

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7690809号
(P7690809)

(45)発行日 令和7年6月11日(2025.6.11)

(24)登録日 令和7年6月3日(2025.6.3)

(51)国際特許分類

G 0 2 B	13/04 (2006.01)	G 0 2 B	13/04
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	21/00 (2006.01)	G 0 3 B	21/00
G 0 3 B	21/14 (2006.01)	G 0 3 B	21/14

F I

E
D
請求項の数 9 (全38頁)

(21)出願番号 特願2021-127323(P2021-127323)
 (22)出願日 令和3年8月3日(2021.8.3)
 (65)公開番号 特開2023-22443(P2023-22443A)
 (43)公開日 令和5年2月15日(2023.2.15)
 審査請求日 令和6年4月16日(2024.4.16)

(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
 100216253
 弁理士 松岡 宏紀
 100225901
 弁理士 今村 真之
 平野 整
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
 コーエプソン株式会社内
 (72)発明者 木山 康之
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
 コーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学系、およびプロジェクター

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

拡大側から縮小側に向けて順に、負の屈折力を有する第1レンズ、絞り、正の屈折力を有する第2レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第3レンズ、負の屈折力を有する第4レンズ、正の屈折力を有する第5レンズ、および正の屈折力を有する第6レンズからなり、前記第3レンズと前記第4レンズは互いに接合された接合レンズであり、

前記接合レンズは、負の屈折力を有し、

前記第5レンズは、プラスチック製であり、両面に非球面を備え、

前記第6レンズは、ガラス製であり、両面に球面を備え、

前記第6レンズより前記縮小側がテレスコントリックであり、

前記絞りの有効半径をSD12、前記第2レンズの有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする光学系。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【請求項2】

前記第1レンズは、プラスチック製であり、両面に非球面を備えることを特徴とする請求項1に記載の光学系。

【請求項3】

前記第3レンズおよび前記第4レンズは、ガラス製であることを特徴とする請求項1または2に記載の光学系。

【請求項4】

10

20

前記第 5 レンズおよび前記第 6 レンズのうちプラスチック製の一方のレンズの焦点距離を F_p 、ガラス製の他方のレンズの焦点距離を F_g とすると、以下の条件式(2)を満たすことを特徴とする請求項 1 から 3 のうちのいずれか一項に記載の光学系。

$$0.3 < F_g / F_p < 0.8 \cdots (2)$$

【請求項 5】

前記第 2 レンズの d 線におけるアッベ数を d_2 とすると、以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする請求項 1 から 4 のうちのいずれか一項に記載の光学系。

$$d_2 < 4.5 \cdots (3)$$

【請求項 6】

前記第 1 レンズ、前記第 2 レンズ、前記第 3 レンズ、前記第 4 レンズ、前記第 5 レンズ、および前記第 6 レンズの光軸上の肉厚の総和を LTH 、前記第 1 レンズの拡大側の面から前記第 6 レンズの縮小側の面までの光軸上の距離を L とすると、以下の条件式(4)を満たすことを特徴とする請求項 1 から 5 のうちのいずれか一項に記載の光学系。

$$0.25 < LTH / L < 0.5 \cdots (4)$$

【請求項 7】

前記第 1 レンズと前記第 2 レンズとの間の軸上面間隔を D_{12} 、前記第 1 レンズの拡大側の面から前記第 6 レンズの縮小側の面までの光軸上の距離を L とすると、以下の条件式(5)を満たすことを特徴とする請求項 1 から 6 のうちのいずれか一項に記載の光学系。

$$0.2 < D_{12} / L < 0.5 \cdots (5)$$

【請求項 8】

全系の焦点距離を F 、入射瞳の直径を ent とすると、以下の条件式(6)を満たすことを特徴とする請求項 1 から 7 のうちのいずれか一項に記載の光学系。

$$F / ent < 1.6 \cdots (6)$$

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のうちのいずれか一項に記載の光学系と、
前記光学系の縮小側共役面に投写画像を形成する画像形成部と、
を備え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、光学系、およびプロジェクターに関する。

30

【背景技術】

【0002】

6 枚のレンズを備える光学系は、特許文献 1 に記載されている。同文献の光学系は、縮小側から順に、像側に凹面を向けた負のパワーを持つ第 1 レンズと、両凸レンズである正のパワーを持つ第 2 レンズと、正のパワーを持つ第 3 レンズと、絞りと、両凹レンズである負のパワーを持つ第 4 レンズ L_4 と、像側に凸面を向けた正のパワーを持つ第 5 レンズ L_5 と、物体側に凸面を向けた正のパワーを持つ第 6 レンズ L_6 と、を備える。同文献に開示された光学系の F ナンバーは 2.00 である。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2010-91697 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

6 枚のレンズからなる光学系として、より明るいものが求められている。

【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、本発明の光学系は、拡大側から縮小側に向けて順に、負

50

の屈折力を有する第1レンズ、絞り、正の屈折力有する第2レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第3レンズ、負の屈折力を有する第4レンズ、正の屈折力を有する第5レンズ、および正の屈折力を有する第6レンズからなり、前記第3レンズと前記第4レンズは互いに接合された接合レンズであり、前記接合レンズは、負の屈折力を有し、前記第5レンズおよび前記第6レンズの一方は、プラスチック製であり、両面に非球面を備え、他方はガラス製であり、前記第6レンズより前記縮小側がテレセントリックであり、前記絞りの有効半径をSD12、前記第2レンズの有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

また、本発明の光学系は、拡大側から縮小側に向けて順に、負の屈折力を有する第1レンズ、絞り、正の屈折力有する第2レンズ、開口絞り、正の屈折力を有する第3レンズ、負の屈折力を有する第4レンズ、正の屈折力を有する第5レンズ、および正の屈折力を有する第6レンズからなり、

前記第3レンズと前記第4レンズは互いに接合された接合レンズであり、

前記接合レンズは、負の屈折力を有し、

前記第5レンズは、プラスチック製であり、両面に非球面を備え、

前記第6レンズは、ガラス製であり、両面に球面を備え、

前記第6レンズより前記縮小側がテレセントリックであり、

前記絞りの有効半径をSD12、前記第2レンズの有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0006】

次に、本発明のプロジェクターは、上記の光学系と、前記光学系の縮小側共役面に投写画像を形成する画像形成部と、を備えることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の光学系を備えるプロジェクターの概略構成を示す図である。

【図2】光学系の光線図である。

【図3】実施例1の光学系の光線図である。

【図4】実施例1の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図5】実施例2の光学系の光線図である。

【図6】実施例2の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図7】実施例3の光学系の光線図である。

【図8】実施例3の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図9】実施例4の光学系の光線図である。

【図10】実施例4の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図11】実施例5の光学系の光線図である。

【図12】実施例5の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図13】実施例6の光学系の光線図である。

【図14】実施例6の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図15】実施例7の光学系の光線図である。

【図16】実施例7の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【図17】実施例8の光学系の光線図である。

【図18】実施例8の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

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

【0009】

(プロジェクター)

10

20

30

40

50

図1は本発明の光学系3を備えるプロジェクターの概略構成を示す図である。図1に示すように、プロジェクター1は、スクリーンSに投写する投写画像を生成する画像形成部2と、投写画像を拡大してスクリーンSに拡大像を投写する光学系3と、画像形成部2の動作を制御する制御部4と、を備える。

【0010】

(画像形成部および制御部)

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

10

【0011】

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。

【0012】

また、画像形成部2は、第1ダイクロイックミラー15、反射ミラー16およびフィールドレンズ17R、および、液晶パネル18Rを備える。第1ダイクロイックミラー15は、重畳レンズ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17Rを経て、液晶パネル18Rへ入射する。液晶パネル18Rは光変調素子である。液晶パネル18RはR光を画像信号に応じて変調することにより、赤色の投写画像を形成する。

20

【0013】

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

30

【0014】

また、画像形成部2は、リレーレンズ22、反射ミラー23、リレーレンズ24、反射ミラー25、およびフィールドレンズ17B、液晶パネル18Bおよびクロスダイクロイックプリズム19を備える。第2ダイクロイックミラー21を透過したB光は、リレーレンズ22、反射ミラー23、リレーレンズ24、反射ミラー25、およびフィールドレンズ17Bを経て、液晶パネル18Bへ入射する。液晶パネル18Bは光変調素子である。液晶パネル18BはB光を画像信号に応じて変調することにより、青色の投写画像を形成する。

40

【0015】

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

【0016】

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

50

【0017】

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

【0018】

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

10

【0019】

(光学系)

次に、光学系3を説明する。図2は、光学系3の光線図である。なお、図2において、液晶パネル18R、液晶パネル18G、液晶パネル18Bを、液晶パネル18として表す。図2に示すように、光学系3の拡大側共役面には、スクリーンSが配置されている。光学系3の縮小側共役面には、液晶パネル18が配置されている。

【0020】

図2に示すように、縮小側共役面に配置された液晶パネル18は、光学系3の光軸Nの一方側に投写画像を形成する。光学系3によりスクリーンSに投写された拡大像は、光軸Nの他方側に形成される。

20

【0021】

以下では、プロジェクター1に搭載される光学系3の構成例として実施例1～8を説明する。

【0022】

(実施例1)

図3は、実施例1の光学系3Aの光線図である。図3に示すように、光学系3Aは、6枚の第1レンズL1～第6レンズL6を備える。第1レンズL1～第6レンズL6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。

【0023】

第1レンズL1は、負のパワーを有する。第1レンズL1は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第1レンズL1は、両面に非球面を備える。第2レンズL2は、正のパワーを有する。第2レンズL2は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第2レンズL2は、両面に球面を備える。第3レンズL3は、正のパワーを有する。第3レンズL3は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第3レンズL3は、両面に球面を備える。第4レンズL4は、負のパワーを有する。第4レンズL4は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第4レンズL4は、両面に球面を備える。

30

【0024】

第5レンズL5は、正のパワーを有する。第5レンズL5は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第5レンズL5は、両面に球面を備える。第6レンズL6は、正のパワーを有する。第6レンズL6は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第6レンズL6は、両面に非球面を備える。第1レンズL1および第6レンズL6は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

40

【0025】

光学系3Aは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Aの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Aの入射瞳の開口径である。

50

【0026】

光学系3Aにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

【0027】

光学系3AのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFg、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2としたときに、実施例1の光学系3Aのデータは以下のとおりである。

10

【0028】

FNo	1.440
TTL	115.005mm
L	79.520mm
BF	35.485mm
LTH	27.053mm
D12	28.389mm
SD12	10.300mm
SD2	14.223mm
F	16.518mm
Fg	34.595mm
Fp	60.000mm
ent	11.485mm
d2	32.270mm

20

【0029】

光学系3A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、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に*を付した面は非球面である。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。ndは屈折率である。dはd線のアッベ数である。R、Dの単位はmmである。

30

【0030】

符号	面番号	R	D	nd	vd
S	0	infinity	1770.000		
	1	infinity	0.000		
L1	2*	341.23	2.000	1.5251	56.3
	3*	11.55	16.386		
31	4	infinity	12.004		
L2	5	43.57	5.253	1.8503	32.3
	6	-74.49	9.358		
32	7	infinity	3.528		
L3	8	1604.82	6.883	1.4875	70.2
L4	9	-17.39	1.104	1.8467	23.8
	10	98.09	5.554		

40

50

L5	11	44.04	6.699	1.5163	64.1
	12	-28.65	5.638		
L6	13*	58.61	5.113	1.5251	56.3
	14*	-66.62	5.000		
	15	infinity	0.000		
19	16	infinity	25.000	1.5168	64.2
	17	infinity	5.513		
18	18	infinity	-0.027		

【0031】

各非球面係数は以下のとおりである。

10

【0032】

面番号	2	3	13	14	
コーニック定数(K)	0.00000E+00	-6.39685E-01	0.00000E+00	0.0000	
0E+004次の係数(A)	3.38886E-05	3.26300E-05	-2.13024E-05	-2.8	
9067E-06					
6次の係数(B)	-5.04275E-07	-3.43821E-07	6.94328E-08	1.14908E-07	
8次の係数(C)	3.34595E-09	-7.72822E-09	-2.11364E-09	-2.71595E-09	
10次の係数(B)	-4.69362E-12	2.09542E-10	1.53173E-11	1.85619E-11	
12次の係数(B)	-7.67816E-14	-2.12849E-12	-1.09959E-13	-9.36804E-14	
14次の係数(B)	4.49334E-16	9.71065E-15	4.78309E-16	2.88001E-16	
16次の係数(B)	-7.46951E-19	-1.57352E-17	-9.75869E-19	-4.40506E-19	

【0033】

(作用効果)

本例の光学系3Aは、拡大側から縮小側に向けて順に、負の屈折力を有する第1レンズL1、光線カット用の絞り31、正の屈折力有する第2レンズL2、開口絞り32、正の屈折力を有する第3レンズL3、負の屈折力を有する第4レンズL4、正の屈折力を有する第5レンズL5、および正の屈折力を有する第6レンズL6からなる。第3レンズL3と第4レンズL4は互いに接合された接合レンズL21である。接合レンズL21は、負の屈折力を有する。第5レンズL5は、ガラス製であり、両面に球面を備える。第6レンズL6はプラスチック製であり、両面に非球面を備える。また、光学系3Aにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。

30

【0034】

また、本例の光学系3Aは、絞り31の有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0035】

本例の光学系3Aは、6枚のレンズの屈折力と配置を上記の構成とすることにより、Fナンバーが1.6以上の明るさを確保しつつ、諸収差を良好に補正することができる。また、第1レンズL1と第2レンズL2との間に光線カット用の絞り31を配置し、第2レンズL2と第3レンズL3との間に開口絞り32を配置したので、投写レンズを構成するレンズの枚数が6枚という少ない枚数であっても、拡大像の周辺部の性能劣化を抑制できる。

40

【0036】

ここで、条件式(1)は、光線カット用の絞りの有効半径SD12と、第2レンズの有効半径SD2との比率である。本例の光学系3Aは、条件式(1)を満たすので、投写光の周辺光を適切にカットできる。

【0037】

すなわち、本例では、

SD12 10.300mm

SD2 14.223mm

50

である。よって、 $SD12 / SD2 = 0.724$ である。

【0038】

また、本例では、第6レンズL6がプラスチック製の非球面レンズであり、第5レンズL5がガラス製の球面レンズである。したがって、第5レンズL5および第6レンズL6の双方をガラス製の球面レンズとした場合と比較して、諸収差を良好に補正できる。また、ガラス製のレンズの熱膨張係数は、プラスチック製のレンズの熱膨張係数と比較して小さい。したがって、第5レンズL5および第6レンズL6の双方をプラスチック製の非球面レンズとした場合と比較して、熱に起因する影響を光学系が受けることを抑制できる。

【0039】

本例の光学系3Aでは、縮小側がテレセントリックである。したがって、縮小側がテレセントリックでないものと比較して、光学系3Aをプロジェクター1に組み込む際、液晶パネル18に対する設置精度が厳しくない。また、液晶パネル18からの投写光が平行光となるので、光学系3Aで発生する諸収差の発生を抑制しやすい。

【0040】

本例において、第1レンズL1は、プラスチック製であり、両面に非球面を備える。このようにすれば、最も拡大側に位置する第1レンズL1が、形状の自由度を備える。したがって、拡大像に発生する歪曲収差を補正することが容易となる。

【0041】

本例において、第3レンズL3および第4レンズL4は、ガラス製である。したがって、これら2枚のレンズを接合レンズとすることが容易である。

【0042】

本例では、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0.3 < Fg / Fp < 0.8 \dots (2)$$

【0043】

すなわち、本例では、

$$\begin{aligned} Fg &= 34.595 \text{ mm} \\ Fp &= 60.000 \text{ mm} \end{aligned}$$

である。よって、 $Fg / Fp = 0.577$ である。

【0044】

本例の光学系3Aは、条件式(2)を満たすので、熱に起因する解像度の劣化を抑制しながら、諸収差を良好に補正できる。すなわち、条件式(2)の値が上限値を超える場合には、収差の補正は可能であるが、プラスチック製の第6レンズL6が熱の影響を受けやすく、解像度が劣化しやすくなる。条件式(2)の値が下限値を超える場合には、熱に起因する解像度の劣化が抑制されるが、諸収差の補正が困難となる。

【0045】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッペ数をd2とすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$d2 < 45 \dots (3)$$

【0046】

すなわち、本例では、 $d2 = 32.270$ である。

【0047】

光学系3Aは、条件式(3)を満たすので、第1レンズで発生する色収差を補正しやすい。

【0048】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(4)を満たす。

$$0.25 < LTH / L < 0.5 \dots (4)$$

10

20

30

40

50

【0049】

すなわち、本例では、

$$\begin{array}{ll} LTH & 27.053 \text{ mm} \\ L & 79.520 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $LTH/L = 0.340$ である。

【0050】

本例の光学系3Aは、条件式(4)を満たすので、各レンズの製造を容易としながら、熱に起因する拡大像の解像度の劣化を抑制できる。すなわち、条件式(4)の値が上限値を超える場合には、各レンズの肉厚が厚くなるので、各レンズが熱の影響を受けやすくなる。したがって、熱に起因して光学系の解像度が劣化しやすくなる。条件式(4)の値が上限値を超える場合には、熱に起因する光学系の解像度の劣化を抑制できるが、各レンズの肉厚を薄くする必要があるので、必要な屈折力を備えるレンズを製造することが困難となる。

10

【0051】

本例では、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(5)を満たす。

$$0.2 < D12/L < 0.5 \dots (5)$$

【0052】

すなわち、本例では、

20

$$\begin{array}{ll} D12 & 28.389 \text{ mm} \\ L & 79.520 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $D12/L = 0.357$ である。

【0053】

本例の光学系3Aは、条件式(5)を満たすので、投写光の周辺光量の低下を抑止しながら、光学系3Aの全長が大型化することを抑制できる。すなわち、本例の光学系3Aは、条件式(5)を満たすので、第1レンズL1と第2レンズL2との間の空気間隔が適切なものとなり、第1レンズL1と第2レンズL2との間の投写光の広がりが適切なものとなる。これにより、各像高において諸収差を補正しやすくなる。特に、各像高において非点収差を補正しやすくなるので、投写光の周辺光量を確保することができる。ここで、条件式(5)の値が上限値を超える場合には、非点収差を補正して投写光の周辺光量を確保することが容易となるが、光学系3Aの全長が大きくなりやすい。条件式(5)の値が下限値を超える場合には、光学系3Aの全長を小さくすることが容易となるが、非点収差の補正不足が発生して周辺光量の低下を招く。

30

【0054】

本例では、全系の焦点距離をF、入射瞳の直径をentとすると、以下の条件式(6)を満たす。

$$F/ent < 1.6 \dots (6)$$

【0055】

すなわち、本例では、

40

$$\begin{array}{ll} F & 16.518 \text{ mm} \\ ent & 11.485 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $F/ent = 1.438$ である。

【0056】

本例の光学系3Aは、条件式(6)を満たすので、光学系は、十分な明るさを備える。

図4は、光学系3Aにおける拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図4に示すように、本例の光学系3Aは、拡大像における諸収差が抑制されている。

【0057】

(実施例2)

図5は、実施例2の光学系3Bの光線図である。図5に示すように、光学系3Bは、6

50

枚の第1レンズL1～第6レンズL6を備える。第1レンズL1～第6レンズL6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。

【0058】

第1レンズL1は、負のパワーを有する。第1レンズL1は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第1レンズL1は、両面に非球面を備える。第2レンズL2は、正のパワーを有する。第2レンズL2は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第2レンズL2は、両面に球面を備える。第3レンズL3は、正のパワーを有する。第3レンズL3は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第3レンズL3は、両面に球面を備える。第4レンズL4は、負のパワーを有する。第4レンズL4は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第4レンズL4は、両面に球面を備える。

10

【0059】

第5レンズL5は、正のパワーを有する。第5レンズL5は、拡大側の面が凹面であり、縮小側の面が凸面である。第5レンズL5は、両面に非球面を備える。第6レンズL6は、正のパワーを有する。第6レンズL6は、拡大側の面が凹面であり、縮小側の面が凸面である。第6レンズL6は、両面に球面を備える。第1レンズL1および第5レンズL5は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第6レンズL6は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

【0060】

光学系3Bは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Bの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Bの入射瞳の開口径である。

20

【0061】

光学系3Bにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

30

【0062】

光学系3BのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第6レンズL6の焦点距離をFg、プラスチック製である第5レンズL5の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2としたときに、実施例2の光学系3Bのデータは以下のとおりである。

40

【0063】

F No	1 . 4 3 9
TTL	1 1 5 . 3 8 3 mm
L	7 9 . 5 2 0 mm
BF	3 5 . 8 6 3 mm
LTH	2 4 . 2 2 5 mm
D12	2 6 . 6 6 8 mm
SD12	1 0 . 9 7 5 mm
SD2	1 3 . 3 1 5 mm

50

F 16.451 mm
 Fg 35.495 mm
 Fp 71.722 mm
 e n t 11.443 mm
 d2 37.160 mm

【0064】

光学系 3 B のレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に * を付した面は非球面である。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。nd は屈折率である。d は d 線のアッベ数である。R、D の単位は mm である。

10

【0065】

符号	面番号	R	D	nd	vd
S	0	infinity	1770.000		
	1	infinity	0.000		
L1	2*	129.12	2.550	1.5251	56.3
	3*	11.14	20.000		
31	4	infinity	6.668		
L2	5	62.15	5.305	1.8340	37.2
	6	-54.80	13.791		
32	7	infinity	6.675		
L3	8	94.87	5.932	1.6180	63.3
L4	9	-22.40	1.000	1.8467	23.8
	10	64.02	4.675		
L5	11*	-501.80	3.254	1.5251	56.3
	12*	-35.24	3.486		
L6	13	-324.71	6.184	1.6968	55.5
	14	-23.25	5.000		
	15	infinity	0.000		
19	16	infinity	26.000	1.5168	64.2
	17	infinity	4.858		
18	18	infinity	0.005		

20

【0066】

各非球面係数は以下のとおりである。

30

【0067】

面番号	2	3	11	12
コーニック定数(K)	-2.67644E+01	-5.97452E-01	0.00000E+00	0.00000E+00
4次の係数(A)	-4.36379E-06	8.46162E-07	-2.87431E-05	5.51627E-06
6次の係数(B)	-1.02782E-07	-1.04845E-06	-2.53511E-07	1.05185E-07
8次の係数(C)	8.68614E-10	2.91541E-08	2.70722E-09	-6.64021E-09
10次の係数(B)	-5.91596E-12	-5.79947E-10	-6.53760E-11	9.90848E-11
12次の係数(B)	5.07408E-14	6.62771E-12	6.28619E-13	-9.10691E-13
14次の係数(B)	-2.70433E-16	-3.92181E-14	-3.35608E-15	4.28248E-15
16次の係数(B)	5.35825E-19	9.26109E-17	7.18525E-18	-7.97278E-18

40

【0068】

ここで本例では、絞り 31 の有効半径を SD12、第 2 レンズ L2 の有効半径を SD2 とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0069】

50

本例では、

$$S D 1 2 \quad 1 0 . 9 7 5 \text{ mm}$$

$$S D 2 \quad 1 3 . 3 1 5 \text{ mm}$$

である。よって、 $S D 1 2 / S D 2 = 0 . 8 2 4$ である。

【0070】

本例では、プラスチック製である第5レンズL5の焦点距離をFp、ガラス製である第6レンズL6の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0 . 3 < Fg / Fp < 0 . 8 \dots (2)$$

【0071】

本例では、

$$Fg \quad 3 5 . 4 9 5 \text{ mm}$$

$$Fp \quad 7 1 . 7 2 2 \text{ mm}$$

である。よって、 $Fg / Fp = 0 . 4 9 5$ である。

【0072】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2とすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$d2 < 4 5 \dots (3)$$

【0073】

本例では、 $d2 = 3 7 . 1 6 0$ である。

【0074】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(4)を満たす。

$$0 . 2 5 < LTH / L < 0 . 5 \dots (4)$$

【0075】

本例では、

$$LTH \quad 2 4 . 2 2 5 \text{ mm}$$

$$L \quad 7 9 . 5 2 0 \text{ mm}$$

である。よって、 $LTH / L = 0 . 3 0 5$ である。

【0076】

本例では、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(5)を満たす。

$$0 . 2 < D12 / L < 0 . 5 \dots (5)$$

【0077】

本例では、

$$D12 \quad 2 6 . 6 6 8 \text{ mm}$$

$$L \quad 7 9 . 5 2 0 \text{ mm}$$

である。よって、 $D12 / L = 0 . 3 3 5$ である。

【0078】

本例では、全系の焦点距離をF、入射瞳の直径をentとすると、以下の条件式(6)を満たす。

$$F / ent < 1 . 6 \dots (6)$$

【0079】

本例では、

$$F \quad 1 6 . 4 5 1 \text{ mm}$$

$$ent \quad 1 1 . 4 4 3 \text{ mm}$$

である。よって、 $F / ent = 1 . 4 3 8$ である。

【0080】

10

20

30

40

50

(作用効果)

本例の光学系3Bは、実施例1の光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図6は、光学系3Bにおける拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図6に示すように、本例の光学系3Bは、拡大像における諸収差が抑制されている。

【0081】

(実施例3)

図7は、実施例3の光学系3Cの光線図である。図7に示すように、光学系3Cは、6枚の第1レンズL1～第6レンズL6を備える。第1レンズL1～第6レンズL6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。

【0082】

第1レンズL1は、負のパワーを有する。第1レンズL1は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第1レンズL1は、両面に非球面を備える。第2レンズL2は、正のパワーを有する。第2レンズL2は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第2レンズL2は、両面に球面を備える。第3レンズL3は、正のパワーを有する。第3レンズL3は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第3レンズL3は、両面に球面を備える。第4レンズL4は、負のパワーを有する。第4レンズL4は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第4レンズL4は、両面に球面を備える。

【0083】

第5レンズL5は、正のパワーを有する。第5レンズL5は、拡大側の面が凹面であり、縮小側の面が凸面である。第5レンズL5は、両面に非球面を備える。第6レンズL6は、正のパワーを有する。第6レンズL6は、拡大側の面が凹面であり、縮小側の面が凸面である。第6レンズL6は、両面に球面を備える。第1レンズL1および第5レンズL5は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第6レンズL6は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

【0084】

光学系3Cは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Cの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Bの入射瞳の開口径である。

【0085】

光学系3Cにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

【0086】

光学系3CのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第6レンズL6の焦点距離をFg、プラスチック製である第5レンズL5の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2としたときに、実施例3の光学系3Cのデータは以下のとおりである。

【0087】

T T L 1 1 5 . 3 8 3 m m
 L 7 9 . 5 2 0 m m
 B F 3 5 . 8 6 3 m m
 L T H 2 3 . 7 9 8 m m
 D 1 2 2 7 . 4 9 3 m m
 S D 1 2 1 0 . 7 0 0 m m
 S D 2 1 3 . 5 8 6 m m
 F 1 6 . 4 5 1 m m
 F g 3 5 . 7 7 2 m m
 F p 7 0 . 0 0 0 m m
 e n t 1 1 . 4 3 9 m m
 d 2 4 0 . 1 0 0 m m

【 0 0 8 8 】

光学系 3 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、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に * を付した面は非球面である。R は曲率半径である。D は軸上面間隔である。nd は屈折率である。d は d 線のアッペ数である。R、D の単位は m m である。

【 0 0 8 9 】

符号	面番号	R	D	nd	vd
S	0	infinity	1770.000		
	1	infinity	0.000		
L1	2*	93.13	2.000	1.5251	56.3
	3*	10.85	19.000		
31	4	infinity	8.493		
L2	5	65.49	5.011	1.7620	40.1
	6	-45.93	12.996		
32	7	infinity	8.336		
L3	8	159.32	6.000	1.7440	44.8
L4	9	-19.02	1.000	1.8467	23.8
	10	51.56	3.210		
L5	11*	infinity	3.487	1.5251	56.3
	12*	-36.90	3.687		
L6	13	-696.71	6.300	1.6968	55.5
	14	-24.24	5.000		
	15	infinity	0.000		
19	16	infinity	25.500	1.5168	64.2
	17	infinity	5.193		
18	18	infinity	-0.023		

【 0 0 9 0 】

各非球面係数は以下のとおりである。

【 0 0 9 1 】

面番号	2	3	11	12
コーニック定数(K)	1.19315E+01	-5.72913E-01	0.00000E+00	0.0000
0E+004次の係数(A)	-1.86889E-06	5.76402E-06	-3.93378E-05	-6.89212E-06
6次の係数(B)	-1.24199E-07	-8.72513E-07	-3.42682E-07	2.26648E-08
8次の係数(C)	7.79164E-10	2.73189E-08	2.33489E-09	-6.87196E-09
10次の係数(B)	-5.40741E-12	-5.82445E-10	-6.74914E-11	9.99608E-11

12次の係数(B) 4.99675E-14 6.67954E-12 6.54690E-13 -9.06583E-13
 14次の係数(B) -2.64914E-16 -3.89179E-14 -3.17334E-15 4.28220E-15
 16次の係数(B) 5.17181E-19 9.02481E-17 4.19952E-18 -8.44637E-18

【0092】

ここで本例では、絞り31の有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0093】

本例では、

SD12	10.700 mm
SD2	13.586 mm

10

である。よって、 $SD12 / SD2 = 0.788$ である。

【0094】

本例では、プラスチック製である第5レンズL5の焦点距離をFp、ガラス製である第6レンズL6の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0.3 < Fg / Fp < 0.8 \dots (2)$$

【0095】

本例では、

Fg	35.772 mm
Fp	70.000 mm

20

である。よって、 $Fg / Fp = 0.511$ である。

【0096】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2とすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$d2 < 45 \dots (3)$$

【0097】

本例では、 $d2 = 40.100$ である。

【0098】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(4)を満たす。

$$0.25 < LTH / L < 0.5 \dots (4)$$

30

【0099】

本例では、

LTH	23.798 mm
L	79.520 mm

である。よって、 $LTH / L = 0.299$ である。

【0100】

本例では、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(5)を満たす。

$$0.2 < D12 / L < 0.5 \dots (5)$$

40

【0101】

本例では、

D12	27.493 mm
L	79.520 mm

である。よって、 $D12 / L = 0.346$ である。

【0102】

本例では、全系の焦点距離をF、入射瞳の直径をentとすると、以下の条件式(6)

50

) を満たす。

$$F / e n t < 1.6 \dots (6)$$

【0103】

本例では、

$$\begin{array}{ll} F & 16.451 \text{ mm} \\ e n t & 11.439 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $F / e n t = 1.438$ である。

【0104】

(作用効果)

本例の光学系3Cは、実施例1の光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図 10
8は、光学系3Cにおける拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。
。図8に示すように、本例の光学系3Cは、拡大像における諸収差が抑制されている。

【0105】

(実施例4)

図9は、実施例4の光学系3Dの光線図である。図9に示すように、光学系3Dは、6枚の第1レンズL1～第6レンズL6を備える。第1レンズL1～第6レンズL6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。

【0106】

第1レンズL1は、負のパワーを有する。第1レンズL1は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第1レンズL1は、両面に非球面を備える。第2レンズL2は、正のパワーを有する。第2レンズL2は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第2レンズL2は、両面に球面を備える。第3レンズL3は、正のパワーを有する。第3レンズL3は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第3レンズL3は、両面に球面を備える。第4レンズL4は、負のパワーを有する。第4レンズL4は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第4レンズL4は、両面に球面を備える。

【0107】

第5レンズL5は、正のパワーを有する。第5レンズL5は、拡大側の面が凹面であり、縮小側の面が凸面である。第5レンズL5は、両面に非球面を備える。第6レンズL6は、正のパワーを有する。第6レンズL6は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第6レンズL6は、両面に球面を備える。第1レンズL1および第5レンズL5は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第6レンズL6は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

【0108】

光学系3Dは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Dの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Dの入射瞳の開口径である。

【0109】

光学系3Dにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

【0110】

光学系3DのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第

10

20

30

40

50

6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第6レンズL6の焦点距離をFg、プラスチック製である第5レンズL5の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッペ数をd2としたときに、実施例4の光学系3Dのデータは以下のとおりである。

【0111】

F No	1 . 4 4 0
TTL	1 1 5 . 9 4 5 mm
L	8 0 . 0 5 0 mm
B F	3 5 . 8 9 5 mm
LTH	2 3 . 1 7 1 mm
D12	3 1 . 8 0 3 mm
SD12	1 0 . 3 0 0 mm
SD2	1 4 . 5 0 0 mm
F	1 6 . 4 5 1 mm
Fg	3 6 . 9 4 1 mm
Fp	6 5 . 0 0 0 mm
ent	1 1 . 4 4 5 mm
d2	3 1 . 3 4 3 mm

10

20

【0112】

光学系3Dのレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に*を付した面は非球面である。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。ndは屈折率である。dはd線のアッペ数である。R、Dの単位はmmである。

【0113】

符号	面番号	R	D	nd	vd
S	0	infinity	1770.000		
	1	infinity	0.000		
L1	2*	57.54	2.000	1.5251	56.3
	3*	10.41	18.090		
31	4	infinity	13.713		
L2	5	67.54	5.000	1.9037	31.3
	6	-58.53	13.520		
32	7	infinity	0.500		
L3	8	36.98	6.261	1.4970	81.5
L4	9	-31.95	1.000	1.8590	22.7
	10	33.83	4.204		
L5	11*	-103.82	3.541	1.5251	56.3
	12*	-26.06	6.852		
L6	13	176.92	5.369	1.6204	60.3
	14	-26.13	5.000		
	15	infinity	0.000		
19	16	infinity	26.500	1.5168	64.2
	17	infinity	4.511		
18	18	infinity	-0.002		

30

40

【0114】

各非球面係数は以下のとおりである。

50

【0115】

面番号	2	3	11	12	
コニック定数(K)	-3.65860E+01	-5.50533E-01	0.00000E+00	0.0000	
0E+004次の係数(A)	8.38590E-06	-8.25846E-06	-7.55976E-06	1.7	
0243E-05					
6次の係数(B)	-1.25255E-07	-1.02974E-06	-3.58349E-09	4.71389E-08	
8次の係数(C)	8.38134E-10	2.98989E-08	6.05734E-10	2.47509E-10	
10次の係数(B)	-6.27076E-12	-5.96851E-10	-7.72729E-13	1.81113E-12	
12次の係数(B)	5.22779E-14	6.68429E-12	-6.63075E-15	-8.29220E-15	
14次の係数(B)	-2.63751E-16	-3.92311E-14	1.35560E-20	-2.47331E-20	10
16次の係数(B)	5.16949E-19	9.31637E-17	-7.26887E-24	-1.84534E-22	

【0116】

ここで本例では、絞り31の有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0117】

本例では、

SD12	10.300 mm
SD2	14.500 mm

である。よって、 $SD12 / SD2 = 0.710$ である。 20

【0118】

本例では、プラスチック製である第5レンズL5の焦点距離をFp、ガラス製である第6レンズL6の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0.3 < Fg / Fp < 0.8 \dots (2)$$

【0119】

本例では、

Fg	36.941 mm
Fp	65.000 mm

である。よって、 $Fg / Fp = 0.568$ である。 30

【0120】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2とすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$d2 < 45 \dots (3)$$

【0121】

本例では、 $d2 = 31.343$ である。

【0122】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(4)を満たす。 40

$$0.25 < LTH / L < 0.5 \dots (4)$$

【0123】

本例では、

LTH	23.171 mm
L	80.050 mm

である。よって、 $LTH / L = 0.289$ である。

【0124】

本例では、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(5)を満たす。 50

$$0.2 < D_{12}/L < 0.5 \dots (5)$$

【0125】

本例では、

$$\begin{array}{ll} D_{12} & 31.803 \text{ mm} \\ L & 80.050 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $D_{12}/L = 0.397$ である。

【0126】

本例では、全系の焦点距離を F 、入射瞳の直径を e_{nt} とすると、以下の条件式(6)を満たす。

$$F/e_{nt} < 1.6 \dots (6)$$

【0127】

本例では、

$$\begin{array}{ll} F & 16.451 \text{ mm} \\ e_{nt} & 11.445 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $F/e_{nt} = 1.437$ である。

【0128】

(作用効果)

本例の光学系3Dは、実施例1の光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図10は、光学系3Dにおける拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図10に示すように、本例の光学系3Dは、拡大像における諸収差が抑制されている。

10

【0129】

(実施例5)

図11は、実施例5の光学系3Eの光線図である。図11に示すように、光学系3Eは、6枚の第1レンズL1～第6レンズL6を備える。第1レンズL1～第6レンズL6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。

20

【0130】

第1レンズL1は、負のパワーを有する。第1レンズL1は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第1レンズL1は、両面に非球面を備える。第2レンズL2は、正のパワーを有する。第2レンズL2は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第2レンズL2は、両面に球面を備える。第3レンズL3は、正のパワーを有する。第3レンズL3は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第3レンズL3は、両面に球面を備える。第4レンズL4は、負のパワーを有する。第4レンズL4は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第4レンズL4は、両面に球面を備える。

30

【0131】

第5レンズL5は、正のパワーを有する。第5レンズL5は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第5レンズL5は、両面に球面を備える。第6レンズL6は、正のパワーを有する。第6レンズL6は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第6レンズL6は、両面に非球面を備える。第1レンズL1および第6レンズL6は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

40

【0132】

光学系3Eは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Eの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Eの入射瞳の開口径である。

【0133】

光学系3Eにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18

50

との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

【0134】

光学系3EのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFg、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2としたときに、実施例5の光学系3Eのデータは以下のとおりである。

【0135】

F No	1.560
TTL	115.882mm
L	80.036mm
BF	35.847mm
LTH	24.727mm
D12	28.846mm
SD12	10.500mm
SD2	13.166mm
F	16.451mm
Fg	43.080mm
Fp	44.302mm
ent	10.567mm
d2	34.967mm

10

20

【0136】

光学系3Eのレンズデータは以下のとおりである。面番号は、拡大側から縮小側に順番に付してある。符号は、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に*を付した面は非球面である。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。ndは屈折率である。dはd線のアッベ数である。R、Dの単位はmmである。

30

【0137】

符号	面番号	R	D	nd	vd
S	0	infinity	1770.000		
	1	infinity	0.000		
L1	2*	77.28	2.000	1.5251	56.3
	3*	10.45	19.613		
31	4	infinity	9.233		
L2	5	44.91	5.373	1.8010	35.0
	6	-72.43	17.391		
32	7	infinity	1.108		
L3	8	206.04	6.291	1.4970	81.5
L4	9	-17.49	1.000	1.8467	23.8
	10	109.37	3.459		
L5	11	637.13	5.191	1.5641	39.7
	12	-29.55	4.504		
L6	13*	37.82	4.872	1.5251	56.3

40

50

14*	-58.33	5.000		
15	infinity	0.000		
19 16	infinity	26.000	1.5168	64.2
17	infinity	4.861		
18 18	infinity	-0.014		

【0138】

各非球面係数は以下のとおりである。

【0139】

面番号	2	3	13	14		
コニック定数(K)	-6.45608E+01	-5.29909E-01	-9.39598E-01	0.00000	10	
E+004次の係数(A)	9.54847E-06	-1.97143E-05	-2.54060E-06	3.90175E-06		
6次の係数(B)	-1.66897E-07	-2.96989E-07	-2.44868E-09	2.59930E-08		
8次の係数(C)	1.13305E-09	-7.43732E-10	1.47291E-11	-2.15895E-10		
10次の係数(B)	-1.91805E-12	4.82464E-11	2.70923E-15	5.95457E-13		
12次の係数(B)	-1.66161E-14	-6.21595E-13	0.00000E+00	0.00000E+00		
14次の係数(B)	8.33118E-17	3.20878E-15	0.00000E+00	0.00000E+00		
16次の係数(B)	-9.92558E-20	-6.03921E-18	0.00000E+00	0.00000E+00		

【0140】

ここで本例では、絞り31の有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0141】

本例では、

$$SD12 = 10.500 \text{ mm}$$

$$SD2 = 13.166 \text{ mm}$$

である。よって、 $SD12 / SD2 = 0.798$ である。

【0142】

本例では、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0.3 < Fg / Fp < 0.8 \dots (2)$$

【0143】

本例では、

$$Fg = 43.080 \text{ mm}$$

$$Fp = 44.302 \text{ mm}$$

である。よって、 $Fg / Fp = 0.972$ である。

【0144】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッペ数をd2とすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$d2 < 45 \dots (3)$$

【0145】

本例では、 $d2 = 34.967$ である。

【0146】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(4)を満たす。

$$0.25 < LTH / L < 0.5 \dots (4)$$

【0147】

本例では、

$$LTH = 24.727 \text{ mm}$$

L 80.036 mm

である。よって、 $LTH/L = 0.309$ である。

【0148】

本例では、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(5)を満たす。

$$0.2 < D12/L < 0.5 \dots (5)$$

【0149】

本例では、

D12 28.846 mm

L 80.036 mm

10

である。よって、 $D12/L = 0.360$ である。

【0150】

本例では、全系の焦点距離をF、入射瞳の直径をentとすると、以下の条件式(6)を満たす。

$$F/ent < 1.6 \dots (6)$$

【0151】

本例では、

F 16.451 mm

ent 10.567 mm

20

である。よって、 $F/ent = 1.557$ である。

【0152】

(作用効果)

本例の光学系3Eは、実施例1の光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図12は、光学系3Eにおける拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図12に示すように、本例の光学系3Eは、拡大像における諸収差が抑制されている。

【0153】

(実施例6)

図13は、実施例6の光学系3Fの光線図である。図13に示すように、光学系3Fは、6枚の第1レンズL1～第6レンズL6を備える。第1レンズL1～第6レンズL6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。

30

【0154】

第1レンズL1は、負のパワーを有する。第1レンズL1は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第1レンズL1は、両面に非球面を備える。第2レンズL2は、正のパワーを有する。第2レンズL2は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第2レンズL2は、両面に球面を備える。第3レンズL3は、正のパワーを有する。第3レンズL3は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第3レンズL3は、両面に球面を備える。第4レンズL4は、負のパワーを有する。第4レンズL4は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第4レンズL4は、両面に球面を備える。

【0155】

第5レンズL5は、正のパワーを有する。第5レンズL5は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第5レンズL5は、両面に球面を備える。第6レンズL6は、正のパワーを有する。第6レンズL6は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第6レンズL6は、両面に非球面を備える。第1レンズL1および第6レンズL6は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

40

【0156】

光学系3Fは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光

50

束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Fの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Fの入射瞳の開口径である。

【0157】

光学系3Fにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

【0158】

光学系3FのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFg、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2としたときに、実施例6の光学系3Fのデータは以下のとおりである。

【0159】

FNo	1.440
TTL	115.369mm
L	80.050mm
BF	35.319mm
LTH	35.295mm
D12	29.453mm
SD12	10.300mm
SD2	14.535mm
F	16.519mm
Fg	33.896mm
Fp	55.471mm
ent	11.484mm
d2	32.270mm

10

20

30

【0160】

光学系3F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、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に*を付した面は非球面である。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。ndは屈折率である。dはd線のアッベ数である。R、Dの単位はmmである。

40

【0161】

符号	面番号	R	D	nd	vd
S	0	infinity	1770.000		
	1	infinity	0.000		
L1	2*	175.13	3.500	1.5251	56.3
	3*	11.55	16.918		
31	4	infinity	12.536		
L2	5	37.17	6.022	1.8503	32.3
	6	-106.01	6.025		
32	7	infinity	3.528		

50

L3	8	54.85	10.211	1.4875	70.2
L4	9	-19.14	2.000	1.8467	23.8
	10	35.79	5.649		
L5	11	43.61	7.782	1.5163	64.1
	12	-27.61	0.100		
L6	13*	55.06	5.780	1.5251	56.3
	14*	-60.09	5.000		
	15	infinity	0.000		
19	16	infinity	24.500	1.5168	64.2
	17	infinity	5.842		
18	18	infinity	-0.023		

【0162】

各非球面係数は以下のとおりである。

【0163】

面番号	2	3	13	14	
コーニック定数(K)	0.00000E+00	-6.07331E-01	0.00000E+00	0.0000	
0E+004次の係数(A)	4.00667E-05	4.69705E-05	-2.08627E-05	-7.9	
3368E-06					
6次の係数(B)	-5.13982E-07	-4.51513E-07	7.53415E-08	1.26599E-07	
8次の係数(C)	3.32289E-09	-6.76089E-09	-2.00515E-09	-2.67486E-09	20
10次の係数(B)	-4.53054E-12	2.07723E-10	1.56133E-11	1.88509E-11	
12次の係数(B)	-7.66198E-14	-2.15824E-12	-1.09577E-13	-9.24268E-14	
14次の係数(B)	4.46135E-16	9.84137E-15	4.80053E-16	2.90255E-16	
16次の係数(B)	-7.46570E-19	-1.57352E-17	-9.38973E-19	-4.56563E-19	

【0164】

ここで本例では、絞り31の有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0165】

本例では、

$$\begin{aligned} SD12 &= 10.300 \text{ mm} \\ SD2 &= 14.535 \text{ mm} \end{aligned}$$

である。よって、 $SD12 / SD2 = 0.709$ である。

【0166】

本例では、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0.3 < Fg / Fp < 0.8 \dots (2)$$

【0167】

本例では、

$$\begin{aligned} Fg &= 33.896 \text{ mm} \\ Fp &= 55.471 \text{ mm} \end{aligned}$$

である。よって、 $Fg / Fp = 0.611$ である。

【0168】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2とすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$d2 < 45 \dots (3)$$

【0169】

本例では、 $d2 = 32.270$ である。

【0170】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5

10

30

40

50

レンズ L 5、および第 6 レンズ L 6 の光軸 N 上の肉厚の総和を L TH、第 1 レンズ L 1 の拡大側の面から第 6 レンズ L 6 の縮小側の面までの光軸 N 上の距離を L とすると、以下の条件式(4)を満たす。

$$0.25 < L TH / L < 0.5 \dots (4)$$

【0171】

本例では、

$$\begin{array}{ll} L TH & 35.295 \text{ mm} \\ L & 80.050 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $L TH / L = 0.441$ である。

【0172】

本例では、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 との間の軸上面間隔を D 12、第 1 レンズ L 1 の拡大側の面から第 6 レンズ L 6 の縮小側の面までの光軸 N 上の距離を L とすると、以下の条件式(5)を満たす。

$$0.2 < D 12 / L < 0.5 \dots (5)$$

【0173】

本例では、

$$\begin{array}{ll} D 12 & 29.453 \text{ mm} \\ L & 80.050 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $D 12 / L = 0.368$ である。

【0174】

本例では、全系の焦点距離を F、入射瞳の直径を e nt とすると、以下の条件式(6)を満たす。

$$F / e nt < 1.6 \dots (6)$$

【0175】

本例では、

$$\begin{array}{ll} F & 16.519 \text{ mm} \\ e nt & 11.484 \text{ mm} \end{array}$$

である。よって、 $F / e nt = 1.438$ である。

【0176】

(作用効果)

本例の光学系 3 F は、実施例 1 の光学系 3 A と同様の作用効果を得ることができる。図 14 は、光学系 3 F における拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図 14 に示すように、本例の光学系 3 F は、拡大像における諸収差が抑制されている。

【0177】

(実施例 7)

図 15 は、実施例 7 の光学系 3 G の光線図である。図 15 に示すように、光学系 3 G は、6 枚の第 1 レンズ L 1 ~ 第 6 レンズ L 6 を備える。第 1 レンズ L 1 ~ 第 6 レンズ L 6 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。

【0178】

第 1 レンズ L 1 は、負のパワーを有する。第 1 レンズ L 1 は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第 1 レンズ L 1 は、両面に非球面を備える。第 2 レンズ L 2 は、正のパワーを有する。第 2 レンズ L 2 は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第 2 レンズ L 2 は、両面に球面を備える。第 3 レンズ L 3 は、正のパワーを有する。第 3 レンズ L 3 は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第 3 レンズ L 3 は、両面に球面を備える。第 4 レンズ L 4 は、負のパワーを有する。第 4 レンズ L 4 は、拡大側の面が凹面であり、縮小側の面が凸面である。第 4 レンズ L 4 は、両面に球面を備える。

【0179】

第 5 レンズ L 5 は、正のパワーを有する。第 5 レンズ L 5 は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第 5 レンズ L 5 は、両面に球面を備える。第 6 レンズ L 6 は、正のパワーを有する。第 6 レンズ L 6 は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第 6 レンズ L 6 は

10

20

30

40

50

、両面に非球面を備える。第1レンズL1および第6レンズL6は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

【0180】

光学系3Gは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Gの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Gの入射瞳の開口径である。

10

【0181】

光学系3Gにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

【0182】

光学系3GのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFg、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2としたときに、実施例7の光学系3Gのデータは以下のとおりである。

20

【0183】

F No	1.440
TTL	114.833mm
L	79.520mm
BF	35.313mm
LTH	29.240mm
D12	18.006mm
SD12	10.300mm
SD2	12.968mm
F	16.557mm
Fg	40.598mm
Fp	59.890mm
ent	11.504mm
d2	44.202mm

30

【0184】

光学系3G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、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に*を付した面は非球面である。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。ndは屈折率である。dはd線のアッベ数である。R、Dの単位はmmである。

40

【0185】

符号	面番号	R	D	nd	vd
S	0	infinity	1770.000		

50

	1	infinity	0.000		
L1	2*	-70.50	2.000	1.5251	56.3
	3*	12.10	11.236		
31	4	infinity	6.770		
L2	5	59.87	5.301	1.7859	44.2
	6	-40.02	19.693		
32	7	infinity	3.528		
L3	8	500.00	6.784	1.4875	70.2
L4	9	-16.73	2.000	1.8467	23.8
	10	-187.81	8.953		10
L5	11	76.26	8.500	1.5163	64.1
	12	-27.94	0.100		
L6	13*	75.72	4.655	1.5251	56.3
	14*	-52.99	5.000		
	15	infinity	0.000		
19	16	infinity	24.500	1.5168	64.2
	17	infinity	5.843		
18	18	infinity	-0.030		

【0186】

各非球面係数は以下のとおりである。

【0187】

面番号	2	3	13	14	
コニック定数(K)	0.00000E+00	-4.14478E-01	0.00000E+00	0.00000E+00	
4次の係数(A)	4.67946E-05	1.92928E-05	-1.73053E-05	-6.84077E-06	
6次の係数(B)	-6.31374E-07	-4.48132E-07	6.71173E-08	1.86294E-07	
8次の係数(C)	3.68872E-09	-8.94763E-09	-1.46541E-09	-2.64110E-09	
10次の係数(B)	-3.04954E-12	2.12877E-10	1.50715E-11	1.86590E-11	
12次の係数(B)	-8.57749E-14	-2.05908E-12	-1.19267E-13	-9.57962E-14	
14次の係数(B)	4.32472E-16	9.32012E-15	4.73305E-16	2.78992E-16	
16次の係数(B)	-6.28640E-19	-1.58058E-17	-7.88595E-19	-3.76813E-19	30

【0188】

ここで本例では、絞り31の有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0189】

本例では、

$$SD12 = 10.300 \text{ mm}$$

$$SD2 = 12.968 \text{ mm}$$

である。よって、 $SD12 / SD2 = 0.794$ である。

【0190】

本例では、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0.3 < Fg / Fp < 0.8 \dots (2)$$

【0191】

本例では、

$$Fg = 40.598 \text{ mm}$$

$$Fp = 59.890 \text{ mm}$$

である。よって、 $Fg / Fp = 0.678$ である。

【0192】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2とすると、以下の条件式(

3) を満たす。

$$d_2 < 45 \dots (3)$$

【0193】

本例では、 $d_2 = 44.202$ である。

【0194】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(4)を満たす。

$$0.25 < LTH/L < 0.5 \dots (4)$$

10

【0195】

本例では、

$$\begin{aligned} LTH &= 29.240 \text{ mm} \\ L &= 79.520 \text{ mm} \end{aligned}$$

である。よって、 $LTH/L = 0.368$ である。

【0196】

本例では、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(5)を満たす。

$$0.2 < D12/L < 0.5 \dots (5)$$

20

【0197】

本例では、

$$\begin{aligned} D12 &= 18.006 \text{ mm} \\ L &= 79.520 \text{ mm} \end{aligned}$$

である。よって、 $D12/L = 0.226$ である。

【0198】

本例では、全系の焦点距離をF、入射瞳の直径をentとすると、以下の条件式(6)を満たす。

$$F/ent < 1.6 \dots (6)$$

【0199】

30

本例では、

$$\begin{aligned} F &= 16.557 \text{ mm} \\ ent &= 11.504 \text{ mm} \end{aligned}$$

である。よって、 $F/ent = 1.439$ である。

【0200】

(作用効果)

本例の光学系3Gは、実施例1の光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図16は、光学系3Gにおける拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図16に示すように、本例の光学系3Gは、拡大像における諸収差が抑制されている。なお、実施例7では、条件式(5)の値が下限値に近い。これに起因して、実施例7の収差図には他の実施例の収差図と比較して僅かな乱れが発しているが、全体として収差は良好に補正されている。

40

【0201】

(実施例8)

図17は、実施例8の光学系3Hの光線図である。図17に示すように、光学系3Hは、6枚の第1レンズL1～第6レンズL6を備える。第1レンズL1～第6レンズL6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。

【0202】

第1レンズL1は、負のパワーを有する。第1レンズL1は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第1レンズL1は、両面に非球面を備える。第2レンズL2

50

は、正のパワーを有する。第2レンズL2は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第2レンズL2は、両面に球面を備える。第3レンズL3は、正のパワーを有する。第3レンズL3は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第3レンズL3は、両面に球面を備える。第4レンズL4は、負のパワーを有する。第4レンズL4は、拡大側および縮小側の面が凹面である。第4レンズL4は、両面に球面を備える。

【0203】

第5レンズL5は、正のパワーを有する。第5レンズL5は、拡大側および縮小側の面が凸面である。第5レンズL5は、両面に球面を備える。第6レンズL6は、正のパワーを有する。第6レンズL6は、拡大側の面が凸面であり、縮小側の面が凹面である。第6レンズL6は、両面に非球面を備える。第1レンズL1および第6レンズL6は、プラスチック製である。第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5は、ガラス製である。第3レンズL3と第4レンズL4は接合された接合レンズL21である。

10

【0204】

光学系3Hは、絞り31と、開口絞り32とを備える。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間に配置される。絞り31は、各レンズを保持する鏡筒などに設けられた遮光部材である。絞り31は、第1レンズL1と第2レンズL2との間を通過する光束のうち周辺光束を遮光する。開口絞り32は、第2レンズL2と第3レンズL3との間に配置される。開口絞り32は、光学系3Hの明るさを規定する。開口絞り32の開口径は、光学系3Hの入射瞳の開口径である。

20

【0205】

光学系3Hにおいて、第6レンズL6から縮小側は、テレセントリックである。縮小側からテレセントリックとは、第6レンズL6と縮小側共役面に配置された液晶パネル18との間を通過する各光束の中心光線が、光軸と平行または光軸と略平行となっていることをいう。本例では、各光束の中心光線と光軸Nとが成す角度は±5°以内である。

【0206】

光学系3HのFナンバーをFNo、光学全長をTTL、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をL、バックフォーカス(レンズデータに記載の面番号14から面番号18までの軸上面間隔Dの合算値)をBF、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、絞りの有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2、全系の焦点距離をF、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFg、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、入射瞳の直径をent、第2レンズL2のd線におけるアッペ数をd2としたときに、実施例8の光学系3Hのデータは以下のとおりである。

30

【0207】

FNo	1.500
TTL	117.221mm
L	81.391mm
BF	35.830mm
LTH	26.417mm
D12	36.257mm
SD12	10.492mm
SD2	14.573mm
F	16.553mm
Fg	31.040mm
Fp	83.461mm
ent	11.050mm
d2	32.270mm

40

50

【0208】

光学系3H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、スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルの符号である。スクリーン、レンズ、絞り、開口絞り、ダイクロイックプリズム、および液晶パネルに対応しない面番号のデータはダミーデータである。面番号に*を付した面は非球面である。Rは曲率半径である。Dは軸上面間隔である。ndは屈折率である。dはd線のアッベ数である。R、Dの単位はmmである。

【0209】

符号	面番号	R	D	nd	vd	
S	0	infinity	1770.000			10
	1	infinity	0.000			
L1	2*	78.04	2.000	1.5251	56.3	
	3*	11.73	20.319			
31	4	infinity	15.937			
L2	5	33.96	5.529	1.8503	32.3	
	6	-140.31	6.890			
32	7	infinity	3.528			
L3	8	41.35	7.729	1.4875	70.2	
L4	9	-18.55	0.800	1.8467	23.8	
	10	29.10	8.199			
L5	11	39.79	7.359	1.5163	64.1	
	12	-25.28	0.100			
L6	13*	27.05	3.000	1.5251	56.3	
	14*	67.54	5.000			
	15	infinity	0.000			
19	16	infinity	26.000	1.5168	64.2	
	17	infinity	4.839			
18	18	infinity	-0.009			

【0210】

各非球面係数は以下のとおりである。

30

【0211】

面番号	2	3	13	14	
コーニック定数(K)	0.00000E+00	-5.84539E-01	0.00000E+00	0.00000E+00	
4次の係数(A)	3.50352E-05	4.59374E-05	2.56089E-06	1.93006E-05	
6次の係数(B)	-5.34007E-07	-6.38672E-07	9.16536E-08	1.79293E-07	
8次の係数(C)	3.52977E-09	-4.46868E-09	-2.05806E-09	-3.39174E-09	
10次の係数(B)	-3.72690E-12	2.07339E-10	1.16464E-11	1.67273E-11	
12次の係数(B)	-8.11815E-14	-2.22201E-12	-1.20755E-13	-1.02251E-13	
14次の係数(B)	4.08512E-16	9.78366E-15	5.15549E-16	2.42490E-16	
16次の係数(B)	-5.89907E-19	-1.48197E-17	-1.19209E-18	-1.70617E-19	40

【0212】

ここで本例では、絞り31の有効半径をSD12、第2レンズL2の有効半径をSD2とすると、以下の条件式(1)を満たす。

$$SD12 / SD2 < 0.9 \dots (1)$$

【0213】

本例では、

$$SD12 = 10.492 \text{ mm}$$

$$SD2 = 14.573 \text{ mm}$$

である。よって、 $SD12 / SD2 = 0.720$ である。

【0214】

50

本例では、プラスチック製である第6レンズL6の焦点距離をFp、ガラス製である第5レンズL5の焦点距離をFgとすると、以下の条件式(2)を満たす。

$$0.3 < Fg / Fp < 0.8 \dots (2)$$

【0215】

本例では、

$$Fg \quad 31.040 \text{ mm}$$

$$Fp \quad 83.461 \text{ mm}$$

である。よって、 $Fg / Fp = 0.372$ である。

【0216】

本例では、第2レンズL2のd線におけるアッベ数をd2とすると、以下の条件式(3)を満たす。

$$d2 < 45 \dots (3)$$

【0217】

本例では、 $d2 = 32.270$ である。

【0218】

本例では、第1レンズL1、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4、第5レンズL5、および第6レンズL6の光軸N上の肉厚の総和をLTH、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(4)を満たす。

$$0.25 < LTH / L < 0.5 \dots (4)$$

【0219】

本例では、

$$LTH \quad 26.417 \text{ mm}$$

$$L \quad 81.391 \text{ mm}$$

である。よって、 $LTH / L = 0.325$ である。

【0220】

本例では、第1レンズL1と第2レンズL2との間の軸上面間隔をD12、第1レンズL1の拡大側の面から第6レンズL6の縮小側の面までの光軸N上の距離をLとすると、以下の条件式(5)を満たす。

$$0.2 < D12 / L < 0.5 \dots (5)$$

【0221】

本例では、

$$D12 \quad 36.257 \text{ mm}$$

$$L \quad 81.391 \text{ mm}$$

である。よって、 $D12 / L = 0.445$ である。

【0222】

本例では、全系の焦点距離をF、入射瞳の直径をentとすると、以下の条件式(6)を満たす。

$$F / ent < 1.6 \dots (6)$$

【0223】

本例では、

$$F \quad 16.553 \text{ mm}$$

$$ent \quad 11.505 \text{ mm}$$

である。よって、 $F / ent = 1.498$ である。

【0224】

(作用効果)

本例の光学系3Hは、実施例1の光学系3Aと同様の作用効果を得ることができる。図18は、光学系3Hにおける拡大像の縦収差、非点収差、ディストーションを示す図である。図18に示すように、本例の光学系3Hは、拡大像における諸収差が抑制されている。

【0225】

10

20

30

40

50

(その他の実施の形態)

なお、本例の光学系は、撮像レンズとして用いることができる。この場合に、光学系の縮小側共役面には、撮像素子が配置される。

【 符号の説明 】

【 0 2 2 6 】

1 ... プロジェクター、 2 ... 画像形成部、 3 · 3 A · 3 B · 3 C · 3 D · 3 E · 3 F · 3 G
· 3 H ... 光学系、 4 ... 制御部、 6 ... 画像処理部、 7 ... 表示駆動部、 10 ... 光源、 11 ... インテグレーターレンズ、 12 ... インテグレーターレンズ、 13 ... 偏光変換素子、 14 ... 重畠レンズ、 15 ... ダイクロイックミラー、 16 ... 反射ミラー、 17 R ... フィールドレンズ
、 17 G ... フィールドレンズ、 17 B ... フィールドレンズ、 18 (18 B · 18 R · 18
G) ... 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、 3
1 ... 絞り、 32 ... 開口絞り、 L 1 ~ L 6 ... 第1レンズ~第6レンズ、 L 21 ... 接合レンズ
、 N ... 光軸、 S ... スクリーン。

10

20

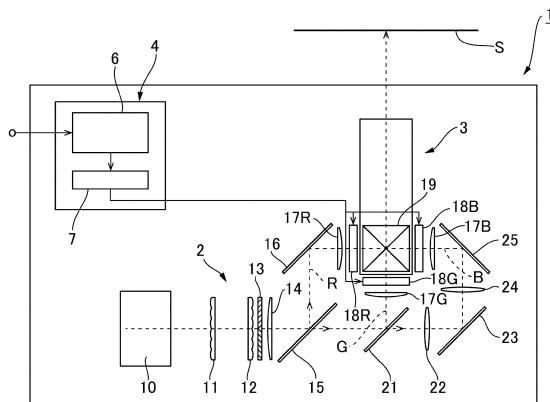
30

40

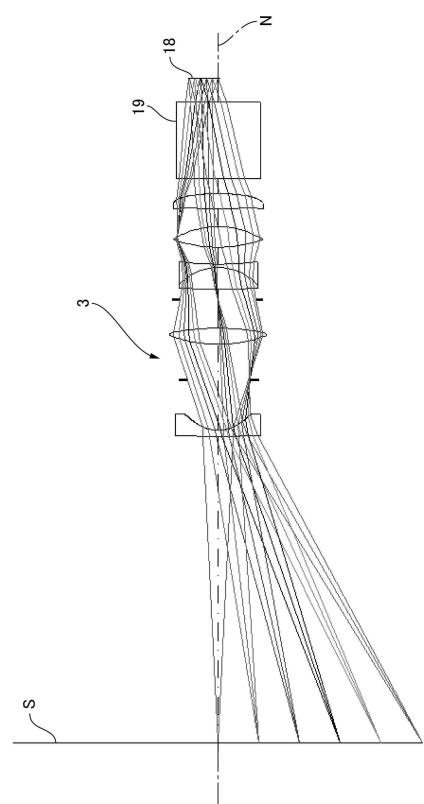
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

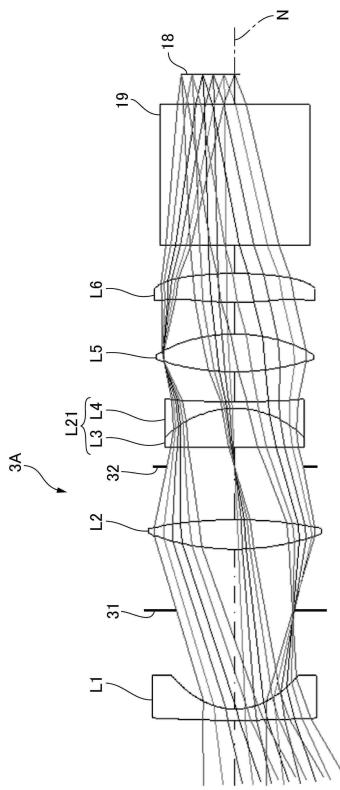
20

30

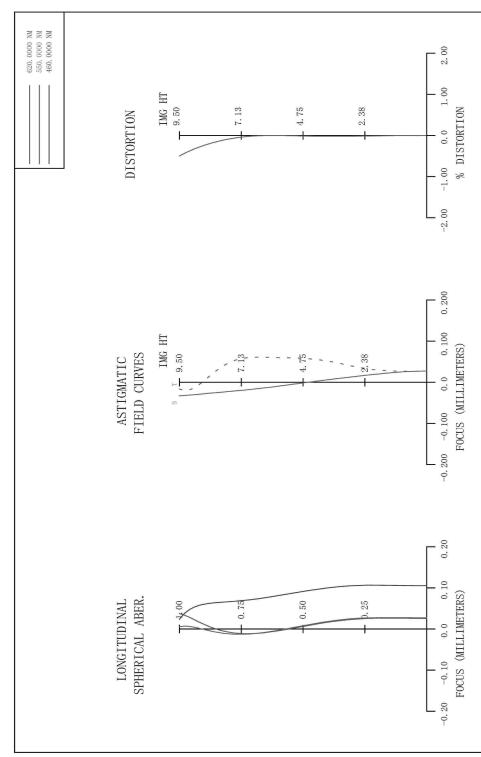
40

50

【図3】



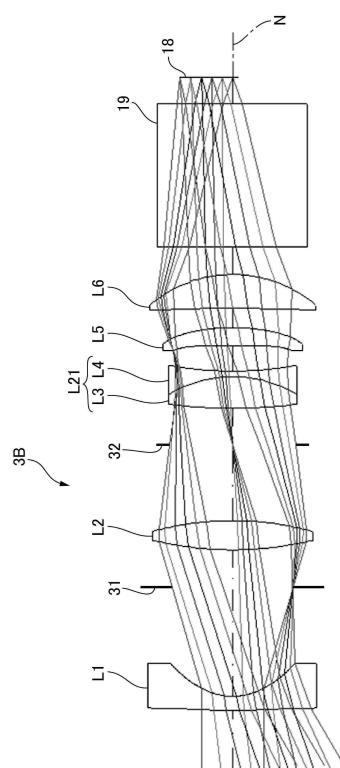
【図4】



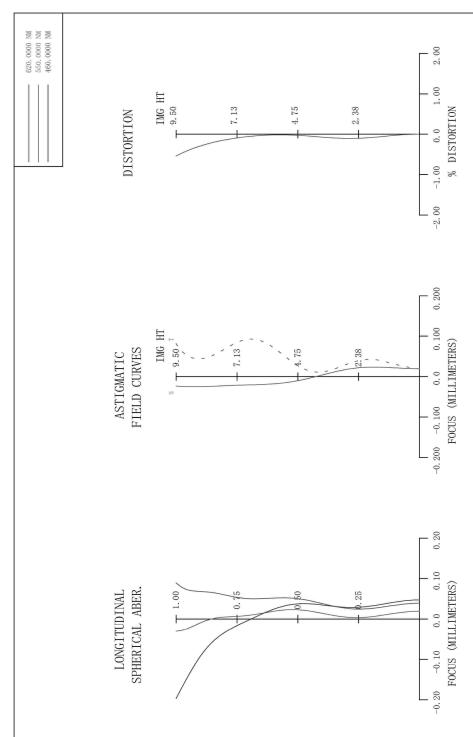
10

20

【図5】



【図6】

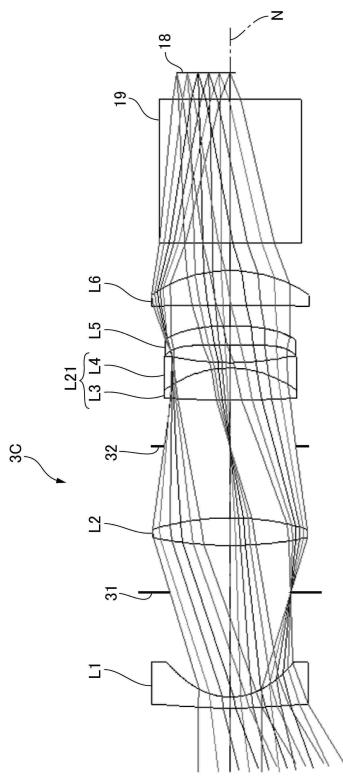


30

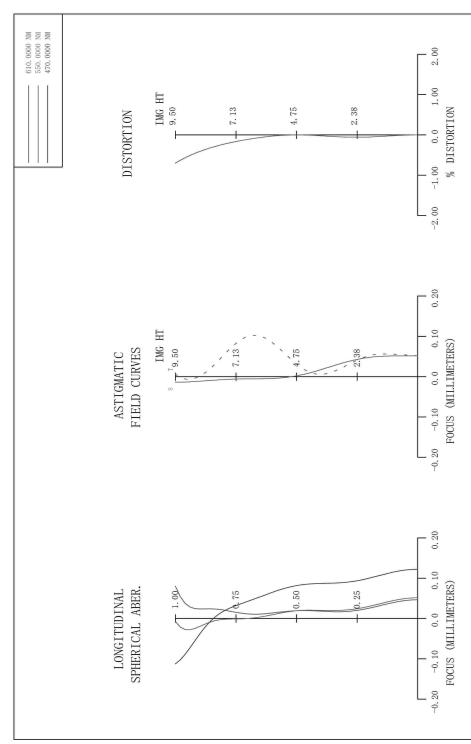
40

50

【図 7】



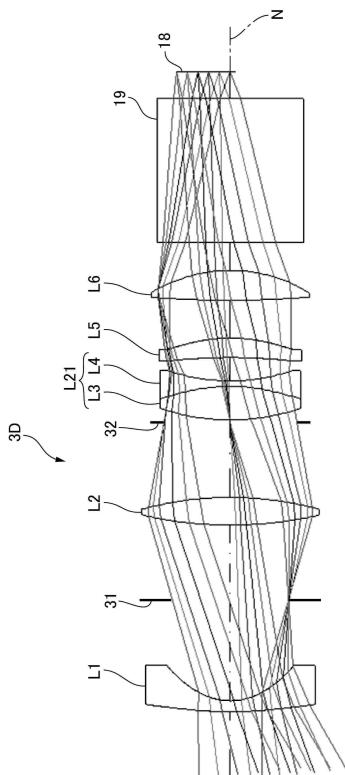
【図 8】



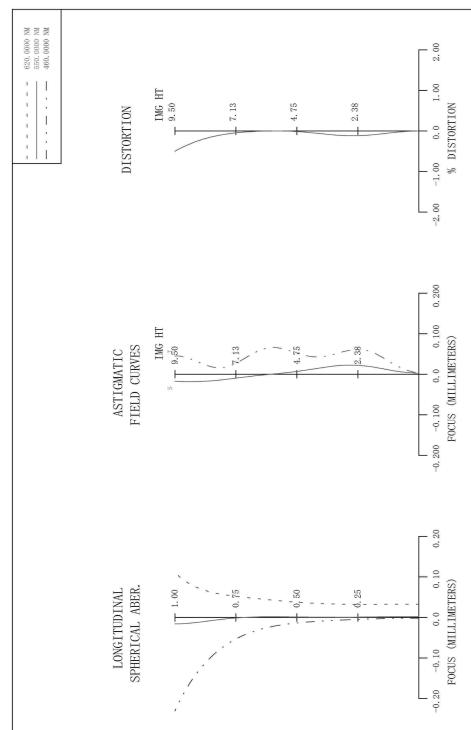
10

20

【図 9】



【図 10】

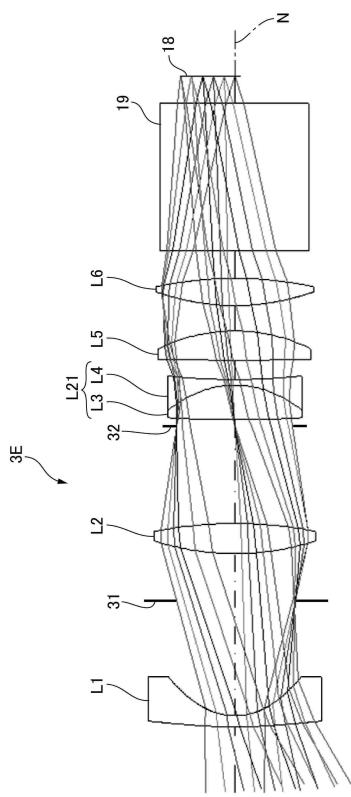


30

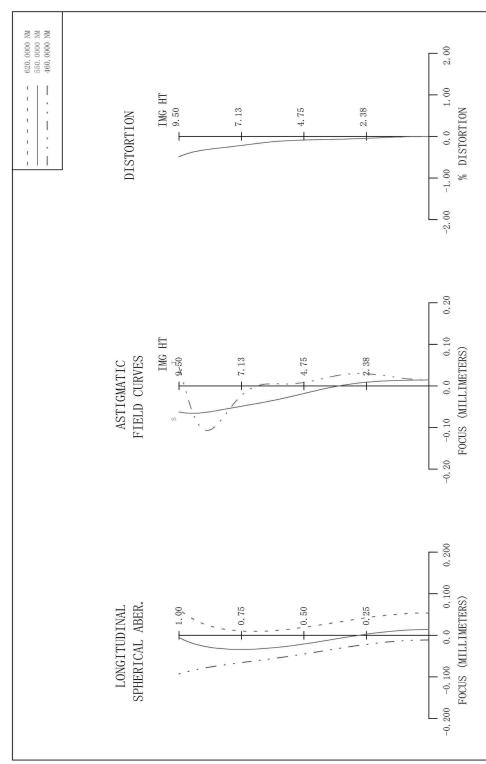
40

50

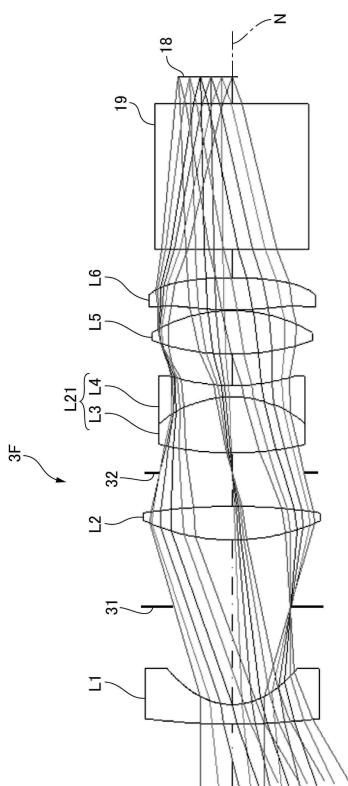
【図 1 1】



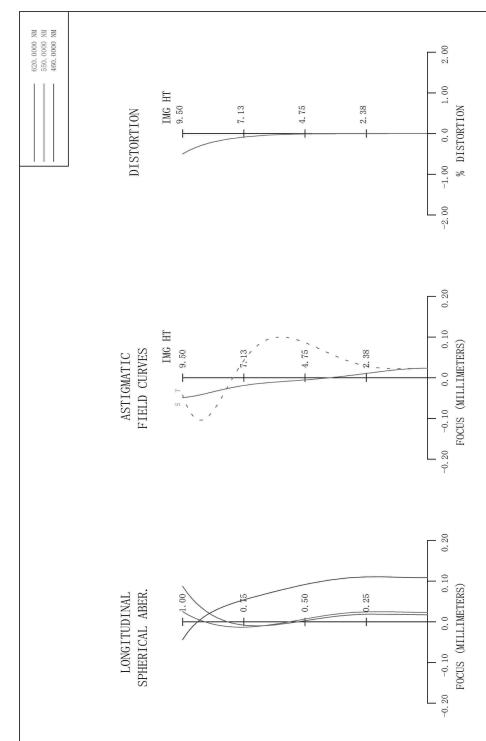
【図 1 2】



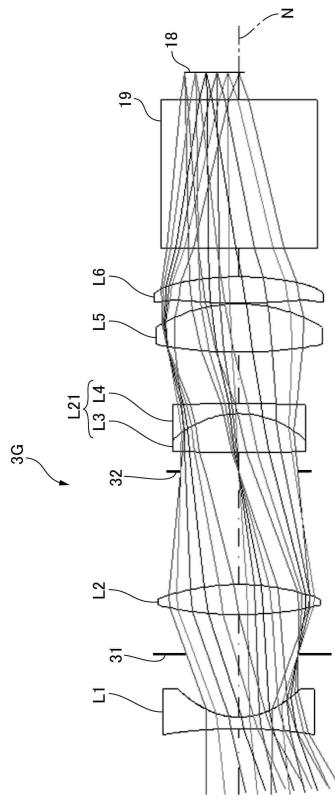
【図 1 3】



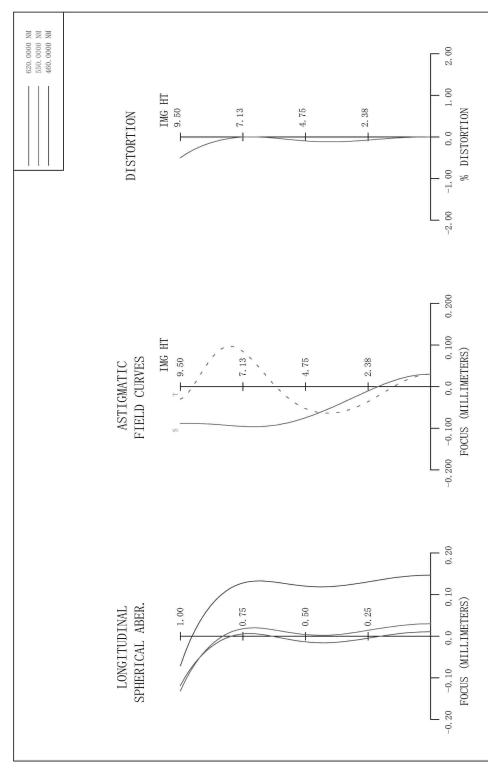
【図 1 4】



【図 1 5】



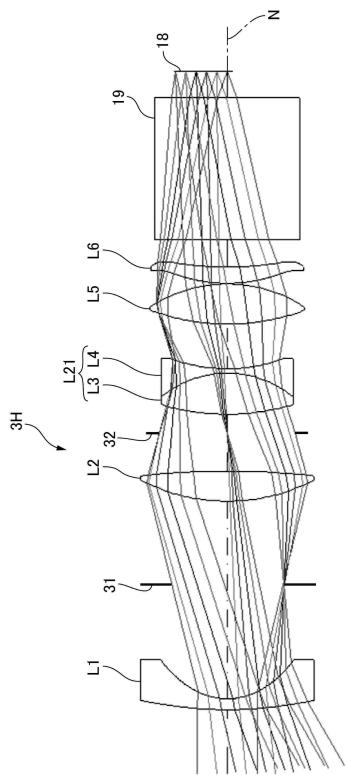
【図 1 6】



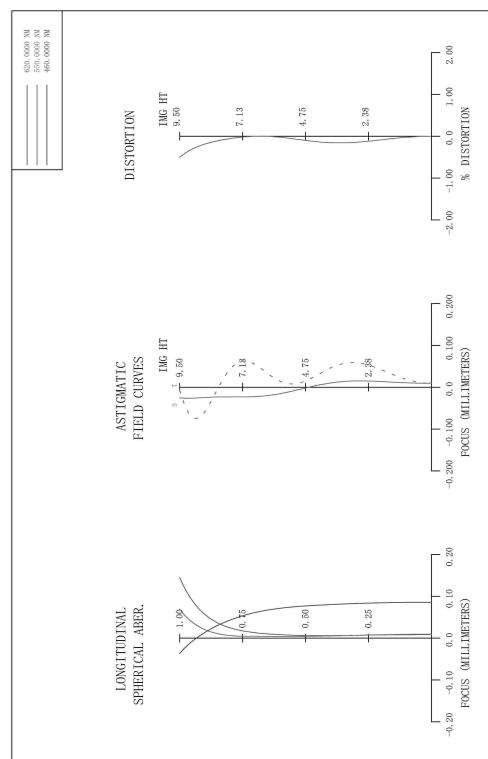
10

20

【図 1 7】



【図 1 8】



30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 塩川 浩司
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 伊藤 雄太
長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 濑戸 息吹

(56)参考文献 特開 2015-075627 (JP, A)
特開 2015-111192 (JP, A)
米国特許出願公開第 2017/0351068 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G 02 B 9/00 - 17/08
G 02 B 21/02 - 21/04
G 02 B 25/00 - 25/04
G 03 B 21/00 - 21/10
G 03 B 21/12 - 21/13
G 03 B 21/134 - 21/30
G 03 B 33/00 - 33/16