり正のパワーを有する第 1 レンズ群 G 1 と、1 枚または 2 枚のレンズを有するとともに少なくとも一方が負のレンズであって負のパワーを有する第 2 レンズ群 G 2 と、複数のレンズからなり正のパワーを有する第 3 レンズ群 G 3 と、を備える。リレー光学系 6 B は、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間に絞り 6 5 を備える。第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 は、リレー光学系 6 B の第 2 光軸 M に沿って配置されている。

20

【0096】

第 1 レンズ群 G 1 は、4 枚のレンズ L 1 ~ レンズ L 4 からなる。L 1 ~ レンズ L 4 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 1 は、正のパワーを有する。レンズ L 1 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 2 は、正のパワーを有する。レンズ L 2 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 3 は、正のパワーを有する。レンズ L 3 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。レンズ L 4 は、負のパワーを有する。レンズ L 4 は、拡大側および縮小側の面に凹形状を備える。レンズ L 3 およびレンズ L 4 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。

30

【0097】

第 2 レンズ群 G 2 は、2 枚のレンズ L 5 ~ L 6 と絞り 6 5 とからなる。レンズ L 5、レンズ L 6 および絞り 6 5 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 5 は、正のパワーを有する。レンズ L 5 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 5 は、拡大側および縮小側の面に、非球面形状を備える。レンズ L 6 (負レンズ) は、負のパワーを有する。レンズ L 6 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 6 は、拡大側および縮小側の面に、非球面形状を備える。ここで、第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 のレンズのうち、レンズ L 6 の有効半径は、最も小さい。

40

【0098】

第 3 レンズ群 G 3 は、レンズ L 7 ~ レンズ L 1 0 の 4 枚のレンズからなる。レンズ L 7 ~ レンズ L 1 0 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 7 は、負のパワーを有する。レンズ L 7 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 8 は、正のパワーを有する。レンズ L 8 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 9 は、正のパワーを有する。レンズ L 9 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 1 0 は、正のパワーを有する。レンズ L 1 0 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。

50

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 2 である。

【 0 0 9 9 】

レンズ L 1 は、第 2 光軸 M の Y 軸方向に延びる部分 M 4 に配置されている。レンズ L 2 ~ レンズ L 1 0 は、第 2 光軸 M の X 軸方向に延びる部分 M 3 に配置されている。

【 0 1 0 0 】

第 1 レンズ群 G 1 のレンズ枚数と第 3 レンズ群 G 3 のレンズ枚数とは、同じ枚数の 4 枚である。拡大側から縮小側に向かって配列された第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大に向かって配列された第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 1 0 ~ L 7 の各レンズパワーの配列と同じである。具体的には、第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、拡大側から縮小側に向かって順に、正正正負である。第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 1 0 ~ L 7 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大側に向かって順に、正正正負である。

10

【 0 1 0 1 】

リレー光学系 6 は、拡大側結像面 6 0 A と第 1 レンズ群 G 1 との間に配置された第 1 平面ミラー 6 6 と、第 1 レンズ群 G 1 の内部であってレンズ L 1 およびレンズ L 2 の間に配置された第 2 平面ミラー 6 7 とを備える。第 1 平面ミラー 6 6 は、平面形状を備える。第 1 平面ミラー 6 6 は、レンズ L 1 の第 4 方向 Y 2 方向に配置されている。第 2 平面ミラー 6 7 は、平面形状を備える。第 2 平面ミラー 6 7 は、レンズ L 2 の第 3 方向 Y 1 に配置されている。第 1 平面ミラー 6 6 および第 2 平面ミラー 6 7 は、それぞれ、光線を 90° 屈曲させる。

20

【 0 1 0 2 】

第 1 光変調素子 7 1 により変調された第 1 色光 L B は、第 1 方向 X 1 に向かって進む。第 1 光変調素子 7 1 から第 1 平面ミラー 6 6 に到達した第 1 色光 L B は、第 1 平面ミラー 6 6 により、第 3 方向 Y 1 に向かって反射される。第 1 平面ミラー 6 6 で反射された第 1 色光 L B は、レンズ L 1 を透過して、第 2 平面ミラー 6 7 に到達する。第 2 平面ミラー 6 7 に到達した第 1 色光 L B は、第 2 平面ミラー 6 7 により、第 2 方向 X 2 に向かって反射される。第 2 平面ミラー 6 7 で反射された第 1 色光 L B は、レンズ L 2 ~ レンズ L 1 0 を透過して、縮小側結像面 6 0 B に到達する。

【 0 1 0 3 】

拡大側結像面 6 0 A の光軸 M 1 と縮小側結像面 6 0 B の光軸 M 2 とは、平行である。拡大側結像面 6 0 A に入射する第 1 色光 L B の入射方向は、第 1 方向 X 1 である。縮小側結像面 6 0 B から出射する第 1 色光 L B の出射方向は、第 2 方向 X 2 である。すなわち、拡大側結像面 6 0 A に入射する第 1 色光 L B の入射方向は、縮小側結像面 6 0 B から出射する第 1 色光 L B の出射方向とは反対方向である。

30

【 0 1 0 4 】

拡大側結像面 6 0 A および縮小側結像面 6 0 B は、色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 に対して同じ側の第 1 方向 X 1 に位置する。すなわち、第 1 光変調素子 7 1 および縮小側結像面 6 0 B は、色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 に対して同じ側の第 1 方向 X 1 に位置する。

【 0 1 0 5 】

リレー光学系 6 B の拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。本形態では、各光束の中心光線と光軸 M 1 , M 2 とが成す角度は ± 2° 以内である。

40

【 0 1 0 6 】

分離光学系 3 の第 1 光軸 N と、リレー光学系 6 B の第 2 光軸 M のうち少なくとも部分 M 3 とは、平行である。第 2 光軸 M の部分 M 3 は、第 1 色光 L B が入射する色合成プリズム 8 の第 1 面部 8 1 に対して垂直である。第 1 光軸 N および第 2 光軸 M の部分 M 3 と直交する Y 軸方向から見た場合に、延長光学系 3 0 は、リレー光学系 6 B と重なる。

【 0 1 0 7 】

リレー光学系 6 B の縮小側結像面 6 0 B の最大像高を Y b とし、リレー光学系 6 B の全長を T L とし、リレー光学系 6 B のレンズ長を L A とし、リレー光学系 6 B の縮小側の F

50

ナンバーをF nとし、リレー光学系 6 Bの倍率をEとすると、リレー光学系 6 Bのデータは以下のとおりである。

【 0 1 0 8 】

Y b	8 . 4 9 9 m m
T L	1 9 5 . 5 4 9 m m
L A	1 1 7 . 7 1 1 m m
F n	1 . 5 3
E	1 . 5 3

【 0 1 0 9 】

リレー光学系 6 Bのレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、拡大側結像面、第 1 平面ミラー、レンズ、第 2 平面ミラーおよび縮小側結像面の符号である。レンズの面番号に付された「 \* 」は、非球面形状であることを示す。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。Yは有効半径である。R、D、Yの単位はmmである。

【 0 1 1 0 】

符号	面番号	R	D	硝材	屈折/反射	Y	
60A	0	0.00000	26.831800		屈折	13.0186	
66	1	0.00000	-22.168200		反射	28.9460	
L1	2	160.00000	-4.049038	NBFD10_HOYA	屈折	21.0620	
	3	70.13655	-22.000000		屈折	21.3930	20
67	4	0.00000	22.500000		反射	31.8450	
L2	5	74.51888	7.645917	TAFD5F_HOYA	屈折	22.7520	
	6	-127.66049	0.100000		屈折	22.4810	
L3	7	23.12883	11.320403	TAFD5F_HOYA	屈折	17.8530	
L4	8	7100.87695	1.900000	FD60W_HOYA	屈折	15.7020	
	9	14.01950	4.019656		屈折	10.6400	
L5	*10	25.85743	1.405542	MTAFD51_HOYA	屈折	10.5960	
	*11	82.03475	0.600000		屈折	10.3320	
L6	*12	60.86701	0.805000	MCFD80_HOYA	屈折	10.1320	
	*13	14.80852	2.391067		屈折	9.6110	30
65	14	0.00000	3.541583		屈折	9.6000	
L7	15	-26.07564	7.416302	TAFD5F_HOYA	屈折	10.0960	
L8	16	-13.40000	1.900000	FDS90_HOYA	屈折	11.3050	
	17	-21.43281	12.801483		屈折	12.8030	
L9	18	-21.82517	8.261107	NBFD13_HOYA	屈折	14.2000	
	19	-23.57697	0.100000		屈折	16.9120	
L10	20	36.85821	4.954069	TAFD5F_HOYA	屈折	17.1140	
	21	132.73720	28.837816		屈折	16.7120	
60B	22	0.00000	0.000000		屈折	8.4970	

【 0 1 1 1 】

面番号	10	11	12	13	
コーニック定数	-1.258405E+00	3.594804E+01	2.323815E+01	1.236475E-01	
4次の係数	-9.420159E-05			-1.503907E-04	
6次の係数	2.234791E-09			0	
8次の係数	0			0	
10次の係数	0			0	

【 0 1 1 2 】

拡大側結像面 6 0 Aおよび縮小側結像面 6 0 Bにおける最大像高を 1 とした場合、光軸 M 1 対する拡大側結像面 6 0 Aにおける各光束の中心光線の角度、光軸 M 2 対する縮小側

結像面 6 0 B における各光束の中心光線の角度は、以下のとおりである。

【 0 1 1 3 】

像高	拡大側結像面	縮小側結像面
1	1.661	1.927
0.9	1.606	1.834
0.85	1.563	1.773
0.75	1.452	1.628
0.5	1.057	1.162
0	0.000	0.000

【 0 1 1 4 】

ここで、本形態のリレー光学系 6 B において、最も大きな空気間隔を  $L_1$  とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を  $D_1$  とし、2 番目に大きな空気間隔を  $L_2$  とし、2 番目に大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の他方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径を  $D_2$  とした場合、以下の条件式を満たす。

$$D_1 < L_1 \quad (1)$$

$$D_2 < L_2 \quad (2)$$

【 0 1 1 5 】

本形態では、最も大きな空気間隔  $L_1$  は、拡大側結像面 6 0 A およびレンズ  $L_1$  の間に設けられる。有効直径  $D_1$  は、最も大きな空気間隔  $L_1$  に隣接する拡大側結像面 6 0 A の有効直径である。2 番目に大きな空気間隔  $L_2$  は、レンズ  $L_1$  およびレンズ  $L_2$  の間に設けられる。有効直径  $D_2$  は、2 番目に大きな空気間隔  $L_2$  に隣接するレンズ  $L_1$  の有効直径である。具体的な数値は、以下のとおりである。

【 0 1 1 6 】

$D_1$	26.0372 mm
$L_1$	49.0000 mm
$D_2$	42.7840 mm
$L_2$	44.5000 mm

よって、本形態のリレー光学系 6 B は、条件式 (1) (2) を満たす。

【 0 1 1 7 】

(作用効果)

実施形態 3 のリレー光学系 6 B は、実施形態 1 と同様の作用効果を得ることができる。図 7 は、実施形態 3 のリレー光学系 6 B の縮小側の MTF を示す図である。図 7 と図 3 とを比較すると、本形態のリレー光学系 6 B は、比較例のリレー光学系より解像度が高いので、光学性能が高いことが分かる。

【 0 1 1 8 】

[ 実施形態 4 ]

図 8 は、実施形態 4 のリレー光学系 6 C の光線図である。図 8 に示すように、リレー光学系 6 C は、拡大側結像面 6 0 A と、拡大側結像面 6 0 A を縮小した縮小側結像面 6 0 B とを結ぶ。リレー光学系 6 は、拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 1 レンズ群  $G_1$  と、絞り 6 5 と 1 枚の負レンズからなり負のパワーを有する第 2 レンズ群  $G_2$  と、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第 3 レンズ群  $G_3$  と、を備える。第 1 レンズ群  $G_1$ 、第 2 レンズ群  $G_2$  および第 3 レンズ群  $G_3$  は、リレー光学系 6 の第 2 光軸 M に沿って配置されている。本形態では、拡大側結像面 6 0 A の光軸 M 1 および縮小側結像面 6 0 B の光軸 M 2 は、リレー光学系 6 の第 2 光軸 M と直線状に一致する。

【 0 1 1 9 】

第 1 レンズ群  $G_1$  は、4 枚のレンズ  $L_1 \sim$  レンズ  $L_4$  からなる。 $L_1 \sim$  レンズ  $L_4$  は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ  $L_1$  は、正のパワーを有す

10

20

30

40

50

る。レンズ L 1 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 2 は、正のパワーを有する。レンズ L 2 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 3 は、正のパワーを有する。レンズ L 3 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 4 は、負のパワーを有する。レンズ L 4 は、拡大側および縮小側の面に凹形状を備える。レンズ L 3 およびレンズ L 4 は、接合された接合レンズ L 2 1 である。

【 0 1 2 0 】

第 2 レンズ群 G 2 は、1 枚のレンズ L 5 と絞り 6 5 とからなる。レンズ L 5 および絞り 6 5 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 5 (負レンズ) は、負のパワーを有する。レンズ L 5 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。レンズ L 5 は、拡大側および縮小側の面に、非球面形状を備える。ここで、第 1 レンズ群 G 1、第 2 レンズ群 G 2 および第 3 レンズ群 G 3 のレンズのうち、レンズ L 5 の有効半径は、最も小さい。

【 0 1 2 1 】

第 3 レンズ群 G 3 は、レンズ L 6 ~ レンズ L 9 の 4 枚のレンズからなる。レンズ L 6 ~ レンズ L 9 は、拡大側から縮小側に向かってこの順に配置されている。レンズ L 6 は、負のパワーを有する。レンズ L 7 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 7 は、正のパワーを有する。レンズ L 7 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 8 は、正のパワーを有する。レンズ L 8 は、拡大側の面に凹形状を備え、縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 9 は、正のパワーを有する。レンズ L 9 は、拡大側および縮小側の面に凸形状を備える。レンズ L 6 およびレンズ L 7 は、接合された接合レンズ L 2 2 である。

【 0 1 2 2 】

第 1 レンズ群 G 1 のレンズ枚数と第 3 レンズ群 G 3 のレンズ枚数とは、同じ枚数の 4 枚である。拡大側から縮小側に向かって配列された第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大に向かって配列された第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 9 ~ L 6 の各レンズパワーの配列と同じである。具体的には、第 1 レンズ群 G 1 のレンズ L 1 ~ L 4 の各レンズパワーの配列は、拡大側から縮小側に向かって順に、正正正負である。第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 9 ~ L 6 の各レンズパワーの配列は、縮小側から拡大側に向かって順に、正正正負である。

【 0 1 2 3 】

リレー光学系 6 C の拡大側および縮小側は、それぞれ、テレセントリックである。本形態では、各光束の中心光線と光軸 M 1 , M 2 とが成す角度は  $\pm 2^\circ$  以内である。

【 0 1 2 4 】

リレー光学系 6 C の縮小側結像面 6 0 B の最大像高を Y b とし、リレー光学系 6 C の全長を T L とし、リレー光学系 6 C のレンズ長を L A とし、リレー光学系 6 C の縮小側の F ナンバーを F n とし、リレー光学系 6 C の倍率を E とすると、リレー光学系 6 C のデータは以下のとおりである。

【 0 1 2 5 】

Y b	8 . 4 9 9 m m
T L	1 6 8 . 0 0 0 m m
L A	8 1 . 7 8 7 m m
F n	1 . 6 4
E	1 . 5 3

【 0 1 2 6 】

リレー光学系 6 C のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、拡大側結像面、レンズ、および縮小側結像面の符号である。レンズの面番号に付された「\*」は、非球面形状であることを示す。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。Y は有効半径である。R、D、Y の単位は m m である。

【 0 1 2 7 】

符号	面番号	R	D	硝材	屈折 / 反射	Y
----	-----	---	---	----	---------	---

40

50

60A	0	0.00000	45.212882		屈折	13.0186	
L1	1	-184.09700	4.100000	FDS90_HOYA	屈折	19.9480	
	2	-62.88502	10.166130		屈折	20.2050	
L2	3	42.01633	6.879150	TAFD5F_HOYA	屈折	19.6120	
	4	-2625.89736	0.370342		屈折	19.1210	
L3	5	22.31374	9.520045	LAC14_HOYA	屈折	15.6100	
L4	6	-149.53242	1.500000	FF8_HOYA	屈折	13.8930	
	7	12.46324	8.511899		屈折	9.6350	
L5	*8	48.67992	3.652066	BSC7_HOYA	屈折	8.4880	
	*9	15.14022	1.597311		屈折	7.9300	10
65	10	0.00000	7.267946		屈折	7.6000	
L6	11	-45.52784	11.124290	TAC8_HOYA	屈折	12.0110	
L7	12	-17.50000	1.500000	FDS90_HOYA	屈折	14.5630	
	13	-36.45624	0.100000		屈折	17.3600	
L8	14	-58.12613	7.525796	TAC8_HOYA	屈折	18.2860	
	15	-25.29455	1.736639		屈折	19.1190	
L9	16	54.32842	6.235505	TAFD5F_HOYA	屈折	20.3670	
	17	-598.53650	41.000000		屈折	20.1000	
60B	18	0.00000	0.000000		屈折	8.4940	

【0128】 20

面番号	8	9
コーニック定数	-4.328137E+00	-3.211675E+00
4次の係数	-1.372099E-04	-3.533897E-05
6次の係数	1.782276E-07	-7.351476E-09
8次の係数	-1.071556E-09	4.050635E-10
10次の係数	-8.726952E-13	0

【0129】  
拡大側結像面60Aおよび縮小側結像面60Bにおける最大像高を1とした場合、光軸M1対する拡大側結像面60Aにおける各光束の中心光線の角度、光軸M2対する縮小側結像面60Bにおける各光束の中心光線の角度は、以下のとおりである。 30

像高	拡大側結像面	縮小側結像面
1	1.698	1.915
0.9	1.658	1.889
0.85	1.618	1.852
0.75	1.509	1.740
0.5	1.101	1.288
0	0.000	0.000

【0131】  
ここで、本形態のリレー光学系6Cにおいて、最も大きな空気間隔をL1とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径をD1とし、2番目に大きな空気間隔をL2とし、2番目に大きな空気間隔に隣接している、レンズと拡大側結像面および縮小側結像面の他方の結像面とのうち有効直径が小さいほうの有効直径をD2とした場合、以下の条件式を満たす。 40

$$D1 < L1 \quad (1)$$
$$D2 < L2 \quad (2)$$

【0132】  
本形態では、最も大きな空気間隔L1は、拡大側結像面60AおよびレンズL1の間に設けられる。有効直径D1は、最も大きな空気間隔L1に隣接する拡大側結像面60Aの 50

有効直径である。2 番目に大きな空気間隔  $L_2$  は、レンズ  $L_9$  および縮小側結像面  $60B$  の間に設けられる。有効直径  $D_2$  は、2 番目に大きな空気間隔  $L_2$  に隣接する縮小側結像面  $60B$  の有効直径である。具体的な数値は、以下のとおりである。

【0133】

$D_1$	26.0372 mm
$L_1$	45.2129 mm
$D_2$	16.9980 mm
$L_2$	41.0000 mm

よって、本形態のリレー光学系  $6C$  は、条件式 (1) (2) を満たす。

【0134】

(作用効果)

本形態では、第2レンズ群  $G_2$  は、絞り  $65$  と1枚の負レンズ  $L_5$  とからなる。このように構成しても、実施形態4のリレー光学系  $6C$  は、実施形態1と同様の作用効果を得ることができる。図9は、実施形態4のリレー光学系  $6C$  の縮小側のMTFを示す図である。図9と図3とを比較すると、本形態のリレー光学系  $6C$  は、比較例のリレー光学系より解像度が高いので、光学性能が高いことが分かる。なお、本形態のリレー光学系  $6C$  は、実施形態1と同様に、第1平面ミラー  $66$  および第2平面ミラー  $67$  を備えてもよい。

【0135】

(他の実施例)

実施形態3では、第2レンズ群  $G_2$  は、絞り  $65$  と1枚の単レンズである負レンズ  $L_5$  とからなるが、1枚の負レンズは、1枚の単レンズに限定されない。1枚の負レンズは、複数枚のレンズが接合されるとともに負のパワーを有する1枚の接合レンズであってもよい。このようにすれば、1枚の接合レンズにより、リレー光学系  $6$  の倍率色収差を抑制することができる。

【0136】

上記形態のリレー光学系  $6$  は、プロジェクターに用いることに限定されない。上記形態のリレー光学系  $6$  は、拡大側結像面および拡大側結像面を縮小した縮小側結像面を結ぶ光学系を用いる、露光機やステッパなどの装置に用いることができる。

【0137】

[本開示のまとめ]

以下、本開示のまとめを付記する。

【0138】

(付記1)

拡大側結像面と、前記拡大側結像面を縮小した縮小側結像面とを結ぶリレー光学系において、

拡大側から縮小側に向かって光線が通過する順に、複数のレンズで構成された正のパワーを有する第1レンズ群、絞りと少なくとも1枚の負レンズとを含む負のパワーを有する第2レンズ群、および複数のレンズで構成された正のパワーを有する第3レンズ群を備え、

前記第1レンズ群のレンズ枚数と前記第3レンズ群のレンズ枚数とは、同じ枚数であり、

前記拡大側から前記縮小側に向かって配列された前記第1レンズ群の前記複数のレンズの各レンズパワーの配列は、前記縮小側から前記拡大に向かって配列された前記第3レンズ群の前記複数のレンズの各レンズパワーの配列と同じであり、

前記拡大側および前記縮小側は、それぞれ、テレセントリックであることを特徴とするリレー光学系。

【0139】

これにより、拡大側から縮小側に向かって配列された第1レンズ群のレンズ構成と、縮小側から拡大に向かって配列された第3レンズ群のレンズ構成とは、対称であるので、第1レンズ群で発生した諸収差を、第3レンズ群でキャンセルすることができる。この結果

10

20

30

40

50



、リレー光学系の光学性能を向上させることができる。また、リレー光学系の両側がテレセントリックであるので、リレー光学系の両側がテレセントリックでないものと比較して、リレー光学系を装置に組み込む際の設置精度が厳しくなく、配置が容易である。

【0140】

(付記2)

前記第1レンズ群は、前記拡大側から前記縮小側に向かって順に、2枚の正レンズ、接合レンズを有し、

前記第3レンズ群は、前記縮小側から前記拡大側に向かって順に、2枚の正レンズ、接合レンズを有することを特徴とする付記1に記載のリレー光学系。

【0141】

これにより、第1レンズ群および第3レンズ群は、それぞれ、接合レンズを有するので、第1レンズ群で発生した倍率色収差を、第3レンズ群でより良好にキャンセルすることができる。また、第1レンズ群および第3レンズ群は、それぞれ、2枚の正レンズを有するので、リレー光学系の全長を短くすることができる。

【0142】

(付記3)

前記第1レンズ群、前記第2レンズ群および前記第3レンズ群のレンズのうち、最も有効径が小さいレンズは、非球面形状を備えることを特徴とする付記1または2に記載のリレー光学系。

【0143】

ここで、最も有効径が小さいレンズでは、全ての光線が広がった状態でレンズを透過する。このため、最も有効径が小さいレンズが非球面形状を備えれば、全ての像高に対して諸収差を良好に改善できる。これにより、リレー光学系の光学性能を向上させることができる。

【0144】

(付記4)

前記第2レンズ群は、前記絞りと1枚の前記負レンズとからなることを特徴とする付記1から3のうち何れか一項に記載のリレー光学系。

【0145】

(付記5)

前記リレー光学系において、最も大きな空気間隔を $L_1$ とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと前記拡大側結像面および前記縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効径が小さいほうの有効径を $D_1$ とし、2番目に大きな空気間隔を $L_2$ とし、2番目に大きな空気間隔に隣接している、レンズと前記拡大側結像面および前記縮小側結像面の他方の結像面とのうち有効径が小さいほうの有効径を $D_2$ とした場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする付記1から4のうち何れか一項に記載のリレー光学系。

$$D_1 < L_1$$

$$D_2 < L_2$$

【0146】

これにより、最も大きな空気間隔および2番目に大きな空気間隔において、光路を任意の角度に変更することが容易となるので、リレー光学系のレイアウトの自由度が向上する。また、最も大きな空気間隔および2番目に大きな空気間隔にそれぞれ隣接するレンズの屈折角を多くに取らなくとも光線のコントロールが容易となる。

【0147】

(付記6)

前記リレー光学系において、最も大きな空気間隔を $L_1$ とし、最も大きな空気間隔に隣接している、レンズと前記拡大側結像面および前記縮小側結像面の一方の結像面とのうち有効径が小さいほうの有効径を $D_1$ とし、2番目に大きな空気間隔を $L_2$ とし、2番目に大きな空気間隔に隣接している、2つのレンズのうち有効径が小さいほうの有効径を $D_2$ とした場合、以下の条件式を満たすことを特徴とする付記1から4のうち何れか

10

20

30

40

50

一項に記載のリレー光学系。

$$D1 < L1$$

$$D2 < L2$$

【0148】

これにより、最も大きな空気間隔および2番目に大きな空気間隔において、光路を任意の角度に変更することが容易となるので、リレー光学系のレイアウトの自由度が向上する。また、最も大きな空気間隔および2番目に大きな空気間隔にそれぞれ隣接するレンズの屈折角を多くに取らなくとも光線のコントロールが容易となる。

【0149】

(付記7)

前記最も大きな空気間隔に配置された第1平面ミラーと、前記2番目に大きな空気間隔に配置された第2平面ミラーと、を備え、

前記最も大きな空気間隔は、前記拡大側結像面および前記第1レンズ群の間設けられ、

前記2番目に大きな空気間隔は、前記第3レンズ群および前記縮小側結像面の間に設けられることを特徴とする付記5に記載のリレー光学系。

【0150】

これにより、リレー光学系に、第1平面ミラーおよび第2平面ミラーを配置することが容易となる。

【0151】

(付記8)

前記最も大きな空気間隔に配置された第1平面ミラーと、前記2番目に大きな空気間隔に配置された第2平面ミラーと、を備え、

前記最も大きな空気間隔は、前記拡大側結像面および前記第1レンズ群の間設けられ、

前記2番目に大きな空気間隔は、前記第1レンズ群の内部に設けられることを特徴とする付記6に記載のリレー光学系。

【0152】

これにより、リレー光学系に、第1平面ミラーおよび第2平面ミラーを配置することが容易となる。

【0153】

(付記9)

前記第1平面ミラーおよび前記第2平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、

前記拡大側結像面の光軸と前記縮小側結像面の光軸とは、平行であり、

前記拡大側結像面に入射する光線の入射方向は、前記縮小側結像面に入射する入射方向と反対方向であることを特徴とする付記7または8に記載のリレー光学系。

【0154】

これにより、リレー光学系は、効率よく光路を180°折り曲げることができる。

【0155】

(付記10)

付記1から6に記載されたリレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、光源と、

前記光源から出射された白色光を、青色光を含む第1波長帯の第1色光と前記第1色光よりも長い波長帯の他の色光に分離する分離光学系と、

前記分離光学系で分離された前記第1色光に対して変調する第1光変調素子と、

前記分離光学系で分離させた前記他の色光に対して変調する第2光変調素子と、

前記第1光変調素子が前記拡大側結像面に配置され、前記第1光変調素子で変調された前記第1色光の光束幅を前記縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、

前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第1色光および前記第2光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、

前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、

を有し、

10

20

30

40

50

前記第 1 光変調素子の有効面積は、前記第 2 光変調素子の有効面積より大きく、  
前記リレー光学系は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間に配置された第 1 平面ミラーと、前記第 3 レンズ群および前記縮小側結像面の間に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、

前記第 1 平面ミラーおよび前記第 2 平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、  
前記拡大側結像面の光軸は、前記縮小側結像面の光軸と平行であり、  
前記拡大側結像面に入射する前記第 1 色光の入射方向は、前記縮小側結像面から出射する前記第 1 色光の出射方向とは反対方向であることを特徴とするプロジェクター。

【0156】

これにより、光路を 180° 折り曲げたリレー光学系をプロジェクターに配置すること  
できる。 10

【0157】

(付記 11)

付記 1 から 6 に記載されたリレー光学系を備えるプロジェクターにおいて、  
光源と、

前記光源から出射された白色光を、青色光を含む第 1 波長帯の第 1 色光と前記第 1 色光よりも長い波長帯の他の色光に分離する分離光学系と、

前記分離光学系で分離された前記第 1 色光に対して変調する第 1 光変調素子と、

前記分離光学系で分離させた前記他の色光に対して変調する第 2 光変調素子と、

前記第 1 光変調素子が前記拡大側結像面に配置され、前記第 1 光変調素子で変調された  
前記第 1 色光の光束幅を前記縮小側結像面で縮小する前記リレー光学系と、 20

前記リレー光学系で光束幅が縮小された前記第 1 色光および前記第 2 光変調素子で変調された前記他の色光を合成した合成光を出射する色合成プリズムと、

前記色合成プリズムから出射した前記合成光を投写する投写光学系と、

を有し、

前記第 1 光変調素子の有効面積は、前記第 2 光変調素子の有効面積より大きく、  
前記リレー光学系は、前記拡大側結像面および前記第 1 レンズ群の間に配置された第 1 平面ミラーと、前記第 1 レンズ群の内部に配置された第 2 平面ミラーと、を備え、

前記第 1 平面ミラーおよび前記第 2 平面ミラーは、それぞれ、光線を屈曲させ、

前記拡大側結像面の光軸は、前記縮小側結像面の光軸と平行であり、 30

前記拡大側結像面に入射する前記第 1 色光の入射方向は、前記縮小側結像面から出射する前記第 1 色光の出射方向とは反対方向であることを特徴とするプロジェクター。

【0158】

これにより、光路を 180° 折り曲げたリレー光学系をプロジェクターに配置すること  
できる。

【符号の説明】

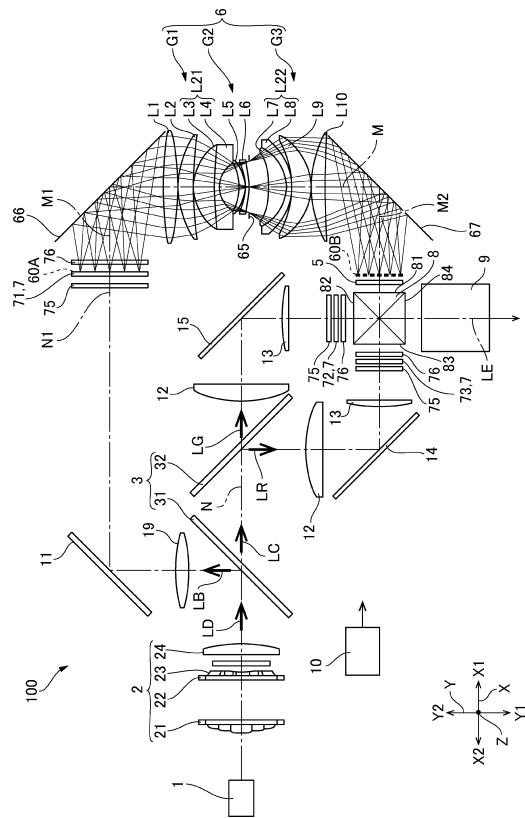
【0159】

1 ... 光源、2 ... 照明光学系、3 ... 分離光学系、5 ... 偏光板、6・6A・6B・6C ... リレー光学系、7 ... 光変調素子、8 ... 色合成プリズム、9 ... 投写光学系、10 ... 制御部、11 ... 反射ミラー、12 ... レンズ、13 ... レンズ、14 ... 反射ミラー、15 ... 反射ミラー、16 ... 反射ミラー、17 ... 反射ミラー、19 ... リレーレンズ、21 ... マルチレンズ、22 ... 偏光ビームスプリッタ、23 ... マルチレンズ、24 ... リレーレンズ、31 ... 第 1 ダイクロイックミラー、32 ... 第 2 ダイクロイックミラー、60 ... 反射面、60A ... 拡大側結像面、60B ... 縮小側結像面、65 ... 絞り、66 ... 第 1 反射ミラー、67 ... 第 2 反射ミラー、71 ... 第 1 光変調素子、72 ... 第 3 光変調素子、73 ... 第 4 光変調素子、75 ... 入射側偏光板、76 ... 出射側偏光板、81 ... 第 1 面部、82 ... 第 2 面部、83 ... 第 3 面部、84 ... 第 4 面部、100・100A・100B ... プロジェクター、G1 ... 第 1 レンズ群、G2 ... 第 2 レンズ群、G3 ... 第 3 レンズ群、L1 ~ L10 ... レンズ、L21・L22 ... 接合レンズ、LD ... 出射光、LE ... 合成光、LB ... 第 1 色光、LG ... 第 2 色光、LR ... 第 3 色光、LC ... 他の色光、N ... 第 1 光軸、M ... 第 2 光軸、M1 ... 拡大側結像面の光軸、M2 ... 縮小 40

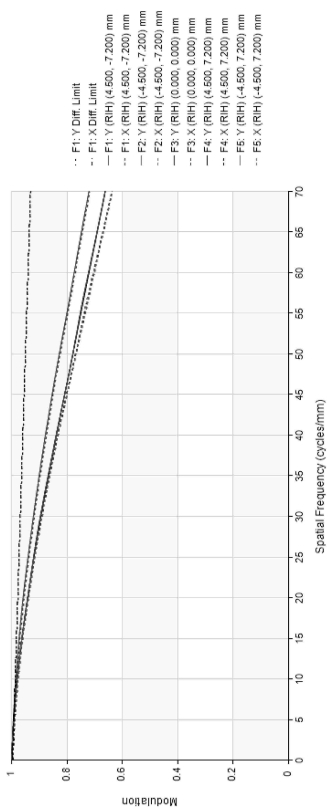
側結像面の光軸。

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

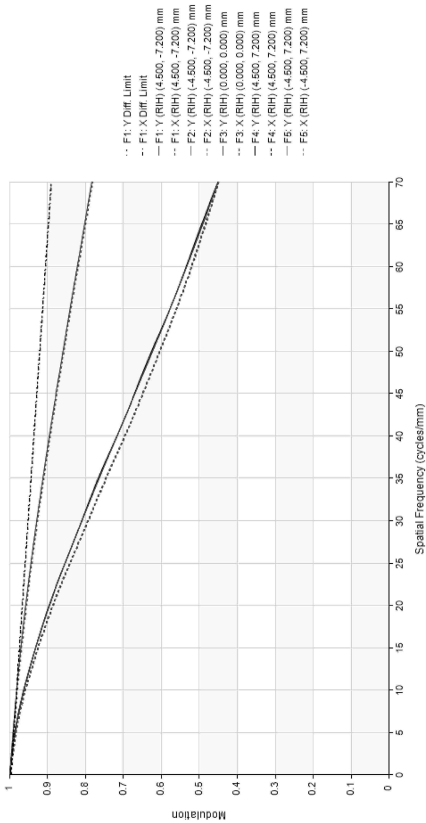
20

30

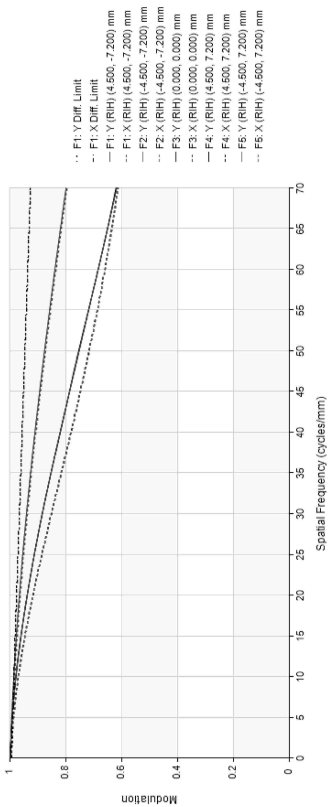
40

50

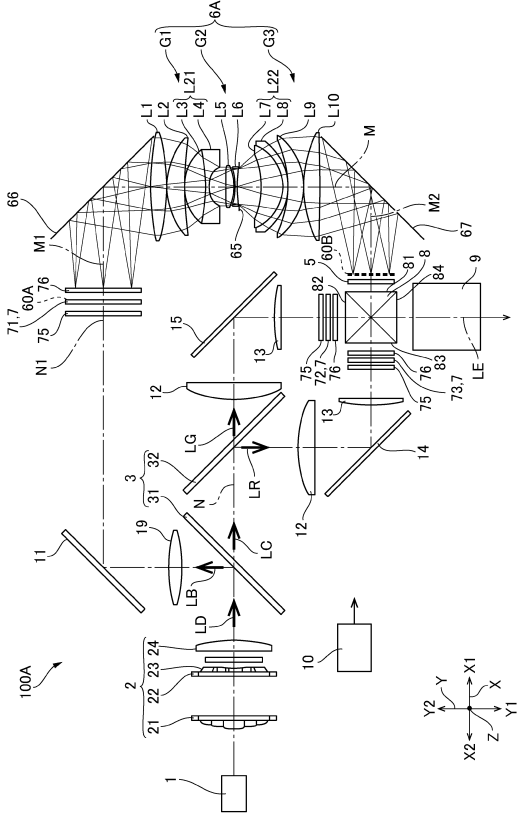
【 図 3 】



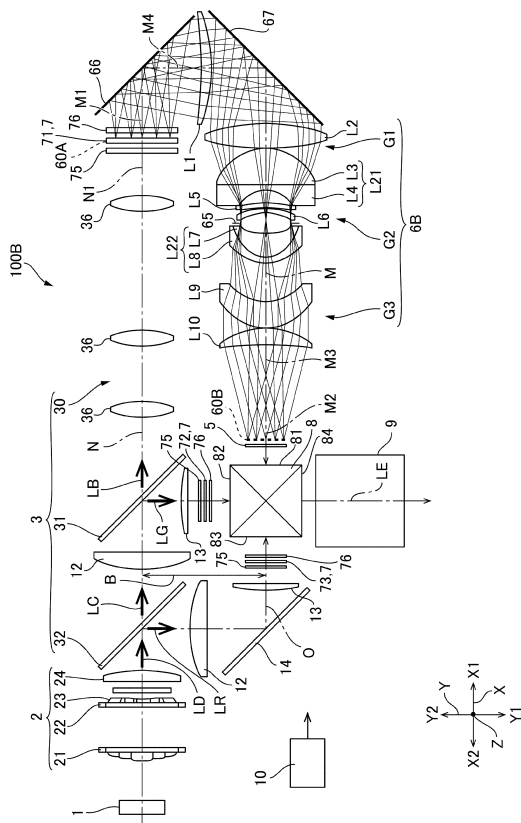
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



10

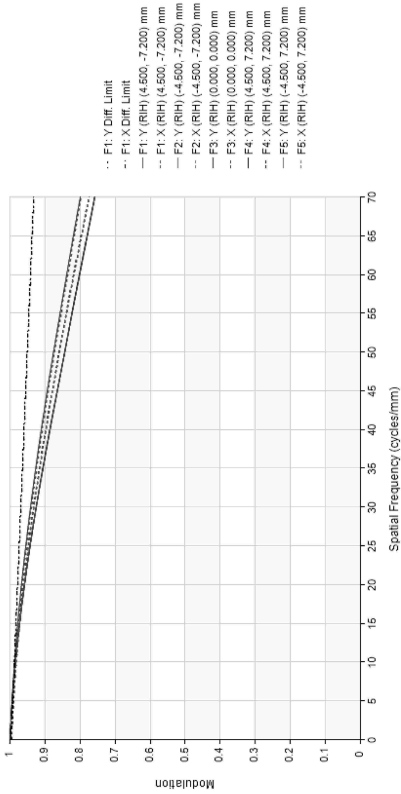
20

30

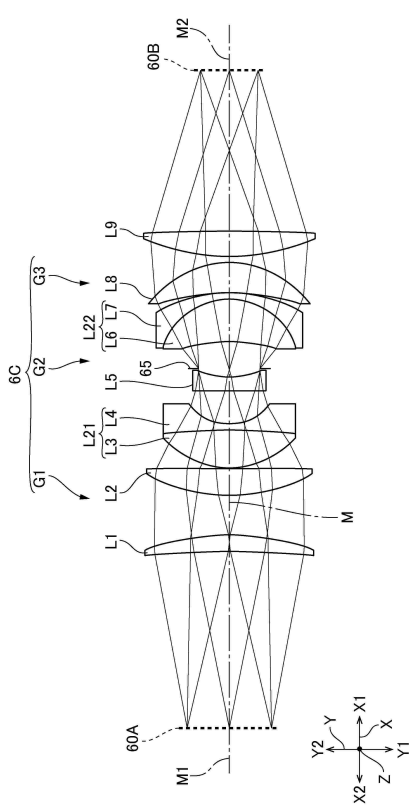
40

50

【 図 7 】



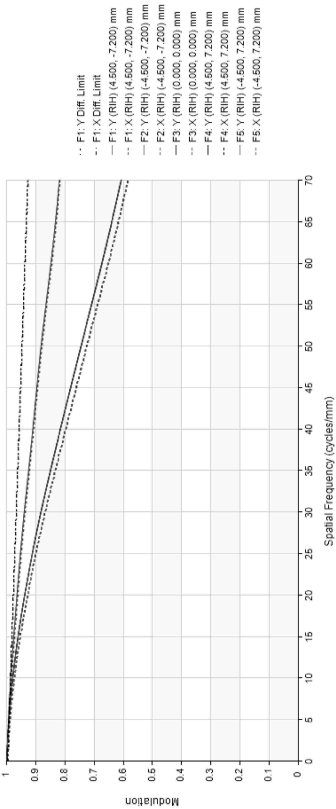
【 図 8 】



10

20

【 図 9 】



30

40

50

F ターム ( 参考 )    2H087    KA06 KA07 LA27 NA02 PA07 PA08 PA19 PB09 PB10 QA02  
QA03 QA06 QA07 QA12 QA14 QA21 QA25 QA32 QA34 QA41 QA46  
RA04 RA05 RA12 RA13 RA32 RA41 RA42 RA45 RA48  
2K203    FA03 FA22 FA34 FA42 GA33 GA34 GA36 HA02 HA13 HA14  
HA67 HA68 HA74 HA75 HB17 MA32