

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6400104号
(P6400104)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(51) Int.Cl. F I
GO2B 13/04 (2006.01) GO2B 13/04 D
GO2B 13/18 (2006.01) GO2B 13/18

請求項の数 21 (全 67 頁)

(21) 出願番号	特願2016-539857 (P2016-539857)	(73) 特許権者	000000376
(86) (22) 出願日	平成27年3月4日(2015.3.4)		オリンパス株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/056307		東京都八王子市石川町2951番地
(87) 国際公開番号	W02016/021221	(74) 代理人	100123962
(87) 国際公開日	平成28年2月11日(2016.2.11)		弁理士 斎藤 圭介
審査請求日	平成28年12月6日(2016.12.6)	(74) 代理人	100120204
(31) 優先権主張番号	特願2014-159873 (P2014-159873)		弁理士 平山 巖
(32) 優先日	平成26年8月5日(2014.8.5)	(72) 発明者	市川 啓介
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内
		審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系及びそれを備えた光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

距離が長い方の拡大側の共役点と距離が短い方の縮小側の共役点との共役関係を形成する結像光学系であって、

前記結像光学系は、開口絞りと、第1の接合レンズと、第2の接合レンズと、第3の接合レンズと、を有し、

前記第1の接合レンズは、前記開口絞りよりも拡大側に位置し、

前記第2の接合レンズは、所定のレンズ群よりも縮小側に、前記所定のレンズ群と隣接して位置し、

前記第3の接合レンズは、前記開口絞りよりも縮小側に位置し、

前記所定のレンズ群は負の屈折力を有し、最も拡大側に位置するレンズから前記第1の接合レンズまでに含まれるすべてのレンズで構成され、

前記第1の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成され、最も縮小側の面が縮小側に凹面を向けており、

前記第2の接合レンズは、拡大側から順に、負レンズと正レンズとで構成され、最も拡大側の面が拡大側に凹面を向けており、

前記第3の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成されており、レンズ成分は、光路中にて拡大側面と縮小側面のみが空気に接するレンズブロックであって、

前記第2の接合レンズと前記第3の接合レンズとの間は、1枚の正レンズ成分からなる

10

20

か、又は2枚の正レンズ成分からなり、

第1の合焦レンズ群を有し、

前記第1の合焦レンズ群は、前記第3の接合レンズよりも縮小側に配置され、2枚以下のレンズからなり、フォーカスの際に前記結像光学系の光軸に沿って移動し、且つ、負の屈折力を有し、

前記第1の合焦レンズ群の最も縮小側の面が、縮小側に凹の面であり、

前記第1の合焦レンズ群が以下の条件式(D)を満足することを特徴とする結像光学系

$$0 < (R_{F1F} + R_{F1R}) / (R_{F1F} - R_{F1R}) < 5 \quad (D)$$

ここで、

R_{F1F} は、前記第1の合焦レンズ群において最も拡大側に位置する面の近軸曲率半径、

R_{F1R} は、前記第1の合焦レンズ群において最も縮小側に位置する面の近軸曲率半径、

である。

【請求項2】

前記第1の合焦レンズ群は、縮小側に凹の面を向けた1枚のレンズ成分からなることを特徴とする請求項1に記載の結像光学系。

【請求項3】

最も縮小側から順に、第2の負レンズと、第2の正レンズと、を更に有し、

前記第2の負レンズはメニスカスレンズであることを特徴とする請求項1または2に記載の結像光学系。

【請求項4】

前記最も拡大側に位置するレンズは第1の負レンズであり、

前記第1の負レンズはメニスカスレンズであることを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の結像光学系。

【請求項5】

以下の条件式(1)を満足することを特徴とする請求項4に記載の結像光学系。

$$1 < (R_{N1F} + R_{N1R}) / (R_{N1F} - R_{N1R}) < 10 \quad (1)$$

ここで、

R_{N1F} は、前記第1の負レンズの拡大側面の近軸曲率半径、

R_{N1R} は、前記第1の負レンズの縮小側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項6】

前記第2の接合レンズに対して最も近くに位置する第1の正レンズを更に有し、

以下の条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$0 < (R_{P1F} + R_{P1R}) / (R_{P1F} - R_{P1R}) < 3 \quad (2)$$

ここで、

R_{P1F} は、前記第1の正レンズの拡大側面の近軸曲率半径、

R_{P1R} は、前記第1の正レンズの縮小側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項7】

以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項3に記載の結像光学系。

$$0.01 < (R_{P2F} + R_{P2R}) / (R_{P2F} - R_{P2R}) < 3 \quad (3)$$

ここで、

R_{P2F} は、前記第2の正レンズの拡大側面の近軸曲率半径、

R_{P2R} は、前記第2の正レンズの縮小側面の近軸曲率半径、

である。

【請求項8】

以下の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の結像光学系。

10

20

30

40

50

$$-10 < (R_{NGF} + R_{NGR}) / (R_{NGF} - R_{NGR}) < 20 \quad (4)$$

ここで、

R_{NGF} は、前記所定のレンズ群において最も拡大側に位置する面の近軸曲率半径、

R_{NGR} は、前記所定のレンズ群において最も縮小側に位置する面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 9】

以下の条件式(5)を満足することを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$-1.5 < (R_{NGR} + R_{C2F}) / (R_{NGR} - R_{C2F}) < 5 \quad (5)$$

ここで、

R_{NGR} は、前記所定のレンズ群において最も縮小側に位置する面の近軸曲率半径、

R_{C2F} は、前記第2の接合レンズにおいて最も拡大側に位置する面の近軸曲率半径、

である。

【請求項 10】

以下の条件式(A)を満足することを特徴とする請求項4に記載の結像光学系。

$$0 < f / e_{N1F} < 2 \quad (A)$$

ここで、

f は、無限遠物体合焦時の前記結像光学系全系の焦点距離、

e_{N1F} は、前記第1の負レンズの拡大側面の最大有効口径、

である。

【請求項 11】

以下の条件式(B)を満足することを特徴とする請求項1から10のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$0 < (f / e_{AS}) / Fno < 2 \quad (B)$$

ここで、

f は、無限物体合焦時の前記結像光学系全系の焦点距離、

e_{AS} は、前記開口絞りの最大直径、

Fno は、無限物体合焦時の前記結像光学系全系のFナンバー、

である。

【請求項 12】

以下の条件式(C)を満足することを特徴とする請求項1から11のいずれか1項に記載の結像光学系。

$$0 < T_{air_max} / d < 0.27 \quad (C)$$

ここで、

T_{air_max} は、前記結像光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの間で最も大きい軸上空気間隔、

d は、前記結像光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの軸上距離、

である。

【請求項 13】

拡大側に位置する無限遠物体にフォーカスした状態から近距離物体へのフォーカスの際に、前記第1の合焦レンズ群は縮小側に移動し、且つ、

以下の条件式(E)を満足することを特徴とする請求項1に記載の結像光学系。

$$-1 < M_{F1} / f < 0 \quad (E)$$

ここで、

M_{F1} は、前記第1の合焦レンズ群における前記フォーカスの際の前記光軸方向に沿った最大移動量、

f は、無限遠物体合焦時の前記結像光学系全系の焦点距離、

である。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

第 2 の合焦レンズ群を有し、

前記第 2 の合焦レンズ群は、前記第 1 の合焦レンズ群よりも縮小側に配置され、前記フォーカスの際に前記第 1 の合焦レンズ群との距離を変えながら前記結像光学系の光軸に沿って移動し、且つ、正の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 または 1 3 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 1 5】

前記第 1 の合焦レンズ群と前記第 2 の合焦レンズ群は、各々、多くとも 2 枚のレンズからなることを特徴とする請求項 1 4 に記載の結像光学系。

【請求項 1 6】

拡大側に位置する無限遠物体にフォーカスした状態から近距離物体へのフォーカスの際に、前記第 1 の合焦レンズ群は縮小側に移動し、

拡大側に位置する無限遠物体にフォーカスした状態から近距離物体へのフォーカスの際に、前記第 2 の合焦レンズ群は拡大側に移動し、且つ、

前記第 1 の合焦レンズ群と前記第 2 の合焦レンズ群は、前記フォーカスの際に以下の条件式 (F) を満足することを特徴とする請求項 1 4 または 1 5 に記載の結像光学系。

$$0 < M_{F2} / M_{F1} < 1.5 \quad (F)$$

ここで、

M_{F1} は、前記第 1 の合焦レンズ群における前記フォーカスの際の前記光軸方向に沿った最大移動量、

M_{F2} は、前記第 2 の合焦レンズ群における前記フォーカスの際の前記光軸方向に沿った最大移動量、

である。

【請求項 1 7】

前記第 1 の合焦レンズ群と前記第 2 の合焦レンズ群は以下の条件式 (G) を満足することを特徴とする請求項 1 4 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

$$-3 < f_{F1} / f_{F2} < -0.5 \quad (G)$$

ここで、

f_{F1} は、前記第 1 の合焦レンズ群の焦点距離、

f_{F2} は、前記第 2 の合焦レンズ群の焦点距離、

である。

【請求項 1 8】

前記第 1 の合焦レンズ群と前記第 2 の合焦レンズ群は以下の条件式 (H) を満足することを特徴とする請求項 1 4 から 1 7 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

$$5 < F1 / F2 < 50 \quad (H)$$

ここで、

$F1$ は、無限遠物体合焦時の前記第 1 の合焦レンズ群の横倍率、

$F2$ は、無限遠物体合焦時の前記第 2 の合焦レンズ群の横倍率、

である。

【請求項 1 9】

フォーカス時にのみ移動する 1 つ又は 2 つの移動レンズ群を有し、前記移動レンズ群以外のレンズは固定されていることを特徴とする請求項 1 から 1 8 のいずれか 1 項に記載の結像光学系。

【請求項 2 0】

光学系と、縮小側に配置された撮像素子と、を有し、前記撮像素子は撮像面を有し、且つ前記光学系によって前記撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、

前記光学系が請求項 1 から 1 9 のいずれか 1 項に記載の結像光学系であることを特徴とする光学装置。

【請求項 2 1】

光学系と、縮小側に配置された表示素子と、を有し、

10

20

30

40

50

前記表示素子は表示面を有し、
前記表示面上に表示された画像は、前記光学系によって拡大側に投影され、
前記光学系が請求項 1 から 19 のいずれか 1 項に記載の結像光学系であることを特徴と
する光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、結像光学系及びそれを備えた光学装置に関する。

【背景技術】

【0002】

60°前後から50°前後の画角を有する撮影レンズとして、広角レンズや標準レンズ（以下、「広角撮影レンズ」という）がある。広角撮影レンズの光学系には、従来、レトロフォーカスタイプの光学系又はガウスタイプの光学系が広く用いられてきた。

【0003】

レトロフォーカスタイプの光学系は、負の屈折力を有する前群と正の屈折力を有する後群とから構成されている。レトロフォーカスタイプの光学系は、十分な長さのバックフォーカスが確保できるという特徴を有している。

【0004】

一方、ガウスタイプの光学系は、特徴的な一組の接合レンズを有する。一方の接合レンズは、最も像側に負レンズを有し、最も像側の面が像側に凹面を向けている。また、他方の接合レンズは、最も物体側の面が物体側に凹面を向けている。

【0005】

ガウスタイプの光学系を2つの群に分けると、一方の接合レンズから物体側の群（以下、「物体側群」という）と他方の接合レンズから像側の群（以下、「像側群」という）に分けることができる。

【0006】

なお、ガウスタイプの光学系では、屈折力の重心が光学系の像側寄りにある。すなわち、ガウスタイプの光学系では、物体側群の屈折力と像側群の屈折力は共に正の屈折力であるが、物体側群よりも像側群の方で屈折力が大きくなっている。

【0007】

従来の広角撮影レンズの光学系では、画角が広がるほど、屈折力配置が非対称になる傾向が強くなる。そのため、従来の広角撮影レンズの光学系では、画角が広がるほど、コマ収差、非点収差及び倍率色収差が悪化し易い。なお、屈折力配置とは、正の屈折力と負の屈折力の並び方のことである。

【0008】

また、従来の広角撮影レンズの光学系では、Fナンバーが小さくなるほど、相対的にレンズ面の曲率が大きくなる。そのため、従来の広角撮影レンズの光学系では、Fナンバーが小さくなるほど、球面収差、コマ収差及び軸上色収差が多く発生する傾向があった。

【0009】

また、従来の広角撮影レンズの光学系では、正の屈折力を有する後群の有効口径が大型化するという問題もあった。

【0010】

これらの問題を解決した広角撮影レンズが、各種提案されている。提案されている広角撮影レンズでは、Fナンバーが1.4程度になっている。画角が広くFナンバーが小さい広角撮影レンズの光学系として、特許文献1～6に開示された光学系がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2012-226309号公報

【特許文献2】特開2004-101880号公報

10

20

30

40

50

【特許文献3】特開2009-109723号公報

【特許文献4】特開2010-039340号公報

【特許文献5】特開2010-097207号公報

【特許文献6】特開2011-059290号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1や特許文献2の光学系ではFナンバーが1.24であるため、Fナンバーが小さい光学系が実現できている。しかしながら、画角が63.6°であるため、特許文献1や特許文献2の光学系では、画角が十分に広い光学系が実現できていない。

10

【0013】

また、特許文献3、特許文献4、特許文献5及び特許文献6の光学系では、Fナンバーが1.4であるが、これ以上Fナンバーを小さくしようとするか、又は画角を広くしようとするか、と、上述した諸収差の補正がさらに困難となる。

【0014】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであって、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系及びそれを備えた光学装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の結像光学系は、距離が長い方の拡大側の共役点と距離が短い方の縮小側の共役点との共役関係を形成する結像光学系であって、

20

結像光学系は、開口絞りと、第1の接合レンズと、第2の接合レンズと、第3の接合レンズと、を有し、

第1の接合レンズは、開口絞りよりも拡大側に位置し、

第2の接合レンズは、所定のレンズ群よりも縮小側に、所定のレンズ群と隣接して位置し、

第3の接合レンズは、開口絞りよりも縮小側に位置し、

所定のレンズ群は負の屈折力を有し、最も拡大側に位置するレンズから第1の接合レンズまでに含まれるすべてのレンズで構成され、

30

第1の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成され、最も縮小側の面が縮小側に凹面を向けており、

第2の接合レンズは、拡大側から順に、負レンズと正レンズとで構成され、最も拡大側の面が拡大側に凹面を向けており、

第3の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成されており、

レンズ成分は、光路中にて拡大側面と縮小側面のみが空気に接するレンズブロックであって、

第2の接合レンズと第3の接合レンズとの間は、1枚の正レンズ成分からなるか、又は2枚の正レンズ成分からなり、

40

第1の合焦レンズ群を有し、

第1の合焦レンズ群は、第3の接合レンズよりも縮小側に配置され、2枚以下のレンズからなり、フォーカスの際に結像光学系の光軸に沿って移動し、且つ、負の屈折力を有し、

第1の合焦レンズ群の最も縮小側の面が、縮小側に凹の面であり、

第1の合焦レンズ群が以下の条件式(D)を満足することを特徴とする。

$$0 < (R_{F1F} + R_{F1R}) / (R_{F1F} - R_{F1R}) < 5 \quad (D)$$

ここで、

R_{F1F}は、第1の合焦レンズ群において最も拡大側に位置する面の近軸曲率半径、

R_{F1R}は、第1の合焦レンズ群において最も縮小側に位置する面の近軸曲率半径、

50

である。

【 0 0 1 6 】

また、本発明の光学装置は、
光学系と、縮小側に配置された撮像素子と、を有し、
撮像素子は撮像面を有し、且つ光学系によって撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、
光学系が上述の結像光学系であることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の光学装置は、
光学系と、縮小側に配置された表示素子と、を有し、
表示素子は表示面を有し、
表示面上に表示された画像は、光学系によって拡大側に投影され、
光学系が上述の結像光学系であることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系及びそれを備えた光学装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

【図1】実施例1に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

20

【図2】実施例2に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図3】実施例3に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図4】実施例4に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

30

【図5】実施例5に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図6】実施例6に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図7】実施例7に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

40

【図8】実施例8に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図9】実施例9に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図10】実施例10に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図11】実施例11に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物

50

体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図12】実施例12に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図13】実施例13に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図14】実施例14に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

10

【図15】実施例15に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図16】実施例16に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図17】実施例17に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

20

【図18】実施例18に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図19】実施例19に係る結像光学系の断面図と収差図であって、(a)は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図、(b)、(c)、(d)及び(e)は、無限遠物体合焦時の収差図である。

【図20】撮像装置の断面図である。

【図21】撮像装置の外観を示す前方斜視図である。

【図22】撮像装置の後方斜視図である。

【図23】撮像装置の主要部の内部回路の構成ブロック図である。

30

【図24】投影装置の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下に、本発明に係る結像光学系及びそれを備えた光学装置の実施形態及び実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態及び実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【0021】

本実施形態の結像光学系は、距離が長い方の拡大側の共役点と距離が短い方の縮小側の共役点との共役関係を形成する結像光学系であって、結像光学系は、開口絞りと、第1の接合レンズと、第2の接合レンズと、第3の接合レンズと、を有し、第1の接合レンズは、開口絞りよりも拡大側に位置し、第2の接合レンズは、所定のレンズ群よりも縮小側に、所定のレンズ群と隣接して位置し、第3の接合レンズは、開口絞りよりも縮小側に位置し、所定のレンズ群は負の屈折力を有し、最も拡大側に位置するレンズから第1の接合レンズまでに含まれるすべてのレンズで構成され、第1の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成され、最も縮小側の面が縮小側に凹面を向けており、第2の接合レンズは、拡大側から順に、負レンズと正レンズとで構成され、最も拡大側の面が拡大側に凹面を向けており、第3の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成されていることを特徴とする。

40

【0022】

本願実施形態の結像光学系とガウスタイプの光学系とを比較しながら、本願実施形態の

50

結像光学系について説明する。以下の説明では、拡大側に物体側が対応し、縮小側に像側が対応する。

【 0 0 2 3 】

上述のように、ガウスタイプの光学系は、特徴的な一組の接合レンズを備えている。ここで、一方の接合レンズは、最も像側に負レンズを有し、最も像側の面が像側に凹面を向けている。

【 0 0 2 4 】

一方、本実施形態の結像光学系も、特徴的な一組の接合レンズ、すなわち、第1の接合レンズと第2の接合レンズとを備えている。ここで、第1の接合レンズは最も縮小側に負レンズを有し、最も縮小側の面が縮小側に凹面を向けている。よって、第1の接合レンズが一方の接合レンズに対応する。

10

【 0 0 2 5 】

また、ガウスタイプの光学系では、物体側群が一方の接合レンズを含んでいる。これに対して、本実施形態の結像光学系では、所定のレンズ群が第1の接合レンズを含んでいる。よって、所定のレンズ群が物体側群に対応する。

【 0 0 2 6 】

上述のように、ガウスタイプの光学系では、物体側群よりも像側群の方で屈折力が大きくなっている。ただし、物体側群の屈折力も像側群の屈折力も、共に正の屈折力である。

【 0 0 2 7 】

これに対して、本実施形態の結像光学系では、所定のレンズ群は負の屈折力を有している。屈折力の配分状態をガウスタイプの光学系で例えると、本実施形態の結像光学系では、物体側群に負の屈折力が配分されている状態になっている。

20

【 0 0 2 8 】

このように、所定のレンズ群は、ガウスタイプの光学系において、正の屈折力から負の屈折力に屈折力をシフトさせたときの物体側群ということができる。なお、シフトさせる屈折力は、弱い正の屈折力であっても良い。但し、この場合の屈折力は、ガウスタイプの光学系における物体側群の屈折力よりも弱い屈折力である。

【 0 0 2 9 】

また、ガウスタイプの光学系は、画角が50°程度までであれば、Fナンバーが1.4程度であっても収差補正のポテンシャルが極めて高い光学系である。この収差補正に対するポテンシャルの高さは、特徴的な一組の接合レンズに基づいている。

30

【 0 0 3 0 】

ここで、本実施形態の結像光学系では、ガウスタイプの光学系に対して、物体側群における屈折力シフトと像側群における正の屈折力の増大を行った構成を採用している。そのため、本実施形態の結像光学系はガウスタイプの光学系とは異なる。

【 0 0 3 1 】

しかしながら、本実施形態の結像光学系も、特徴的な一組の接合レンズを備えている。よって、本実施形態の結像光学系は、収差補正のポテンシャルが極めて高い光学系をベースにしている。そのため、本実施形態の結像光学系では、諸収差を良好に補正しつつ、(I) Fナンバーを小さくすること、すなわち、光学系において十分な明るさを確保すること、(II) 十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、結像光学系全系の焦点距離を短くすること、(III) 十分な広さの画角を確保すること、ができる。

40

【 0 0 3 2 】

なお、物体側群における屈折力シフトとは、ガウスタイプの光学系において、物体側群の屈折力を、本来の正の屈折力から負の屈折力にシフトさせることである。また、像側群における正の屈折力の増大とは、ガウスタイプの光学系において、像側群の正の屈折力を本来の屈折力より大きくすることである。

【 0 0 3 3 】

また、物体側群における屈折力シフトを実施すると、像側群で主光線の高さが著しく高くなる。その結果、像側群での収差が悪化する。この収差の悪化を避けるためには、他方

50

の接合レンズよりも像側に、開口絞りを移動させることが好ましい。

【0034】

上述のように、本実施形態の結像光学系でも、所定のレンズ群が負の屈折力を有している。そこで、像側群での収差が悪化を避けるために、本実施形態の結像光学系においても、第2の接合レンズよりも縮小側に、開口絞りを位置させることが好ましい。

【0035】

上述のように、本実施形態の結像光学系は、ガウスタイプの光学系をベースにしている。よって、本実施形態の結像光学系も、収差補正のポテンシャルが極めて高い光学系になっている。このようなことから、第2の接合レンズよりも縮小側に開口絞りを位置させても、収差の悪化をある程度は防ぐことができる。

10

【0036】

しかしながら、第2の接合レンズよりも縮小側に開口絞りを位置させると、特徴的な一組の接合レンズに対する開口絞りの位置が、ガウスタイプの光学系と異なってしまう。そのため、第2の接合レンズよりも縮小側に開口絞りを位置させた場合、収差をより高いレベルで補正することは難しい。

【0037】

そこで、本実施形態の結像光学系では、第3の接合レンズを新たに設けている。この第3の接合レンズは、縮小側に負レンズを有する。例えば、この負レンズに正レンズを組み合わせることで、第3の接合レンズにアプラナティック色消しレンズの役目を持たせることができる。

20

【0038】

このように、第1の接合レンズと第2の接合レンズに加え、第3の接合レンズを設けることで、本実施形態の結像光学系では、特に収差補正が困難となる球面収差、コマ収差、軸上色収差及び倍率色収差を、満足できるレベルまで補正することができる。

【0039】

その結果、本実施形態の結像光学系によれば、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系を実現することができる。なお、広い画角とは、例えば70°以上の画角で、小さいFナンバーとは、例えば、1.2程度である。

【0040】

なお、上述のように、本実施形態の結像光学系は、収差補正のポテンシャルが極めて高い光学系である。本実施形態の結像光学系では、以下の構成を備えることで、この極めて高い収差補正のポテンシャルを得ている。第1の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成され、最も縮小側の面が縮小側に凹面を向けている。第2の接合レンズは、負レンズと正レンズとで構成され、最も拡大側の面が拡大側に凹面を向けている。

30

【0041】

また、本実施形態の結像光学系では、第2の接合レンズよりも縮小側に、開口絞りを位置させている。そのため、開口絞りは、所定のレンズ群よりも縮小側のレンズ群内に設けられている。

【0042】

また、本実施形態の結像光学系のより具体的な構成は以下のようになる。第1の接合レンズは、開口絞りよりも拡大側に位置している。また、第2の接合レンズは、所定のレンズ群よりも縮小側に、所定のレンズ群と隣接して位置している。また、第3の接合レンズは、開口絞りよりも縮小側に位置している。また、第3の接合レンズは、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成されている。

40

【0043】

また、本実施形態の結像光学系では、最も拡大側に位置するレンズは第1の負レンズであり、第1の負レンズはメニスカスレンズであることが好ましい。

【0044】

上述のように、本実施形態の結像光学系では、所定のレンズ群に負の屈折力を持たせて

50

いる。そのためには、特に最も拡大側に位置するレンズを負レンズにすることが好ましい。ただし、最も拡大側に配置した負レンズは、他の位置に配置した負レンズに比べて、軸外収差の発生量に対する影響が大きい。そこで、負レンズの形状をメニスカス形状にすることで、軸外収差の悪化を防止することができる。その結果、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系を実現できる。

【0045】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式(1)を満足することが好ましい。

$$1 < (R_{N1F} + R_{N1R}) / (R_{N1F} - R_{N1R}) < 10 \quad (1)$$

ここで、

R_{N1F} は、第1の負レンズの拡大側面の近軸曲率半径、

R_{N1R} は、第1の負レンズの縮小側面の近軸曲率半径、

である。

【0046】

条件式(1)を満足することで、軸外収差の悪化を防止することができる。

【0047】

条件式(1)の上限値を上回ると、非点収差又はコマ収差が悪化し易い。よって、条件式(1)の上限値を上回るとは好ましくない。一方、条件式(1)の下限値を下回ると、樽型歪曲収差が大きくなり易い。

【0048】

なお、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1')を満足すると良い。

$$1 < (R_{N1F} + R_{N1R}) / (R_{N1F} - R_{N1R}) < 4 \quad (1')$$

さらに、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1'')を満足するとなお良い。

$$1 < (R_{N1F} + R_{N1R}) / (R_{N1F} - R_{N1R}) < 2.8 \quad (1'')$$

【0049】

また、本実施形態の結像光学系では、レンズ成分は、光路中にて拡大側面と縮小側面のみが空気に接するレンズブロックであって、第2の接合レンズと第3の接合レンズとの間に、正レンズ成分を1枚又は複数枚有していることが好ましい。なお、レンズ成分の概念には、単レンズ、接合レンズ、複合レンズが含まれる。

【0050】

上述のように、本実施形態の結像光学系では、所定のレンズ群よりも縮小側に、ガウスタイプの光学系に比べて、より大きな正の屈折力を与えている。そして、第2の接合レンズよりも縮小側に開口絞りを位置させ、開口絞りよりも縮小側に第3の接合レンズを新たに設けている。

【0051】

しかしながら、開口絞りを挟んで2つの接合レンズが対向する構成は、他の構成に比べて、球面収差の発生量とコマ収差の発生量に対する影響が大きい。そこで、第2の接合レンズと第3の接合レンズとの間に、正レンズ成分を1枚又は複数枚配置することで、球面収差とコマ収差を良好に補正することができる。その結果、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系を実現できる。

【0052】

また、本実施形態の結像光学系は、第2の接合レンズに対して最も近くに位置する第1の正レンズを有し、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0 < (R_{P1F} + R_{P1R}) / (R_{P1F} - R_{P1R}) < 3 \quad (2)$$

ここで、

R_{P1F} は、第1の正レンズの拡大側面の近軸曲率半径、

R_{P1R} は、第1の正レンズの縮小側面の近軸曲率半径、

である。

【0053】

条件式(2)を満足することで、軸上収差の悪化と軸外収差の悪化を防止することができる。

10

20

30

40

50

【0054】

条件式(2)の上限値を上回ると、球面収差とコマ収差が悪化し易い。よって、条件式(2)の上限値を上回るとは好ましくない。一方、条件式(2)の下限値を下回ると、非点収差が悪化し易い。また、球面収差が発生し易い。

【0055】

なお、条件式(2)に代えて、以下の条件式(2')を満足すると良い。

$$0.02 < (R_{P1F} + R_{P1R}) / (R_{P1F} - R_{P1R}) < 1 \quad (2')$$

さらに、条件式(2)に代えて、以下の条件式(2'')を満足するとなお良い。

$$0.04 < (R_{P1F} + R_{P1R}) / (R_{P1F} - R_{P1R}) < 0.7 \quad (2'')$$

【0056】

また、本実施形態の結像光学系は、縮小側から順に、第2の負レンズと、第2の正レンズと、を有しており、第2の負レンズはメニスカスレンズであり、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.01 < (R_{P2F} + R_{P2R}) / (R_{P2F} - R_{P2R}) < 3 \quad (3)$$

ここで、

R_{P2F} は、第2の正レンズの拡大側面の近軸曲率半径、

R_{P2R} は、第2の正レンズの縮小側面の近軸曲率半径、

である。

【0057】

上述のように、本実施形態の結像光学系では、所定のレンズ群よりも縮小側に、ガウスタイプの光学系に比べて、より大きな正の屈折力を与えている。しかしながら、このようにすることは、球面収差の発生量、コマ収差の発生量及び非点収差の発生量に対する影響が大きい。

【0058】

そこで、第2の接合レンズよりも縮小側に、正レンズと負レンズを配置する。具体的には、縮小側から順に、第2の負レンズと第2の正レンズを配置し、第2の負レンズをメニスカスレンズにする。このようにすることで、球面収差、コマ収差及び非点収差を良好に補正することができる。その結果、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系を実現できる。

【0059】

更に、条件式(3)を満足することが好ましい。条件式(3)を満足することで、軸上収差の悪化と軸外収差の悪化を防止することができる。

【0060】

条件式(3)の上限値を上回ると、球面収差とコマ収差が悪化し易い。よって、条件式(3)の上限値を上回るとは好ましくない。一方、条件式(3)の下限値を下回ると、非点収差が悪化し易い。

【0061】

なお、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3')を満足すると良い。

$$0.1 < (R_{P2F} + R_{P2R}) / (R_{P2F} - R_{P2R}) < 1 \quad (3')$$

さらに、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3'')を満足するとなお良い。

$$0.19 < (R_{P2F} + R_{P2R}) / (R_{P2F} - R_{P2R}) < 0.6 \quad (3'')$$

【0062】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$-10 < (R_{NGF} + R_{NGR}) / (R_{NGF} - R_{NGR}) < 20 \quad (4)$$

ここで、

R_{NGF} は、所定のレンズ群において最も拡大側に位置する面の近軸曲率半径、

R_{NGR} は、所定のレンズ群において最も縮小側に位置する面の近軸曲率半径、

である。

【0063】

所定のレンズ群については、条件式(4)を満足することがより好ましい。条件式(4)

10

20

30

40

50

)を満足することで、軸外収差の悪化を防止することができる。

【0064】

条件式(4)の上限値を上回ると、樽型歪曲収差が大きくなり易い。よって、条件式(4)の上限値を上回るとは好ましくない。一方、条件式(4)の下限値を下回ると、非点収差又はコマ収差が悪化し易い。

【0065】

このとき、第1の接合レンズを開口絞りよりも拡大側に位置させ、第1の接合レンズを、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成し、最も縮小側の面を縮小側に凹面を向け、所定のレンズ群に負の屈折力を持たせることで、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系を実現することができる。

10

【0066】

なお、条件式(4)に代えて、以下の条件式(4')を満足すると良い。

$$-9 < (R_{NGF} + R_{NGR}) / (R_{NGF} - R_{NGR}) < 10 \quad (4')$$

さらに、条件式(4)に代えて、以下の条件式(4'')を満足するとお良い。

$$-7 < (R_{NGF} + R_{NGR}) / (R_{NGF} - R_{NGR}) < 9 \quad (4'')$$

【0067】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式(5)を満足することが好ましい。

$$-1.5 < (R_{NGR} + R_{C2F}) / (R_{NGR} - R_{C2F}) < 5 \quad (5)$$

ここで、

R_{NGR} は、所定のレンズ群において最も縮小側に位置する面の近軸曲率半径、

20

R_{C2F} は、第2の接合レンズにおいて最も拡大側に位置する面の近軸曲率半径、

である。

【0068】

所定のレンズ群と第2の接合レンズについては、条件式(5)を満足することがより好ましい。条件式(5)を満足することで、軸上収差の悪化と軸外収差の悪化を防止することができる。

【0069】

条件式(5)の上限値を上回ると、非点収差が悪化し易い。よって、条件式(5)の上限値を上回るとは好ましくない。一方、条件式(5)の下限値を下回ると、球面収差が大きくなり易い。

30

【0070】

このとき、第1の接合レンズを開口絞りよりも拡大側に位置させ、第1の接合レンズを、拡大側から順に、正レンズと負レンズとで構成し、最も縮小側の面を縮小側に凹面を向け、所定のレンズ群に負の屈折力を持たせることで、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系を実現することができる。

【0071】

なお、条件式(5)に代えて、以下の条件式(5')を満足すると良い。

$$-0.8 < (R_{NGR} + R_{C2F}) / (R_{NGR} - R_{C2F}) < 2 \quad (5')$$

さらに、条件式(5)に代えて、以下の条件式(5'')を満足するとお良い。

$$-0.45 < (R_{NGR} + R_{C2F}) / (R_{NGR} - R_{C2F}) < 0.9 \quad (5'')$$

40

【0072】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式(A)を満足することが好ましい。

$$0 < f / e_{N1F} < 2 \quad (A)$$

ここで、

f は、無限遠物体合焦時の結像光学系全系の焦点距離、

e_{N1F} は、第1の負レンズの拡大側面の最大有効口径、

である。

【0073】

条件式(A)の上限値を上回ると、画角を広げることが困難になる。すなわち、画角を広げようとする、球面収差、歪曲収差及び非点収差が発生し易い。一方、条件式(A)

50

の下限値を下回ると、光学系が径方向に大型化し易い。

【0074】

なお、条件式(A)に代えて、以下の条件式(A')を満足すると良い。

$$0.1 < f / e_{N1F} < 1.5 \quad (A')$$

さらに、条件式(A)に代えて、以下の条件式(A'')を満足すると良い。

$$0.2 < f / e_{N1F} < 1 \quad (A'')$$

【0075】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式(B)を満足することが好ましい。

$$0 < (f / e_{AS}) / Fno < 2 \quad (B)$$

ここで、

fは、無限物体合焦時の結像光学系全系の焦点距離、

e_{AS}は、開口絞りの最大直径、

Fnoは、無限物体合焦時の結像光学系全系のFナンバー、

である。

【0076】

条件式(B)の上限値を上回ると、画角を広くすることが困難になる。すなわち、画角を広げようとする、球面収差と色収差の補正が困難になる。一方、条件式(B)の下限値を下回ると、光学系が径方向に大型化し易い。

【0077】

なお、条件式(B)に代えて、以下の条件式(B')を満足すると良い。

$$0.2 < (f / e_{AS}) / Fno < 1 \quad (B')$$

さらに、条件式(B)に代えて、以下の条件式(B'')を満足すると良い。

$$0.3 < (f / e_{AS}) / Fno < 0.9 \quad (B'')$$

【0078】

また、本実施形態の結像光学系では、以下の条件式(C)を満足することが好ましい。

$$0 < T_{air_max} / d < 0.27 \quad (C)$$

ここで、

T_{air_max}は、結像光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの間で最も大きい軸上空気間隔、

dは、結像光学系の最も拡大側に位置する面から最も縮小側に位置する面までの軸上距離、

である。

【0079】

条件式(C)は、高い光学性能の確保、光学系の全長の短縮化及び結像光学系の外径の小径化に有利となる条件式である。

【0080】

レンズ同士の空気間隔を適度に広くすることは、光学性能の向上に繋がる。ただし、d、すなわち、結像光学系の最も拡大側に位置するレンズ面から最も縮小側に位置するレンズ面までの軸上距離に対して、レンズ同士の空気間隔を過剰に広げて光学性能を確保することは、光学系の全長の増加と光学系の大口径化につながり易い。

【0081】

そこで、条件式(C)を満足することで、光学系の全長の短縮化と小径化を行いつつ、高い光学性能の実現に必要なレンズ枚数の確保に有利となる。

【0082】

なお、条件式(C)に代えて、以下の条件式(C')を満足すると良い。

$$0.03 < T_{air_max} / d < 0.2 \quad (C')$$

さらに、条件式(C)に代えて、以下の条件式(C'')を満足すると良い。

$$0.07 < T_{air_max} / d < 0.16 \quad (C'')$$

【0083】

また、本実施形態の結像光学系は、第1の合焦レンズ群を有し、第1の合焦レンズ群は

、第3の接合レンズよりも縮小側に配置され、フォーカスの際に結像光学系の光軸に沿って移動し、且つ、負の屈折力を有することが好ましい。

【0084】

このようにすることで、縮小側（撮像面）もしくは拡大側（スクリーン面）でのフォーカスの際の像の大きさの変化を小さくできる。また、無限遠物体へのフォーカスの際に、合焦レンズ群の変動による非点収差の悪化や球面収差の悪化を抑えることができる。

【0085】

また、本実施形態の結像光学系は、以下の条件式（D）を満足することが好ましい。

$$0 < (R_{F1F} + R_{F1R}) / (R_{F1F} - R_{F1R}) < 5 \quad (D)$$

ここで、

R_{F1F} は、第1の合焦レンズ群において最も拡大側に位置する面の近軸曲率半径、

R_{F1R} は、第1の合焦レンズ群において最も縮小側に位置する面の近軸曲率半径、

である。

【0086】

条件式（D）の下限値を下回らないようにすると共に、条件式（D）の上限値を上回らないようにして、フォーカスの際の球面収差の変動やコマ収差の変動を抑えることが好ましい。

【0087】

なお、条件式（D）に代えて、以下の条件式（D'）を満足すると良い。

$$0.1 < (R_{F1F} + R_{F1R}) / (R_{F1F} - R_{F1R}) < 4.5 \quad (D')$$

さらに、条件式（D）に代えて、以下の条件式（D''）を満足するとなお良い。

$$0.2 < (R_{F1F} + R_{F1R}) / (R_{F1F} - R_{F1R}) < 4 \quad (D'')$$

【0088】

また、本実施形態の結像光学系では、拡大側に位置する無限遠物体にフォーカスした状態から近距離物体へのフォーカスの際に、第1の合焦レンズ群は縮小側に移動し、且つ、以下の条件式（E）を満足することが好ましい。

$$-1 < M_{F1} / f < 0 \quad (E)$$

ここで、

M_{F1} は、第1の合焦レンズ群におけるフォーカスの際の光軸方向に沿った最大移動量、

f は、無限遠物体合焦時の結像光学系全系の焦点距離、

である。

【0089】

条件式（E）の下限値を下回らないようにしてフォーカスが可能となる物体までの距離の短縮化を行い、且つ、条件式（E）の上限値を上回らないようにして結像光学系の全長が長くなりすぎないようにすることが好ましい。

【0090】

なお、条件式（E）に代えて、以下の条件式（E'）を満足すると良い。

$$-0.8 < M_{F1} / f < -0.05 \quad (E')$$

さらに、条件式（E）に代えて、以下の条件式（E''）を満足するとなお良い。

$$-0.4 < M_{F1} / f < -0.04 \quad (E'')$$

【0091】

また、本実施形態の結像光学系は、第2の合焦レンズ群を有し、第2の合焦レンズ群は、第1の合焦レンズ群よりも縮小側に配置され、フォーカスの際に第1の合焦レンズ群との距離を変えながら結像光学系の光軸に沿って移動し、且つ、正の屈折力を有することが好ましい。

【0092】

第1の合焦レンズ群の屈折力が負屈折力で、第1の合焦レンズ群よりも縮小側に位置する第2の合焦レンズ群の屈折力が正屈折力であるので、このようにすることは、射出瞳を縮小側の像面から離しつつも、結像光学系を小型化することに有利である。また、このようにすることは、フォーカスの際の収差変動の低減とフォーカスが可能となる物体までの

10

20

30

40

50

距離の短縮化との両立に有利となる。

【 0 0 9 3 】

また、本実施形態の結像光学系では、第 1 の合焦レンズ群と第 2 の合焦レンズ群は、各々、多くとも 2 枚のレンズからなることが好ましい。

【 0 0 9 4 】

このようにすることで、合焦レンズ群を軽量化できる。そのため、このようにすることは、駆動機構の負担軽減や、結像光学系の小型化に有利となる。

【 0 0 9 5 】

また、本実施形態の結像光学系では、拡大側に位置する無限遠物体にフォーカスした状態から近距離物体へのフォーカスの際に、第 1 の合焦レンズ群は縮小側に移動し、拡大側に位置する無限遠物体にフォーカスした状態から近距離物体へのフォーカスの際に、第 2 の合焦レンズ群は拡大側に移動し、且つ、第 1 の合焦レンズ群と第 2 の合焦レンズ群は、フォーカスの際に以下の条件式 (F) を満足することが好ましい。

$$0 < M_{F2} / M_{F1} < 1.5 \quad (F)$$

ここで、

M_{F1} は、第 1 の合焦レンズ群におけるフォーカスの際の光軸方向に沿った最大移動量、

M_{F2} は、第 2 の合焦レンズ群におけるフォーカスの際の光軸方向に沿った最大移動量、である。

【 0 0 9 6 】

条件式 (F) の下限値を下回らないように第 2 の合焦レンズ群を移動させることで、第 1 の合焦レンズ群の移動に伴って変動する軸外収差を良好に補正できる。一方、条件式 (F) の下限値を下回らないようにして第 2 の合焦レンズ群の移動量を抑え、これにより、縮小側 (撮像面) もしくは拡大側 (スクリーン面) でのフォーカスの際の像の大きさの変化を低減することが好ましい。

【 0 0 9 7 】

なお、条件式 (F) に代えて、以下の条件式 (F ') を満足すると良い。

$$0.005 < M_{F2} / M_{F1} < 1.2 \quad (F ')$$

さらに、条件式 (F) に代えて、以下の条件式 (F ' ') を満足するとなお良い。

$$0.008 < M_{F2} / M_{F1} < 1 \quad (F ' ')$$

【 0 0 9 8 】

また、本実施形態の結像光学系では、第 1 の合焦レンズ群と第 2 の合焦レンズ群は以下の条件式 (G) を満足することが好ましい。

$$-3 < f_{F1} / f_{F2} < -0.5 \quad (G)$$

ここで、

f_{F1} は、第 1 の合焦レンズ群の焦点距離、

f_{F2} は、第 2 の合焦レンズ群の焦点距離、

である。

【 0 0 9 9 】

条件式 (G) の下限値を下回らないようにして第 1 の合焦レンズ群の負の屈折力を十分に確保し、且つ、条件式 (G) の上限値を上回らないようにして第 1 の合焦レンズ群の負の屈折力が過剰になることを抑える。このようにすることは、狭い移動範囲内にてフォーカスの際に発生する収差変動の低減と、フォーカスが可能となる物体までの距離の短縮化の双方に有利となる。

なお、条件式 (G) に代えて、以下の条件式 (G ') を満足すると良い。

$$-2.8 < f_{F1} / f_{F2} < -0.8 \quad (G ')$$

さらに、条件式 (G) に代えて、以下の条件式 (G ' ') を満足するとなお良い。

$$-2.5 < f_{F1} / f_{F2} < -1 \quad (G ' ')$$

【 0 1 0 0 】

また、本実施形態の結像光学系では、第 1 の合焦レンズ群と第 2 の合焦レンズ群は以下の条件式 (H) を満足することが好ましい。

10

20

30

40

50

$$5 < F_1 / F_2 < 50 \quad (H)$$

ここで、

F_1 は、無限遠物体合焦時の第1の合焦レンズ群の横倍率、

F_2 は、無限遠物体合焦時の第2の合焦レンズ群の横倍率、

である。

【0101】

条件式(H)の上限値を上回るか、又は条件式(H)の下限値を下回ると、フォーカスの際の球面収差の変動、コマ収差の変動及び非点収差の変動が許容できないレベルになる。

【0102】

なお、条件式(H)に代えて、以下の条件式(H')を満足すると良い。

$$8 < F_1 / F_2 < 40 \quad (H')$$

さらに、条件式(H)に代えて、以下の条件式(H'')を満足するとなお良い。

$$10 < F_1 / F_2 < 35 \quad (H'')$$

【0103】

また、本実施形態の光学装置は、光学系と、縮小側に配置された撮像素子と、を有し、撮像素子は撮像面を有し、且つ光学系によって撮像面上に形成された像を電気信号に変換し、光学系が上述の結像光学系であることを特徴とする。

【0104】

本実施形態の光学装置によれば、広い撮影範囲を、低ノイズ、高解像度で撮像することができる。

【0105】

また、本実施形態の光学装置は、光学系と、縮小側に配置された表示素子と、を有し、表示素子は表示面を有し、表示面上に表示された画像は、光学系によって拡大側に投影され、光学系が上述の結像光学系であることを特徴とする。

【0106】

本実施形態の光学装置によれば、広い投影範囲に、低ノイズ、高解像度で像を投影することができる。

【0107】

なお、上述の結像光学系や光学装置は、複数の構成を同時に満足してもよい。このようにすることが、良好な結像光学系や光学装置を得る上で好ましい。また、好ましい構成の組み合わせは任意である。また、各条件式について、より限定した条件式の数値範囲の上限値又は下限値のみを限定しても構わない。

【0108】

以下に、結像光学系の実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【0109】

以下、結像光学系の実施例1~19を図面に基づいて説明する。実施例1~19の結像光学系は、いずれもFナンバーが1.5を下回る結像光学系である。

【0110】

図1(a)~図19(a)は、各実施例の結像光学系におけるレンズ断面図を示している。なお、レンズ断面図は、無限遠物体合焦時のレンズ断面図である。

【0111】

また、図1(b)~図19(b)は、各実施例の結像光学系における球面収差(SA)を示し、図1(c)~図19(c)は非点収差(AS)を示し、図1(d)~図19(d)は歪曲収差(DT)を示し、図1(e)~図19(e)は歪曲収差(DT)を示している。なお、各収差図は、無限遠物体合焦時の収差図である。また“ ”は半画角を表している。

【0112】

また、各実施例のレンズ断面図では、前群をGF、後群をGR、カバーガラスをC、像

10

20

30

40

50

面をIで示してある。なお、これらのレンズ断面図では、結像光学系を前群と後群とに分けている。しかしながら、レンズ群の分け方は、前群と後群という分け方に限られない。

【0113】

また、図示しないが、後群GRと像面Iとの間に、ローパスフィルタを構成する平行平板が配置されていても良い。なお、平行平板の表面に、赤外光を制限する波長域制限コーティングを施しても良い。また、カバーガラスCの表面に波長域制限用の多層膜を施してもよい。また、そのカバーガラスCにローパスフィルタ作用を持たせるようにしてもよい。

【0114】

また、結像光学系を撮像に用いる場合、像面Iには撮像素子が配置される。一方、結像光学系を投影に用いる場合、像面Iには表示素子が配置される。各実施例の構成の説明では、結像光学系を撮像に用いることを前提に説明する。よって、拡大側を物体側、縮小側を像側とする。

【0115】

実施例1に係る結像光学系について説明する。図1(a)は、実施例1に係る結像光学系のレンズ断面図である。図1(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例1に係る結像光学系の収差図である。

【0116】

実施例1に係る結像光学系は、図1(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0117】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凸正レンズL5と、両凹負レンズL6と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL5と両凹負レンズL6とが接合されている。

【0118】

後群GRは、両凹負レンズL7と、両凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、両凸正レンズL10と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、両凸正レンズL13と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL7と両凸正レンズL8とが接合されている。また、両凸正レンズL10と負メニスカスレンズL11とが接合されている。

【0119】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL5と両凹負レンズL6とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL7と両凸正レンズL8とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL10と負メニスカスレンズL11とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0120】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL12が光軸に沿って像側へ移動する。

【0121】

非球面は、負メニスカスレンズL3の像側面と、負メニスカスレンズL12の両面と、両凸正レンズL13の像側面と、の合計4面に設けられている。

【0122】

次に、実施例2に係る結像光学系について説明する。図2(a)は、実施例2に係る結像光学系のレンズ断面図である。図2(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例2に係る結像光学系の収差図である。

【0123】

実施例2に係る結像光学系は、図2(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開

10

20

30

40

50

口絞り S を含んでいる。

【 0 1 2 4 】

前群 G F は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、両凹負レンズ L 6 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズ L 5 と両凹負レンズ L 6 とが接合されている。

【 0 1 2 5 】

後群 G R は、両凹負レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凸正レンズ L 9 と、両凸正レンズ L 1 0 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、両凸正レンズ L 1 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 4 と、で構成されている。ここで、両凹負レンズ L 7 と両凸正レンズ L 8 とが接合されている。また、両凸正レンズ L 1 0 と負メニスカスレンズ L 1 1 とが接合されている。

10

【 0 1 2 6 】

ここで、前群 G F が所定のレンズ群である。また、両凸正レンズ L 5 と両凹負レンズ L 6 とで、第 1 の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズ L 7 と両凸正レンズ L 8 とで、第 2 の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズ L 1 0 と負メニスカスレンズ L 1 1 とで、第 3 の接合レンズが構成されている。

【 0 1 2 7 】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズ L 1 2 が光軸に沿って像側へ移動する。

20

【 0 1 2 8 】

非球面は、負メニスカスレンズ L 3 の両面と、負メニスカスレンズ L 1 2 の両面と、両凸正レンズ L 1 3 の両面と、の合計 6 面に設けられている。

【 0 1 2 9 】

次に、実施例 3 に係る結像光学系について説明する。図 3 (a) は、実施例 3 に係る結像光学系のレンズ断面図である。図 3 (b)、(c)、(d) 及び (e) は実施例 3 に係る結像光学系の収差図である。

【 0 1 3 0 】

実施例 3 に係る結像光学系は、図 3 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群 G F と、正の屈折力を有する後群 G R と、で構成されている。後群 G R は開口絞り S を含んでいる。

30

【 0 1 3 1 】

前群 G F は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、両凹負レンズ L 4 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 4 とが接合されている。

【 0 1 3 2 】

後群 G R は、両凹負レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凹負レンズ L 9 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 0 と、両凸正レンズ L 1 1 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、で構成されている。ここで、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とが接合されている。また、両凸正レンズ L 8 と両凹負レンズ L 9 とが接合されている。

40

【 0 1 3 3 】

ここで、前群 G F が所定のレンズ群である。また、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 4 とで、第 1 の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とで、第 2 の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズ L 8 と両凹負レンズ L 9 とで、第 3 の接合レンズが構成されている。

【 0 1 3 4 】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズ L 1 0 が光軸に沿って像側へ移動する。

50

【 0 1 3 5 】

非球面は、負メニスカスレンズL 2の両面と、負メニスカスレンズL 1 0の両面と、両凸正レンズL 1 1の両面と、の合計6面に設けられている。

【 0 1 3 6 】

次に、実施例4に係る結像光学系について説明する。図4(a)は、実施例4に係る結像光学系のレンズ断面図である。図4(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例4に係る結像光学系の収差図である。

【 0 1 3 7 】

実施例4に係る結像光学系は、図4(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

10

【 0 1 3 8 】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4と、両凸正レンズL 5と、両凹負レンズL 6と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL 5と両凹負レンズL 6とが接合されている。

【 0 1 3 9 】

後群GRは、両凹負レンズL 7と、両凸正レンズL 8と、両凸正レンズL 9と、両凸正レンズL 1 0と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 1と、両凹負レンズL 1 2と、両凸正レンズL 1 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 4と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL 7と両凸正レンズL 8とが接合されている。また、両凸正レンズL 1 0と負メニスカスレンズL 1 1とが接合されている。

20

【 0 1 4 0 】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL 5と両凹負レンズL 6とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL 7と両凸正レンズL 8とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL 1 0と負メニスカスレンズL 1 1とで、第3の接合レンズが構成されている。

【 0 1 4 1 】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、両凹負レンズL 1 2が光軸に沿って像側へ移動する。

30

【 0 1 4 2 】

非球面は、負メニスカスレンズL 3の両面と、両凹負レンズL 1 2の両面と、両凸正レンズL 1 3の両面と、の合計6面に設けられている。

【 0 1 4 3 】

次に、実施例5に係る結像光学系について説明する。図5(a)は、実施例5に係る結像光学系のレンズ断面図である。図5(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例5に係る結像光学系の収差図である。

【 0 1 4 4 】

実施例5に係る結像光学系は、図5(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

40

【 0 1 4 5 】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3と、両凸正レンズL 4と、両凹負レンズL 5と、で構成されている。ここで、負メニスカスレンズL 3、両凸正レンズL 4及び両凹負レンズL 5が接合されている。

【 0 1 4 6 】

後群GRは、両凹負レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、両凸正レンズL 8と、両凸正レンズL 9と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 0と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 1と、両凸正レンズL 1 2と、像側に凸面を向けた負メニスカス

50

レンズL13と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。また、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とが接合されている。

【0147】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、負メニスカスレンズL3、両凸正レンズL4及び両凹負レンズL5で、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0148】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL11が光軸に沿って像側へ移動する。

10

【0149】

非球面は、負メニスカスレンズL1の像側面と、負メニスカスレンズL11の両面と、両凸正レンズL12の両面と、の合計5面に設けられている。

【0150】

次に、実施例6に係る結像光学系について説明する。図6(a)は、実施例6に係る結像光学系のレンズ断面図である。図6(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例6に係る結像光学系の収差図である。

【0151】

実施例6に係る結像光学系は、図6(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

20

【0152】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、両凹負レンズL4と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL3と両凹負L4とが接合されている。

【0153】

後群GRは、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、両凹負レンズL9と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、両凸正レンズL11と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。また、両凸正レンズL8と両凹負レンズL9とが接合されている。

30

【0154】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL3と両凹負L4とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL8と両凹負レンズL9とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0155】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL10が光軸に沿って像側へ移動する。

40

【0156】

非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、負メニスカスレンズL10の両面と、両凸正レンズL11の両面と、の合計6面に設けられている。

【0157】

次に、実施例7に係る結像光学系について説明する。図7(a)は、実施例7に係る結像光学系のレンズ断面図である。図7(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例7に係る結像光学系の収差図である。

【0158】

実施例7に係る結像光学系は、図7(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開

50

口絞り S を含んでいる。

【 0 1 5 9 】

前群 GF は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とが接合されている。

【 0 1 6 0 】

後群 GR は、両凹負レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凹負レンズ L 9 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 0 と、両凸正レンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、で構成されている。ここで、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とが接合されている。また、両凸正レンズ L 8 と両凹負レンズ L 9 とが接合されている。

10

【 0 1 6 1 】

ここで、前群 GF が所定のレンズ群である。また、正メニスカスレンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、第 1 の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とで、第 2 の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズ L 8 と両凹負レンズ L 9 とで、第 3 の接合レンズが構成されている。

【 0 1 6 2 】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズ L 1 0 が光軸に沿って像側へ移動する。

20

【 0 1 6 3 】

非球面は、負メニスカスレンズ L 1 の像側面と、負メニスカスレンズ L 1 0 の両面と、両凸正レンズ L 1 1 の物体側面と、の合計 4 面に設けられている。

【 0 1 6 4 】

次に、実施例 8 に係る結像光学系について説明する。図 8 (a) は、実施例 8 に係る結像光学系のレンズ断面図である。図 8 (b)、(c)、(d) 及び (e) は実施例 8 に係る結像光学系の収差図である。

【 0 1 6 5 】

実施例 8 に係る結像光学系は、図 8 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群 GF と、正の屈折力を有する後群 GR と、で構成されている。後群 GR は開口絞り S を含んでいる。

30

【 0 1 6 6 】

前群 GF は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、両凹負レンズ L 4 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 4 とが接合されている。

【 0 1 6 7 】

後群 GR は、両凹負レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凹負レンズ L 9 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 0 と、両凸正レンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、で構成されている。ここで、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とが接合されている。また、両凸正レンズ L 8 と両凹負レンズ L 9 とが接合されている。

40

【 0 1 6 8 】

ここで、前群 GF が所定のレンズ群である。また、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 4 とで、第 1 の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とで、第 2 の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズ L 8 と両凹負レンズ L 9 とで、第 3 の接合レンズが構成されている。

【 0 1 6 9 】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズ L 1 0 が光軸に沿って像側へ移動する。

【 0 1 7 0 】

50

非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、負メニスカスレンズL10の両面と、両凸正レンズL11の両面と、の合計6面に設けられている。

【0171】

次に、実施例9に係る結像光学系について説明する。図9(a)は、実施例9に係る結像光学系のレンズ断面図である。図9(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例9に係る結像光学系の収差図である。

【0172】

実施例9に係る結像光学系は、図9(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0173】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、で構成されている。ここで、正メニスカスレンズL3と負メニスカスレンズL4とが接合されている。

【0174】

後群GRは、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、両凹負レンズL9と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、両凸正レンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。また、両凸正レンズL8と両凹負レンズL9とが接合されている。

【0175】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、正メニスカスレンズL3と負メニスカスレンズL4とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL8と両凹負レンズL9とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0176】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL10が光軸に沿って像側へ移動する。

【0177】

非球面は、負メニスカスレンズL1の像側面と、負メニスカスレンズL10の両面と、両凸正レンズL11の両面と、の合計5面に設けられている。

【0178】

次に、実施例10に係る結像光学系について説明する。図10(a)は、実施例10に係る結像光学系のレンズ断面図である。図10(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例10に係る結像光学系の収差図である。

【0179】

実施例10に係る結像光学系は、図10(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0180】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、両凹負レンズL2と、両凸正レンズL3と、両凹負レンズL4と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL3と両凹負レンズL4とが接合されている。

【0181】

後群GRは、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、両凸正レンズL11と、両凸正レンズL12と、両凹負レンズL13と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。また、両凸正レンズL

10

20

30

40

50

8と負メニスカスレンズL9とが接合されている。また、両凸正レンズL12と両凹負レンズL13とが接合されている。

【0182】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL3と両凹負レンズL4とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL8と負メニスカスレンズL9とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0183】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL10が光軸に沿って像側へ移動する。

10

【0184】

非球面は、両凹負レンズL2の両面と、負メニスカスレンズL10の両面と、の合計4面に設けられている。

【0185】

次に、実施例11に係る結像光学系について説明する。図11(a)は、実施例11に係る結像光学系のレンズ断面図である。図11(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例11に係る結像光学系の収差図である。

【0186】

実施例11に係る結像光学系は、図11(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

20

【0187】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL4と両凹負レンズL5とが接合されている。

【0188】

後群GRは、両凹負レンズL6と、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12と、両凸正レンズL13と、両凹負レンズL14と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。また、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とが接合されている。また、負メニスカスレンズL11と正メニスカスレンズL12とが接合されている。

30

【0189】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL4と両凹負レンズL5とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0190】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL11と正メニスカスレンズL12とが光軸に沿って像側へ移動する。

40

【0191】

非球面は、負メニスカスレンズL3の両面と、負メニスカスレンズL11の物体側面と、両凸正レンズL13の両面と、の合計5面に設けられている。

【0192】

次に、実施例12に係る結像光学系について説明する。図12(a)は、実施例12に係る結像光学系のレンズ断面図である。図12(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例12に係る結像光学系の収差図である。

【0193】

50

実施例 12 に係る結像光学系は、図 12 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群 G F と、正の屈折力を有する後群 G R と、で構成されている。後群 G R は開口絞り S を含んでいる。

【 0 1 9 4 】

前群 G F は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と、両凸正レンズ L 4 と、両凹負レンズ L 5 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズ L 4 と両凹負レンズ L 5 とが接合されている。

【 0 1 9 5 】

後群 G R は、両凹負レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凸正レンズ L 9 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 10 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 11 と、両凹負レンズ L 12 と、両凸正レンズ L 13 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 14 と、で構成されている。ここで、両凹負レンズ L 6 と両凸正レンズ L 7 とが接合されている。また、両凸正レンズ L 9 と負メニスカスレンズ L 10 とが接合されている。また、正メニスカスレンズ L 11 と両凹負レンズ L 12 とが接合されている。

10

【 0 1 9 6 】

ここで、前群 G F が所定のレンズ群である。また、両凸正レンズ L 4 と両凹負レンズ L 5 とで、第 1 の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズ L 6 と両凸正レンズ L 7 とで、第 2 の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズ L 9 と負メニスカスレンズ L 10 とで、第 3 の接合レンズが構成されている。

20

【 0 1 9 7 】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、正メニスカスレンズ L 11 と両凹負レンズ L 12 とが光軸に沿って像側へ移動する。

【 0 1 9 8 】

非球面は、負メニスカスレンズ L 3 の両面と、両凹負レンズ L 12 の像側面と、両凸正レンズ L 13 の両面と、の合計 5 面に設けられている。

【 0 1 9 9 】

次に、実施例 13 に係る結像光学系について説明する。図 13 (a) は、実施例 13 に係る結像光学系のレンズ断面図である。図 13 (b)、(c)、(d) 及び (e) は実施例 13 に係る結像光学系の収差図である。

30

【 0 2 0 0 】

実施例 13 に係る結像光学系は、図 13 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群 G F と、正の屈折力を有する後群 G R と、で構成されている。後群 G R は開口絞り S を含んでいる。

【 0 2 0 1 】

前群 G F は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、両凸正レンズ L 4 と、両凹負レンズ L 5 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズ L 4 と両凹負レンズ L 5 とが接合されている。

40

【 0 2 0 2 】

後群 G R は、両凹負レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、両凸正レンズ L 9 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 10 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 11 と、両凹負レンズ L 12 と、両凸正レンズ L 13 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 14 と、で構成されている。ここで、両凹負レンズ L 6 と両凸正レンズ L 7 とが接合されている。また、両凸正レンズ L 9 と負メニスカスレンズ L 10 とが接合されている。

【 0 2 0 3 】

ここで、前群 G F が所定のレンズ群である。また、両凸正レンズ L 4 と両凹負レンズ L 5 とで、第 1 の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズ L 6 と両凸正レンズ L

50

7とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0204】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、正メニスカスレンズL11と両凹負レンズL12とが光軸に沿って像側へ移動する。

【0205】

非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、正メニスカスレンズL11の物体側面と、両凸正レンズL13の両面と、の合計5面に設けられている。

【0206】

次に、実施例14に係る結像光学系について説明する。図14(a)は、実施例14に係る結像光学系のレンズ断面図である。図14(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例14に係る結像光学系の収差図である。

10

【0207】

実施例14に係る結像光学系は、図14(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0208】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凸正レンズL5と、両凹負レンズL6と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL5と両凹負レンズL6とが接合されている。

20

【0209】

後群GRは、両凹負レンズL7と、両凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10と、両凸正レンズL11と、両凹負レンズL12と、両凹負レンズL13と、両凸正レンズL14と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL7と両凸正レンズL8とが接合されている。また、両凸正レンズL11と両凹負レンズL12とが接合されている。

【0210】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL5と両凹負レンズL6とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL7と両凸正レンズL8とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL11と両凹負レンズL12とで、第3の接合レンズが構成されている。

30

【0211】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、正メニスカスレンズL10、両凸正レンズL11、両凹負レンズL12及び両凹負レンズL13が一体となって光軸に沿って物体側に移動すると共に、両凸正レンズL14が光軸に沿って物体側へ移動する。

【0212】

非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、正メニスカスレンズL10の両面と、両凹負レンズL13の像側面と、の合計5面に設けられている。

【0213】

次に、実施例15に係る結像光学系について説明する。図15(a)は、実施例15に係る結像光学系のレンズ断面図である。図15(b)、(c)、(d)及び(e)は実施例15に係る結像光学系の収差図である。

40

【0214】

実施例15に係る結像光学系は、図15(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0215】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、両凹負レンズL2と、両凸正レンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、で構成されている。こ

50

ここで、両凹負レンズL 2と両凸正レンズL 3とが接合されている。また、両凸正レンズL 4と両凹負レンズL 5とが接合されている。

【0216】

後群GRは、両凹負レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、両凸正レンズL 8と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 9と、両凸正レンズL 10と、両凹負レンズL 11と、両凹負レンズL 12と、両凸正レンズL 13と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 14と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL 6と両凸正レンズL 7とが接合されている。また、両凸正レンズL 10と両凹負レンズL 11とが接合されている。

【0217】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL 4と両凹負レンズL 5とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL 6と両凸正レンズL 7とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL 10と両凹負レンズL 11とで、第3の接合レンズが構成されている。

10

【0218】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、正メニスカスレンズL 9、両凸正レンズL 10、両凹負レンズL 11及び両凹負レンズL 12が一体となって光軸に沿って物体側に移動すると共に、両凸正レンズL 13が光軸に沿って物体側へ移動する。

【0219】

非球面は、負メニスカスレンズL 1の両面と、正メニスカスレンズL 9の両面と、両凹負レンズL 12の像側面と、の合計5面に設けられている。

20

【0220】

実施例16に係る結像光学系は、図16(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0221】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 2と、両凸正レンズL 3と、両凹負レンズL 4と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL 3と両凹負レンズL 4とが接合されている。

【0222】

後群GRは、両凹負レンズL 5と、両凸正レンズL 6と、両凸正レンズL 7と、両凸正レンズL 8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 9と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 10と、両凸正レンズL 11と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 12と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL 5と両凸正レンズL 6とが接合されている。また、両凸正レンズL 8と負メニスカスレンズL 9とが接合されている。

30

【0223】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL 3と両凹負レンズL 4とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL 5と両凸正レンズL 6とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL 8と負メニスカスレンズL 9とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0224】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL 10が光軸に沿って像側へ移動すると共に、両凸正レンズL 11が光軸に沿って物体側に移動する。

40

【0225】

非球面は、負メニスカスレンズL 2の両面と、負メニスカスレンズL 10の両面と、両凸正レンズL 11の両面と、の合計6面に設けられている。

【0226】

実施例17に係る結像光学系は、図17(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0227】

50

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4と、両凹負レンズL5と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL4と両凹負レンズL5とが接合されている。

【0228】

後群GRは、両凹負レンズL6と、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、両凸正レンズL9と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、両凹負レンズL13と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とが接合されている。また、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とが接合されている。

10

【0229】

ここで、前群GFが所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL4と両凹負レンズL5とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL6と両凸正レンズL7とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL9と負メニスカスレンズL10とで、第3の接合レンズが構成されている。

【0230】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL11が光軸に沿って像側へ移動すると共に、両凸正レンズL12が光軸に沿って物体側へ移動する。

【0231】

非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、負メニスカスレンズL11の両面と、両凸正レンズL12の両面と、の合計6面に設けられている。

20

【0232】

実施例18に係る結像光学系は、図18(a)に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群GFと、正の屈折力を有する後群GRと、で構成されている。後群GRは開口絞りSを含んでいる。

【0233】

前群GFは、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、両凹負レンズL4と、で構成されている。ここで、両凸正レンズL3と両凹負レンズL4とが接合されている。

【0234】

後群GRは、両凹負レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、両凸正レンズL8と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL9と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と、両凸正レンズL12と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL13と、で構成されている。ここで、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とが接合されている。また、両凸正レンズL8と負メニスカスレンズL9とが接合されている。また、負メニスカスレンズL11と両凸正レンズL12とが接合されている。

30

【0235】

ここで、第1レンズ群G1が所定のレンズ群である。また、両凸正レンズL3と両凹負レンズL4とで、第1の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズL5と両凸正レンズL6とで、第2の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズL8と負メニスカスレンズL9とで、第3の接合レンズが構成されている。

40

【0236】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、負メニスカスレンズL10が光軸に沿って像側へ移動すると共に、負メニスカスレンズL11と両凸正レンズL12とが光軸に沿って物体側へ移動する。

【0237】

非球面は、負メニスカスレンズL2の両面と、負メニスカスレンズL10の両面と、両凸正レンズL12の物体側面と、の合計5面に設けられている。

【0238】

50

実施例 19 に係る結像光学系は、図 19 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を有する前群 G F と、正の屈折力を有する後群 G R と、で構成されている。後群 G R は開口絞り S を含んでいる。

【 0 2 3 9 】

前群 G F は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、両凹負レンズ L 4 と、で構成されている。ここで、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 4 とが接合されている。

【 0 2 4 0 】

後群 G R は、両凹負レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凸正レンズ L 8 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 と、両凹負レンズ L 10 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 11 と、両凸正レンズ L 12 と、両凹負レンズ L 13 と、で構成されている。ここで、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とが接合されている。また、両凸正レンズ L 8 と負メニスカスレンズ L 9 とが接合されている。また、両凹負レンズ L 10 と負メニスカスレンズ L 11 とが接合されている。

10

【 0 2 4 1 】

ここで、第 1 レンズ群 G 1 が所定のレンズ群である。また、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 4 とで、第 1 の接合レンズが構成されている。また、両凹負レンズ L 5 と両凸正レンズ L 6 とで、第 2 の接合レンズが構成されている。また、両凸正レンズ L 8 と負メニスカスレンズ L 9 とで、第 3 の接合レンズが構成されている。

【 0 2 4 2 】

また、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、両凹負レンズ L 10 と負メニスカスレンズ L 11 とが光軸に沿って像側へ移動する共に、両凸正レンズ L 12 が光軸に沿って物体側に移動する。

20

【 0 2 4 3 】

非球面は、負メニスカスレンズ L 2 の両面と、両凹負レンズ L 10 の物体側面と、負メニスカスレンズ L 11 の像側面と、両凸正レンズ L 12 の両面と、の合計 6 面に設けられている。

【 0 2 4 4 】

次に、上記各実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを掲げる。なお、各実施例の数値データにおいて、r 1、r 2、... は各レンズ面の曲率半径、d 1、d 2、... は各レンズの肉厚または空気間隔、n d 1、n d 2、... は各レンズの d 線での屈折率、d 1、d 2、... は各レンズのアッペ数、*印は非球面である。また、各種データにおいて、f は結像光学系全系の焦点距離、F N O . は F ナンバー、θ は半画角、I H は像高、F B はバックフォーカスである。なお、全長は、レンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスを加えたものである。バックフォーカスは、レンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算して表したものである。また、角度の単位は° (度) である。また、無限遠は無限遠物体合焦時、近距離は近距離物体合焦時である。また、近距離における値は、物体から像までの距離である。

30

【 0 2 4 5 】

また、非球面形状は、光軸方向を z、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を k、非球面係数を A 4、A 6、A 8、A 10 としたとき、次の式で表される。

40

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{ 1 - (1 + k) (y / r)^2 \}^{1/2}] + A 4 y^4 + A 6 y^6 + A 8 y^8 + A 10 y^{10}$$

また、非球面係数において、「e - n」(n は整数) は、「10⁻ⁿ」を示している。なお、これら諸元値の記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

【 0 2 4 6 】

数値実施例 1
単位 mm

面データ

50

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	55.000	1.50	1.48749	70.23	
2	15.910	4.92			
3	22.804	1.50	1.49700	81.61	
4	13.911	5.69			
5	46.637	1.50	1.74320	49.34	
6*	18.515	3.21			
7	129.872	2.66	2.00100	29.13	
8	-86.634	0.40			10
9	33.953	4.06	2.00100	29.13	
10	-103.511	1.00	1.54814	45.79	
11	18.116	7.11			
12	-43.091	1.20	1.84666	23.78	
13	18.546	6.63	1.72000	43.69	
14	-54.065	1.40			
15(絞リ)		1.00			
16	65.628	6.75	1.91082	35.25	
17	-28.862	0.40			
18	39.343	7.33	1.49700	81.61	20
19	-20.569	1.20	2.00100	29.13	
20	-53.055	2.10			
21*	76.582	1.20	1.74320	49.34	
22*	22.423	6.05			
23	44.175	6.76	1.61881	63.85	
24*	-17.602	0.40			
25	-52.627	1.50	1.80518	25.42	
26	-117478.336	11.34			
27		2.66	1.51633	64.14	
28		1.00			30
像面					

非球面データ

第6面

k=0.000

A4=-1.84370e-05, A6=-5.06577e-08, A8=-3.20158e-10, A10=-1.50045e-12

第21面

k=0.000

A4=1.32953e-05, A6=-6.53919e-08, A8=3.20080e-10

第22面

k=0.000

A4=3.17365e-05, A6=-6.64637e-08, A8=5.90911e-10

第24面

k=0.000

A4=4.95207e-05, A6=-7.03512e-08, A8=2.17058e-10

各種データ

f 12.37

FNO. 1.29

2 91.80

40

50

I H 11.15
 F B (in air) 14.09
 全長 (in air) 91.57

群焦点距離

GF=-31.65 GR=21.51

【 0 2 4 7 】

数值実施例 2

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	83.044	1.50	1.48749	70.23
2	20.661	2.17		
3	23.930	1.50	1.49700	81.61
4	16.138	5.37		
5*	21.611	1.50	1.80610	40.92
6*	11.913	2.85		
7	24.962	3.44	2.00100	29.13
8	53.374	0.40		
9	34.784	5.15	2.00100	29.13
10	-53.257	1.00	1.54814	45.79
11	14.970	11.39		
12	-28.403	1.20	1.85478	24.80
13	20.951	6.03	1.72000	43.69
14	-33.655	0.80		
15(絞リ)		0.40		
16	49.077	5.33	1.91082	35.25
17	-31.682	0.40		
18	45.282	6.08	1.49700	81.61
19	-19.966	1.20	2.00100	29.13
20	-55.421	2.40		
21*	-342.302	1.20	1.74320	49.34
22*	41.214	7.06		
23*	47.308	5.70	1.69350	53.21
24*	-19.021	0.40		
25	-62.081	2.00	1.80000	29.84
26	-1714.984	11.27		
27		2.66	1.51633	64.14
28		1.00		

20

30

40

像面

非球面データ

第 5 面

k=0.000

A4=-3.99414e-05, A6=-5.18429e-08, A8=6.69658e-14

第 6 面

k=-0.577

A4=-4.36841e-05, A6=-1.95530e-07, A8=3.83789e-11

50

第 2 1 面

k=0.000

A4=6.67877e-05, A6=-1.58982e-07, A8=4.64529e-10

第 2 2 面

k=0.000

A4=7.70376e-05, A6=-5.50923e-08, A8=5.33851e-10

第 2 3 面

k=0.000

A4=-1.24954e-05, A6=8.81283e-08, A8=9.00353e-12

第 2 4 面

k=0.000

A4=4.48788e-05, A6=-4.00730e-08, A8=3.07057e-10

10

各種データ

f	12.22
F N O .	1.28
2	92.31
I H	11.15
F B (in air)	14.02
全長 (in air)	90.50

20

群焦点距離

GF=-30.68 GR=20.34

【 0 2 4 8 】

数值実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	50.000	1.50	1.59522	67.74
2	13.648	7.82		
3*	92.631	1.00	1.49700	81.61
4*	15.753	4.52		
5	62.631	3.78	2.00100	29.13
6	-43.739	1.00	1.43875	94.93
7	1300.324	9.40		
8	-152.146	1.20	1.80518	25.42
9	16.490	5.57	1.49700	81.61
10	-54.381	4.05		
11(絞リ)		1.00		
12	50.450	4.38	2.00100	29.13
13	-32.930	0.40		
14	34.206	5.53	1.59522	67.74
15	-20.364	1.20	1.84666	23.78
16	232.456	2.32		
17*	107.461	1.20	1.72903	54.04
18*	18.009	6.43		
19*	46.207	5.77	1.72903	54.04
20*	-15.866	0.40		

30

40

50

21	-35.028	1.00	1.84666	23.78
22	-267.948	11.35		
23		2.66	1.51633	64.14
24		1.00		

像面

非球面データ

第3面

k=0.000

A4=-1.36094e-05, A6=-6.27185e-08

10

第4面

k=0.000

A4=-4.47225e-05, A6=-2.03357e-07, A8=-4.22299e-10

第17面

k=0.000

A4=1.20627e-05, A6=-2.61967e-07, A8=8.60374e-10

第18面

k=0.000

A4=3.74036e-05, A6=-2.14913e-07

第19面

k=0.000

A4=5.78649e-06, A6=8.61366e-08, A8=-2.43718e-10

20

第20面

k=0.000

A4=6.44174e-05, A6=-3.77935e-08, A8=5.92557e-10

各種データ

f 12.37

F N O . 1.41

2 91.71

I H 11.15

F B (in air) 14.10

全長 (in air) 83.58

30

群焦点距離

GF=-51.99 GR=22.03

【0249】

数值実施例4

単位 mm

40

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	45.098	1.50	1.48749	70.23
2	18.539	1.95		
3	21.083	1.50	1.72916	54.68
4	14.117	4.99		
5*	19.014	1.50	1.80610	40.92
6*	10.725	2.91		
7	25.870	3.45	2.00100	29.13

50

8	77.203	0.53			
9	41.845	4.43	2.00100	29.13	
10	-39.803	1.00	1.54814	45.79	
11	14.737	8.27			
12	-25.729	1.20	1.85478	24.80	
13	22.371	4.87	1.72000	43.69	
14	-30.252	0.84			
15(絞リ)		0.40			
16	50.721	4.61	1.91082	35.25	
17	-27.243	0.40			10
18	62.166	5.01	1.49700	81.61	
19	-17.526	1.20	2.00100	29.13	
20	-39.549	2.40			
21*	-637.328	1.20	1.74320	49.34	
22*	36.803	6.73			
23*	41.788	6.17	1.69350	53.21	
24*	-16.602	0.40			
25	-35.183	2.00	1.84666	23.78	
26	-230.322	11.35			
27		2.66	1.51633	64.14	20
28		1.00			

像面

非球面データ

第5面

k=0.000

A4=-6.79321e-05, A6=-8.02738e-08

第6面

k=-0.560

A4=-7.49950e-05, A6=-3.46303e-07, A8=2.25935e-10

第2 1面

k=0.000

A4=6.91286e-05, A6=-2.58182e-07, A8=9.71591e-10

第2 2面

k=0.000

A4=8.55270e-05, A6=-1.70347e-07, A8=9.97225e-10

第2 3面

k=0.000

A4=2.63288e-06, A6=7.98087e-08, A8=7.17631e-12

第2 4面

k=0.000

A4=7.02984e-05, A6=-4.69949e-08, A8=5.44468e-10

各種データ

f 12.22

F N O . 1.43

2 92.38

I H 11.15

F B (in air) 14.11

全長 (in air) 83.58

30

40

50

群焦点距離

GF=-27.24 GR=19.39

【 0 2 5 0 】

数值実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					10
1	55.000	1.50	1.51633	64.14	
2*	18.170	4.00			
3	28.573	1.50	1.43875	94.93	
4	15.059	5.57			
5	39.782	1.50	1.49700	81.61	
6	21.771	6.21	2.00100	29.13	
7	-163.886	1.00	1.51633	64.14	
8	15.085	7.58			
9	-20.995	1.20	1.84666	23.78	
10	20.978	6.12	1.72916	54.68	20
11	-34.822	1.40			
12(絞リ)		1.00			
13	83.738	6.07	1.90366	31.32	
14	-27.721	0.40			
15	22.240	8.81	1.43875	94.93	
16	-22.947	1.20	2.00100	29.13	
17	-60.576	2.10			
18*	108.640	1.20	1.74320	49.34	
19*	22.708	6.73			
20*	45.350	6.49	1.72903	54.04	30
21*	-18.174	0.40			
22	-32.398	1.50	1.80518	25.42	
23	-99.166	11.33			
24		2.66	1.51633	64.14	
25		1.00			
像面					

非球面データ

第 2 面

k=0.000

A4=-6.23121e-06, A6=1.18132e-08, A8=-1.23403e-10

第 1 8 面

k=0.000

A4=4.49362e-05, A6=-2.70140e-07, A8=3.65234e-10

第 1 9 面

k=0.000

A4=6.80175e-05, A6=-1.65974e-07, A8=-4.13549e-10

第 2 0 面

k=0.000

A4=-8.97352e-07, A6=7.39063e-08, A8=-2.52588e-10

40

50

第 2 1 面

k=0.000

A4=3.80931e-05, A6=-7.73568e-09, A8=1.28690e-10

各種データ

f	14.43
F N O .	1.25
2	82.08
I H	11.15
F B (in air)	14.08
全長 (in air)	87.56

10

各群焦点距離

GF=-37.44 GR=20.49

【 0 2 5 1 】

数值実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	60.000	1.50	1.59522	67.74
2	12.478	5.84		
3*	40.000	1.00	1.49700	81.61
4*	14.998	3.16		
5	35.972	3.92	2.00100	29.13
6	-42.320	1.00	1.43875	94.93
7	414.837	4.27		
8	-27.030	1.20	1.80518	25.42
9	18.406	5.66	1.49700	81.61
10	-30.278	1.40		
11(絞リ)		1.00		
12	68.685	4.59	2.00100	29.13
13	-26.820	0.40		
14	36.721	5.71	1.59522	67.74
15	-19.927	1.20	1.84666	23.78
16	694.790	2.80		
17*	75.396	1.20	1.72903	54.04
18*	17.574	5.84		
19*	41.636	6.00	1.72903	54.04
20*	-16.928	0.40		
21	-32.103	1.40	1.84666	23.78
22	-107.619	11.35		
23		2.66	1.51633	64.14
24		1.00		

20

30

40

像面

非球面データ

第 3 面

k=0.000

50

A4=-2.55995e-05, A6=-8.99603e-08

第 4 面

k=0.000

A4=-5.23687e-05, A6=-2.97602e-07, A8=-1.85881e-10

第 1 7 面

k=0.000

A4=-4.88103e-06, A6=-1.26125e-07, A8=5.63953e-10

第 1 8 面

k=0.000

A4=1.93156e-05, A6=-1.60732e-07

10

第 1 9 面

k=0.000

A4=1.68798e-05, A6=1.86070e-08, A8=2.04658e-11

第 2 0 面

k=0.000

A4=5.56507e-05, A6=-3.84768e-08, A8=5.56560e-10

各種データ

f	14.28
F N O .	1.41
2	83.51
I H	11.15
F B (in air)	14.10
全長 (in air)	73.58

20

群焦点距離

GF=-187.16 GR=21.14

【 0 2 5 2 】

数值実施例 7

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	5148.256	1.50	1.48749	70.23
2*	18.807	6.39		
3	42.326	3.23	1.84666	23.78
4	346.117	0.40		
5	24.689	3.11	2.00100	29.13
6	55.765	1.00	1.66680	33.05
7	14.112	8.98		
8	-15.886	1.20	1.69895	30.13
9	31.567	7.04	1.49700	81.61
10	-20.543	1.40		
11(絞リ)		1.00		
12	87.111	5.41	2.00100	29.13
13	-35.861	0.40		
14	35.014	6.91	1.64000	60.08
15	-28.217	1.20	1.84666	23.78
16	127.412	2.10		

40

50

17*	61.800	1.20	1.69680	55.53
18*	22.454	7.85		
19	41.243	6.36	1.49700	81.61
20*	-18.974	0.40		
21	27.365	2.00	1.84666	23.78
22	22.950	13.74		
23		2.66	1.51633	64.14
24		1.00		
像面				

10

非球面データ

第2面

k=0.000

A4=-7.77095e-06, A6=-3.61202e-08, A8=8.79759e-11, A10=-5.37766e-13

第17面

k=0.000

A4=7.47784e-06, A6=-1.60739e-07, A8=3.61719e-10

第18面

k=0.000

A4=2.12764e-05, A6=-1.70569e-07, A8=1.89648e-10, A10=4.41707e-13

20

第20面

k=0.000

A4=3.68441e-05, A6=-4.88703e-08, A8=2.31428e-10

各種データ

f	17.53
F N O .	1.29
2	70.49
I H	11.15
F B (in air)	16.49
全長 (in air)	85.58

30

群焦点距離

GF=-63.42 GR=21.06

【0253】

数值実施例8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	50.000	1.50	1.59522	67.74
2	16.786	4.17		
3*	51.357	1.00	1.49700	81.61
4*	19.813	2.49		
5	46.028	3.31	2.00100	29.13
6	-55.727	1.00	1.43875	94.93
7	39.491	6.62		
8	-25.698	1.20	1.80518	25.42
9	27.710	5.68	1.49700	81.61

40

50

10	-24.016	1.40			
11(絞リ)		1.00			
12	108.354	4.48	2.00100	29.13	
13	-29.617	0.40			
14	24.807	6.00	1.59522	67.74	
15	-36.499	1.20	1.84666	23.78	
16	62.738	2.10			
17*	35.827	1.20	1.72903	54.04	
18*	16.512	5.50			
19*	52.670	4.64	1.72903	54.04	10
20*	-23.182	0.40			
21	123.676	2.84	1.84666	23.78	
22	37.648	12.71			
23		2.66	1.51633	64.14	
24		1.00			
像面					

非球面データ

第3面

k=0.000

A4=-3.26020e-05, A6=-7.50663e-08

第4面

k=0.000

A4=-9.81172e-06, A6=-9.11363e-08, A8=2.46376e-10

第17面

k=0.000

A4=-7.48122e-06, A6=-1.48889e-07, A8=5.33611e-10

第18面

k=0.000

A4=1.01588e-05, A6=-1.82412e-07

第19面

k=0.000

A4=2.03136e-05, A6=2.24409e-08, A8=1.17085e-10

第20面

k=0.000

A4=3.46499e-05, A6=-5.41179e-08, A8=4.32985e-10

各種データ

f 17.53

FNO. 1.42

2 72.05

IH 11.15

FB (in air) 15.46

全長 (in air) 73.58

群焦点距離

GF=-64.97 GR=21.25

【0254】

数值実施例9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	116.266	1.50	1.51633	64.14	
2*	25.717	3.68			
3	60.055	3.25	2.00100	29.13	
4	549.816	0.40			
5	25.750	4.30	2.00100	29.13	
6	73.371	2.59	1.69895	30.13	10
7	15.387	10.67			
8	-16.516	1.20	1.72825	28.46	
9	31.039	8.00	1.49700	81.61	
10	-22.028	1.40			
11(絞リ)		1.00			
12	110.340	5.84	2.00100	29.13	
13	-36.817	0.40			
14	32.663	7.08	1.72916	54.68	
15	-38.391	1.20	2.00069	25.46	
16	148.534	2.10			20
17*	59.611	1.20	1.74320	49.34	
18*	20.525	7.68			
19*	73.228	5.69	1.49700	81.61	
20*	-19.916	0.40			
21	23.197	2.00	2.00100	29.13	
22	20.305	14.24			
23		2.66	1.51633	64.14	
24		1.00			

像面

30

非球面データ

第2面

k=0.000

A4=-2.54908e-06, A6=-1.26063e-08, A8=2.84478e-11, A10=-9.00492e-14

第17面

k=0.000

A4=2.07770e-06, A6=-1.50101e-07, A8=3.10129e-10

第18面

k=0.000

A4=1.40527e-05, A6=-1.50608e-07, A8=-2.97060e-11, A10=4.02049e-13

40

第19面

k=0.000

A4=1.44890e-06, A6=4.50889e-08, A8=-1.12829e-10

第20面

k=0.000

A4=2.07584e-05, A6=-6.95062e-09, A8=1.34767e-10

各種データ

f 24.74

FNO . 1.29

50

2 48.82
 I H 11.15
 F B (in air) 17.00
 全長 (in air) 88.58

群焦点距離

GF=-238.21 GR=23.08

【 0 2 5 5 】

数值実施例 1 0

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	44.574	1.50	1.48749	70.23
2	15.584	8.50		
3*	-659.095	1.20	1.49700	81.61
4*	25.626	1.71		
5	29.244	6.27	2.00069	25.46
6	-34.706	1.20	1.58144	40.75
7	23.314	4.79		
8	-26.565	1.20	1.85478	24.80
9	25.266	6.29	1.69680	55.53
10	-35.206	0.20		
11	61.090	4.37	1.72916	54.68
12	-42.527	0.20		
13	49.281	5.00	1.69680	55.53
14	-104.266	1.50	1.85478	24.80
15	-156.094	0.60		
16(絞り)		3.40		
17*	113.215	1.20	1.85400	40.39
18*	24.921	9.08		
19	67.113	3.70	1.72916	54.68
20	-45.208	0.20		
21	29.445	4.61	2.00100	29.13
22	-60.934	1.20	1.85478	24.80
23	19.276	1.83		
24	37.289	2.70	1.72916	54.68
25	2981.268	11.34		
26		2.66	1.51633	64.14
27		1.00		

20

30

40

像面

非球面データ

第 3 面

k=0.000

A4=-1.71558e-05, A6=-1.08272e-08, A8=-3.91577e-11

第 4 面

k=0.000

A4=-2.61471e-06, A6=-3.46749e-08, A8=1.55161e-11

50

第 1 7 面

k=0.000

A4=-6.00990e-06, A6=5.45326e-09

第 1 8 面

k=0.000

A4=-1.45040e-09, A6=6.67983e-10

各種データ

f	17.27	
F N O .	1.29	10
2	72.93	
I H	11.15	
F B (in air)	14.10	
全長 (in air)	86.56	

群焦点距離

GF=-59.77 GR=22.46

【 0 2 5 6 】

数値実施例 1 1

単位 mm 20

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	47.643	1.50	1.48749	70.23	
2	18.906	6.89			
3	34.644	1.50	1.49700	81.61	
4	14.800	5.23			
5*	17.187	1.50	1.80610	40.92	
6*	11.161	2.41			30
7	23.928	8.36	2.00100	29.13	
8	-30.498	1.00	1.54814	45.79	
9	17.470	7.52			
10	-24.084	1.20	1.85478	24.80	
11	20.703	5.93	1.72000	43.69	
12	-37.961	0.80			
13(絞り)		0.40			
14	54.341	5.44	1.91082	35.25	
15	-30.412	0.40			
16	39.754	7.01	1.49700	81.61	40
17	-19.594	1.20	2.00100	29.13	
18	-38.465	2.40			
19*	414.161	1.00	1.90366	31.32	
20	18.000	2.30	1.85478	24.80	
21	25.940	6.12			
22*	33.842	6.35	1.69350	53.21	
23*	-18.468	0.40			
24	-276.994	2.00	1.80000	29.84	
25	85.548	11.94			
26		2.66	1.51633	64.14	50

27 1.00
像面

非球面データ

第5面

k=0.000

A4=-8.57246e-05, A6=-1.03782e-08, A8=-1.94414e-10

第6面

k=-0.692

A4=-7.83164e-05, A6=-1.21507e-07, A8=1.96340e-10

第19面

k=0.000

A4=-1.55962e-05, A6=-6.30133e-09, A8=2.61539e-10

第22面

k=0.000

A4=-5.62796e-06, A6=9.16059e-09, A8=8.83497e-11

第23面

k=0.000

A4=4.94331e-05, A6=-6.53931e-08, A8=4.43411e-10

各種データ

f 12.22

FNO. 1.28

2 92.46

IH 11.15

FB (in air) 14.70

全長 (in air) 93.58

群焦点距離

GF=-31.67 GR=20.42

【0257】

数值実施例12

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	45.722	1.50	1.48749	70.23
2	17.855	7.13		
3	36.016	1.50	1.49700	81.61
4	15.632	4.52		
5*	18.581	1.50	1.80610	40.92
6*	11.935	1.94		
7	24.600	7.59	2.00100	29.13
8	-31.878	2.38	1.54814	45.79
9	16.765	8.06		
10	-26.687	1.20	1.85478	24.80
11	23.196	5.57	1.72000	43.69
12	-32.692	0.80		
13(絞リ)		0.40		

10

20

30

40

50

14	53.958	5.01	1.91082	35.25	
15	-30.706	0.55			
16	60.710	5.80	1.49700	81.61	
17	-19.901	1.20	2.00100	29.13	
18	-41.858	2.42			
19	-234.486	3.86	1.84666	23.78	
20	-18.422	1.01	1.76182	26.52	
21*	29.085	6.88			
22*	36.524	6.22	1.69350	53.21	
23*	-19.090	0.41			10
24	-51.703	2.00	1.84666	23.78	
25	-133.252	11.37			
26		2.66	1.51633	64.14	
27		1.00			
像面					

非球面データ

第5面

k=0.000

A4=-8.59295e-05, A6=-1.94871e-08, A8=-6.46329e-11

20

第6面

k=-0.634

A4=-8.64751e-05, A6=-1.30688e-07, A8=3.42520e-10

第2 1面

k=0.000

A4=1.79113e-05, A6=3.98127e-08, A8=-9.48115e-11

第2 2面

k=0.000

A4=-3.31913e-06, A6=3.95668e-08, A8=-5.21567e-11

第2 3面

k=0.000

A4=4.54848e-05, A6=-2.78523e-08, A8=1.95054e-10

30

各種データ

f 12.22

F N O . 1.28

2 92.43

I H 11.15

F B (in air) 14.13

全長 (in air) 93.58

40

群焦点距離

GF=-28.27 GR=20.95

【 0 2 5 8 】

数値実施例 1 3

単位 mm

面データ

面番号 r d nd d

物面

50

1	55.000	1.50	1.69350	53.21	
2	13.167	6.25			
3*	16.098	1.50	1.80610	40.92	
4*	10.905	2.73			
5	54.248	3.41	2.00100	29.13	
6	-75.122	0.68			
7	93.731	3.44	2.00100	29.13	
8	-36.465	1.00	1.54814	45.79	
9	16.566	7.86			
10	-19.643	1.20	1.85478	24.80	10
11	879.391	4.00	1.72000	43.69	
12	-21.663	1.38			
13(絞リ)		0.40			
14	104.934	3.50	1.91082	35.25	
15	-34.726	0.40			
16	36.885	5.93	1.43700	95.10	
17	-21.076	1.20	2.00100	29.13	
18	-30.000	4.40			
19*	-46.884	2.00	1.80610	40.88	
20	-22.514	0.40			20
21	-44.553	1.00	1.80518	25.42	
22	21.983	7.49			
23*	40.051	5.40	1.69350	53.21	
24*	-20.046	0.40			
25	-42.305	2.00	1.84666	23.78	
26	-47.276	11.35			
27		2.66	1.51633	64.14	
28		1.00			
像面					30
非球面データ					
第3面					
k=0.000					
A4=-2.15321e-04,A6=6.74789e-07,A8=-2.02453e-09					
第4面					
k=-1.199					
A4=-1.89475e-04,A6=7.86895e-07,A8=-2.24144e-09					
第19面					
k=0.000					
A4=-3.76948e-05,A6=2.87051e-08					40
第23面					
k=0.000					
A4=-6.59625e-06,A6=3.35290e-09,A8=7.61971e-13					
第24面					
k=0.000					
A4=2.69835e-05,A6=-3.17904e-08,A8=1.35926e-10					
各種データ					
f	12.22				
FNO.	1.41				50

2	92.51
I H	11.15
F B (in air)	14.10
全長 (in air)	83.58

群焦点距離

GF=-27.11 GR=22.74

【 0 2 5 9 】

数值実施例 1 4

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	80.982	1.55	1.48749	70.23	
2	31.093	11.04			
3*	70.066	2.06	1.49700	81.61	
4*	23.874	20.90			
5	-44.198	2.00	1.58267	46.42	
6	-364.034	0.41			20
7	121.274	10.00	1.84666	23.78	
8	-143.318	4.33			
9	53.195	8.29	1.69680	55.53	
10	-49.889	1.51	1.80518	25.42	
11	231.869	5.78			
12	-45.268	1.52	1.69895	30.13	
13	46.454	8.54	1.49700	81.61	
14	-77.694	0.40			
15	90.149	8.00	1.84666	23.78	
16	-78.759	1.20			30
17(絞リ)		可変			
18*	29.688	9.46	1.49700	81.61	
19*	155.316	0.40			
20	32.436	9.37	1.43875	94.93	
21	-61.296	1.50	1.64769	33.79	
22	31.260	4.02			
23	-106.774	1.50	1.88202	37.22	
24*	543.118	可変			
25	54.280	12.50	1.43875	94.93	
26	-30.008	可変			40
27	-41.745	2.00	1.68893	31.07	
28	-130.259	6.91			
29		2.40	1.51633	64.14	
30		1.00			
像面					

非球面データ

第 3 面

k=0.000

A4=-5.73100e-07, A6=7.04995e-10, A8=-1.97070e-13, A10=2.50300e-16

50

第 4 面

k=-0.552

第 1 8 面

k=0.000

A4=8.41210e-07, A6=-6.21950e-10, A8=2.00464e-12, A10=-4.10109e-17

第 1 9 面

k=0.000

A4=-2.36410e-07, A6=-7.81928e-09, A8=9.23546e-12, A10=-3.63943e-15

第 2 4 面

k=0.000

A4=2.16711e-05, A6=2.40883e-08, A8=5.51538e-11, A10=-1.85095e-13

10

各種データ

f	24.48
F N O .	1.41
2	91.37
I H	22.50
F B (in air)	9.49
全長 (in air)	154.18

20

	無限遠	近距離 (1 4 5 m m)
d 17	6.06	3.30
d 24	4.81	4.50
d 26	5.54	8.61

群焦点距離

GF=-172.31 GR=43.64

【 0 2 6 0 】

数值実施例 1 5

単位 m m

30

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1*	72.832	2.06	1.51633	64.14
2*	33.439	16.38		
3	-53.919	2.00	1.64769	33.79
4	83.979	8.11	2.00069	25.46
5	-107.153	1.97		
6	58.391	11.82	1.69680	55.53
7	-43.427	1.50	1.74077	27.79
8	97.492	10.12		
9	-40.473	1.50	1.69895	30.13
10	82.697	8.74	1.43875	94.93
11	-70.821	0.76		
12	221.816	8.63	1.84666	23.78
13	-65.844	1.20		
14(絞リ)		可変		
15*	35.187	12.00	1.49700	81.61
16*	157.338	0.44		

40

50

17	32.095	12.00	1.43875	94.93	
18	-270.555	2.59	1.64769	33.79	
19	37.108	4.29			
20	-140.818	2.00	1.88202	37.22	
21*	282.542	可変			
22	178.092	5.96	1.65160	58.55	
23	-63.320	可変			
24	-50.420	2.00	1.84666	23.78	
25	-126.917	13.95			
26		2.40	1.51633	64.14	10
27		1.00			
像面					

非球面データ

第1面

k=0.000

A4=1.16574e-06, A6=-1.51769e-09, A8=1.19325e-12

第2面

k=0.000

A4=7.45073e-07, A6=-1.98214e-09, A8=5.16275e-13

第15面

k=0.000

A4=1.21497e-06, A6=3.62905e-10, A8=1.07171e-12

第16面

k=0.000

A4=1.75742e-07, A6=-1.99527e-09, A8=5.36732e-13

第21面

k=0.000

A4=1.26443e-05, A6=1.21726e-08, A8=1.20869e-11, A10=2.14183e-14

各種データ

f 49.00

F N O . 1.41

2 48.78

I H 22.50

F B (in air) 16.53

全長 (in air) 154.18

無限遠 近距離 (2 9 5 m m)

d 14 12.67 3.30

d 21 4.50 10.72

d 23 4.43 7.58

群焦点距離

GF=-1257.02 GR=55.35

【 0 2 6 1 】

数值実施例 1 6

単位 m m

面データ

10

20

30

40

50

面番号 物面	r	d	nd	d	
1	94.461	1.50	1.48749	70.23	
2	17.060	4.00			
3*	24.648	1.50	1.49700	81.61	
4*	15.578	2.77			
5	28.855	5.84	2.00100	29.14	
6	-68.444	1.01	1.51633	64.14	
7	14.314	8.87			
8	-19.049	1.20	1.85478	24.80	10
9	21.984	6.04	1.72916	54.68	
10	-30.416	1.40			
11(絞リ)		1.00			
12	90.026	5.97	2.00100	29.14	
13	-30.555	0.40			
14	28.214	8.26	1.49700	81.61	
15	-24.399	1.20	2.00100	29.14	
16	-96.064	可変			
17*	80.276	1.20	1.88202	37.22	
18*	25.036	可変			20
19*	31.198	7.41	1.59201	67.02	
20*	-19.644	可変			
21	-73.364	1.50	1.85478	24.80	
22	-233.212	11.19			
23		2.66	1.51633	64.14	
24		1.00			
像面					
非球面データ					
第3面					30
k=0.000					
A4=1.89045e-05, A6=-2.89706e-07, A8=5.75790e-10					
第4面					
k=0.000					
A4=1.02371e-05, A6=-3.76732e-07, A8=2.44918e-10					
第17面					
k=0.000					
A4=2.64635e-05, A6=-3.91852e-08, A8=9.64945e-11					
第18面					40
k=0.000					
A4=3.16821e-05, A6=-1.05829e-08, A8=7.52656e-12					
第19面					
k=0.000					
A4=-8.36939e-06, A6=2.75938e-08, A8=-2.50887e-11					
第20面					
k=0.000					
A4=4.45445e-05, A6=-4.44198e-08, A8=2.03637e-10					
各種データ					
f		14.43			50

F N O .	1.29
2	82.76
I H	11.15
F B (in air)	13.94
全長 (in air)	87.07

	無限遠	近距離
d16	2.10	3.69
d18	7.85	5.20
d20	2.10	3.17

10

群焦点距離

GF=-35.04 GR=20.71

【 0 2 6 2 】

数值実施例 1 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	39.248	1.50	1.48749	70.23
2	17.000	4.00		
3*	24.002	1.50	1.49700	81.61
4*	14.349	4.51		
5	65.084	1.50	1.43700	95.00
6	22.522	0.81		
7	25.834	5.03	2.00100	29.14
8	-61.404	1.00	1.51633	64.14
9	15.190	7.21		
10	-20.209	1.20	1.84666	23.78
11	21.020	5.71	1.72916	54.68
12	-33.368	1.40		
13(絞リ)		1.00		
14	91.934	5.42	2.00100	29.14
15	-28.949	0.40		
16	28.443	7.32	1.49700	81.61
17	-24.446	1.20	2.00100	29.14
18	-100.478	可変		
19*	71.730	1.20	1.88202	37.22
20*	24.866	可変		
21*	33.158	6.93	1.59201	67.02
22*	-19.644	可変		
23	-127.949	1.50	1.84666	23.78
24	494.026	11.46		
25		2.66	1.51633	64.14
26		1.00		

20

30

40

像面

非球面データ

第 3 面

50

k=0.000
A4=1.15247e-05, A6=-2.93936e-07, A8=5.98745e-10

第 4 面

k=0.000
A4=8.69902e-06, A6=-3.66102e-07, A8=-8.05586e-11

第 1 9 面

k=0.000
A4=3.09849e-05, A6=-7.67649e-08, A8=1.52039e-10

第 2 0 面

k=0.000
A4=3.80996e-05, A6=-5.06882e-08, A8=6.79340e-11

第 2 1 面

k=0.000
A4=-7.46752e-06, A6=2.20795e-08, A8=-3.76506e-12

第 2 2 面

k=0.000
A4=4.26645e-05, A6=-4.46638e-08, A8=2.07315e-10

10

各種データ

f	14.43
F N O .	1.29
2	82.90
I H	11.15
F B (in air)	14.21
全長 (in air)	87.58

20

	無限遠	近距離
d18	2.10	5.18
d20	8.84	4.73
d22	2.10	3.13

30

各群焦点距離

GF=-33.73 GR=20.94

【 0 2 6 3 】

数值実施例 1 8

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1	54.301	1.50	1.48749	70.23
2	17.105	4.00		
3*	22.655	1.50	1.49700	81.61
4*	13.783	5.65		
5	47.419	4.91	2.00100	29.14
6	-40.946	1.50	1.49700	81.61
7	17.739	6.17		
8	-18.916	1.20	1.85478	24.80
9	22.938	5.88	1.72916	54.68
10	-30.236	1.43		

40

50

11(絞リ)		1.00			
12	86.514	5.50	2.00100	29.14	
13	-30.725	0.40			
14	31.726	7.58	1.49700	81.61	
15	-23.755	1.20	2.00100	29.14	
16	-72.101	可変			
17*	58.976	1.20	1.88202	37.22	
18*	23.004	可変			
19	35.206	1.50	1.85478	24.80	
20	21.523	7.64	1.69350	53.21	10
21*	-23.391	可変			
22	-89.135	1.50	1.85478	24.80	
23	-355.544	10.81			
24		2.66	1.51633	64.14	
25		1.00			
像面					

非球面データ

第3面

k=0.000

A4=4.11853e-05, A6=-5.16604e-07, A8=1.05864e-09

第4面

k=0.000

A4=4.38670e-05, A6=-6.01995e-07, A8=-1.18982e-10

第17面

k=0.000

A4=-8.15788e-06, A6=1.62936e-07, A8=-2.77428e-10

第18面

k=0.000

A4=-5.38507e-06, A6=1.41312e-07, A8=-6.87814e-11

第21面

k=0.000

A4=3.31222e-05, A6=-3.47713e-08, A8=4.91193e-11

各種データ

f 14.43

FNO. 1.28

2 82.67

IH 11.15

FB (in air) 13.57

全長 (in air) 86.94

無限遠 近距離

d16 2.10 4.37

d18 7.69 5.40

d21 2.31 2.33

各群焦点距離

GF=-36.39 GR=20.71

【0264】

数值实施例 1 9

单位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物面					
1	56.666	1.50	1.48749	70.23	
2	17.381	4.00			
3*	26.130	1.50	1.49700	81.61	
4*	14.593	5.45			10
5	36.407	5.70	2.00100	29.14	
6	-43.000	1.07	1.51633	64.14	
7	17.284	6.73			
8	-16.026	1.20	1.85478	24.80	
9	31.874	5.80	1.72916	54.68	
10	-24.566	1.40			
11(絞リ)		1.00			
12	74.674	5.36	2.00100	29.14	
13	-35.918	0.40			
14	38.381	7.78	1.49700	81.61	20
15	-21.723	1.20	2.00100	29.14	
16	-51.835	可変			
17*	-876.835	1.90	1.49700	81.61	
18	4834.356	1.01	1.88202	37.22	
19*	34.099	可変			
20*	26.746	7.90	1.59201	67.02	
21*	-19.467	可変			
22	-101.033	1.50	1.85478	24.80	
23	665.463	11.44			
24		2.66	1.51633	64.14	30
25		1.00			
像面					

非球面データ

第 3 面

k=0.000

A4=3.02491e-05, A6=-2.96892e-07, A8=7.24372e-10

第 4 面

k=0.000

A4=2.08903e-05, A6=-3.62573e-07, A8=-1.14396e-10

第 17 面

k=0.000

A4=4.34401e-05, A6=-7.16017e-08, A8=2.37592e-10

第 19 面

k=0.000

A4=2.76916e-05, A6=-1.05004e-08, A8=3.38439e-11

第 20 面

k=0.000

A4=-1.95186e-05, A6=2.00819e-08, A8=-8.54673e-12

第 21 面

50

40

k=0.000

A4=4.36333e-05, A6=-5.29835e-08, A8=2.29440e-10

各種データ

f	14.43
FNO	1.28
2	80.38
IH	11.15
FB (in air)	14.19
全長 (in air)	87.58

10

	無限遠	近距離
d16	2.10	3.56
d19	6.79	4.14
d21	2.10	3.29

各群焦点距離

GF=-42.06 GR=20.49

【0265】

次に、各実施例における条件式(1)~(5)、(A)~(H)の値を掲げる。(八
イフン)は対応値がないことを示す。

20

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3
(1) $(R_{N1F}+R_{N1R})/(R_{N1F}-R_{N1R})$	1.814	1.662	1.751
(2) $(R_{P1F}+R_{P1R})/(R_{P1F}-R_{P1R})$	0.389	0.215	0.210
(3) $(R_{P2F}+R_{P2R})/(R_{P2F}-R_{P2R})$	0.430	0.426	0.489
(4) $(R_{NGF}+R_{NGR})/(R_{NGF}-R_{NGR})$	1.982	1.440	-1.080
(5) $(R_{NGR}+R_{C2F})/(R_{NGR}-R_{C2F})$	-0.408	-0.310	0.791
(A) f/e_{N1F}	0.320	0.290	0.373
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.40	0.43	0.42
(C) T_{air_max}/d	0.09	0.15	0.14
(D) $(R_{F1F}+R_{F1R})/(R_{F1F}-R_{F1R})$	1.828029	0.785073	1.402645
(E) M_{F1}/f	-	-	-
(F) M_{F2}/M_{F1}	-	-	-
(G) f_{F1}/f_{F2}	-	-	-
(H) $F1/F2$	-	-	-

30

条件式	実施例 4	実施例 5	実施例 6
(1) $(R_{N1F}+R_{N1R})/(R_{N1F}-R_{N1R})$	2.396	1.987	1.525
(2) $(R_{P1F}+R_{P1R})/(R_{P1F}-R_{P1R})$	0.301	0.503	0.438
(3) $(R_{P2F}+R_{P2R})/(R_{P2F}-R_{P2R})$	0.431	0.428	0.422
(4) $(R_{NGF}+R_{NGR})/(R_{NGF}-R_{NGR})$	1.971	1.756	-1.338
(5) $(R_{NGR}+R_{C2F})/(R_{NGR}-R_{C2F})$	-0.272	-0.164	0.878
(A) f/e_{N1F}	0.329	0.378	0.508
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.45	0.49	0.49
(C) T_{air_max}/d	0.12	0.10	0.10
(D) $(R_{F1F}+R_{F1R})/(R_{F1F}-R_{F1R})$	0.890813	1.528507	1.607846
(E) M_{F1}/f	-	-	-
(F) M_{F2}/M_{F1}	-	-	-
(G) f_{F1}/f_{F2}	-	-	-
(H) $F1/F2$	-	-	-

40

50

条件式	实施例 7	实施例 8	实施例 9	
(1) $(R_{N1F}+R_{N1R})/(R_{N1F}-R_{N1R})$	1.007	2.011	1.568	
(2) $(R_{P1F}+R_{P1R})/(R_{P1F}-R_{P1R})$	0.417	0.571	0.500	
(3) $(R_{P2F}+R_{P2R})/(R_{P2F}-R_{P2R})$	0.370	0.389	0.572	
(4) $(R_{NGF}+R_{NGR})/(R_{NGF}-R_{NGR})$	1.005	8.516	1.305	
(5) $(R_{NGR}+R_{C2F})/(R_{NGR}-R_{C2F})$	-0.059	0.212	-0.035	
(A) f/e_{N1F}	0.484	0.670	0.638	
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.55	0.55	0.72	
(C) T_{air_max}/d	0.13	0.11	0.15	10
(D) $(R_{F1F}+R_{F1R})/(R_{F1F}-R_{F1R})$	2.14135	2.709746	2.05027	
(E) M_{F1}/f	-	-	-	
(F) M_{F2}/M_{F1}	-	-	-	
(G) f_{F1}/f_{F2}	-	-	-	
(H) $F1/F2$	-	-	-	

条件式	实施例 10	实施例 11	实施例 12	
(1) $(R_{N1F}+R_{N1R})/(R_{N1F}-R_{N1R})$	2.075	2.316	2.281	
(2) $(R_{P1F}+R_{P1R})/(R_{P1F}-R_{P1R})$	0.179	0.282	0.275	
(3) $(R_{P2F}+R_{P2R})/(R_{P2F}-R_{P2R})$	0.195	0.294	0.313	20
(4) $(R_{NGF}+R_{NGR})/(R_{NGF}-R_{NGR})$	3.193	2.158	2.158	
(5) $(R_{NGR}+R_{C2F})/(R_{NGR}-R_{C2F})$	-0.065	-0.159	-0.228	
(A) f/e_{N1F}	0.535	0.292	0.294	
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.63	0.43	0.44	
(C) T_{air_max}/d	0.13	0.10	0.10	
(D) $(R_{F1F}+R_{F1R})/(R_{F1F}-R_{F1R})$	1.564509	1.133635	0.779297	
(E) M_{F1}/f	-	-	-	
(F) M_{F2}/M_{F1}	-	-	-	
(G) f_{F1}/f_{F2}	-	-	-	
(H) $F1/F2$	-	-	-	30

条件式	实施例 13	实施例 14	实施例 15	
(1) $(R_{N1F}+R_{N1R})/(R_{N1F}-R_{N1R})$	1.630	2.247	2.698	
(2) $(R_{P1F}+R_{P1R})/(R_{P1F}-R_{P1R})$	0.503	0.067	0.542	
(3) $(R_{P2F}+R_{P2R})/(R_{P2F}-R_{P2R})$	0.333	0.288	0.475	
(4) $(R_{NGF}+R_{NGR})/(R_{NGF}-R_{NGR})$	1.862	-2.073	-6.907	
(5) $(R_{NGR}+R_{C2F})/(R_{NGR}-R_{C2F})$	-0.085	0.673	0.413	
(A) f/e_{N1F}	0.384	0.366	0.913	
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.43	0.40	0.67	
(C) T_{air_max}/d	0.11	0.14	0.12	40
(D) $(R_{F1F}+R_{F1R})/(R_{F1F}-R_{F1R})$	0.361576	-	-	
(E) M_{F1}/f	-	-	-	
(F) M_{F2}/M_{F1}	-	-	-	
(G) f_{F1}/f_{F2}	-	-	-	
(H) $F1/F2$	-	-	-	

条件式	实施例 16	实施例 17	实施例 18	
(1) $(R_{N1F}+R_{N1R})/(R_{N1F}-R_{N1R})$	1.441	2.528	1.920	
(2) $(R_{P1F}+R_{P1R})/(R_{P1F}-R_{P1R})$	0.493	0.521	0.476	
(3) $(R_{P2F}+R_{P2R})/(R_{P2F}-R_{P2R})$	0.227	0.256	-	50

(4) $(R_{NGF}+R_{NGR})/(R_{NGF}-R_{NGR})$	1.357	2.263	1.970
(5) $(R_{NGR}+R_{C2F})/(R_{NGR}-R_{C2F})$	-0.142	-0.142	-0.032
(A) f/e_{N1F}	0.408	0.434	0.417
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.48	0.48	0.48
(C) T_{air_max}/d	0.12	0.12	0.10
(D) $(R_{F1F}+R_{F1R})/(R_{F1F}-R_{F1R})$	1.906425	2.061199	2.279022
(E) M_{F1}/f	-0.10979	-0.21327	-0.15693
(F) M_{F2}/M_{F1}	0.67446	0.335847	0.010212
(G) f_{F1}/f_{F2}	-1.93581	-1.99379	-1.89977
(H) $F1/F2$	15.99804	14.3338	12.60128

10

条件式	実施例 1 9
(1) $(R_{N1F}+R_{N1R})/(R_{N1F}-R_{N1R})$	1.885
(2) $(R_{P1F}+R_{P1R})/(R_{P1F}-R_{P1R})$	0.350
(3) $(R_{P2F}+R_{P2R})/(R_{P2F}-R_{P2R})$	0.158
(4) $(R_{NGF}+R_{NGR})/(R_{NGF}-R_{NGR})$	1.878
(5) $(R_{NGR}+R_{C2F})/(R_{NGR}-R_{C2F})$	0.038
(A) f/e_{N1F}	0.398
(B) $(f/e_{AS})/Fno$	0.49
(C) T_{air_max}/d	0.09
(D) $(R_{F1F}+R_{F1R})/(R_{F1F}-R_{F1R})$	0.925135
(E) M_{F1}/f	-0.10074
(F) M_{F2}/M_{F1}	0.817175
(G) f_{F1}/f_{F2}	-1.86532
(H) $F1/F2$	31.81157

20

【 0 2 6 6 】

本実施形態の光学装置としては、例えば、撮像装置や投影装置がある。以下、撮像装置と投影装置の具体例を説明する。

【 0 2 6 7 】

図 1 6 は、撮像装置としての一眼ミラーレスカメラの断面図である。図 1 6 において、一眼ミラーレスカメラ 1 の鏡筒内には撮影光学系 2 が配置される。マウント部 3 は、撮影光学系 2 を一眼ミラーレスカメラ 1 のボディに着脱可能とする。マウント部 3 としては、スクリュタイプのマウントやバヨネットタイプのマウント等が用いられる。この例では、バヨネットタイプのマウントを用いている。また、一眼ミラーレスカメラ 1 のボディには、撮像素子面 4、バックモニター 5 が配置されている。なお、撮像素子としては、小型の CCD 又は CMOS 等が用いられている。

30

【 0 2 6 8 】

そして、一眼ミラーレスカメラ 1 の撮影光学系 2 として、例えば上記実施例 1 ~ 1 9 に示した結像光学系が用いられる。

【 0 2 6 9 】

図 1 7、図 1 8 は、撮像装置の構成の概念図を示す。図 1 7 は撮像装置としての一眼ミラーレスカメラ 4 0 の外観を示す前方斜視図、図 1 8 は同後方斜視図である。この一眼ミラーレスカメラ 4 0 の撮影光学系 4 1 に、上記実施例 1 ~ 1 9 に示した結像光学系が用いられている。

40

【 0 2 7 0 】

この実施形態の一眼ミラーレスカメラ 4 0 は、撮影用光路 4 2 上に位置する撮影光学系 4 1、シャッターボタン 4 5、液晶表示モニター 4 7 等を含み、一眼ミラーレスカメラ 4 0 の上部に配置されたシャッターボタン 4 5 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 4 1、例えば実施例 1 の結像光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系 4 1 によって形成された物体像が、結像面近傍に設けられた撮像素子（光電変換面）上に形成される。この

50

撮像素子で受光された物体像は、処理手段によって電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター４７に表示される。また、撮影された電子画像は記憶手段に記録することができる。

【０２７１】

図１９は、一眼ミラーレスカメラ４０の主要部の内部回路を示すブロック図である。なお、以下の説明では、前述した処理手段は、例えばＣＤＳ／ＡＤＣ部２４、一時記憶メモリ１７、画像処理部１８等で構成され、記憶手段は、記憶媒体部１９等で構成される。

【０２７２】

図１９に示すように、一眼ミラーレスカメラ４０は、操作部１２と、この操作部１２に接続された制御部１３と、この制御部１３の制御信号出力ポートにバス１４及び１５を介して接続された撮像駆動回路１６並びに一時記憶メモリ１７、画像処理部１８、記憶媒体部１９、表示部２０、及び設定情報記憶メモリ部２１を備えている。

10

【０２７３】

上記の一時記憶メモリ１７、画像処理部１８、記憶媒体部１９、表示部２０、及び設定情報記憶メモリ部２１は、バス２２を介して相互にデータの入力、出力が可能とされている。また、撮像駆動回路１６には、ＣＣＤ４９とＣＤＳ／ＡＤＣ部２４が接続されている。

【０２７４】

操作部１２は、各種の入力ボタンやスイッチを備え、これらを介して外部（カメラ使用者）から入力されるイベント情報を制御部１３に通知する。制御部１３は、例えばＣＰＵなどからなる中央演算処理装置であって、不図示のプログラムメモリを内蔵し、プログラムメモリに格納されているプログラムにしたがって、一眼ミラーレスカメラ４０全体を制御する。

20

【０２７５】

ＣＣＤ４９は、撮像駆動回路１６により駆動制御され、撮影光学系４１を介して形成された物体像の画素ごとの光量を電気信号に変換し、ＣＤＳ／ＡＤＣ部２４に出力する撮像素子である。

【０２７６】

ＣＤＳ／ＡＤＣ部２４は、ＣＣＤ４９から入力する電気信号を増幅し、かつ、アナログ／デジタル変換を行って、この増幅とデジタル変換を行っただけの映像生データ（バイヤーデータ、以下ＲＡＷデータという。）を一時記憶メモリ１７に出力する回路である。

30

【０２７７】

一時記憶メモリ１７は、例えばＳＤＲＡＭ等からなるバッファであり、ＣＤＳ／ＡＤＣ部２４から出力されるＲＡＷデータを一時的に記憶するメモリ装置である。画像処理部１８は、一時記憶メモリ１７に記憶されたＲＡＷデータ又は記憶媒体部１９に記憶されているＲＡＷデータを読み出して、制御部１３にて指定された画質パラメータに基づいて歪曲収差補正を含む各種画像処理を電氣的に行う回路である。

【０２７８】

記憶媒体部１９は、例えばフラッシュメモリ等からなるカード型又はスティック型の記録媒体を着脱自在に装着して、これらのフラッシュメモリに、一時記憶メモリ１７から転送されるＲＡＷデータや画像処理部１８で画像処理された画像データを記録して保持する。

40

【０２７９】

表示部２０は、液晶表示モニター４７などにて構成され、撮影したＲＡＷデータ、画像データや操作メニューなどを表示する。設定情報記憶メモリ部２１には、予め各種の画質パラメータが格納されているＲＯＭ部と、操作部１２の入力操作によってＲＯＭ部から読み出された画質パラメータを記憶するＲＡＭ部が備えられている。

【０２８０】

このように構成された一眼ミラーレスカメラ４０では、撮影光学系４１として本発明の結像光学系を採用することで、広い撮影範囲を、低ノイズ、高解像度で撮像することがで

50

きる。なお、本発明の結像光学系は、クイックリターンミラーを持つタイプの撮像装置にも用いることができる。

【0281】

図20は、投影装置としてのプロジェクタの断面図である。図20に示すように、プロジェクタ100は、光源部110と、照明部120と、画像形成部130と、投射部140と、を有する。

【0282】

光源部110は、光源111と反射部材112とを有する。光源111からは照明光が出射する。照明光は白色光である。照明光は反射部材112で反射され、照明部120に入射する。

10

【0283】

照明部120は、第1のダイクロイックミラー121と、第2のダイクロイックミラー122と、第3のダイクロイックミラー123と、第1の反射部材124と、第2の反射部材125と、を有する。

【0284】

第1のダイクロイックミラー121では、赤色の波長域の光（以下、「赤色光」という）が透過され、それ以外の波長域の光は反射される。第2のダイクロイックミラー122では、緑色の波長域の光（以下、「緑色光」という）が反射され、それ以外の波長域の光は透過される。第3のダイクロイックミラー123では、青色の波長域の光（以下、「青色光」という）が反射され、それ以外の波長域の光は透過される。赤色光、緑色光および青色光は、画像形成部130に入射する。なお、第3のダイクロイックミラー123の代わりに、通常の平面反射鏡を用いても良い。

20

【0285】

画像形成部130は、第1の表示素子131と、第2の表示素子132と、第3の表示素子133と、を有する。

【0286】

第1の表示素子131には、第1の反射部材124を介して赤色光が照射される。第2の表示素子132には緑色光が照射される。第3の表示素子133には、第2の反射部材125を介して青色光が照射される。

【0287】

ここで、第1の表示素子131、第2の表示素子132及び第3の表示素子133には、同じ画像が表示されている。よって、第1の表示素子131では赤色の画像が表示され、第2の表示素子132では緑色の画像が表示され、第3の表示素子133では青色の画像が表示される。

30

【0288】

第1の表示素子131、第2の表示素子132及び第3の表示素子133から出射した光は、投射部140に入射する。

【0289】

投射部140は、ダイクロイックプリズム141と、投影光学系142と、を有する。

【0290】

第1の表示素子131、第2の表示素子132及び第3の表示素子133から出射した光は、ダイクロイックプリズム141で合成される。上述のように、画像形成部130では、赤色の画像、緑色の画像及び青色の画像が表示されている。ダイクロイックプリズム141によって、3つの画像が合成される。

40

【0291】

投影光学系142は、合成された3つの画像を所定の位置に投影する。この投影光学系142に、例えば上記実施例1～19に示した結像光学系が用いられている。

【0292】

なお、画像形成部130は、DMD（デジタルミラーデバイス）等のライトバルブとしても良い。この場合、光源部110からの光をライトバルブで反射させ、ライトバルブか

50

らの画像を、投射部 140 にて拡大投影するように構成すれば良い。

【0293】

このように構成されたプロジェクタ 100 では、投影光学系 142 として本発明の結像光学系を採用することで、広い投影範囲に、低ノイズ、高解像度で像を投影することができる。

【産業上の利用可能性】

【0294】

以上のように、本発明に係る結像光学系は、広い画角と小さいFナンバーを有しながらも、諸収差が良好に補正された結像光学系に適している。また、本発明に係る光学装置は、広い撮影範囲を、低ノイズ、高解像度で撮像する撮像装置や、広い投影範囲に、低ノイズ、高解像度で像を投影する投影装置に適している。

10

【符号の説明】

【0295】

G F 前群

G R 後群

S 明るさ（開口）絞り

I 像面

1 一眼ミラーレスカメラ

2 撮影光学系

3 鏡筒のマウント部

4 撮像素子面

5 バックモニタ

12 操作部

13 制御部

14、15 バス

16 撮像駆動回路

17 一時記憶メモリ

18 画像処理部

19 記憶媒体部

20 表示部

21 設定情報記憶メモリ部

22 バス

24 CDS / ADC 部

40 一眼ミラーレスカメラ

41 撮影光学系

42 撮影用光路

45 シャッターボタン

47 液晶表示モニター

49 CCD

100 プロジェクタ

110 光源部

111 光源

112 反射部材

120 照明部

121 第1のダイクロイックミラー

122 第2のダイクロイックミラー

123 第3のダイクロイックミラー

124 第1の反射部材

125 第2の反射部材

130 画像形成部

20

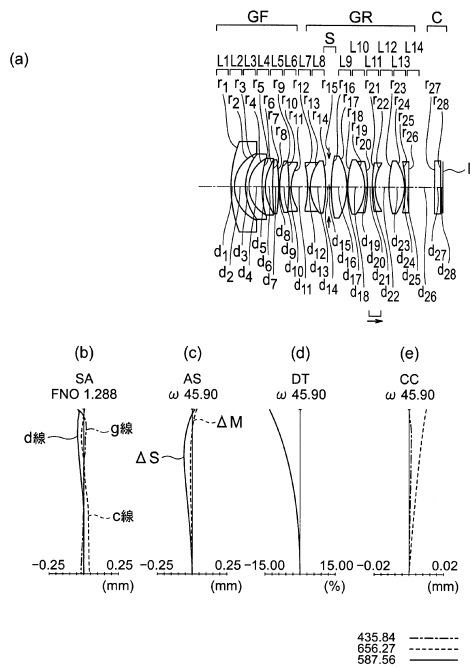
30

40

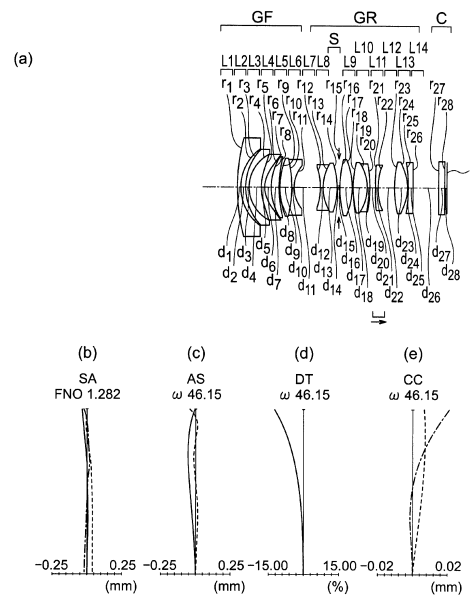
50

- 1 3 1 第 1 の表示素子
- 1 3 2 第 2 の表示素子
- 1 3 3 第 3 の表示素子
- 1 4 0 投射部
- 1 4 1 ダイクロイックプリズム
- 1 4 2 投影光学系

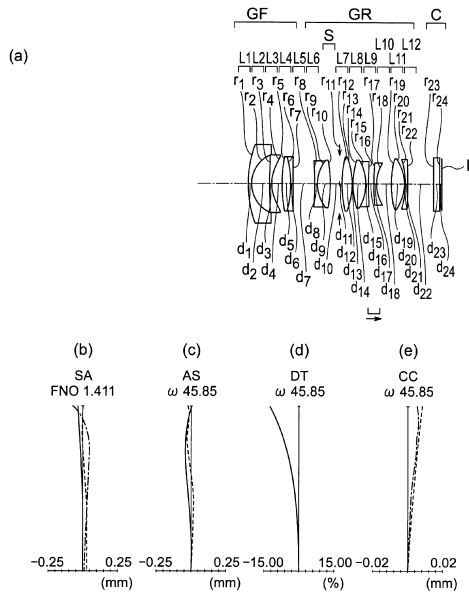
【 図 1 】



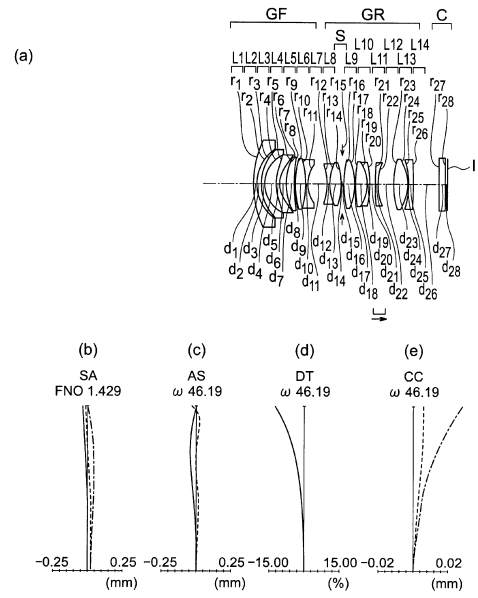
【 図 2 】



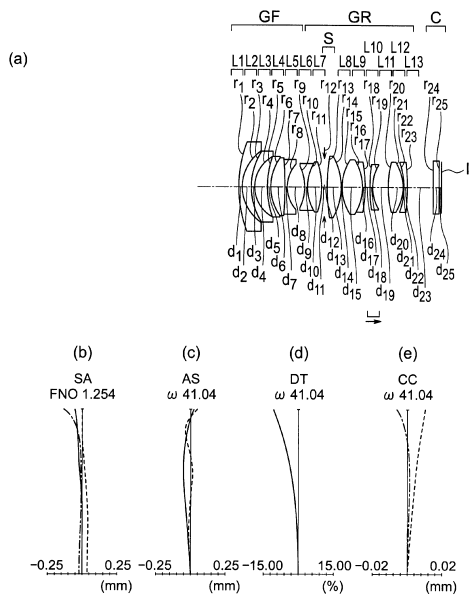
【 図 3 】



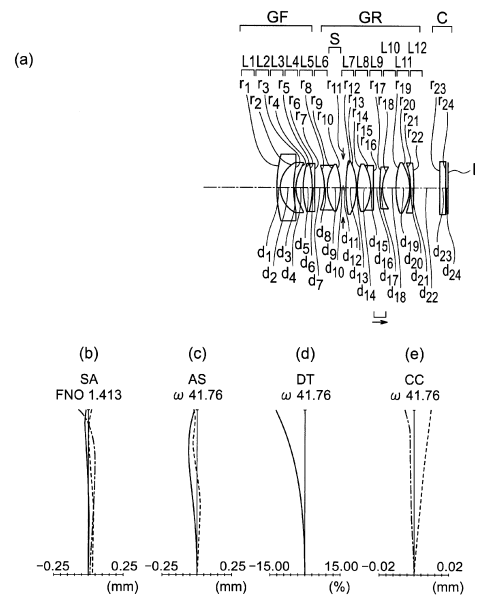
【 図 4 】



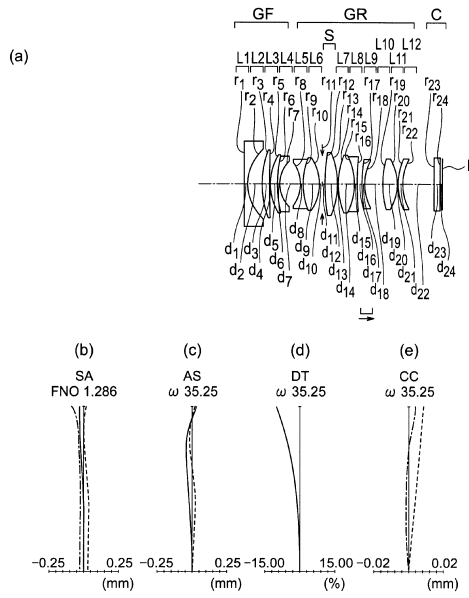
【 図 5 】



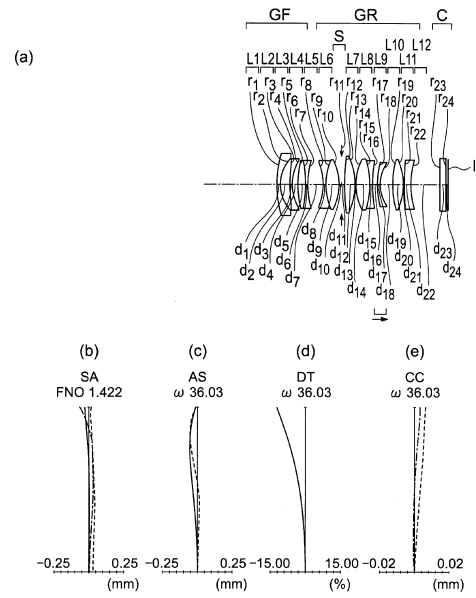
【 図 6 】



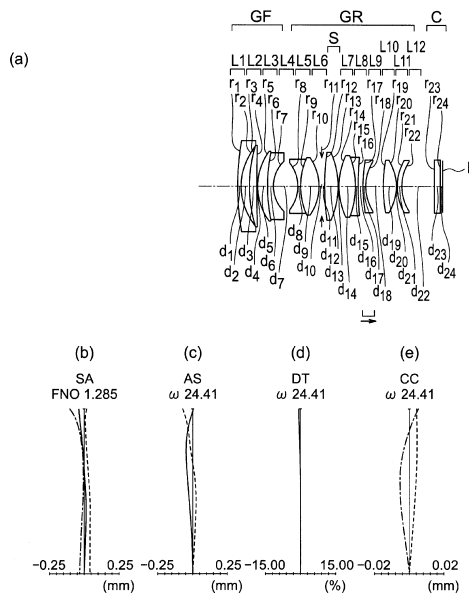
【 図 7 】



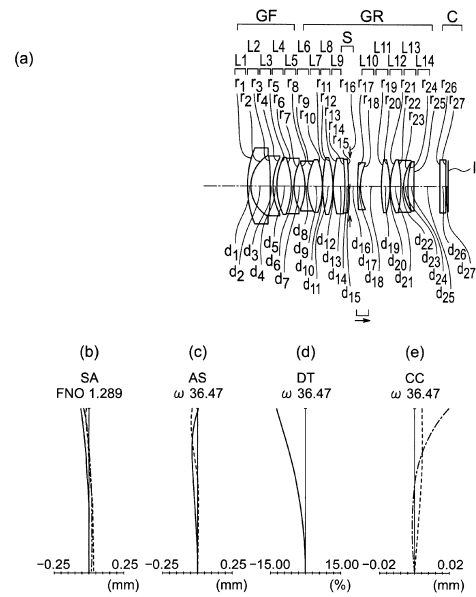
【 図 8 】



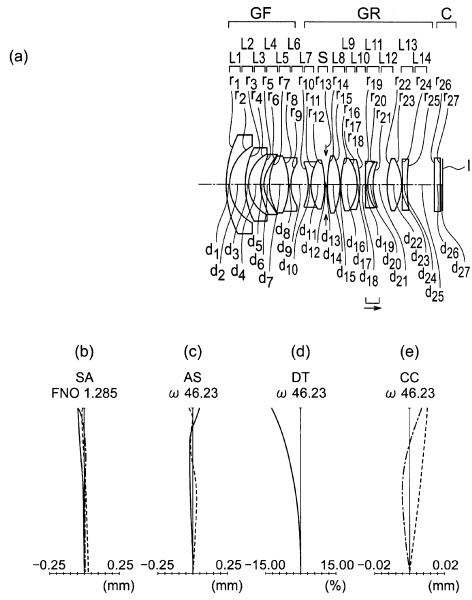
【 図 9 】



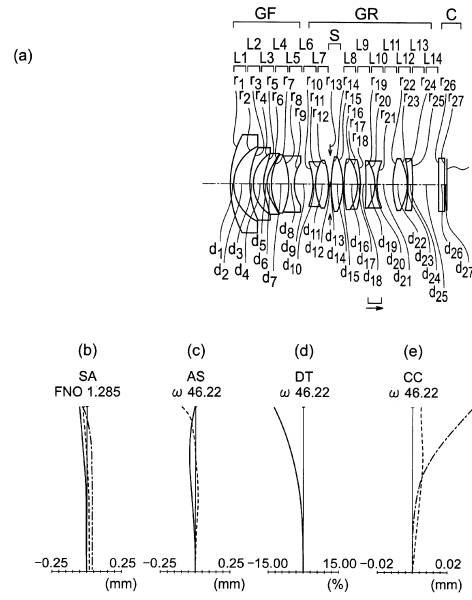
【 図 10 】



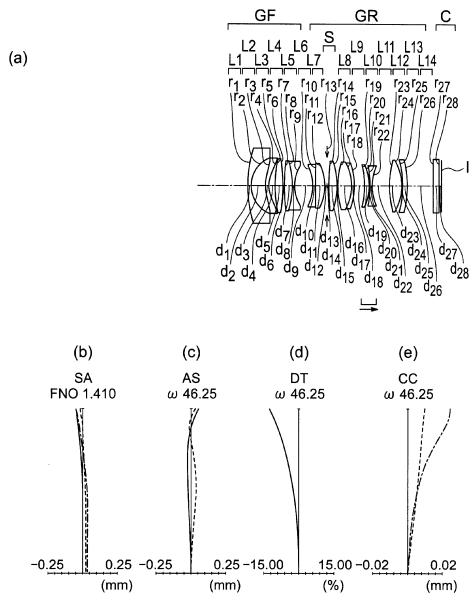
【 図 1 1 】



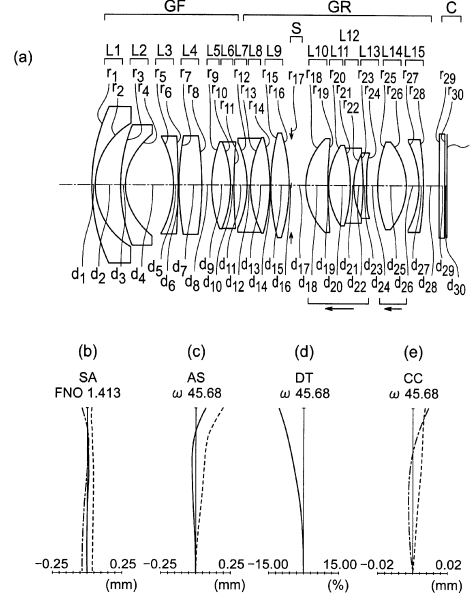
【 図 1 2 】



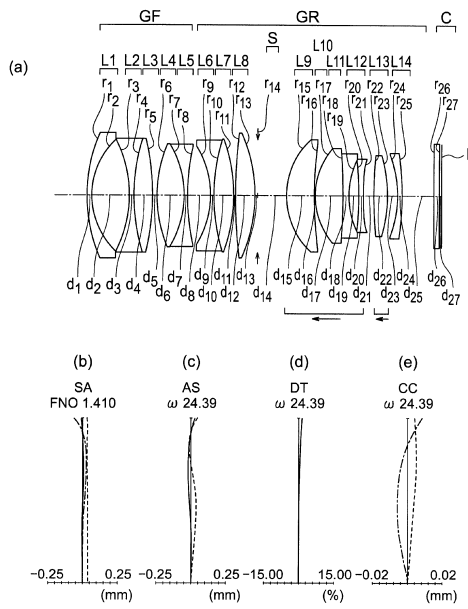
【 図 1 3 】



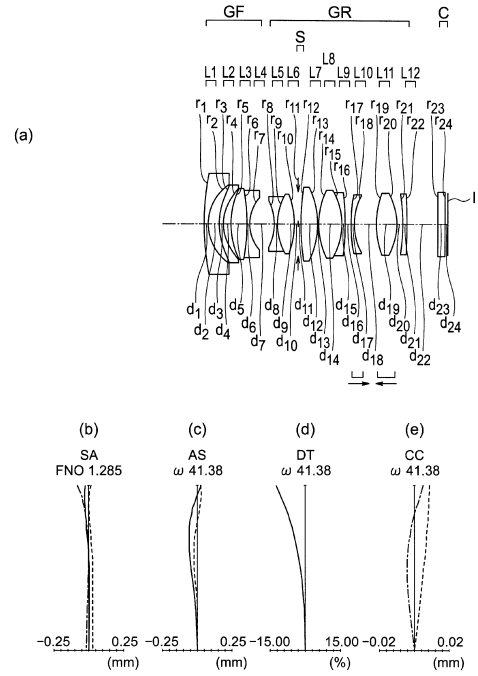
【 図 1 4 】



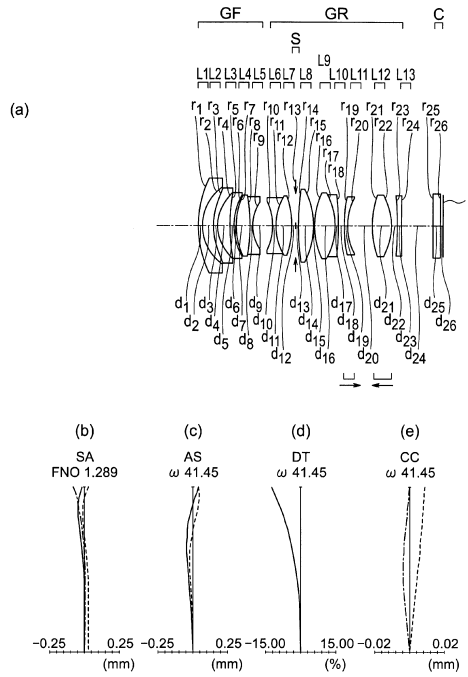
【 図 15 】



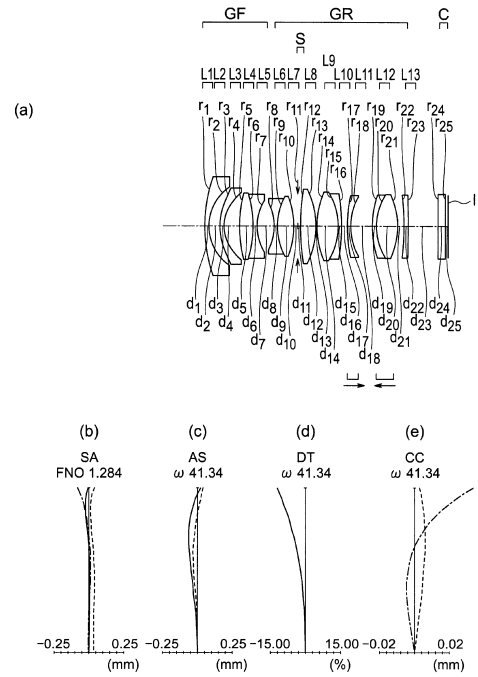
【 図 16 】



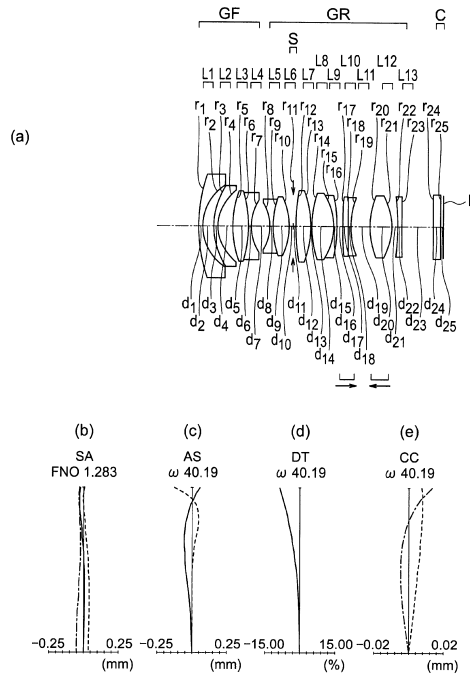
【 図 17 】



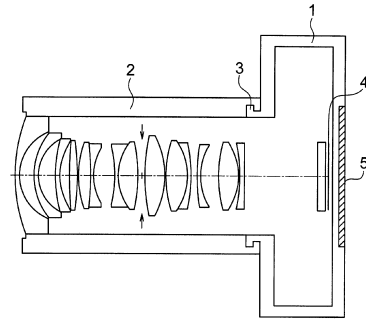
【 図 18 】



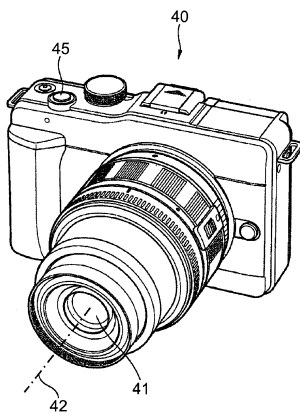
【 図 19 】



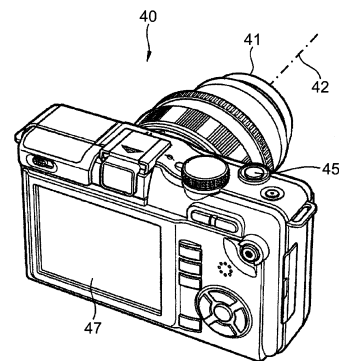
【 図 20 】



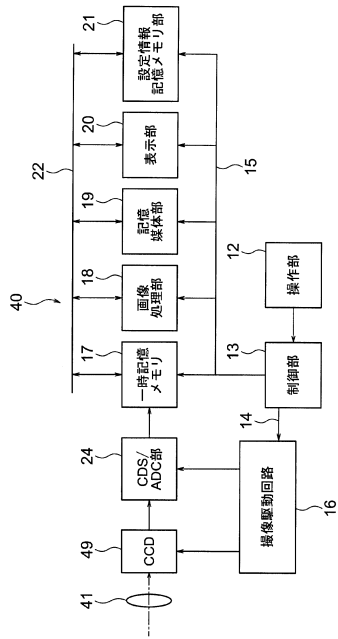
【 図 21 】



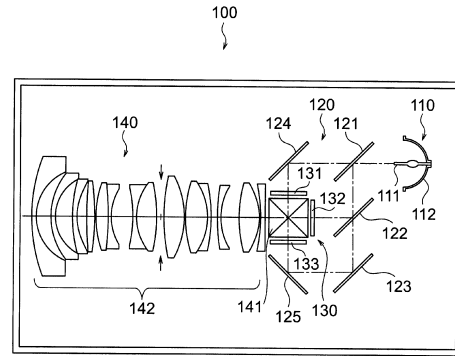
【 図 22 】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-021256(JP,A)
特開2005-284099(JP,A)
特開2011-175185(JP,A)
特開平11-174323(JP,A)
特開昭61-177412(JP,A)
特開平01-126614(JP,A)
特開昭61-087121(JP,A)
特開2014-209144(JP,A)
特開2015-018083(JP,A)
特開2014-186306(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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