

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7664544号
(P7664544)

(45)発行日 令和7年4月18日(2025.4.18)

(24)登録日 令和7年4月10日(2025.4.10)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 2 B 15/16 (2006.01)	G 0 2 B 15/16	
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G 0 2 B 13/18	
G 0 2 B 15/20 (2006.01)	G 0 2 B 15/20	
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 3 B 21/14	Z
G 0 3 B 21/00 (2006.01)	G 0 3 B 21/00	D
請求項の数 20 (全50頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2022-503093(P2022-503093)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	令和2年11月18日(2020.11.18)	(74)代理人	100132241 弁理士 岡部 博史
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/042935	(74)代理人	100199314 弁理士 竹内 寛
(87)国際公開番号	WO2021/171713	(74)代理人	100100479 弁理士 竹内 三喜夫
(87)国際公開日	令和3年9月2日(2021.9.2)	(74)代理人	100183265 弁理士 中谷 剣一
審査請求日	令和5年10月19日(2023.10.19)	(72)発明者	今岡 卓也 大阪府門真市大字門真1006番地 パ ナソニックホールディングス株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2020-32016(P2020-32016)	(72)発明者	趙 慶華
(32)優先日	令和2年2月27日(2020.2.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 光学系、画像投写装置および撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のレンズ素子を含み、拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記複数のレンズ素子の内、前記中間結像位置より前記拡大側に位置するレンズ素子を含む拡大光学系と、

前記複数のレンズ素子の内、前記中間結像位置より前記縮小側に位置するレンズ素子を含むリレー光学系と、

を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第1レンズ群と、

前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズームングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、

前記2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、

ズームングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記2つのレンズ群が移動する光学系。

【請求項2】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、

前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
 を備え、
 前記リレー光学系は、
 最も拡大側に第1レンズ群と、
 前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群
 同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、
 前記2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
 ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記2つのレンズ群が移動
 し、
 前記第1レンズ群は正のパワーを有し、
 前記第1レンズ群と前記拡大光学系は、ズーミングの際に固定である、光学系。

10

【請求項3】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部
 に有する光学系であって、
 前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
 前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
 を備え、
 前記リレー光学系は、
 最も拡大側に第1レンズ群と、
 前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群
 同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、
 前記2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
 ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記2つのレンズ群が移動
 し、
 前記リレー光学系は、さらに他の負レンズ群を有し、
 前記負レンズ群は、前記他の負レンズ群より負パワーが小さい、光学系。

20

【請求項4】

前記負レンズ群は、絞りを有する請求項1記載の光学系。

【請求項5】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部
 に有する光学系であって、
 前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
 前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
 を備え、
 前記リレー光学系は、
 最も拡大側に第1レンズ群と、
 前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群
 同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、
 前記2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
 ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記2つのレンズ群が移動
 し、
 前記拡大光学系の最も縮小側のレンズが負レンズである、光学系。

30

【請求項6】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部
 に有する光学系であって、
 前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
 前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
 を備え、
 前記リレー光学系は、
 最も拡大側に第1レンズ群と、

50

前記第 1 レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する 2 つのレンズ群と、

前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、

ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動し、

前記リレー光学系の最も拡大側のレンズが正レンズである、光学系。

【請求項 7】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、

前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、

を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第 1 レンズ群と、

前記第 1 レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する 2 つのレンズ群と、

前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、

ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動し、

以下の条件 (1) を満足する、光学系。

$$0.1 < f_p / f_r < 0.5 \quad \dots (1)$$

ここで、

f_p : 前記拡大光学系の焦点距離

f_r : 広角端における前記リレー光学系の焦点距離

である。

【請求項 8】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、

前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、

を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第 1 レンズ群と、

前記第 1 レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する 2 つのレンズ群と、

前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、

ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動し、

以下の条件 (2) を満足する、光学系。

$$100 < f_{r1} / f_w < 1000 \quad \dots (2)$$

ここで、

f_{r1} : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

である。

【請求項 9】

以下の条件 (3) を満足する請求項 1 記載の光学系。

$$5 < f_{rn} / f_w < 50 \quad \dots (3)$$

ここで、

f_{rn} : 前記負レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

10

20

30

40

50

である。

【請求項 10】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第1レンズ群と、

前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、

前記2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、

ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記2つのレンズ群が移動し、

前記拡大光学系は最長の空気間隔を有し、前記最長の空気間隔を境に拡大側の拡大光学系前群と縮小側の拡大光学系後群とを備え、以下の条件(4)及び(5)を満足する、光学系。

$$6.5 < |T_s / f_w| < 12.0 \quad \dots (4)$$

$$3.0 < |T_{pr} / f_w| < 8.0 \quad \dots (5)$$

ここで、

T_s : 前記拡大光学系の最長の空気間隔

f_w : 広角端における全系の焦点距離

T_{pr} : 前記拡大光学系後群の最も拡大側の面から中間結像までの距離

である。

【請求項 11】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第1レンズ群と、

前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、

前記2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、

ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記2つのレンズ群が移動し、

以下の条件(6)を満足する、光学系。

$$0.8 < T_p / T_r < 1.0 \quad \dots (6)$$

ここで、

T_p : 前記拡大光学系の最も拡大側の面から前記中間結像位置までの距離

T_r : 広角端での前記中間結像位置から前記リレー光学系の最も縮小側の面までの距離

である。

【請求項 12】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
を備え、

前記リレー光学系は、

10

20

30

40

50

最も拡大側に第 1 レンズ群と、
 前記第 1 レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群
 同士の間隔が変化する 2 つのレンズ群と、
 前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
 ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動
 し、

前記拡大光学系は最長の空気間隔を有し、前記最長の空気間隔を境に拡大側の拡大光学
 系前群と縮小側の拡大光学系後群とを備え、以下の条件 (7) を満足する、光学系。

$$7 < | f p r / f w | < 12 \dots (7)$$

ここで、

$f p r$: 前記拡大光学系後群の焦点距離

$f w$: 広角端における全系の焦点距離

である。

【請求項 1 3】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部
 に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
 前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
 を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第 1 レンズ群と、
 前記第 1 レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群
 同士の間隔が変化する 2 つのレンズ群と、
 前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
 ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動
 し、

前記拡大光学系は最長の空気間隔を有し、前記最長の空気間隔を境に拡大側の拡大光学
 系前群と縮小側の拡大光学系後群とを備え、以下の条件 (8) を満足する、光学系。

$$2 < | f p f / f w | < 5 \dots (8)$$

ここで、

$f p f$: 前記拡大光学系前群の焦点距離

$f w$: 広角端における全系の焦点距離

である。

【請求項 1 4】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部
 に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
 前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、
 を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第 1 レンズ群と、
 前記第 1 レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群
 同士の間隔が変化する 2 つのレンズ群と、
 前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
 ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動
 し、

前記拡大光学系の最も拡大側に第 1 レンズ素子が配置され、前記第 1 レンズ素子は、前
 記拡大側に向けた非球面の第 1 レンズ拡大側面、および前記縮小側に向けた非球面の第 1
 レンズ縮小側面を有し、

前記第 1 レンズ拡大側面および前記第 1 レンズ縮小側面は、 $r > 0$ から有効径内において

10

20

30

40

50

、以下の条件(9)を満足する、光学系。

$$dZ(r)/dr > 0 \quad \dots (9)$$

ここで、

r : 光学系の光軸に対して垂直な面に沿った面の頂点からの距離 ($r > 0$)

$Z(r)$: 面のサグ量 (頂点 ($r = 0$) で $Z = 0$ とし、頂点に対して縮小側変位を符号 + とし、拡大側変位を符号 - とする)

である。

【請求項15】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、

前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、

を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第1レンズ群と、

前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、

前記2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、

ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記2つのレンズ群が移動し、

前記拡大光学系の最も拡大側に第1レンズ素子が配置され、前記第1レンズ素子は、合成樹脂製である、光学系。

【請求項16】

前記複数のレンズ素子のうち、条件(10)を満足する全てのレンズ素子は条件(11)を満足し、前記複数のレンズ素子のうち1枚のレンズ素子は、条件(10)及び(11)の両方を満足しない請求項1記載の光学系。

$$|ym / (fw \cdot \tan(m))| < 3.0 \quad \dots (10)$$

$$Tg > 300 \quad \dots (11)$$

ここで、

m : 広角端における最大の半画角

ym : 望遠端における最軸外の主光線がレンズ面を通る高さ

fw : 広角端における全系の焦点距離

Tg : レンズ材料のガラス転移点

である。

【請求項17】

以下の条件(12)を満足する請求項1記載の光学系。

$$m > 65^\circ \quad \dots (12)$$

ここで、

m : 広角端における最大の半画角

である。

【請求項18】

拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、

前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、

を備え、

前記リレー光学系は、

最も拡大側に第1レンズ群と、

前記第1レンズ群よりも縮小側に配置され、ズーミングの際に隣接する各レンズ群同士の間隔が変化する2つのレンズ群と、

10

20

30

40

50

前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
 ズーミングの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動し、

以下の条件 (1 3) を満足する、光学系。

$$- 1 . 5 < (L 1 R 1 + L 1 R 2) / (L 1 R 2 - L 1 R 1) < - 0 . 9 \dots (1 3)$$

ここで、

L 1 R 1 : 最も拡大側のレンズ拡大側面の中心曲率半径

L 1 R 2 : 最も拡大側のレンズ縮小側面の中心曲率半径

である。

【請求項 1 9】

請求項 1 から 1 8 のいずれかに記載の光学系と、
 該光学系を經由してスクリーンに投写する画像を生成する画像形成素子と、を備える画像投写装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 8 のいずれかに記載の光学系と、
 該光学系が形成する光学像を受光して電気的な画像信号に変換する撮像素子と、を備える撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、中間像を形成する光学系に関する。また本開示は、こうした光学系を用いた画像投写装置および撮像装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

中間結像方式の光学系は、短焦点で大画面の広角投写を実現できるという利点を有するが、光学系の全長が大きくなる傾向がある。そのため光学系が重くなり、光学系の一部を画像投写装置本体の筐体の外に搭載した場合、重心に作用するモーメントにより光学系が装置本体に対して傾斜し、光学性能が低下する可能性がある。

【0 0 0 3】

光学系の重量を削減するには、ガラスレンズの代替として合成樹脂レンズの使用が想定される。合成樹脂は、ガラスと比べて、比重が小さいが、熱伝導性が小さく、線膨張係数が大きい。従って、光学系の軽量化は図れるものの、局所的な温度上昇や熱変形が生じて光学収差、特に色収差が増加する傾向がある。こうした傾向は、高輝度投写の場合に特に顕著になる。

【0 0 0 4】

特許文献 1 は、広角の結像光学系を開示しており、拡大共役点に最も近い第 1 レンズ L 1 a が最大の口径を有する。第 1 レンズ L 1 a は、両面とも非球面であり、かなり複雑な形状であることから、合成樹脂レンズの使用が推定される。しかしながら、こうした複雑な非球面形状は、熱変形に対してかなり敏感になり、温度上昇による光学収差の劣化が顕著になることが予想される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【文献】特開 2 0 1 9 - 1 7 4 6 3 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

本開示は、重心に作用するモーメントを低減でき、熱の影響を軽減できる光学系を提供する。また本開示は、こうした光学系を用いた画像投写装置および撮像装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

本開示の一態様は、拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、
前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、
前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、を備え、
リレー光学系は、
最も拡大側に第1レンズ群と、
第1レンズ群よりも縮小側に2つのレンズ群と、
2つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、
ズミングの際に負レンズ群が固定された状態で、2つのレンズ群が移動する光学系である。

10

【 0 0 0 8 】

また本開示に係る画像投写装置は、上記光学系と、該光学系を經由してスクリーンに投写する画像を生成する画像形成素子と、を備える。

【 0 0 0 9 】

また本開示に係る撮像装置は、上記光学系と、該光学系が形成する光学像を受光して電氣的な画像信号に変換する撮像素子と、を備える。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本開示に係る光学系によると、重心に作用するモーメントを低減でき、熱の影響を軽減できる。そのため高強度の光がレンズを通過する場合、例えば、高輝度投写の場合に安定した光学性能を維持できる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 実施例 1 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の光路を示す配置図

【 図 2 】 実施例 1 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の配置図

【 図 3 】 実施例 1 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における縦収差図

【 図 4 】 実施例 2 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の光路を示す配置図

30

【 図 5 】 実施例 2 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の配置図

【 図 6 】 実施例 2 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における縦収差図

【 図 7 】 実施例 3 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の光路を示す配置図

【 図 8 】 実施例 3 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の配置図

【 図 9 】 実施例 3 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における縦収差図

【 図 1 0 】 実施例 4 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の光路を示す配置図

40

【 図 1 1 】 実施例 4 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の配置図

【 図 1 2 】 実施例 4 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における縦収差図

【 図 1 3 】 実施例 5 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の光路を示す配置図

【 図 1 4 】 実施例 5 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の配置図

【 図 1 5 】 実施例 5 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における縦収差図

【 図 1 6 】 実施例 6 のズームレンズの物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における広角端の

50

光路を示す配置図

【図 17】実施例 6 のズームレンズの物体距離 1065.7157 mm における広角端の配置図

【図 18】実施例 6 のズームレンズの物体距離 1065.7157 mm における縦収差図

【図 19】本開示に係る画像投写装置の一例を示すブロック図

【図 20】本開示に係る撮像装置の一例を示すブロック図

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明、あるいは実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

10

【0013】

なお、出願人は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面および以下の説明を提供するのであって、これらによって特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものでない。

【0014】

以下に、本開示に係る光学系の各実施例について説明する。各実施例では、光学系が、画像信号に基づき液晶や DMD（デジタルマイクロミラーデバイス）等の画像形成素子によって入射光を空間変調した原画像 S の画像光を、スクリーンに投写するプロジェクタ（画像投写装置の一例）に用いられる場合について説明する。即ち、本開示に係る光学系は、拡大側の延長線上に図示しないスクリーンを配置して、縮小側に配置された画像形成素子上の原画像 S を拡大してスクリーンに投写するために利用できる。

20

【0015】

また、本開示に係る光学系は、拡大側の延長線上に位置する物体から放射される光を集光し、縮小側に配置された撮像素子の撮像面に物体の光学像を形成するためにも利用できる。

【0016】

（実施形態 1）

以下、図 1 ~ 図 15 を用いて本開示の実施形態 1 を説明する。ここでは、光学系の一例としてズームレンズ系について説明する。

30

【0017】

図 1、図 4、図 7、図 10、図 13、図 16 は、実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系の物体距離 1065.7157 mm における広角端の光路を示す配置図である。図 2、図 5、図 8、図 11、図 14、図 17 は、実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系の物体距離 1065.7157 mm における広角端の配置図である。図 2 (a)、図 5 (a)、図 8 (a)、図 11 (a)、図 14 (a)、図 17 (a) は、ズームレンズ系の広角端におけるレンズ配置図を示す。図 2 (b)、図 5 (b)、図 8 (b)、図 11 (b)、図 14 (b)、図 17 (b) は、ズームレンズ系の中間位置におけるレンズ配置図を示す。図 2 (c)、図 5 (c)、図 8 (c)、図 11 (c)、図 14 (c)、図 17 (c) は、ズームレンズ系の望遠端におけるレンズ配置図を示す。

40

【0018】

広角端は、全系が最短の焦点距離 f_w を有する最短焦点距離状態である。中間位置は、広角端と望遠端との間の中間焦点距離状態である。望遠端は、全系が最長の焦点距離 f_t を有する最長焦点距離状態である。広角端の焦点距離 f_w と望遠端の焦点距離 f_t とに基づき、中間位置の焦点距離 $f_m = \sqrt{f_w \times f_t}$ が規定される。

【0019】

実施例 1 に係るズームレンズ系は、拡大光学系 O_p 、リレー光学系 O_l と光学素子 P を含み、リレー光学系 O_l は、第 1 レンズ群 G_1 ~ 第 4 レンズ群 G_4 とを含む。拡大光学系 O_p は、第 1 レンズ素子 L_1 から第 12 レンズ素子 L_{12} で構成され、面 1 から面 24 を

50

含む（後述する数値実施例を参照）。リレー光学系O1は、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成され、面25から面51を含む。第1レンズ群G1は、正のパワーを有し、第13レンズ素子L13から第15レンズ素子L15で構成され、面25から面30を含む。第2レンズ群G2は、正のパワーを有し、第16レンズ素子L16から第18レンズ素子L18で構成され、面31から面36を含む。第3レンズ群G3は、負のパワーを有し、第19レンズ素子L19から第22レンズ素子L22で構成され、面37から面45を含む。第4レンズ群G4は、正のパワーを有し、第23レンズ素子L23から第25レンズ素子L25で構成され、面46から面51を含む。光学素子Pは、面52から面53を含む。

【0020】

実施例2に係るズームレンズ系は、拡大光学系Op、リレー光学系O1と光学素子Pを含み、リレー光学系O1は、第1レンズ群G1～第5レンズ群G5とを含む。拡大光学系Opは、第1レンズ素子L1から第12レンズ素子L12で構成され、面1から面24を含む（後述する数値実施例を参照）。リレー光学系O1は、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成され、面25から面51を含む。第1レンズ群G1は、正のパワーを有し、第13レンズ素子L13から第15レンズ素子L15で構成され、面25から面30を含む。第2レンズ群G2は、正のパワーを有し、第16レンズ素子L16から第18レンズ素子L18で構成され、面31から面36を含む。第3レンズ群G3は、負のパワーを有し、第19レンズ素子L19から第22レンズ素子L22で構成され、面37から面45を含む。第4レンズ群G4は、正のパワーを有し、第23レンズ素子L23で構成され面46から面47を含む。第5レンズ群G5は、正のパワーを有し、第24レンズ素子L24と第25レンズ素子L25から第25レンズ素子L25で構成され、面48から面51を含む。光学素子Pは、面52から面53を含む。

【0021】

実施例3に係るズームレンズ系は、拡大光学系Op、リレー光学系O1と光学素子Pを含み、リレー光学系O1は、第1レンズ群G1～第6レンズ群G6とを含む。拡大光学系Opは、第1レンズ素子L1から第12レンズ素子L12で構成され、面1から面24を含む（後述する数値実施例を参照）。リレー光学系O1は、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成され、面25から面51を含む。第1レンズ群G1は、正のパワーを有し、第13レンズ素子L13から第15レンズ素子L15で構成され、面25から面30を含む。第2レンズ群G2は、正のパワーを有し、第16レンズ素子L16から第18レンズ素子L18で構成され、面31から面36を含む。第3レンズ群G3は、負のパワーを有し、第19レンズ素子L19から第22レンズ素子L22で構成され、面37から面45を含む。第4レンズ群G4は、正のパワーを有し、第23レンズ素子L23で構成され面46から面47を含む。第5レンズ群G5は、負のパワーを有し、第24レンズ素子L24で構成され、面48から面49を含む。第6レンズ群G6は、正のパワーを有し、第25レンズ素子L25で構成され、面50から面51を含む。光学素子Pは、面52から面53を含む。

【0022】

実施例4に係るズームレンズ系は、拡大光学系Op、リレー光学系O1と光学素子Pを含み、リレー光学系O1は、第1レンズ群G1～第6レンズ群G6とを含む。拡大光学系Opは、第1レンズ素子L1から第12レンズ素子L12で構成され、面1から面24を含む（後述する数値実施例を参照）。リレー光学系O1は、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成され、面25から面51を含む。第1レンズ群G1は、正のパワーを有し、第13レンズ素子L13から第15レンズ素子L15で構成され、面25から面30を含む。第2レンズ群G2は、正のパワーを有し、第16レンズ素子L16から第17レンズ素子L17で構成され、面31から面34を含む。第3レンズ群G3は、正のパワーを有し、第18レンズ素子L18で構成され、面35から面36を含む。第4レンズ群G4は、負のパワーを有し、第19レンズ素子L19から第22レンズ素子L22で構成され、面37から面45を含む。第5レンズ群G4は、正のパワーを有し、第

10

20

30

40

50

23 レンズ素子 L 23 で構成され面 46 から面 47 を含む。第 6 レンズ群 G 6 は、正のパワーを有し、第 24 レンズ素子 L 25 で構成され、面 48 から面 51 を含む。光学素子 P は、面 52 から面 53 を含む。

【0023】

実施例 5 に係るズームレンズ系は、拡大光学系 Op、リレー光学系 O1 と光学素子 P を含み、リレー光学系 O1 は、第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 8 レンズ群 G 8 とを含む。拡大光学系 Op は、第 1 レンズ素子 L 1 から第 12 レンズ素子 L 12 で構成され、面 1 から面 24 を含む（後述する数値実施例を参照）。リレー光学系 O1 は、第 13 レンズ素子 L 13 から第 25 レンズ素子 L 25 で構成され、面 25 から面 51 を含む。第 1 レンズ群 G 1 は、正のパワーを有し、第 13 レンズ素子 L 13 から第 15 レンズ素子 L 15 で構成され、面 25 から面 30 を含む。第 2 レンズ群 G 2 は、正のパワーを有し、第 16 レンズ素子 L 16 で構成され、面 31 から面 32 を含む。第 3 レンズ群 G 3 は、負のパワーを有し、第 17 レンズ素子 L 17 で構成され、面 33 から面 34 を含む。第 4 レンズ群 G 4 は、正のパワーを有し、第 18 レンズ素子 L 18 で構成され、面 35 から面 36 を含む。第 5 レンズ群 G 5 は、負のパワーを有し、第 19 レンズ素子 L 19 から第 22 レンズ素子 L 22 で構成され、面 37 から面 45 を含む。第 6 レンズ群 G 6 は、正のパワーを有し、第 23 レンズ素子 L 23 で構成され面 46 から面 47 を含む。第 7 レンズ群 G 7 は、負のパワーを有し、第 24 レンズ素子で構成され、面 48 から面 49 を含む。第 8 レンズ群 G 8 は、正のパワーを有し第 25 レンズ素子 L 25 で構成され、面 50 から面 51 を含む。光学素子 P は、面 52 から面 53 を含む。

10

20

【0024】

実施例 6 に係るズームレンズ系は、拡大光学系 Op、リレー光学系 O1 と光学素子 P を含み、リレー光学系 O1 は、第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 6 レンズ群 G 6 とを含む。拡大光学系 Op は、第 1 レンズ素子 L 1 から第 12 レンズ素子 L 12 で構成され、面 1 から面 24 を含む（後述する数値実施例を参照）。リレー光学系 O1 は、第 13 レンズ素子 L 13 から第 25 レンズ素子 L 25 で構成され、面 25 から面 51 を含む。第 1 レンズ群 G 1 は、負のパワーを有し、第 13 レンズ素子 L 13 から第 15 レンズ素子 L 15 で構成され、面 25 から面 30 を含む。第 2 レンズ群 G 2 は、正のパワーを有し、第 16 レンズ素子 L 16 から第 18 レンズ素子 L 18 で構成され、面 31 から面 36 を含む。第 3 レンズ群 G 3 は、正のパワーを有し、第 19 レンズ素子 L 19 で構成され、面 37 から面 38 を含む。第 4 レンズ群 G 4 は、負のパワーを有し、絞りと第 20 レンズ素子 L 20 で構成され、面 39 から面 41 を含む。第 5 レンズ群 G 5 は、負のパワーを有し、第 21 レンズ素子 L 21 から第 22 レンズ素子 L 22 で構成され、面 42 から面 45 を含む。第 6 レンズ群 G 6 は、正のパワーを有し、第 23 レンズ素子 L 23 から第 25 レンズ素子 L 25 で構成され面 46 から面 51 を含む。光学素子 P は、面 52 から面 53 を含む。

30

【0025】

図 2、図 5、図 8、図 11、図 14、図 17 の各図 (a) と各図 (b) との間に図示した折れ線の矢印は、図中の上から順に、広角端、中間位置及び望遠端の各状態における第 1 レンズ群 G 1 ~ 第 8 レンズ群 G 8 の位置を結んで得られる直線である。広角端と中間位置との間、中間位置と望遠端との間は、単純に直線で接続されているだけであり、実際の各レンズ群 G 1 ~ G 8 の動きとは異なる。また、各々のレンズ群 G 1 ~ G 8 の符号に付した記号 (+), (-) は、各レンズ群 G 1 ~ G 8 のパワーの正負を示す。

40

【0026】

実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、必要に応じて、物体距離が変わったときにフォーカス調整を行うフォーカシング調整レンズ群と、フォーカシング調整レンズ群がフォーカス調整を行った後に、像面湾曲収差の補正を行う像面湾曲補正レンズ群とを含んでもよい。

【0027】

各図において、左側に拡大側の結像位置（即ち、拡大共役点）、右側に縮小側の結像位置（即ち、縮小共役点）が位置する。また各図において、最も縮小側に記載された直線は

50

、原画像 S の位置を表し、原画像 S の拡大側には光学素子 P が位置する。光学素子 P は、色分解、色合成用のプリズム、光学フィルタ、平行平板ガラス、水晶ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等の光学素子を表している。

【 0 0 2 8 】

実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置 M I を内部に有する。また各図において、中間結像位置 M I より拡大側に拡大光学系 O p が配置され、中間結像位置 M I より縮小側にリレー光学系 O l が配置される。

【 0 0 2 9 】

実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系において、第 1 レンズ素子 L 1 から第 2 5 レンズ素子 L 2 5 および光学素子 P の間に複数の空気間隔が存在する。拡大光学系 O p は、拡大光学系内における光軸に沿って最長の空気間隔を有する。例えば、図 2、図 5、図 8、図 1 1、図 1 4、図 1 7 に示すように、第 9 レンズ素子 L 9 と第 1 0 レンズ素子 L 1 0 との間に最長の空気間隔が存在する。拡大光学系 O p は、最長の空気間隔より拡大側に位置する前群 O p f と、最長の空気間隔より縮小側に位置する後群 O p r とを備える。前群 O p f および後群 O p r は、単一または複数のレンズ素子を有してもよい。

10

【 0 0 3 0 】

図 3、図 6、図 9、図 1 2、図 1 5、図 1 8 は、実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系の物体距離 1 0 6 5 . 7 1 5 7 mm における縦収差図である。各図における (a)、(b)、(c) は、ズームレンズ系の広角端、中間位置および望遠端における縦収差図を示す。

20

【 0 0 3 1 】

各縦収差図は、左側から順に、球面収差 (S A (mm))、非点収差 (A S T (mm))、歪曲収差 (D I S (%)) を示す。球面収差図において、縦軸は瞳の高さを表し、実線は d 線 (d - l i n e)、短破線は F 線 (F - l i n e)、長破線は C 線 (C - l i n e) の特性である。非点収差図において、縦軸は像高を表し、実線はサジタル平面 (図中、s で示す)、破線はメリディオナル平面 (図中、m で示す) の特性である。歪曲収差図において、縦軸は像高を表す。また、歪曲収差は等距離射影に対する歪曲収差を表す。

【 0 0 3 2 】

(実施例 1)

図 1、図 2 に示すように、実施例 1 に係るズームレンズ系は、拡大光学系 O p とリレー光学系 O l とを備える。拡大光学系 O p は、第 1 レンズ素子 L 1 から第 1 2 レンズ素子 L 1 2 で構成される。拡大光学系 O p は、前群 O p f と後群 O p r とを含む。

30

【 0 0 3 3 】

拡大光学系 O p の前群 O p f は、拡大側から縮小側へと順に、第 1 レンズ素子 L 1 から第 9 レンズ素子 L 9 で構成される。第 1 レンズ素子 L 1 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 2 レンズ素子 L 2 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 3 レンズ素子 L 3 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 4 レンズ素子 L 4 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 5 レンズ素子 L 5 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 6 レンズ素子 L 6 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 7 レンズ素子 L 7 は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 8 レンズ素子 L 8 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 9 レンズ素子 L 9 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。

40

【 0 0 3 4 】

拡大光学系 O p の後群 O p r は、拡大側から縮小側へと順に、第 1 0 レンズ素子 L 1 0 から第 1 2 レンズ素子 L 1 2 で構成される。第 1 0 レンズ素子 L 1 0 は、両凸形状を有する。第 1 1 レンズ素子 L 1 1 は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 1 2 レンズ素子 L 1 2 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。

【 0 0 3 5 】

リレー光学系 O l は、拡大側から縮小側へと順に、第 1 3 レンズ素子 L 1 3 から第 2 5

50

レンズ素子 L 2 5 で構成される。第 1 3 レンズ素子 L 1 3 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 1 4 レンズ素子 L 1 4 は、両凹形状を有する。第 1 5 レンズ素子 L 1 5 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 1 6 レンズ素子 L 1 6 は、両凸形状を有する。第 1 7 レンズ素子 L 1 7 は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 1 8 レンズ素子 L 1 8 は、両凸形状を有する。第 1 9 レンズ素子 L 1 9 は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 2 0 レンズ素子 L 2 0 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 2 1 レンズ素子 L 2 1 は、両凹形状を有する。第 2 2 レンズ素子 L 2 2 は、両凸形状を有する。第 2 3 レンズ素子 L 2 3 は、両凸形状を有する。第 2 4 レンズ素子 L 2 4 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 2 5 レンズ素子 L 2 5 は、両凸形状を有する。

10

【 0 0 3 6 】

リレー光学系 O 1 は、拡大側から縮小側へと順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群 (L 1 3 ~ L 1 5)、正のパワーを有する第 2 レンズ群 (L 1 6 ~ L 1 8)、負のパワーを有する第 3 レンズ群 (L 1 9 ~ L 2 2)、および正のパワーを有する第 4 レンズ群 (L 2 3 ~ L 2 5) からなる。ズーミングの際に、第 1 レンズ群および第 3 レンズ群は固定され、第 2 レンズ群および第 4 レンズ群が光軸に沿って変位し、広角端から望遠端にズーミングする際に、第 2 レンズ群と第 4 レンズ群は拡大側へ変位する。

【 0 0 3 7 】

つまり、リレー光学系 O 1 は、拡大側に正のパワーを有する第 1 レンズ群 (第 1 レンズ群の例) と、縮小側に第 2 レンズ群と第 4 レンズ群と (2 つのレンズ群の例) の間に配置された第 3 レンズ群 (負レンズ群の例) とを有し、ズーミングの際に第 3 レンズ群が固定された状態で、第 2 レンズ群と第 4 レンズ群が拡大側に移動する。

20

【 0 0 3 8 】

第 1 2 レンズ素子 L 1 2 と第 1 3 レンズ素子 L 1 3 の間に中間結像位置 M I がある。また、第 1 9 レンズ素子 L 1 9 と第 2 0 レンズ素子 L 2 0 の間に絞り A が配置される。リレー光学系 O 1 の縮小側には、光学パワーがゼロである光学素子 P が配置される。

【 0 0 3 9 】

(実施例 2)

図 4、図 5 に示すように、実施例 2 に係るズームレンズ系は、拡大光学系 O p とリレー光学系 O 1 とを備える。拡大光学系 O p は、第 1 レンズ素子 L 1 から第 1 2 レンズ素子 L 1 2 で構成される。拡大光学系 O p は、前群 O p f と後群 O p r とを含む。

30

【 0 0 4 0 】

拡大光学系 O p の前群 O p f は、拡大側から縮小側へと順に、第 1 レンズ素子 L 1 から第 9 レンズ素子 L 9 で構成される。第 1 レンズ素子 L 1 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 2 レンズ素子 L 2 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 3 レンズ素子 L 3 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 4 レンズ素子 L 4 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 5 レンズ素子 L 5 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 6 レンズ素子 L 6 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 7 レンズ素子 L 7 は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第 8 レンズ素子 L 8 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 9 レンズ素子 L 9 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。

40

【 0 0 4 1 】

拡大光学系 O p の後群 O p r は、拡大側から縮小側へと順に、第 1 0 レンズ素子 L 1 0 から第 1 2 レンズ素子 L 1 2 で構成される。第 1 0 レンズ素子 L 1 0 は、両凸形状を有する。第 1 1 レンズ素子 L 1 1 は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第 1 2 レンズ素子 L 1 2 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。

【 0 0 4 2 】

リレー光学系 O 1 は、拡大側から縮小側へと順に、第 1 3 レンズ素子 L 1 3 から第 2 5 レンズ素子 L 2 5 で構成される。第 1 3 レンズ素子 L 1 3 は、縮小側に凸面を向けた正メ

50

ニスカス形状を有する。第14レンズ素子L14は、両凹形状を有する。第15レンズ素子L15は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第16レンズ素子L16は、両凸形状を有する。第17レンズ素子L17は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第18レンズ素子L18は、両凸形状を有する。第19レンズ素子L19は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第20レンズ素子L20は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第21レンズ素子L21は、両凹形状を有する。第22レンズ素子L22は、両凸形状を有する。第23レンズ素子L23は、両凸形状を有する。第24レンズ素子L24は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第25レンズ素子L25は、両凸形状を有する。

【0043】

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群(L13~L15)、正のパワーを有する第2レンズ群(L16~L18)、負のパワーを有する第3レンズ群(L19~L22)、正のパワーを有する第4レンズ群(L23)、および正のパワーを有する第5レンズ群(L24からL25)からなる。ズーミングの際に、第1レンズ群、第3レンズ群および第5レンズ群は固定され、第2レンズ群および第4レンズ群が光軸に沿って変位し、広角端から望遠端にズーミングする際に、第2レンズ群と第4レンズ群は拡大側へ変位する。

【0044】

つまり、リレー光学系O1は、拡大側に正のパワーを有する第1レンズ群(第1レンズ群の例)と、縮小側に第2レンズ群と第4レンズ群と(2つのレンズ群の例)の間に配置された第3レンズ群(負レンズ群の例)とを有し、ズーミングの際に第3レンズ群が固定された状態で、第2レンズ群と第4レンズ群が拡大側に移動する。

【0045】

第12レンズ素子L12と第13レンズ素子L13の間に中間結像位置MIがある。また、第19レンズ素子L19と第20レンズ素子L20の間に絞りAが配置される。リレー光学系O1の縮小側には、光学パワーがゼロである光学素子Pが配置される。

【0046】

(実施例3)

図7、図8に示すように、実施例3に係るズームレンズ系は、拡大光学系Opとリレー光学系O1とを備える。拡大光学系Opは、第1レンズ素子L1から第12レンズ素子L12で構成される。拡大光学系Opは、前群Opfと後群Oprとを含む。

【0047】

拡大光学系Opの前群Opfは、拡大側から縮小側へと順に、第1レンズ素子L1から第9レンズ素子L9で構成される。第1レンズ素子L1は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第2レンズ素子L2は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第3レンズ素子L3は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第4レンズ素子L4は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第5レンズ素子L5は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第6レンズ素子L6は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第7レンズ素子L7は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第8レンズ素子L8は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第9レンズ素子L9は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。

【0048】

拡大光学系Opの後群Oprは、拡大側から縮小側へと順に、第10レンズ素子L10から第12レンズ素子L12で構成される。第10レンズ素子L10は、両凸形状を有する。第11レンズ素子L11は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第12レンズ素子L12は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。

【0049】

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成される。第13レンズ素子L13は、縮小側に凸面を向けた正メ

10

20

30

40

50

ニスカス形状を有する。第14レンズ素子L14は、両凹形状を有する。第15レンズ素子L15は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第16レンズ素子L16は、両凸形状を有する。第17レンズ素子L17は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第18レンズ素子L18は、両凸形状を有する。第19レンズ素子L19は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第20レンズ素子L20は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第21レンズ素子L21は、両凹形状を有する。第22レンズ素子L22は、両凸形状を有する。第23レンズ素子L23は、両凸形状を有する。第24レンズ素子L24は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第25レンズ素子L25は、両凸形状を有する。

【0050】

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群(L13~L15)、正のパワーを有する第2レンズ群(L16~L18)、負のパワーを有する第3レンズ群(L19~L22)、正のパワーを有する第4レンズ群(L23)、負のパワーを有する第5レンズ群(L24)および正のパワーを有する第6レンズ群(L25)からなる。ズームングの際に、第1レンズ群、第3レンズ群および第6レンズ群は固定され、第2レンズ群、第4レンズ群および第5レンズ群が光軸に沿って変位し、広角端から望遠端にズームングする際に、第2レンズ群、第4レンズ群および第5レンズ群は拡大側へ変位する。

【0051】

つまり、リレー光学系O1は、拡大側に正のパワーを有する第1レンズ群(第1レンズ群の例)と、縮小側に第2レンズ群と第4レンズ群と(2つのレンズ群の例)の間に配置された第3レンズ群(負レンズ群の例)とを有し、ズームングの際に第3レンズ群が固定された状態で、第2レンズ群と第4レンズ群が拡大側に移動する。リレー光学系O1は、さらに第5レンズ群(他の負レンズ群の例)を有し、第3レンズ群は、第5レンズ群より負パワーが小さい。

【0052】

第12レンズ素子L12と第13レンズ素子L13の間に中間結像位置MIがある。また、第19レンズ素子L19と第20レンズ素子L20の間に絞りAが配置される。リレー光学系O1の縮小側には、光学パワーがゼロである光学素子Pが配置される。

【0053】

(実施例4)

図10、図11に示すように、実施例4に係るズームレンズ系は、拡大光学系Opとリレー光学系O1とを備える。拡大光学系Opは、第1レンズ素子L1から第12レンズ素子L12で構成される。拡大光学系Opは、前群Opfと後群Oprとを含む。

【0054】

拡大光学系Opの前群Opfは、拡大側から縮小側へと順に、第1レンズ素子L1から第9レンズ素子L9で構成される。第1レンズ素子L1は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第2レンズ素子L2は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第3レンズ素子L3は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第4レンズ素子L4は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第5レンズ素子L5は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第6レンズ素子L6は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第7レンズ素子L7は、両凹形状を有する。第8レンズ素子L8は、両凸形状を有する。第9レンズ素子L9は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。

【0055】

拡大光学系Opの後群Oprは、拡大側から縮小側へと順に、第10レンズ素子L10から第12レンズ素子L12で構成される。第10レンズ素子L10は、両凸形状を有する。第11レンズ素子L11は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第12レンズ素子L12は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。

【0056】

10

20

30

40

50

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成される。第13レンズ素子L13は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第14レンズ素子L14は、両凹形状を有する。第15レンズ素子L15は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第16レンズ素子L16は、両凸形状を有する。第17レンズ素子L17は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第18レンズ素子L18は、両凸形状を有する。第19レンズ素子L19は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第20レンズ素子L20は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第21レンズ素子L21は、両凹形状を有する。第22レンズ素子L22は、両凸形状を有する。第23レンズ素子L23は、両凸形状を有する。第24レンズ素子L24は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第25レンズ素子L25は、両凸形状を有する。

10

【0057】

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群(L13~L15)、正のパワーを有する第2レンズ群(L16~L17)、正のパワーを有する第3レンズ群(L18)、負のパワーを有する第4レンズ群(L19~L22)、正のパワーを有する第5レンズ群(L23)、および正のパワーを有する第6レンズ群(L24~L25)からなる。ズーミングの際に、第1レンズ群、第4レンズ群および第6レンズ群は固定され、第2レンズ群、第3レンズ群および第5レンズ群が光軸に沿って変位し、広角端から望遠端にズーミングする際に、第2レンズ群、第3レンズ群および第5レンズ群は拡大側へ変位する。

20

【0058】

つまり、リレー光学系O1は、拡大側に正のパワーを有する第1レンズ群(第1レンズ群の例)と、縮小側に第3レンズ群と第5レンズ群と(2つのレンズ群の例)の間に配置された第4レンズ群(負レンズ群の例)とを有し、ズーミングの際に第4レンズ群が固定された状態で、第3レンズ群と第5レンズ群が拡大側に移動する。

【0059】

第12レンズ素子L12と第13レンズ素子L13の間に中間結像位置MIがある。また、第19レンズ素子L19と第20レンズ素子L20の間に絞りAが配置される。リレー光学系O1の縮小側には、光学パワーがゼロである光学素子Pが配置される。

【0060】

(実施例5)

図13、図14に示すように、実施例5に係るズームレンズ系は、拡大光学系Opとリレー光学系O1とを備える。拡大光学系Opは、第1レンズ素子L1から第12レンズ素子L12で構成される。拡大光学系Opは、前群Opfと後群Oprとを含む。

30

【0061】

拡大光学系Opの前群Opfは、拡大側から縮小側へと順に、第1レンズ素子L1から第9レンズ素子L9で構成される。第1レンズ素子L1は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第2レンズ素子L2は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第3レンズ素子L3は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第4レンズ素子L4は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第5レンズ素子L5は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第6レンズ素子L6は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第7レンズ素子L7は、両凹形状を有する。第8レンズ素子L8は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第9レンズ素子L9は、両凸形状を有する。

40

【0062】

拡大光学系Opの後群Oprは、拡大側から縮小側へと順に、第10レンズ素子L10から第12レンズ素子L12で構成される。第10レンズ素子L10は、両凸形状を有する。第11レンズ素子L11は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第12レンズ素子L12は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。

【0063】

50

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成される。第13レンズ素子L13は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第14レンズ素子L14は、両凹形状を有する。第15レンズ素子L15は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第16レンズ素子L16は、両凸形状を有する。第17レンズ素子L17は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第18レンズ素子L18は、両凸形状を有する。第19レンズ素子L19は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第20レンズ素子L20は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第21レンズ素子L21は、両凹形状を有する。第22レンズ素子L22は、両凸形状を有する。第23レンズ素子L23は、両凸形状を有する。第24レンズ素子L24は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第25レンズ素子L25は、両凸形状を有する。

10

【0064】

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、正のパワーを有する第1レンズ群(L13~L15)、正のパワーを有する第2レンズ群(L16)、負のパワーを有する第3レンズ群(L17)、正のパワーを有する第4レンズ群(L18)、負のパワーを有する第5レンズ群(L19~L22)、正のパワーを有する第6レンズ群(L23)、負のパワーを有する第7レンズ群(L24)および正のパワーを有する第8レンズ群(L25)からなる。ズームングの際に、第1レンズ群、第5レンズ群および第8レンズ群は固定され、第2レンズ群、第3レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群、第6レンズ群および第7レンズ群が光軸に沿って変位し、広角端から望遠端にズームングする際に、第2レンズ群、第3レンズ群、第4レンズ群、第6レンズ群および第7レンズ群は拡大側へ変位する。

20

【0065】

つまり、リレー光学系O1は、拡大側に正のパワーを有する第1レンズ群(第1レンズ群の例)と、縮小側に第4レンズ群と第6レンズ群と(2つのレンズ群の例)の間に配置された第5レンズ群(負レンズ群の例)とを有し、ズームングの際に第5レンズ群が固定された状態で、第4レンズ群と第6レンズ群が拡大側に移動する。リレー光学系O1は、さらに第3レンズ群及び第7レンズ群(他の負レンズ群の例)を有し、第5レンズ群は、第3レンズ群及び第7レンズ群より負パワーが小さい。

【0066】

第12レンズ素子L12と第13レンズ素子L13の間に中間結像位置MIがある。また、第19レンズ素子L19と第20レンズ素子L20の間に絞りAが配置される。リレー光学系O1の縮小側には、光学パワーがゼロである光学素子Pが配置される。

30

【0067】

(実施例6)

図16、図17に示すように、実施例6に係るズームレンズ系は、拡大光学系Opとリレー光学系O1とを備える。拡大光学系Opは、第1レンズ素子L1から第12レンズ素子L12で構成される。拡大光学系Opは、前群Opfと後群Oprとを含む。

【0068】

拡大光学系Opの前群Opfは、拡大側から縮小側へと順に、第1レンズ素子L1から第9レンズ素子L9で構成される。第1レンズ素子L1は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第2レンズ素子L2は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第3レンズ素子L3は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第4レンズ素子L4は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第5レンズ素子L5は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第6レンズ素子L6は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第7レンズ素子L7は、両凹形状を有する。第8レンズ素子L8は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第9レンズ素子L9は、両凸形状を有する。

40

【0069】

拡大光学系Opの後群Oprは、拡大側から縮小側へと順に、第10レンズ素子L10

50

から第12レンズ素子L12で構成される。第10レンズ素子L10は、両凸形状を有する。第11レンズ素子L11は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第12レンズ素子L12は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。

【0070】

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、第13レンズ素子L13から第25レンズ素子L25で構成される。第13レンズ素子L13は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第14レンズ素子L14は、両凹形状を有する。第15レンズ素子L15は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第16レンズ素子L16は、両凸形状を有する。第17レンズ素子L17は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第18レンズ素子L18は、両凸形状を有する。第19レンズ素子L19は、拡大側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する。第20レンズ素子L20は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第21レンズ素子L21は、両凹形状を有する。第22レンズ素子L22は、両凸形状を有する。第23レンズ素子L23は、両凸形状を有する。第24レンズ素子L24は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する。第25レンズ素子L25は、両凸形状を有する。

10

【0071】

リレー光学系O1は、拡大側から縮小側へと順に、負のパワーを有する第1レンズ群(L13~L15)、正のパワーを有する第2レンズ群(L16~L18)、正のパワーを有する第3レンズ群(L19)、負のパワーを有する第4レンズ群(L20)、負のパワーを有する第5レンズ群(L21~L22)、正のパワーを有する第6レンズ群(L23~L25)からなる。ズームングの際に、第1レンズ群および第4レンズ群は固定され、第2レンズ群、第3レンズ群、第5レンズ群および第6レンズ群が光軸に沿って変位し、広角端から望遠端にズームングする際に、第2レンズ群、第5レンズ群および第6レンズ群は拡大側へ変位し、第3群は縮小側へ変位する。

20

【0072】

つまり、リレー光学系O1は、拡大側に負のパワーを有する第1レンズ群(第1レンズ群の例)と、縮小側に第3レンズ群と第5レンズ群と(2つのレンズ群の例)の間に配置された第4レンズ群(負レンズ群の例)とを有し、ズームングの際に第4レンズ群が固定された状態で、第3レンズ群が縮小側へと第5レンズ群が拡大側に移動する。リレー光学系O1は、さらに第4レンズ群及び第5レンズ群(他の負レンズ群の例)を有し、第4レンズ群は、第5レンズ群より負パワーが小さい。

30

【0073】

第12レンズ素子L12と第13レンズ素子L13の間に中間結像位置MIがある。また、第19レンズ素子L19と第20レンズ素子L20の間に絞りAが配置される。リレー光学系O1の縮小側には、光学パワーがゼロである光学素子Pが配置される。

【0074】

なお、実施例1~6に係るズームレンズ系は、光学パワーを有するレンズ素子だけでなく、光学パワーがゼロまたは実質的にゼロである素子、例えば、ミラー、絞り、マスク、カバーガラス、フィルタ、プリズム、波長板、偏光素子などの光学要素などを含んでもよい。

40

【0075】

次に、本実施形態に係るズームレンズ系が満足し得る条件を説明する。なお、各実施例に係るズームレンズ系に対して、複数の条件が規定されるが、これら複数の条件すべてを満足してもよく、あるいは個別の条件を満足することにより、それぞれ対応する効果が得られる。

【0076】

実施例1~6に係るズームレンズ系は、拡大側の拡大共役点及び縮小側の縮小共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、前記中間結像位置より前記拡大側に位置する拡大光学系と、前記中間結像位置より前記縮小側に位置するリレー光学系と、を備え、前記リレー光学系は、最も拡大側に正のパワーを有する第1レンズ群

50

と、前記第 1 レンズ群よりも縮小側に 2 つのレンズ群と、前記 2 つのレンズ群の間に配置された負レンズ群とを有し、ズームの際に前記負レンズ群が固定された状態で、前記 2 つのレンズ群が移動する。

【 0 0 7 7 】

こうした構成によると、レンズを広角化しても、レンズの有効径を小さくすることができ、レンズ重量を軽くすることができ、またズーム作動機構も簡単に構成できるので、機構部品を軽量化することができ、レンズ全体の軽量化することができる。

【 0 0 7 8 】

また実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、前記第 1 レンズ群と前記拡大光学系は、ズームの際に固定である。

【 0 0 7 9 】

こうした構成によると、ズーム機構を中間結像位置より縮小側に配置することによって、ズーム作動機構、例えば、カム、モータなどを縮小側に実装できる。そのため鏡筒の重心を縮小側へ寄せることができる。

【 0 0 8 0 】

また実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、リレー光学系は、さらに他の負レンズ群を有し、前記負レンズ群は、前記他の負レンズ群より負パワーが小さい。

【 0 0 8 1 】

こうした構成によると、ズームの際に、収差変動を小さくすることができズーム全域わたって、良好な性能を得ることができる。

【 0 0 8 2 】

また実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、前記負レンズ群は、絞りを有する。

【 0 0 8 3 】

こうした構成によると、ズームの際に、収差変動を小さくすることができズーム全域わたって、良好な性能を得ることができる。

【 0 0 8 4 】

また実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、前記拡大光学系の最も縮小側のレンズが負レンズである。

【 0 0 8 5 】

こうした構成によると、中間結像に近いレンズの有効径を小さくすることができ、レンズを軽量化することができる。

【 0 0 8 6 】

また実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、前記リレー光学系の最も拡大側のレンズが正レンズである。

【 0 0 8 7 】

こうした構成によると、中間結像に近いレンズの有効径を小さくすることができ、レンズを軽量化することができる。

【 0 0 8 8 】

また実施例 1 ~ 6 に係るズームレンズ系は、条件 (1) を満足してもよい。

$$0.1 < f_p / f_r < 0.5 \quad \dots (1)$$

ここで、

f_p : 拡大光学系の焦点距離

f_r : 広角端におけるリレー光学系の焦点距離

である。

【 0 0 8 9 】

条件 (1) は、拡大光学系とリレー光学系の合成焦点距離との関係を規定するための条件式である。これを満足することで、広角でありながらレンズ径の小さい光学系を実現できる。条件式 (1) の下限値を下回ると、中間結像位置よりも拡大側にあり、中間結像位置から拡大側で 2 番目に近い正パワーのレンズ素子の有効径が大きくなり過ぎてしまい、レンズが重くなる。逆に上限値を上回ると、最も拡大側にあるレンズの有効径が大きくな

10

20

30

40

50

り過ぎてしまい、レンズが重くなる。

【0090】

なお、条件(1)に加え、さらに以下の条件(1A)を満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$0.15 < f_p / f_r < 0.30 \quad \dots (1A)$$

【0091】

また実施例1～6に係るズームレンズ系は、条件(2)を満足してもよい。

$$100 < |f_{r1} / f_w| < 1000 \quad \dots (2)$$

ここで、

f_{r1} : 第1レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

10

である。

【0092】

条件(2)は、第1レンズ群の焦点距離と広角端における全系の焦点距離との関係を規定するための条件式ある。これを満足することで、広角でありながらレンズ径の小さい光学系を実現できる。条件(2)の上限側を上回ると、第1レンズ群の口径が大きくなりすぎてしまい、レンズが重くなる。逆に下限を下回ると、拡大光学系後群の口径が大きくなりすぎてしまい、レンズが重くなる。

【0093】

なお、条件(2)に加え、さらに以下の条件(2A)を満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$150 < |f_{r1} / f_w| < 700 \quad \dots (2A)$$

【0094】

また実施例1～6に係るズームレンズ系は、条件(3)を満足してもよい。

$$5 < f_{rn} / f_w < 50 \quad \dots (3)$$

ここで、

f_{rn} : 負レンズ群の焦点距離

f_w : 広角端における全系の焦点距離

である。

【0095】

条件(3)は、負レンズ群の焦点距離と広角端における全系の焦点距離との関係を規定するための条件式ある。これを満足することで、広角でありながらレンズ径の小さい光学系を実現できる。条件(3)の上限側を上回ると、負レンズ群の口径が大きくなりすぎてしまい、レンズが重くなる。逆に下限を下回ると、負レンズ群より縮小側の群の口径が大きくなりすぎてしまい、レンズが重くなる。

30

【0096】

なお、条件(3)に加え、さらに以下の条件(3A)を満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$8 < f_{rn} / f_w < 30 \quad \dots (3A)$$

【0097】

また実施例1～6に係るズームレンズ系は、前記拡大光学系は最長の空気間隔を有し、前記最長の空気間隔を境に拡大側の拡大光学系前群と縮小側の拡大光学系後群とを備え、条件を(4)及び(5)を満足してもよい。

$$6.5 < |T_s / f_w| < 12.0 \quad \dots (4)$$

$$3.0 < |T_{pr} / f_w| < 8.0 \quad \dots (5)$$

ここで、

T_s : 拡大光学系の最長の空気間隔

f_w : 全系の焦点距離

T_{pr} : 拡大光学系後群の最も拡大側の面から中間結像までの距離

である。

40

50

【0098】

条件(4)は、拡大光学系内における最長の空気間隔と広角端の全系の焦点距離との関係を規定する条件式である。条件(4)を満足することで、光学系を広角化できる。条件(4)の下限を下回ると、拡大光学系前群のレンズが重くなる。条件(4)の上限を上回ると、光学系全体の重心が拡大側へ移動してしまう。また、条件(5)は、拡大光学系後群の拡大側の面から中間結像までの距離と広角端の全系の焦点距離との関係を規定する条件式である。条件(5)を満足することで、条件(4)の効果を発揮することができる。

【0099】

なお、条件(4)及び(5)に加え、さらに以下の条件(4A)及び(5A)の少なくとも1つを満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$6.5 < |T_s / f_w| < 10.0 \quad \dots (4A)$$

$$5.0 < |T_{pr} / f_w| < 6.5 \quad \dots (5A)$$

【0100】

実施例1～6に係るズームレンズ系は、以下の条件式(6)を満足してもよい。

$$0.8 < T_p / T_r < 1.0 \quad \dots (6)$$

ここで、

T_p ：前記拡大光学系の最も拡大側の面から前記中間結像位置までの距離

T_r ：広角端での前記中間結像位置から前記リレー光学系の最も縮小側の面までの距離である。

【0101】

条件(6)は、拡大光学系の最も拡大側の面から中間結像位置までの距離と、広角端での中間結像位置からリレー光学系の最も縮小側の面までの距離との関係を規定する条件式である。条件(6)の上限を上回ると、像面湾曲を補正することが困難になる。条件(6)の下限を下回ると、重心が拡大側へ移動してしまう。

【0102】

なお、条件(6)に加え、さらに以下の条件(6A)を満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$0.9 < T_p / T_r < 1.0 \quad \dots (6A)$$

【0103】

実施例1～6に係るズームレンズ系は、前記拡大光学系は最長の空気間隔を有し、前記最長の空気間隔を境に拡大側の拡大光学系前群と縮小側の拡大光学系後群とを備え、以下の条件式(7)を満足してもよい。

$$7 < |f_{pr} / f_w| < 12 \quad \dots (7)$$

ここで、

f_{pr} ：前記拡大光学系後群の焦点距離

である。

【0104】

条件(7)は、拡大光学系後群の焦点距離と広角端の全系の焦点距離との関係を規定する条件式である。条件(7)の上限を上回ると、拡大光学系後群の口径が大きくなり過ぎてしまい、レンズが重くなる。条件(7)の下限を下回ると、拡大光学系前群の口径が大きくなり過ぎてしまい、レンズが重くなる。

【0105】

なお、条件(7)に加え、さらに以下の条件(7A)を満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$9 < |f_{pr} / f_w| < 10 \quad \dots (7A)$$

【0106】

実施例1～6に係るズームレンズ系は、前記拡大光学系は最長の空気間隔を有し、前記最長の空気間隔を境に拡大側の拡大光学系前群と縮小側の拡大光学系後群とを備え、以下の条件式(8)を満足してもよい。

$$2 < |f_{pf} / f_w| < 5 \quad \dots (8)$$

10

20

30

40

50

ここで、

f_{pf} : 前記拡大光学系前群の焦点距離
である。

【0107】

条件(8)は、拡大光学系前群の焦点距離と広角端の全系の焦点距離との関係を規定する条件式である。条件(8)の上限を上回ると、拡大光学系前群の口径が大きくなり過ぎてしまい、レンズが重くなる。条件(8)の下限を下回ると、拡大光学系後群の口径が大きくなり過ぎてしまい、レンズが重くなる。

【0108】

なお、条件(8)に加え、さらに以下の条件(8A)を満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$3 < |f_{pf} / f_w| < 4 \quad \dots (8A)$$

【0109】

また実施例1~6に係るズームレンズ系において、前記拡大光学系の最も拡大側に第1レンズ素子が配置され、前記第1レンズ素子は、前記拡大側に向けた非球面の第1レンズ拡大側面、および前記縮小側に向けた非球面の第1レンズ縮小側面を有し、

前記第1レンズ拡大側面および前記第1レンズ縮小側面は、 $r > 0$ から有効径内において、以下の条件(9)を満足してもよい。

$$dZ(r) / dr > 0 \quad \dots (9)$$

ここで、

r : 光学系の光軸に対して垂直な面に沿った面の頂点からの距離 ($r > 0$)

$Z(r)$: 面のサグ量(頂点($r = 0$)で $Z = 0$ とし、頂点に対して縮小側変位を符号+とし、拡大側変位を符号-とする)

である。

【0110】

条件(9)は、面のサグ量 $Z(r)$ の1次微分 $dZ(r) / dr$ が正であることを規定する条件式である。条件(9)を満足することで、第1レンズ素子に局所的な熱が発生した場合でも、熱膨張による形状変化が第1レンズの拡大側面および縮小側面が同じように変化するようになる。その結果、像面湾曲や非点収差の発生を抑えることができる。

【0111】

また実施例1~6に係るズームレンズ系において、前記第1レンズ素子は合成樹脂製でもよい。

【0112】

こうした構成によると、第1レンズ素子は大口径化しやすいので、合成樹脂製にすることでレンズを軽量化することができる。

【0113】

また実施例1~6に係るズームレンズ系は、前記複数のレンズ素子のうち、条件(10)を満足する全てのレンズ素子は条件(11)を満足してもよく、前記複数のレンズ素子のうち1枚のレンズ素子は、条件(10)及び(11)の両方を満足しなくてもよい。

$$|y_m / (f_w \cdot \tan(m))| < 3.0 \quad \dots (10)$$

$$T_g > 300 \quad \dots (11)$$

ここで、

m : 広角端における最大の半画角

y_m : 望遠端における最軸外の主光線がレンズ面を通る高さ

T_g : レンズ材料のガラス転移点

である。

【0114】

条件(10)は、望遠端における最軸外の主光線がレンズ面を通る高さ、広角端の全系の焦点距離、および広角端における最大の半画角の関係を規定する条件式である。条件(11)は、レンズ材料のガラス転移点を規定する条件式である。条件(10)及び(11)

10

20

30

40

50

)の両方を満足することで、高強度の光がレンズを通過する場合、レンズの劣化を防ぐことができる。なお、 y_m は、レンズの拡大側と縮小側の面を通る高さの低い方に面で計算する。また、(10)を満足しない領域では、熱の影響を受けにくく硝材の選択の幅を広げるために、レンズ材料のガラス転移点 T_g を満足しない材料が選択されてもよい。これにより、例えば樹脂などのガラス転移点 T_g が低い材料を選択することができ軽量化を行うことができる。

【0115】

また実施例1～6に係るズームレンズ系は、以下の条件式(12)を満足してもよい。

$$m > 65^\circ \dots (12)$$

ここで、

m ：広角端における最大の半画角

である。

【0116】

条件(12)は、広角端における最大の半画角を規定する条件式である。条件(12)を満足することで、ワーキングディスタンス(作動距離)を短くすることが可能になる。

【0117】

また実施例1～6に係るズームレンズ系は、以下の条件式(13)を満足してもよい。

$$-1.5 < (L1R1 + L1R2) / (L1R2 - L1R1) < -0.9 \dots (13)$$

ここで、

$L1R1$ ：最も拡大側のレンズ拡大側面の中心曲率半径

$L1R2$ ：最も拡大側のレンズ縮小側面の中心曲率半径

である。

【0118】

条件(13)は、拡大光学系において最も拡大側に位置する第1レンズ素子のシェーピングファクターを規定する条件式である。条件(13)を満足することで、像面湾曲と歪曲収差を補正しつつ、レンズの有効径を小さくできる。条件(13)の下限値を下回ると、像面湾曲と歪曲収差の補正が十分でなくなる。また、上限値を上回ると、縮小側に位置するレンズの有効径が大きくなってしまう。

【0119】

なお、条件(13)に加え、さらに以下の条件(13A)を満足することにより、より有利な効果が得られる。

$$-1.2 < (L1R1 + L1R2) / (L1R2 - L1R1) < -1.07 \dots (13A)$$

【0120】

実施例1から6に係わるズーム光学系は、後群の最も拡大側の群が正のパワーを有し、広角端から望遠端へズームングする際に、拡大側へ移動してもよい。

【0121】

こうした構成によると、変倍時の収差変動を小さくすることができる。

【0122】

実施例1から6に係わるズーム光学系は、前群に隣接した拡大側の群が正のパワーを有し、縮小側に隣接した群は正のパワーを有してもよい。

【0123】

こうした構成によると、変倍時の収差変動を小さくすることができる。

【0124】

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、幾つかの実施例を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。

【0125】

以下、実施例1～6に係るズームレンズ系の数値実施例を説明する。なお、各数値実施例において、表中の長さの単位はすべて「mm」であり、画角の単位はすべて「°」であ

10

20

30

40

50

る。また、各数値実施例において、r は曲率半径、d は面間隔、n d は d 線に対する屈折率、v d は d 線に対するアッベ数である。また、各数値実施例において、* 印を付した面は非球面であり、非球面形状は次式で定義している。

【 0 1 2 6 】

【数 1】

$$Z = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)(h/r)^2}} + \sum A_n h^n$$

10

【 0 1 2 7 】

ここで、

Z : 光軸からの高さが h の非球面上の点から、非球面頂点の接平面までの距離、

h : 光軸からの距離、

r : 頂点曲率半径、

: 円錐定数、

A n : n 次の非球面係数

である。

【 0 1 2 8 】

(数値実施例 1)

数値実施例 1 (実施例 1 に対応) のズームレンズ系について、面データを表 1 に示し、各種データを表 2 に示し、単レンズデータを表 3 に示す (単位は mm)。

20

【 0 1 2 9 】

[表 1]

面データ

面番号	r	d	nd	vd
物面				
1*	1559.72740	10.00000	1.50940	56.5
2*	49.93020	21.30460		
3	62.81020	3.50000	1.80420	46.5
4	34.70010	8.90130		
5	56.73020	2.50000	1.80420	46.5
6	26.07540	23.46460		
7	-45.65000	9.58260	1.80420	46.5
8	-43.96980	10.59440		
9*	-26.79370	9.98320	1.51633	64.1
10*	-17.01960	0.20000		
11	-48.20740	6.63870	1.49700	81.6
12	-23.22440	0.20000		
13	-24.11240	2.50000	1.86966	20.0
14	-390.21520	0.27550		
15	-310.33810	10.92670	1.49700	81.6
16	-32.54250	3.54050		
17	-327.98450	12.31470	1.49700	81.6
18	-44.92820	52.72720		
19	112.99220	12.93660	1.92286	20.9
20	-242.56180	1.07700		
21	34.64080	10.20050	1.92286	20.9
22	47.22600	7.87550		

30

40

50

23	175.26870	2.64100	1.80420	46.5	
24	40.67200	17.69210			
25	-99.40430	5.09720	1.73800	32.3	
26	-58.46020	1.18700			
27	-48.52090	4.00000	1.75500	52.3	
28	112.52870	24.31600			
29	-103.32630	9.73590	1.86966	20.0	
30	-46.35090	可変			
31	628.18950	14.57510	1.59282	68.6	
32	-52.01000	1.93020			10
33	-50.20170	1.50000	1.59270	35.4	
34	-118.85930	0.20000			
35	119.34120	4.06280	1.49700	81.6	
36	-609.80110	可変			
37	39.15350	4.63700	1.59270	35.4	
38	78.94450	7.47190			
39(絞リ)		5.06950			
40	83.20610	1.50000	1.51680	64.2	
41	25.33360	19.56830			
42	-35.31920	1.50000	1.73800	32.3	20
43	314.02180	0.23590			
44	317.72160	6.90320	1.43700	95.1	
45	-39.10950	可変			
46	77.92810	10.14880	1.49700	81.6	
47	-66.68800	4.58920			
48	52.73130	2.50000	1.67300	38.3	
49	38.05440	2.43570			
50	43.58200	13.94890	1.43700	95.1	
51	-89.60580	可変			
52		41.77900	1.51680	64.2	30
53		BF			

像面

非球面データ

第1面

K= 0.00000E+00, A3= 1.28353E-04, A4=-2.64195E-07, A5=-6.74969E-08
A6= 1.81712E-09, A7=-1.58164E-11, A8=-6.22311E-14, A9= 2.06740E-15
A10=-1.04375E-17

第2面

K=-8.26520E-01, A3= 1.67017E-04, A4=-3.90151E-06, A5= 4.01101E-09
A6= 8.36718E-11, A7=-1.92652E-12, A8= 3.11135E-14, A9= 6.71471E-16
A10=-8.69102E-18

第9面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4=-2.79259E-05, A5= 0.00000E+00
A6=-9.86305E-08, A7= 0.00000E+00, A8=-4.35015E-11, A9= 0.00000E+00
A10=-3.54848E-12

第10面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4= 6.83358E-06, A5= 0.00000E+00
A6= 5.05887E-09, A7= 0.00000E+00, A8= 4.34142E-12, A9= 0.00000E+00
A10= 0.00000E+00

【 0 1 3 0 】

[表 2]
各種データ

ズーム比	1.07169		
	広角	中間	望遠
焦点距離	-7.2471	-7.4853	-7.7666
F ナンバー	-1.89825	-1.89923	-1.90119
画角	-66.7864	-66.1339	-65.3643
像高	17.2650	17.2650	17.2650
レンズ全長	531.0070	531.0195	531.0251
B F	1.00700	1.01971	1.02522
d30	79.3276	76.2376	72.7297
d36	2.0000	5.0899	8.5979
d45	2.8841	2.8449	2.7430
d51	15.3200	15.3591	15.4610
入射瞳位置	39.4726	39.4868	39.5064
射出瞳位置	-629.6533	-622.9628	-606.2384
前側主点位置	32.1422	31.9117	31.6404
後側主点位置	538.2065	538.4541	538.7371

【 0 1 3 1 】

[表 3]
単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-101.4864
2	3	-102.0782
3	5	-62.2680
4	7	419.3768
5	9	67.0430
6	11	82.8595
7	13	-29.6464
8	15	72.2058
9	17	103.2565
10	19	85.0120
11	21	101.4077
12	23	-66.4382
13	25	182.6611
14	27	-44.4293
15	29	89.5395
16	31	81.6757
17	33	-147.8329
18	35	201.1947
19	37	125.6127
20	40	-71.1068
21	42	-42.9411
22	44	80.1579
23	46	74.0303
24	48	-218.0976
25	50	69.3032

【 0 1 3 2 】

(数値実施例 2)

数値実施例 2 (実施例 2 に対応) のズームレンズ系について、面データを表 4 に示し、

10

20

30

40

50

各種データを表 5 に示し、単レンズデータを表 6 に示す (単位は mm)。

【 0 1 3 3 】

[表 4]

面データ

面番号	r	d	nd	vd	
物面					
1*	1285.52270	10.00000		1.50940	56.5
2*	49.83060	21.21070			
3	62.02650	3.50000		1.80420	46.5
4	35.06940	9.10900			10
5	58.54560	2.50000		1.80420	46.5
6	26.12090	23.74190			
7	-46.72130	9.61280		1.80420	46.5
8	-44.15830	10.24780			
9*	-26.01750	9.90630		1.51633	64.1
10*	-16.98380	0.20000			
11	-50.16140	6.68810		1.49700	81.6
12	-23.53440	0.20000			
13	-24.64730	2.50000		1.86966	20.0
14	-585.53890	0.31100			20
15	-393.42380	10.84330		1.49700	81.6
16	-33.35970	3.25760			
17	-343.11560	12.47360		1.49700	81.6
18	-44.66860	52.40130			
19	112.65940	13.18500		1.92286	20.9
20	-240.04370	1.20910			
21	34.70690	10.27630		1.92286	20.9
22	47.35520	7.94350			
23	175.99540	2.70280		1.80420	46.5
24	40.79770	17.83980			30
25	-100.33770	4.78040		1.73800	32.3
26	-61.87190	1.14400			
27	-51.03120	4.00000		1.75500	52.3
28	106.39920	25.02820			
29	-107.82800	9.69950		1.86966	20.0
30	-46.86680	可変			
31	980.24220	13.42940		1.59282	68.6
32	-49.21610	1.38190			
33	-47.83950	1.50000		1.59270	35.4
34	-112.14390	0.20000			40
35	114.93620	4.06190		1.49700	81.6
36	-836.92110	可変			
37	39.04630	4.71460		1.59270	35.4
38	80.21340	6.84850			
39(絞り)		4.96320			
40	87.23480	1.50000		1.51680	64.2
41	25.40700	20.30400			
42	-35.83100	1.50000		1.73800	32.3
43	333.80130	0.62340			
44	184.10960	7.84820		1.43700	95.1

45	-39.54110	可変		
46	78.61340	10.04780	1.49700	81.6
47	-72.77470	可変		
48	53.01230	2.50000	1.67300	38.3
49	36.50730	2.16040		
50	40.36680	13.98580	1.43700	95.1
51	-111.29940	15.32000		
52		41.77900	1.51680	64.2
53		BF		

像面

10

非球面データ

第1面

K= 0.00000E+00, A3= 1.28839E-04, A4=-3.08330E-07, A5=-6.71661E-08
A6= 1.82141E-09, A7=-1.58537E-11, A8=-6.25886E-14, A9= 2.06822E-15
A10=-1.04113E-17

第2面

K=-8.31900E-01, A3= 1.67819E-04, A4=-3.91209E-06, A5= 3.98957E-09
A6= 8.43543E-11, A7=-1.91614E-12, A8= 3.12599E-14, A9= 6.71655E-16
A10=-8.70014E-18

第9面

20

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4=-2.77656E-05, A5= 0.00000E+00
A6=-1.04848E-07, A7= 0.00000E+00, A8=-1.16343E-11, A9= 0.00000E+00
A10=-3.81206E-12

第10面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4= 6.68590E-06, A5= 0.00000E+00
A6= 4.30475E-09, A7= 0.00000E+00, A8= 5.04148E-12, A9= 0.00000E+00
A10= 0.00000E+00

【 0 1 3 4 】

[表 5]

各種データ

30

ズーム比	1.07164		
	広角	中間	望遠
焦点距離	-7.2472	-7.4856	-7.7664
F ナンバー	-1.89804	-1.89866	-1.90299
画角	-66.7815	-66.1287	-65.3536
像高	17.2650	17.2650	17.2650
レンズ全長	531.0056	531.0189	531.0223
B F	1.00567	1.01918	1.02245
d30	79.4673	76.3678	73.0056
d36	2.0000	5.0994	8.4617
d45	2.9239	2.9156	2.7065
d47	4.4286	4.4368	4.6460
入射瞳位置	39.6338	39.6469	39.6642
射出瞳位置	-629.4376	-628.4604	-604.9882
前側主点位置	32.3032	32.0722	31.7983
後側主点位置	538.2053	538.4538	538.7342

40

【 0 1 3 5 】

[表 6]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離	
-----	----	------	--

50

1	1	-102.0460
2	3	-106.5025
3	5	-60.7339
4	7	374.6402
5	9	68.9777
6	11	82.3402
7	13	-29.6481
8	15	72.6153
9	17	101.9147
10	19	84.6010
11	21	101.3027
12	23	-66.6334
13	25	207.7268
14	27	-45.1874
15	29	88.7533
16	31	79.4364
17	33	-141.9943
18	35	203.6251
19	37	123.1158
20	40	-69.9428
21	42	-43.7696
22	44	75.2891
23	46	77.7513
24	48	-185.5362
25	50	69.7427

10

20

【0136】

(数値実施例3)

数値実施例3(実施例3に対応)のズームレンズ系について、面データを表7に示し、各種データを表8に示し、単レンズデータを表9に示す(単位はmm)。

【0137】

[表7]

面データ

面番号	r	d	nd	vd
物面				
1*	1542.85870	10.00000	1.50940	56.5
2*	49.55880	20.91510		
3	61.91000	3.50000	1.80420	46.5
4	35.40450	8.98610		
5	58.86560	2.50000	1.80420	46.5
6	26.15990	23.55990		
7	-48.39100	9.60620	1.80420	46.5
8	-45.50060	10.68200		
9*	-24.82700	9.90660	1.51633	64.1
10*	-17.27930	0.20000		
11	-60.90260	7.18860	1.49700	81.6
12	-24.17250	0.20000		
13	-25.60320	2.50000	1.86966	20.0
14	-12790.35690	0.38630		
15	-810.61200	10.98140	1.49700	81.6
16	-34.93840	2.31620		

30

40

50

17	-470.05300	12.87300	1.49700	81.6	
18	-45.09980	52.14650			
19	112.57610	13.51480	1.92286	20.9	
20	-235.92950	1.04610			
21	34.81750	10.34860	1.92286	20.9	
22	46.77120	7.98380			
23	167.00960	2.74570	1.80420	46.5	
24	40.71110	17.82940			
25	-99.89220	4.66260	1.73800	32.3	
26	-63.60960	1.09750			10
27	-52.56980	4.00000	1.75500	52.3	
28	104.66390	25.76170			
29	-110.86560	9.51860	1.86966	20.0	
30	-47.59640	可変			
31	1141.93590	12.21660	1.59282	68.6	
32	-49.36050	1.41000			
33	-47.97660	1.50000	1.59270	35.4	
34	-114.67330	0.20000			
35	112.51030	4.14990	1.49700	81.6	
36	-772.27450	可変			20
37	39.35990	4.81790	1.59270	35.4	
38	84.40660	6.27310			
39(絞リ)		4.75130			
40	91.49710	1.50000	1.51680	64.2	
41	25.98720	19.85740			
42	-38.54720	1.50000	1.73800	32.3	
43	190.47750	0.81730			
44	123.82590	8.05450	1.43700	95.1	
45	-41.18570	可変			
46	75.00430	8.96430	1.49700	81.6	30
47	-89.90820	可変			
48	49.67100	2.50000	1.67300	38.3	
49	36.65610	可変			
50	43.77010	13.46000	1.43700	95.1	
51	-103.12930	15.32000			
52		41.77900	1.51680	64.2	
53		BF			
像面					
非球面データ					
第1面					
K= 0.00000E+00, A3= 1.27352E-04, A4=-2.46395E-07, A5=-6.78194E-08					
A6= 1.82353E-09, A7=-1.58698E-11, A8=-6.23368E-14, A9= 2.06906E-15					
A10=-1.04258E-17					
第2面					
K=-8.34168E-01, A3= 1.66154E-04, A4=-3.92942E-06, A5= 3.98305E-09					
A6= 8.75484E-11, A7=-1.87356E-12, A8= 3.13986E-14, A9= 6.69332E-16					
A10=-8.78444E-18					
第9面					
K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4=-2.59408E-05, A5= 0.00000E+00					
A6=-1.01204E-07, A7= 0.00000E+00, A8= 1.03376E-11, A9= 0.00000E+00					

A10=-3.68227E-12

第10面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4= 6.01465E-06, A5= 0.00000E+00
 A6= 4.28522E-09, A7= 0.00000E+00, A8= 4.82571E-12, A9= 0.00000E+00
 A10= 0.00000E+00

【 0 1 3 8 】

[表 8]

各種データ

ズーム比	1.07195				
	広角	中間	望遠		
焦点距離	-7.2462	-7.4855	-7.7676		10
Fナンバー	-1.89833	-1.89996	-1.90470		
画角	-66.7849	-66.1367	-65.3666		
像高	17.2650	17.2650	17.2650		
レンズ全長	531.0064	531.0187	531.0213		
B F	1.00665	1.01903	1.02147		
d30	80.2537	77.1802	73.8099		
d36	2.0130	5.0864	8.4567		
d45	3.0000	2.9143	2.6517		
d47	4.3983	4.3721	4.5535		20
d49	4.3068	4.4187	4.5000		
入射瞳位置	39.3613	39.3735	39.3900		
射出瞳位置	-624.4664	-620.0128	-597.7090		
前側主点位置	32.0311	31.7978	31.5217		
後側主点位置	538.2052	538.4535	538.7343		

【 0 1 3 9 】

[表 9]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離	
1	1	-100.7454	30
2	3	-109.2611	
3	5	-60.6131	
4	7	381.7367	
5	9	76.0781	
6	11	75.7254	
7	13	-29.5021	
8	15	73.1217	
9	17	99.3757	
10	19	84.1477	
11	21	104.2867	40
12	23	-67.5962	
13	25	225.0220	
14	27	-45.8473	
15	29	89.6298	
16	31	80.1192	
17	33	-140.3461	
18	35	197.9015	
19	37	119.6685	
20	40	-70.7848	
21	42	-43.3203	50

22	44	71.7887
23	46	83.7890
24	48	-225.2782
25	50	72.3320

【0140】

(数値実施例4)

数値実施例4(実施例4に対応)のズームレンズ系について、面データを表10に示し、各種データを表11に示し、単レンズデータを表12に示す(単位はmm)。

【0141】

[表10]

面データ

面番号	r	d	nd	vd	
物面					
1*	853.38660	10.00000	1.50940	56.5	
2*	48.21640	20.70550			
3	60.33030	3.50000	1.80420	46.5	
4	35.47130	9.18140			
5	59.13110	2.50000	1.80420	46.5	
6	26.22800	21.79970			
7	-52.13020	9.56340	1.80420	46.5	20
8	-50.05870	12.81450			
9*	-24.44800	9.66160	1.51633	64.1	
10*	-18.38320	0.20000			
11	-86.40890	8.16710	1.49700	81.6	
12	-24.81670	0.20000			
13	-27.15970	2.50000	1.86966	20.0	
14	547.94120	0.56170			
15	16222.81880	11.25620	1.49700	81.6	
16	-37.40970	0.96000			
17	-1502.05520	13.82660	1.49700	81.6	30
18	-46.36270	51.66830			
19	114.83090	13.86910	1.92286	20.9	
20	-243.40280	2.17470			
21	34.79770	10.67800	1.92286	20.9	
22	46.85510	8.21000			
23	161.92410	2.91920	1.80420	46.5	
24	40.25020	17.86250			
25	-104.95000	4.80810	1.73800	32.3	
26	-63.25580	0.87980			
27	-54.39110	4.00000	1.75500	52.3	40
28	95.33210	26.73890			
29	-112.94140	8.84110	1.86966	20.0	
30	-48.78270	可変			
31	884.85040	8.40570	1.59282	68.6	
32	-49.78970	1.34100			
33	-48.57320	1.50000	1.59270	35.4	
34	-118.65630	可変			
35	124.78890	4.21320	1.49700	81.6	
36	-452.70770	可変			
37	37.96760	5.04490	1.59270	35.4	50

38	82.24760	4.80510		
39(絞り)		5.85310		
40	75.39660	1.50000	1.51680	64.2
41	24.99980	18.91870		
42	-39.01370	1.50000	1.73800	32.3
43	127.29270	0.70010		
44	120.82030	7.63430	1.43700	95.1
45	-41.82490	可変		
46	68.42550	9.25900	1.49700	81.6
47	-93.00100	可変		
48	54.80590	2.50000	1.67300	38.3
49	37.59050	3.35980		
50	44.24510	14.52660	1.43700	95.1
51	-76.05600	15.32000		
52		41.77900	1.51680	64.2
53		BF		

10

像面

非球面データ

第1面

K= 0.00000E+00, A3= 1.23207E-04, A4=-2.64346E-07, A5=-6.70631E-08
A6= 1.82466E-09, A7=-1.59622E-11, A8=-6.20200E-14, A9= 2.06858E-15
A10=-1.04117E-17

20

第2面

K=-8.53791E-01, A3= 1.65320E-04, A4=-4.01450E-06, A5= 4.12521E-09
A6= 9.64433E-11, A7=-1.78094E-12, A8= 3.16260E-14, A9= 6.61916E-16
A10=-8.92584E-18

第9面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4=-2.10717E-05, A5= 0.00000E+00
A6=-6.55977E-08, A7= 0.00000E+00, A8=-1.66719E-11, A9= 0.00000E+00
A10=-2.25629E-12

30

第10面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4= 4.94270E-06, A5= 0.00000E+00
A6= 4.28518E-09, A7= 0.00000E+00, A8= 1.37239E-11, A9= 0.00000E+00
A10= 0.00000E+00

【 0 1 4 2 】

[表 1 1]

各種データ

ズーム比	1.07176		
	広角	中間	望遠
焦点距離	-7.2505	-7.4890	-7.7708
Fナンバー	-1.89769	-1.89966	-1.90218
画角	-66.7723	-66.1145	-65.3417
像高	17.2650	17.2650	17.2650
レンズ全長	531.0044	531.0164	531.0251
BF	1.00464	1.01668	1.02526
d30	80.1300	77.1041	73.7905
d34	2.4064	2.3383	2.0000
d36	2.0000	5.0939	8.7459
d45	2.9859	2.9042	2.7968
d47	4.2696	4.3513	4.4587

40

50

入射瞳位置 39.5645 39.5759 39.5918
 射出瞳位置 -634.2339 -625.3536 -614.0913
 前側主点位置 32.2313 31.9973 31.7228
 後側主点位置 538.2074 538.4547 538.7412

【 0 1 4 3 】

[表 1 2]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離	
1	1	-100.7441	
2	3	-114.2125	10
3	5	-60.6659	
4	7	512.2830	
5	9	93.0480	
6	11	67.0985	
7	13	-29.6952	
8	15	75.1155	
9	17	95.9541	
10	19	86.1445	
11	21	102.8235	
12	23	-67.3269	20
13	25	205.6785	
14	27	-45.3490	
15	29	92.7964	
16	31	79.7802	
17	33	-139.8653	
18	35	197.3075	
19	37	114.1453	
20	40	-73.1124	
21	42	-40.3084	
22	44	72.1265	30
23	46	80.8587	
24	48	-188.8490	
25	50	66.4500	

【 0 1 4 4 】

(数値実施例 5)

数値実施例 5 (実施例 5 に対応) のズームレンズ系について、面データを表 1 3 に示し、各種データを表 1 4 に示し、単レンズデータを表 1 5 に示す (単位は mm)。

【 0 1 4 5 】

[表 1 3]

面データ					
面番号	r	d	nd	vd	
物面					
1*	689.85100	10.00000	1.50940	56.5	
2*	47.67700	21.86350			
3	64.31700	3.50000	1.80420	46.5	
4	34.75590	8.13040			
5	53.64940	2.50000	1.80420	46.5	
6	26.31140	22.13420			
7	-51.65890	9.56070	1.80420	46.5	
8	-49.64180	12.98510			50

9*	-26.25180	9.33550	1.51633	64.1	
10*	-18.86710	0.20000			
11	-72.14340	8.82740	1.49700	81.6	
12	-23.27540	0.20000			
13	-26.11700	2.50000	1.86966	20.0	
14	778.49390	0.61230			
15	-1722.01300	11.44520	1.49700	81.6	
16	-37.94710	0.20000			
17	3317.56040	14.48620	1.49700	81.6	
18	-48.06360	50.74300			10
19	120.75180	14.00000	1.92286	20.9	
20	-239.77770	3.13130			
21	35.09390	11.02300	1.92286	20.9	
22	47.26840	8.37230			
23	157.56200	3.14730	1.80420	46.5	
24	39.82520	16.97740			
25	-103.58400	4.82360	1.73800	32.3	
26	-63.27830	0.70490			
27	-56.53210	4.00000	1.75500	52.3	
28	89.06880	27.26760			20
29	-117.80840	9.17600	1.86966	20.0	
30	-49.09390	可変			
31	450.02090	7.92050	1.59282	68.6	
32	-55.86800	可変			
33	-54.84200	1.50000	1.59270	35.4	
34	-154.22020	可変			
35	154.83850	4.19470	1.49700	81.6	
36	-218.56910	可変			
37	34.89000	5.42970	1.59270	35.4	
38	91.06230	2.30800			30
39(絞り)		5.54400			
40	93.13560	1.50000	1.51680	64.2	
41	23.67250	16.44500			
42	-35.51570	1.50000	1.73800	32.3	
43	120.09350	0.22440			
44	122.77130	7.34710	1.43700	95.1	
45	-37.72510	可変			
46	65.47640	11.04450	1.49700	81.6	
47	-86.74310	可変			
48	53.44180	2.50000	1.67300	38.3	40
49	37.63000	可変			
50	46.31700	14.75210	1.43700	95.1	
51	-67.97830	15.32000			
52		41.77900	1.51680	64.2	
53		BF			
像面					
非球面データ					
第1面					
K= 0.00000E+00, A3= 1.17463E-04, A4=-2.31628E-07, A5=-6.59395E-08					
A6= 1.81310E-09, A7=-1.60936E-11, A8=-6.10381E-14, A9= 2.09440E-15					

A10=-1.06332E-17

第2面

K=-8.25922E-01, A3= 1.59536E-04, A4=-4.03112E-06, A5= 5.08423E-09
A6= 1.00553E-10, A7=-1.90015E-12, A8= 2.91500E-14, A9= 6.51056E-16
A10=-8.49456E-18

第9面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4=-2.18898E-05, A5= 0.00000E+00
A6=-7.41292E-08, A7= 0.00000E+00, A8= 4.43382E-11, A9= 0.00000E+00
A10=-2.46623E-12

第10面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4= 3.98821E-06, A5= 0.00000E+00
A6= 2.26149E-09, A7= 0.00000E+00, A8= 2.47661E-13, A9= 0.00000E+00
A10= 0.00000E+00

【 0 1 4 6 】

[表 1 4]

各種データ

ズーム比	1.07178		
	広角	中間	望遠
焦点距離	-7.2794	-7.5189	-7.8019
F ナンバー	-1.89789	-1.89986	-1.90209
画角	-66.7679	-66.1108	-65.3409
像高	17.2650	17.2650	17.2650
レンズ全長	531.0025	531.0103	531.0183
B F	1.00289	1.01065	1.01871
d30	79.7849	76.8891	73.7081
d32	2.3452	2.1673	2.0000
d34	3.0465	2.6569	2.0000
d36	2.0000	5.4633	9.4686
d45	3.1570	3.0692	2.9663
d47	4.5101	4.5175	4.5349
d49	4.0000	4.0804	4.1658
入射瞳位置	39.6022	39.6132	39.6290
射出瞳位置	-636.8964	-630.5474	-622.9057
前側主点位置	32.2397	32.0048	31.7296
後側主点位置	538.2340	538.4780	538.7651

【 0 1 4 7 】

[表 1 5]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-101.0747
2	3	-99.2699
3	5	-66.9349
4	7	507.8820
5	9	90.8085
6	11	65.2261
7	13	-29.0145
8	15	77.8974
9	17	95.4633
10	19	88.6740
11	21	102.9202

10

20

30

40

50

12	23	-67.0718
13	25	209.6995
14	27	-45.2696
15	29	91.1241
16	31	84.3243
17	33	-144.4018
18	35	183.0431
19	37	92.1154
20	40	-61.8717
21	42	-36.9891
22	44	66.9681
23	46	76.9281
24	48	-201.8175
25	50	65.6130

10

【 0 1 4 8 】

(数値実施例 6)

数値実施例 6 (実施例 6 に対応) のズームレンズ系について、面データを表 1 6 に示し、各種データを表 1 7 に示し、単レンズデータを表 1 8 に示す (単位は mm)。 [表 1 6]

面データ

面番号	r	d	nd	vd
物面				
1*	470.37890	10.00000	1.50940	56.5
2*	46.40080	22.24280		
3	62.86240	3.50000	1.80420	46.5
4	35.04850	8.23400		
5	54.25150	2.50000	1.80420	46.5
6	26.46800	20.45790		
7	-58.23820	9.59530	1.80420	46.5
8	-54.97430	13.48880		
9*	-21.83380	8.92100	1.51633	64.1
10*	-19.16310	0.20000		
11	-170.52590	8.82520	1.49700	81.6
12	-25.34350	0.20000		
13	-27.52730	2.50000	1.86966	20.0
14	547.77300	0.66240		
15	-2910.64330	12.01970	1.49700	81.6
16	-34.94790	0.20000		
17	569.05770	13.00120	1.49700	81.6
18	-54.03350	52.43390		
19	113.08890	14.00000	1.92286	20.9
20	-255.91160	0.20000		
21	35.51020	11.53020	1.92286	20.9
22	48.89210	8.57230		
23	149.63270	3.11540	1.80420	46.5
24	39.72700	18.68680		
25	-81.98070	4.41450	1.73800	32.3
26	-58.08410	0.47880		
27	-54.41030	4.00000	1.75500	52.3
28	102.14640	28.87440		
29	-123.11250	8.14390	1.86966	20.0

20

30

40

50

30	-51.51400	可変			
31	459.44430	6.60460	1.59282	68.6	
32	-51.60860	0.20000			
33	-52.25720	1.50000	1.59270	35.4	
34	-166.77410	0.20000			
35	131.99520	4.04930	1.49700	81.6	
36	-805.29130	可変			
37	35.88770	5.95330	1.59270	35.4	
38	87.80370	可変			
39(絞り)		2.91650			10
40	64.62000	1.50000	1.51680	64.2	
41	25.27360	可変			
42	-37.75460	1.50000	1.73800	32.3	
43	79.16160	0.45350			
44	91.44850	7.76440	1.43700	95.1	
45	-42.41670	可変			
46	70.67940	9.55270	1.49700	81.6	
47	-80.50330	8.02360			
48	57.64490	2.50000	1.67300	38.3	
49	38.89870	1.10570			20
50	42.03140	14.81530	1.43700	95.1	
51	-78.93860	可変			
52		41.77900	1.51680	64.2	
53		BF			

像面

非球面データ

第1面

K= 0.00000E+00, A3= 1.21277E-04, A4=-5.82244E-07, A5=-5.95006E-08
A6= 1.77842E-09, A7=-1.63746E-11, A8=-5.85060E-14, A9= 2.11902E-15
A10=-1.08872E-17

30

第2面

K=-8.11394E-01, A3= 1.65003E-04, A4=-4.20440E-06, A5= 3.97809E-09
A6= 1.14779E-10, A7=-1.71713E-12, A8= 2.91519E-14, A9= 6.24786E-16
A10=-8.50847E-18

第9面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4=-1.13910E-05, A5= 0.00000E+00
A6=-2.46711E-08, A7= 0.00000E+00, A8=-1.20244E-11, A9= 0.00000E+00
A10=-1.67140E-12

第10面

K= 0.00000E+00, A3= 0.00000E+00, A4= 5.61069E-06, A5= 0.00000E+00
A6= 9.40124E-09, A7= 0.00000E+00, A8= 3.22652E-11, A9= 0.00000E+00
A10= 0.00000E+00

40

[表 17]

各種データ

ズーム比	1.07206		
	広角	中間	望遠
焦点距離	-7.2526	-7.4921	-7.7752
Fナンバー	-1.89660	-1.89323	-1.89545
画角	-66.7640	-66.1128	-65.3466
像高	17.2650	17.2650	17.2650

50

レンズ全長	531.0076	531.0105	531.0083
B F	1.00778	1.01095	1.00847
d30	80.0082	76.0752	71.4986
d36	2.0000	6.0639	10.7992
d38	5.2896	5.1586	5.0000
d41	23.0156	22.5850	21.9978
d45	2.9500	2.8961	2.8254
d51	15.3200	15.8044	16.4624
入射瞳位置	40.2672	40.2788	40.2965
射出瞳位置	-723.7475	-660.0698	-589.7112
前側主点位置	32.9420	32.7017	32.4189
後側主点位置	538.2126	538.4519	538.7288

10

[表 1 8]

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	-101.8693
2	3	-104.3530
3	5	-66.9515
4	7	527.9376
5	9	141.9555
6	11	58.7099
7	13	-30.0775
8	15	71.0740
9	17	99.9845
10	19	86.5622
11	21	99.4565
12	23	-68.1163
13	25	250.3683
14	27	-46.5091
15	29	96.7347
16	31	78.6425
17	33	-129.0298
18	35	228.5115
19	37	98.2136
20	40	-81.3741
21	42	-34.4504
22	44	67.4982
23	46	77.3496
24	48	-187.8082
25	50	65.1909

20

30

40

以下の表 1 9 に、各数値実施例における各条件式の対応値を示す。

【 0 1 4 9 】

[表 1 9]

条件	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
(1)	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22
(2)	198.73	178.09	207.65	614.34	240.96	312.80
(3)	11.32	12.68	13.68	12.85	11.89	11.22
(4)	7.28	7.23	7.20	7.12	6.97	7.23
(5)	5.52	5.58	5.63	5.87	6.23	5.70
(6)	0.94	0.94	0.94	0.96	0.98	0.95
(7)	9.62	9.51	9.53	9.51	9.65	9.03
(8)	3.28	3.32	3.33	3.43	3.62	3.45
(9)	>0	>0	>0	>0	>0	>0
(10)	別表					
(11)						
(12)	66.79	66.78	66.78	66.77	66.77	66.76
(13)	-1.07	-1.08	-1.07	-1.12	-1.15	-1.22

10

【0150】

20

以下の表20に、各数値実施例における各条件式(1)~(13)の変数の値及び各群の焦点距離を示す。

[表20]

30

40

50

変数	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
f p	10.76	10.76	10.76	10.77	10.86	10.78
f r	52.55	51.57	50.88	50.15	48.64	48.04
f w	-7.25	-7.25	-7.25	-7.25	-7.28	-7.25
f r 1	1440.19	1290.64	1504.69	4456.25	1754.05	-2268.64
f r n	-82.07	-91.91	-99.12	-93.19	-86.54	-81.37
T s	52.73	52.40	52.15	51.67	50.74	52.43
T p r	40.03	40.47	40.79	42.56	45.33	41.34
T p	229.18	229.18	229.24	231.63	234.56	230.32
T r	243.72	243.73	243.66	241.24	238.35	242.58
f p r	69.75	68.90	69.04	68.95	70.24	65.50
f p f	23.74	24.07	24.10	24.90	26.32	25.06
ωm	66.79	66.78	66.78	66.77	66.77	66.76
L 1 R 1	1559.73	1285.52	1542.86	853.39	689.85	470.38
L 1 R 2	49.93	49.83	49.56	48.22	47.68	46.40
f r 2	95.90	95.92	96.38	182.78	84.32	107.44
f r 3	-82.07	-91.91	-99.12	197.31	-144.40	98.21
f r 4	46.88	77.75	83.79	-93.19	183.04	-81.37
f r 5		110.50	-225.28	80.86	-86.52	-82.30
f r 6			72.33	99.47	76.93	48.50
f r 7					-201.818	
f r 8					65.613	

10

20

f p : 拡大光学系の焦点距離

30

f r : 広角端におけるリレー光学系の焦点距離

f w : 広角端における全系の焦点距離

f r 1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f r n : 負レンズ群の焦点距離

T s : 拡大光学系の最長の空気間隔

T p r : 拡大光学系後群の最も拡大側の面から中間結像までの距離

T p : 拡大光学系の最も拡大側の面から中間結像までの距離

T r : 広角端での中間結像からリレー光学系の最も縮小側の面までの距離

f p r : 拡大光学系後群の焦点距離

f p f : 拡大光学系前群の焦点距離

40

m : 広角端における最大の半画角

y m : 望遠端における最軸外の主光線がレンズ面を通る高さ

L 1 R 1 : 最も拡大側のレンズ拡大側面の中心曲率半径

L 1 R 2 : 最も拡大側のレンズ縮小側面の中心曲率半径

f r 2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

f r 3 : 第 3 レンズ群の焦点距離

f r 4 : 第 4 レンズ群の焦点距離

f r 5 : 第 5 レンズ群の焦点距離

f r 6 : 第 6 レンズ群の焦点距離

f r 7 : 第 7 レンズ群の焦点距離

50

f r 8 : 第 8 レンズ群の焦点距離

【 0 1 5 1 】

以下の表 2 1 と表 2 2 に、各数値実施例における条件式 (1 0) の $| y m / (f w \cdot t a n (m)) |$ および条件式 (1 1) の T g の値を示す。なお、レンズ材料 Z330R は、シクロオレフィンポリマー (C O P) (ゼオン社) の製品名である。レンズ素子 L 1 は、各種合成樹脂で製作することができ、これにより軽量化が図られる。残りのレンズ素子 L 2 ~ L 2 5 についても各種合成樹脂で製作することにより、軽量化が図られる。

[表 2 1]

	実施例 1			実施例 2			実施例 3		
	レンズ材料	(10)	(11)	レンズ材料	(10)	(11)	レンズ材料	(10)	(11)
L1	Z330R	3.022	123	Z330R	3.021	123	Z330R	3.017	123
L2	TAF3D	1.573	692	TAF3D	1.584	692	TAF3D	1.591	692
L3	TAF3D	1.124	692	TAF3D	1.123	692	TAF3D	1.127	692
L4	TAF3D	0.297	692	TAF3D	0.273	692	TAF3D	0.278	692
L5	L-BSL7	0.133	498	L-BSL7	0.143	498	L-BSL7	0.161	498
L6	FCD1	0.388	457	FCD1	0.400	457	FCD1	0.428	457
L7	FDS20-W	0.506	589	FDS20-W	0.518	589	FDS20-W	0.552	589
L8	FCD1	0.598	457	FCD1	0.613	457	FCD1	0.656	457
L9	FCD1	0.973	457	FCD1	0.983	457	FCD1	1.012	457
L10	E-FDS1-W	1.920	666	E-FDS1-W	1.936	666	E-FDS1-W	1.961	666
L11	E-FDS1-W	1.573	666	E-FDS1-W	1.579	666	E-FDS1-W	1.585	666
L12	TAF3D	1.324	692	TAF3D	1.325	692	TAF3D	1.329	692
L13	S-NBH53V	1.185	538	S-NBH53V	1.177	538	S-NBH53V	1.177	538
L14	TAC6	1.172	675	TAC6	1.161	675	TAC6	1.158	675
L15	FDS20-W	1.330	589	FDS20-W	1.317	589	FDS20-W	1.309	589
L16	FCD515	0.417	540	FCD515	0.391	540	FCD515	0.378	540
L17	FF5	0.370	515	FF5	0.354	515	FF5	0.341	515
L18	FCD1	0.324	457	FCD1	0.307	457	FCD1	0.295	457
L19	FF5	0.133	515	FF5	0.120	515	FF5	0.109	515
L20	BSC7	0.091	556	BSC7	0.088	556	BSC7	0.083	556
L21	S-NBH53V	0.477	538	S-NBH53V	0.483	538	S-NBH53V	0.465	538
L22	FCD100	0.529	404	FCD100	0.552	404	FCD100	0.538	404
L23	FCD1	0.771	457	FCD1	0.800	457	FCD1	0.776	457
L24	S-NBH52V	0.941	497	S-NBH52V	0.950	497	S-NBH52V	0.917	497
L25	FCD100	0.980	404	FCD100	0.987	404	FCD100	0.990	404

[表 2 2]

10

20

30

40

50

	実施例 4			実施例 5			実施例 6		
	レンズ材料	(10)	(11)	レンズ材料	(10)	(11)	レンズ材料	(10)	(11)
L1	Z330R	3.018	123	Z330R	3.001	123	Z330R	3.040	123
L2	TAF3D	1.606	692	TAF3D	1.551	692	TAF3D	1.581	692
L3	TAF3D	1.133	692	TAF3D	1.127	692	TAF3D	1.148	692
L4	TAF3D	0.371	692	TAF3D	0.341	692	TAF3D	0.448	692
L5	L-BSL7	0.174	498	L-BSL7	0.204	498	L-BSL7	0.158	498
L6	FCD1	0.447	457	FCD1	0.468	457	FCD1	0.426	457
L7	FDS20-W	0.588	589	FDS20-W	0.622	589	FDS20-W	0.583	589
L8	FCD1	0.704	457	FCD1	0.749	457	FCD1	0.704	457
L9	FCD1	1.045	457	FCD1	1.090	457	FCD1	1.061	457
L10	E-FDS1-W	2.002	666	E-FDS1-W	2.038	666	E-FDS1-W	2.027	666
L11	E-FDS1-W	1.603	666	E-FDS1-W	1.622	666	E-FDS1-W	1.638	666
L12	TAF3D	1.330	692	TAF3D	1.334	692	TAF3D	1.323	692
L13	S-NBH53V	1.167	538	S-NBH53V	1.190	538	S-NBH53V	1.138	538
L14	TAC6	1.137	675	TAC6	1.157	675	TAC6	1.107	675
L15	FDS20-W	1.262	589	FDS20-W	1.292	589	FDS20-W	1.202	589
L16	FCD515	0.373	540	FCD515	0.362	540	FCD515	0.362	540
L17	FF5	0.337	515	FF5	0.314	515	FF5	0.346	515
L18	FCD1	0.268	457	FCD1	0.245	457	FCD1	0.303	457
L19	FF5	0.081	515	FF5	0.039	515	FF5	0.083	515
L20	BSC7	0.099	556	BSC7	0.095	556	BSC7	0.048	556
L21	S-NBH53V	0.456	538	S-NBH53V	0.415	538	S-NBH53V	0.439	538
L22	FCD100	0.522	404	FCD100	0.463	404	FCD100	0.495	404
L23	FCD1	0.764	457	FCD1	0.708	457	FCD1	0.740	457
L24	S-NBH52V	0.911	497	S-NBH52V	0.886	497	S-NBH52V	0.939	497
L25	FCD100	0.970	404	FCD100	0.959	404	FCD100	0.957	404

10

20

30

【 0 1 5 2 】

(実施形態 2)

以下、図 19 を用いて本開示の実施形態 2 を説明する。図 19 は、本開示に係る画像投写装置の一例を示すブロック図である。画像投写装置 100 は、実施形態 1 で開示した光学系 1 と、画像形成素子 101 と、光源 102 と、制御部 110 などを備える。画像形成素子 101 は、液晶、DMD など構成され、光学系 1 を経由してスクリーン SR に投写する画像を生成する。光源 102 は、LED (発光ダイオード)、レーザなどで構成され、画像形成素子 101 に光を供給する。制御部 110 は、CPU または MPU など構成され、装置全体および各コンポーネントを制御する。光学系 1 は、画像投写装置 100 に対して着脱自在に取付け可能な交換レンズとして構成してもよい。この場合、画像投写装置 100 から光学系 1 を取り外した装置が本体装置の一例である。

40

【 0 1 5 3 】

以上の画像投写装置 100 は、実施形態 1 に係る光学系 1 により、光学系 1 の重心に作用するモーメントを低減でき、熱の影響を軽減しつつ、広角のズーム機能を実現することができる。

【 0 1 5 4 】

(実施形態 3)

以下、図 20 を用いて本開示の実施形態 3 を説明する。図 20 は、本開示に係る撮像装置の一例を示すブロック図である。撮像装置 200 は、実施形態 1 で開示した光学系 1 と、撮像素子 201 と、制御部 210 などを備える。撮像素子 201 は、CCD (電荷結合

50

素子)イメージセンサ、CMOSイメージセンサなどで構成され、光学系1が形成する物体OBJの光学像を受光して電氣的な画像信号に変換する。制御部110は、CPUまたはMPUなどで構成され、装置全体および各コンポーネントを制御する。光学系1は、撮像装置200に対して着脱自在に取付け可能な交換レンズとして構成してもよい。この場合、撮像装置200から光学系1を取り外した装置が本体装置の一例である。

【0155】

以上の撮像装置200は、実施形態1に係る光学系1により、光学系1の重心に作用するモーメントを低減でき、熱の影響を軽減しつつ、広角のズーム機能を実現することができる。

【0156】

以上のように、本開示における技術の開示として、実施の形態を説明した。そのために添付図面および詳細な説明を提供した。

【0157】

したがって、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面または詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきでない。

【0158】

また、上述の実施の形態は、本開示における技術を例示するためのものであるから、請求の範囲またはその均等の範囲において、種々の変更、置換、付加、省略などを行うことができる。

【産業上の利用可能性】

【0159】

本開示は、プロジェクタ、ヘッドアップディスプレイなどの画像投写装置、およびデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、監視システムにおける監視カメラ、Webカメラ、車載カメラ等の撮像装置に適用可能である。特に本開示は、プロジェクタ、デジタルスチルカメラシステム、デジタルビデオカメラシステムといった高画質が要求される光学系に適用可能である。

10

20

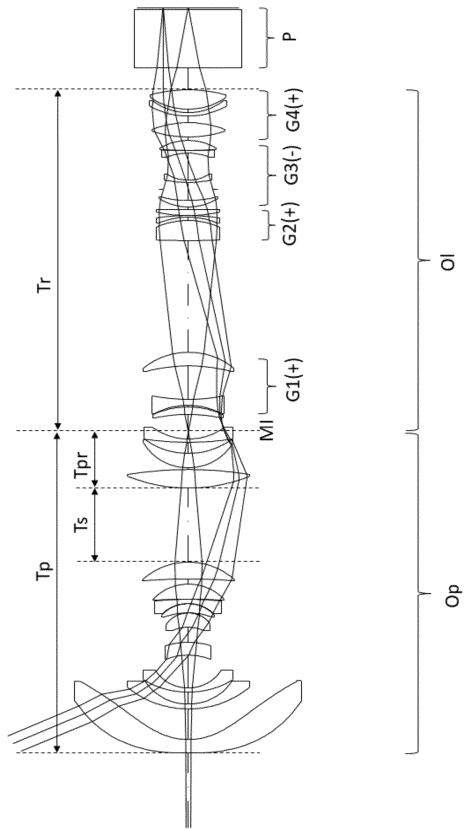
30

40

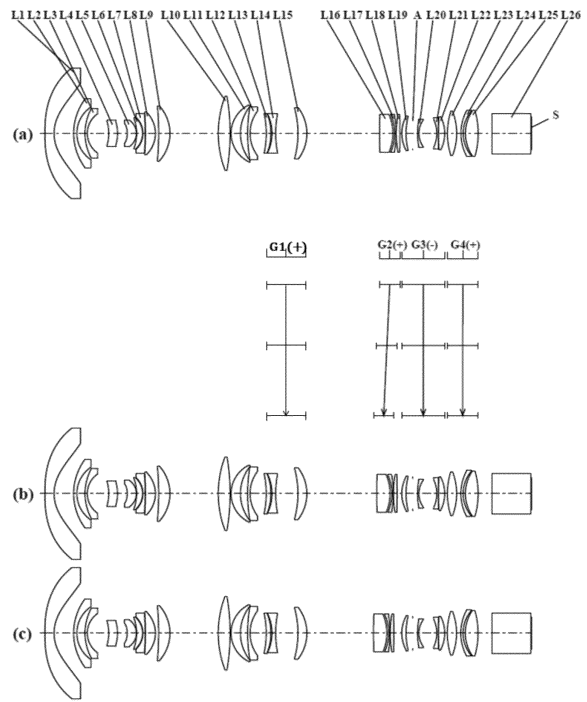
50

【 図面 】

【 図 1 】



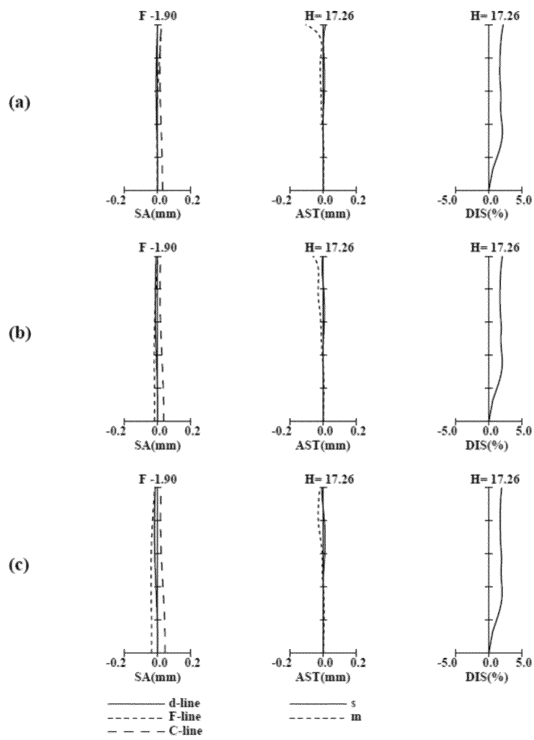
【 図 2 】



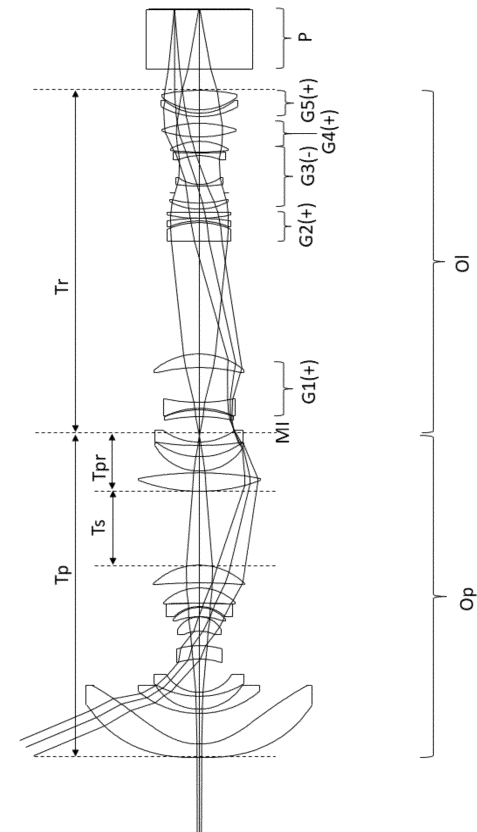
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

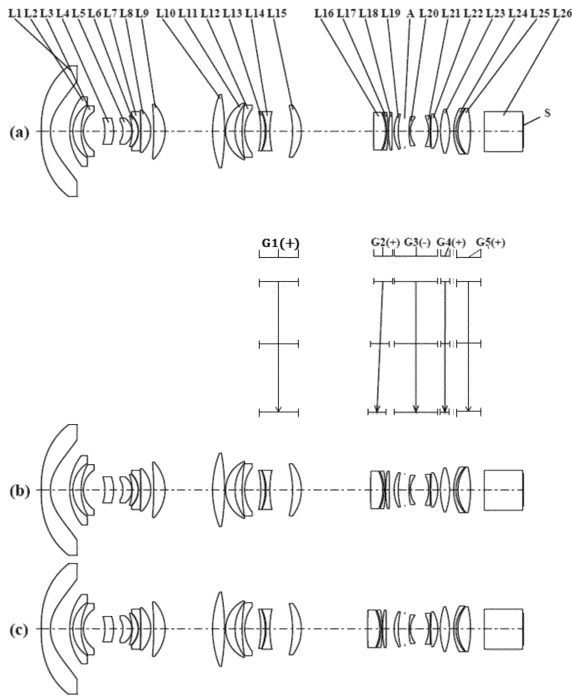


30

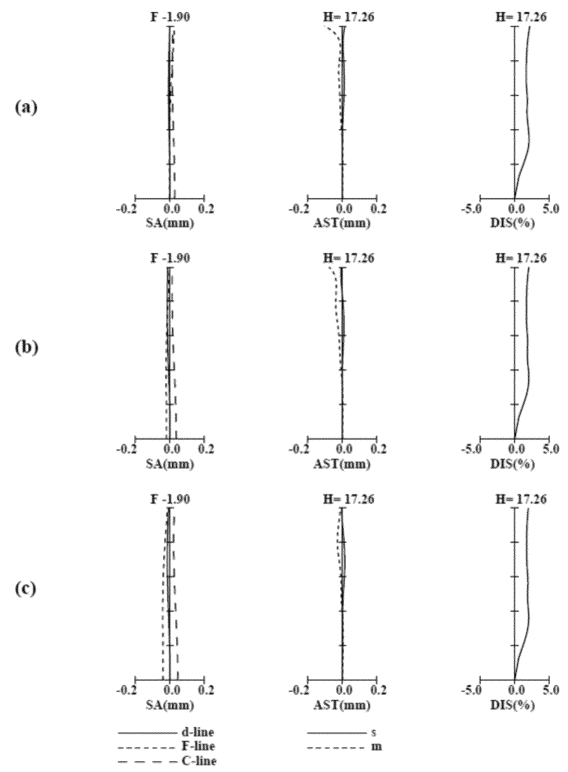
40

50

【 図 5 】



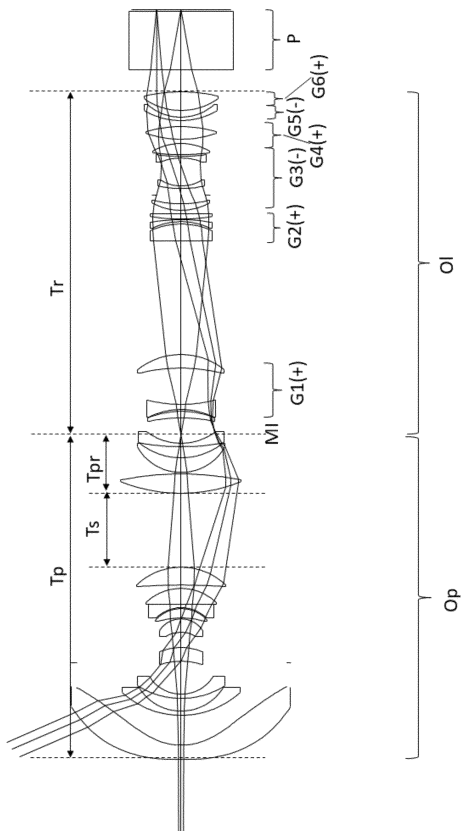
【 図 6 】



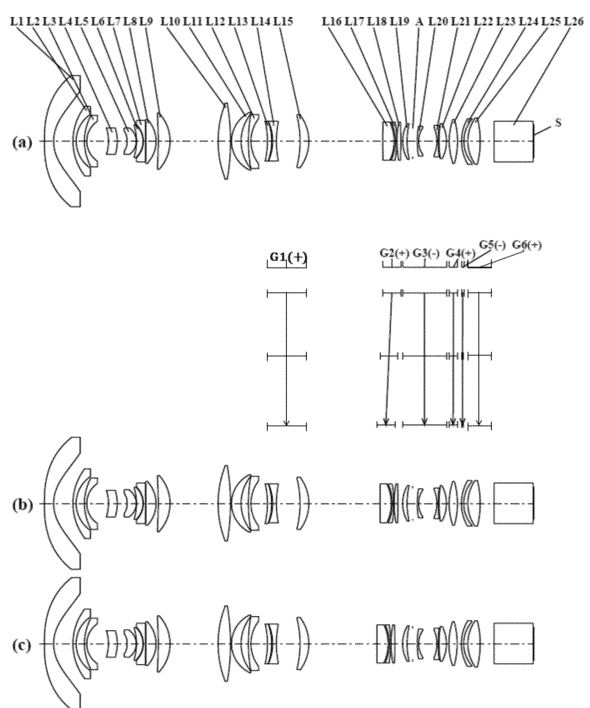
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

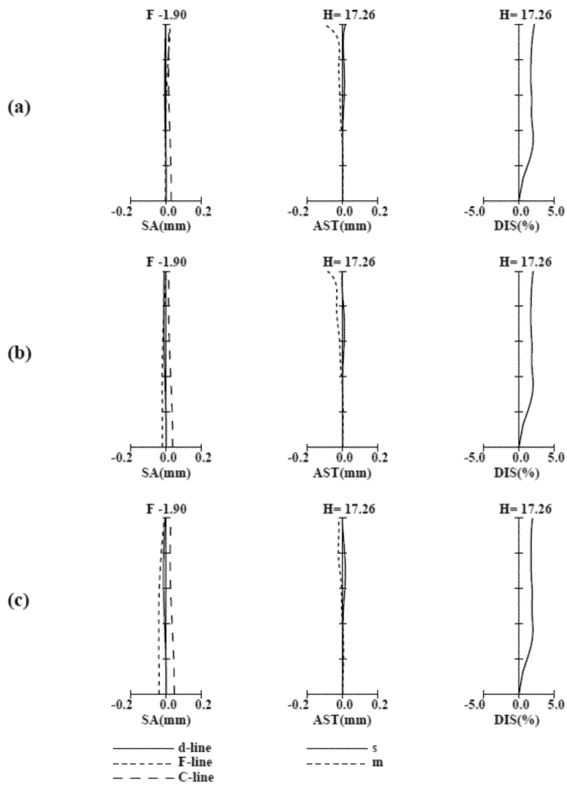


30

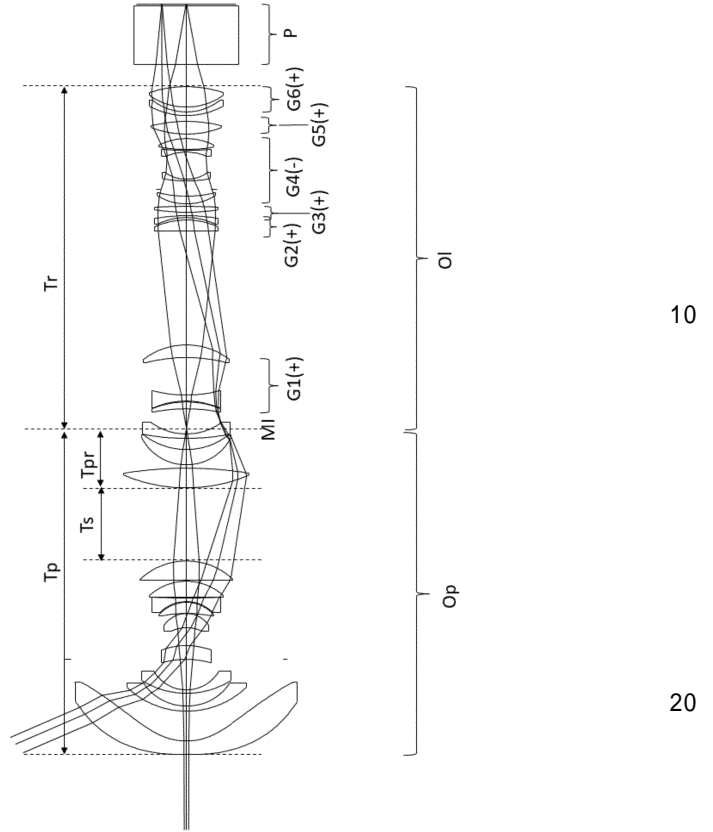
40

50

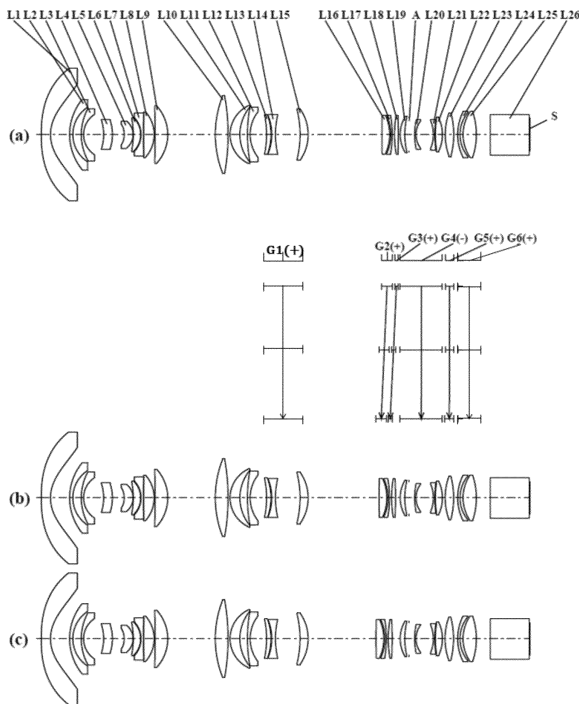
【 9 】



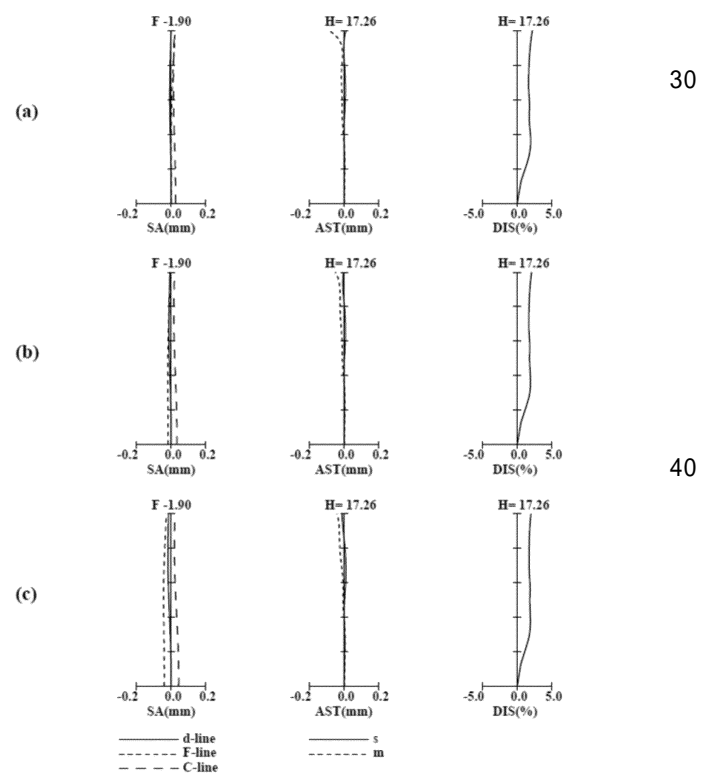
【 1 0 】



【 1 1 】



【 1 2 】



10

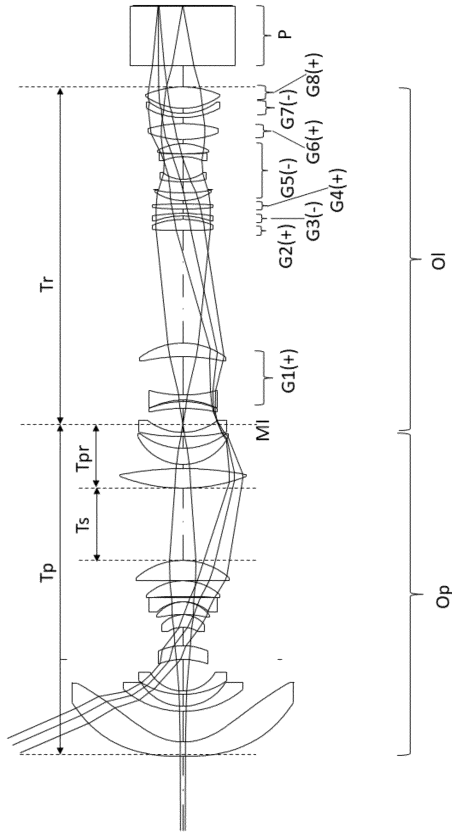
20

30

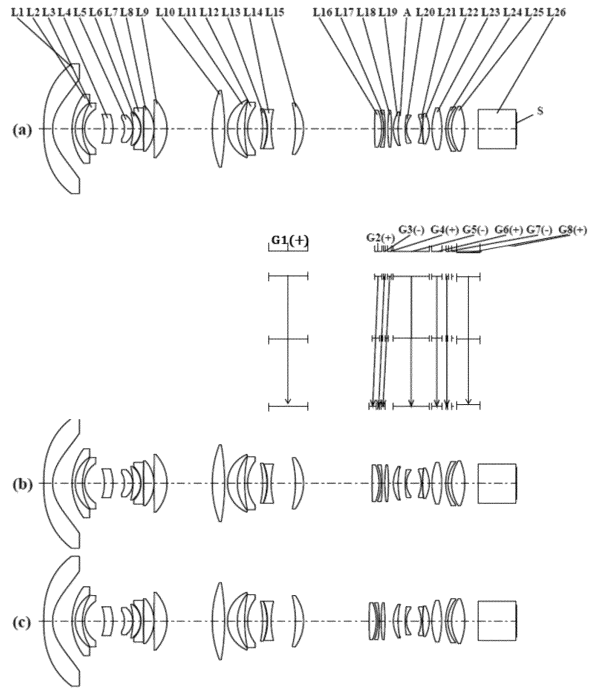
40

50

【 図 1 3 】



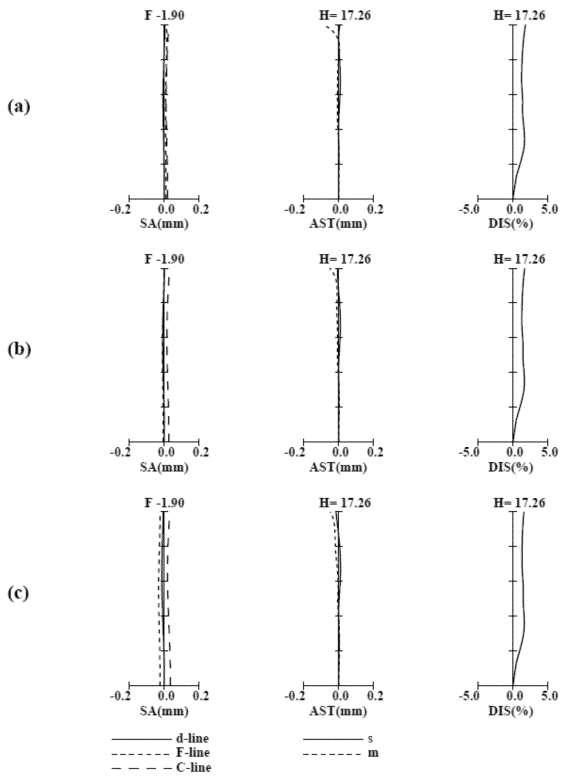
【 図 1 4 】



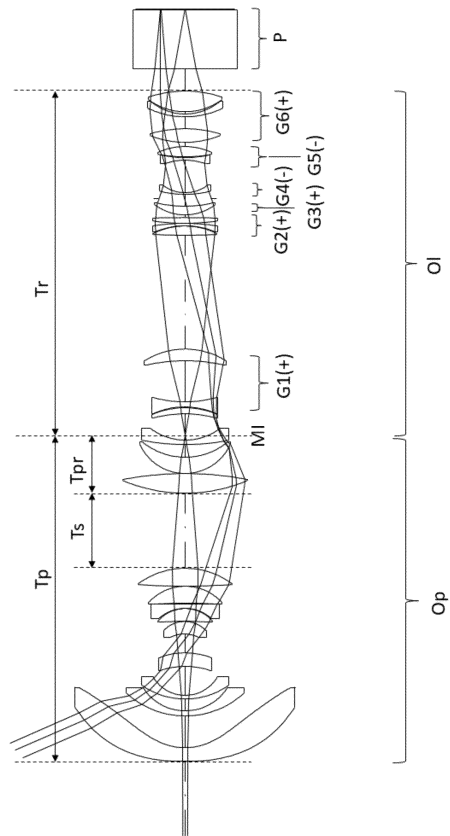
10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】

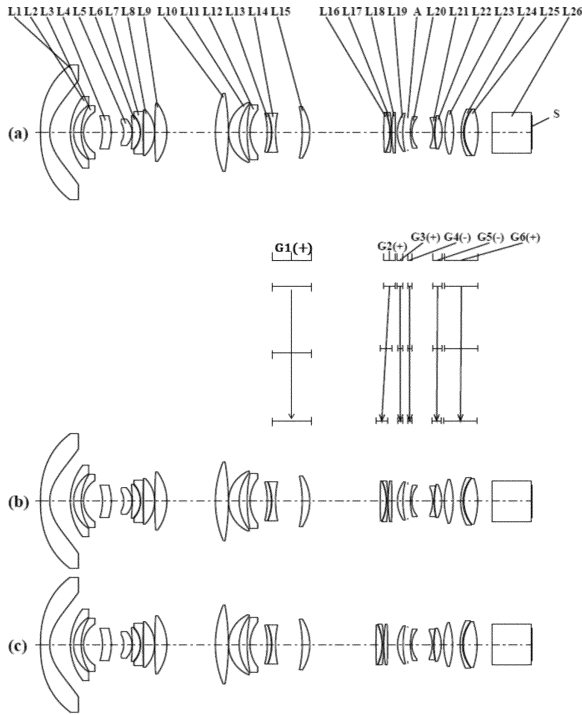


30

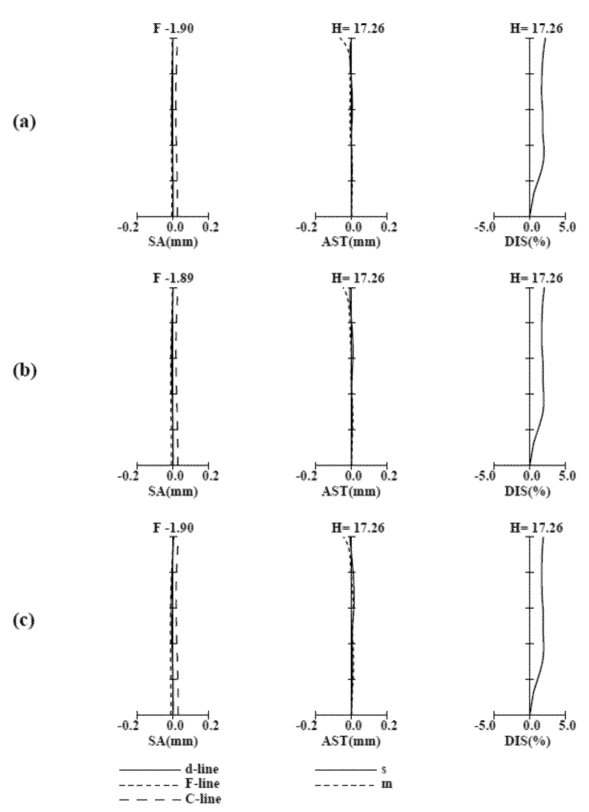
40

50

【 図 1 7 】



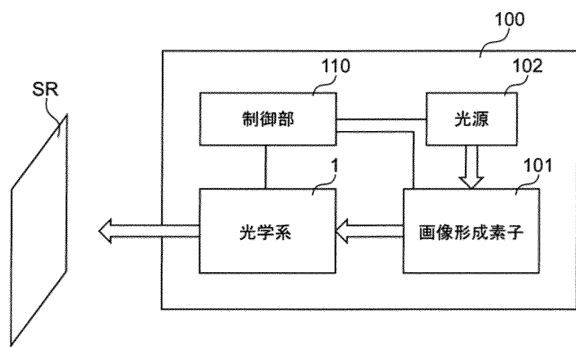
【 図 1 8 】



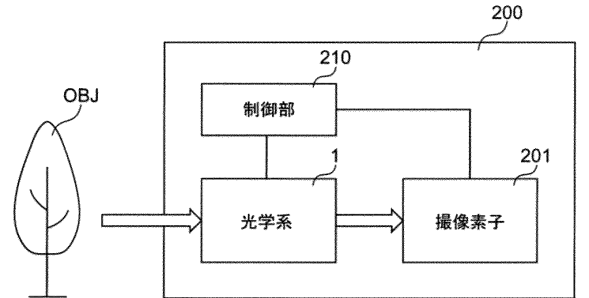
10

20

【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 0 2 B 13/16 (2006.01)

F I

G 0 2 B 13/16

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニックホールディングス株式会社内

(72)発明者 山田 克

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニックホールディングス株式会社内

審査官 殿岡 雅仁

(56)参考文献

特開 2 0 1 0 - 1 2 2 5 7 3 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 1 4 3 0 3 2 (J P , A)

特開 2 0 0 8 - 0 9 0 2 0 0 (J P , A)

特開 2 0 1 8 - 1 8 0 4 4 7 (J P , A)

特開 2 0 2 1 - 0 7 6 7 7 1 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 0 3 4 0 3 (U S , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B 9 / 0 0 - 1 7 / 0 8

G 0 2 B 2 1 / 0 2 - 2 1 / 0 4

G 0 2 B 2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4