

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7012055号
(P7012055)

(45)発行日 令和4年1月27日(2022.1.27)

(24)登録日 令和4年1月19日(2022.1.19)

(51)国際特許分類 F I
G 0 2 B 25/00 (2006.01) G 0 2 B 25/00 A

請求項の数 8 (全20頁)

(21)出願番号	特願2019-199524(P2019-199524)	(73)特許権者	000133227 株式会社タムロン
(22)出願日	令和1年11月1日(2019.11.1)		埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地
(65)公開番号	特開2021-71662(P2021-71662A)	(74)代理人	100156867 弁理士 上村 欣浩
(43)公開日	令和3年5月6日(2021.5.6)	(74)代理人	100143786 弁理士 根岸 宏子
審査請求日	令和3年12月6日(2021.12.6)	(72)発明者	山根 宏大 埼玉県さいたま市見沼区蓮沼1385番地 株式会社タムロン内
早期審査対象出願		審査官	森内 正明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学系及び光学機器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

接眼されて使用される光学系であって、
接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第1レンズ群と、第2レンズ群とから構成され、
前記第2レンズ群は接眼側が凹面であるレンズを含み、
一次像面の形成位置が前記第1レンズ群内であり、
前記第1レンズ群は以下の条件式を満足する材料からなる正レンズを少なくとも1枚有する、ことを特徴とする光学系。

$$1.8 < n < 2.5 \quad (1)$$

但し、 n は当該光学系の使用光線の波長における前記材料の屈折率である。

【請求項2】

接眼されて使用される光学系であって、
接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第1レンズ群と、第2レンズ群とから構成され、
前記第2レンズ群は接眼側が凹面であるレンズを含み、
一次像面の形成位置が前記第1レンズ群内であり、
前記第1レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズは、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズであり、各面の曲率半径をそれぞれ R_1 、 R_2 としたとき、以下の条件式を満たす、ことを特徴とする光学系。

$2 < R_1 / R_2 < 4$ (2)

但し、前記正メニスカスレンズにおいて、 R_1 は接眼側のレンズ面の曲率半径であり、 R_2 は他面の曲率半径である。

【請求項3】

接眼されて使用される光学系であって、

接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第1レンズ群と、第2レンズ群とから構成され、

前記第2レンズ群は接眼側が凹面であるレンズを含み、

一次像面の形成位置が前記第1レンズ群内であり、

当該接眼側が凹面であるレンズは、接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズである、ことを特徴とする光学系。

10

【請求項4】

前記第1レンズ群は、前記一次像面よりも前記第2レンズ群側に少なくとも1枚のレンズを有する請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項5】

視野角が125度以上であり、アイレリーフが10mm以上20mm以下である請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項6】

当該光学系により形成された一次像を転送して二次像を結像する転送光学系に接続される請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の光学系。

20

【請求項7】

請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光学系と、当該光学系により形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする光学機器。

【請求項8】

撮像対象物に光を照射する照明系を備え、前記光学系により形成した前記撮像対象物の光学像を前記撮像素子により電気的信号に変換する請求項7に記載の光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本件発明は、主に接眼されて使用される光学系及び当該光学系を備えた光学機器に関する。

30

【背景技術】

【0002】

一般に、望遠鏡、顕微鏡などの光学機器では眼に接する側のレンズとして接眼レンズが用いられている。ケプラー式望遠鏡では、古くより正レンズを組み合わせた接眼レンズが用いられてきた。このような古典的なタイプの接眼レンズとして、例えば、エルフレタイプの接眼レンズが知られている。しかしながら、このような構成の接眼レンズではペッツバル和を小さくすることができず、画角を広げようとするとき像面湾曲や歪曲収差も大きくなり、これらを補正することは困難であった。また、接眼レンズでは十分なアイレリーフを確保する必要があるが、このような古典的なタイプの接眼レンズでは、アイレリーフを大きくすると、瞳の球面収差を十分に補正することができず、視野周辺でいわゆるケラレを生じることがあった。

40

【0003】

このような課題に対して、例えば、特許文献1に開示されるように、接眼側に配置された正の屈折力を有する第1レンズ群の対物側に負の屈折力を有する凹面を配置することでこれらの収差を補正することが提案された。エルフレタイプ等の古典的なタイプの接眼レンズでは一次像面が接眼レンズの外側に位置し、一次像面から接眼側に向かうにつれて光束を収斂させていくのに対し、特許文献1に開示の接眼レンズでは一次像面を第1レンズ群と第2レンズ群との間に配置し、一次像面よりも対物側に配置される第2レンズ群に強い負の屈折力を配置することで、像面湾曲等の上記各種収差の補正を可能とし、広画角化を可能とした。

50

【 0 0 0 4 】

この特許文献 1 に開示の接眼レンズは、ナグラータタイプの接眼レンズとして、1980 年代の発表以降、現在も広く使用されている。また、特許文献 2 にも第 1 次像面を接眼レンズ内に配置することで、100 度を超える超広角を実現した接眼レンズが提案されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 文献 】 米国特許第 4 7 4 7 6 7 5 号明細書

米国特許第 5 6 3 8 2 1 3 号明細書

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

ところで、特許文献 1 に開示の接眼レンズでは、第 2 レンズ群により光束を一旦広げている。より広い画角を達成しようとする、第 2 レンズ群に配置する凹面の曲率を強くする必要があり、収差のコントロールが困難になる。また、第 2 レンズ群側で一旦光束を広げるため、広画角化を図ると、それに伴い接眼レンズの径を広げる必要がある。そのため、広画角化を図れば図るほど、接眼レンズも大型化及び重量化してしまうという課題が生じる。

【 0 0 0 7 】

また、特許文献 2 に開示の接眼レンズもより一層の広画角化を達成しようとするれば、接眼レンズ全体が大型化及び重量化してしまう。さらに、レンズ製造上の問題や、一次像面よりも対物側に配置される第 2 レンズ群の周辺の収差を抑制するためには不適な形状になってしまうという課題がある。

【 0 0 0 8 】

本件発明の課題は、広画角化を図ったときも小型に維持することができ、且つ、良好な光学性能を有する光学系及び当該光学系を備えた光学機器を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するため本件発明に係る光学系は、接眼されて使用される光学系であって、接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、第 2 レンズ群とから構成され、前記第 2 のレンズ群は接眼側が凹面であるレンズを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、上記課題を解決するため本件発明に係る光学機器は、上記光学系と、当該光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換にする撮像素子とを備えたことを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

本件発明によれば、広画角化を図ったときも小型に維持することができ、且つ、良好な光学性能を有する光学系及び当該光学系を備えた光学機器を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 本件発明の実施例 1 の光学系のレンズ断面図を示す。

【 図 2 】 実施例 1 の光学系の 850 nm の波長の光線に関する横収差図である。

【 図 3 】 実施例 1 の光学系の 656 nm、750 nm、850 nm、950 nm の波長の光線に関する縦収差図である。

【 図 4 】 本件発明の実施例 2 の光学系のレンズ断面図を示す。

【 図 5 】 実施例 2 の光学系の 850 nm の波長の光線に関する横収差図である。

【 図 6 】 実施例 2 の光学系の 656 nm、750 nm、850 nm、950 nm の波長の光線に関する縦収差図である。

【 図 7 】 本件発明の実施例 3 の光学系のレンズ断面図を示す。

【 図 8 】 実施例 3 の光学系の 850 nm の波長の光線に関する横収差図である。

10

20

30

40

50

【図9】実施例3の光学系の656nm、750nm、850nm、950nmの波長の光線に関する縦収差図である。

【図10】本件発明の実施例4の光学系のレンズ断面図を示す。

【図11】実施例4の光学系の850nmの波長の光線に関する横収差図である。

【図12】実施例4の光学系の656nm、750nm、850nm、950nmの波長の光線に関する縦収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本件発明に係る光学系及び光学機器の実施の形態を説明する。但し、以下に説明する当該光学系及び光学機器は本件発明に係る光学系及び光学機器の一態様であって、本件発明に係る光学系及び光学機器は以下の態様に限定されるものではない。

10

【0014】

本実施の形態の光学系は、接眼されて使用される光学系に好適であり、特に、観察対象物（又は撮像対象物）を拡大観察するために用いられる光学機器の接眼レンズに好適である。そのような光学機器として、望遠鏡、顕微鏡、双眼鏡などの観察装置が挙げられる。これらは、観察対象物側に配置される対物レンズと、観察者側に配置される接眼レンズとを含み、対物レンズにより形成された観察対象物の中間像を接眼レンズにより拡大し、観察者が接眼レンズに眼をあててそれを観察する。対物レンズと接眼レンズとの間にはリレーレンズが配置されてもよい。当該光学系はこれらの接眼レンズに好適であり、以下では、当該光学系が接眼レンズとして用いられる場合を例にして説明する。

20

【0015】

但し、当該光学系は必ずしも接眼される必要はない。例えば、当該光学系の接眼側に転送光学系（リレーレンズ）を接続し、当該光学系により結像した一次像をさらに転送して転送光学系により二次像を結像するようにしてもよい。また、当該光学系により形成した光学像をCCD素子等により電気的信号に光電変換し、それを液晶ディスプレイ等を備えた画像表示装置などに表示させてもよい。

【0016】

また、本件発明に係る光学系の用途は望遠鏡等の接眼レンズに限定されるものではない。例えば、当該光学系はVR（Virtual Reality（仮想現実））ゴーグル等の投影機器の光学系としても好適である。VRゴーグルの場合、VR映像用に作成された画像（以下、VR画像）等が上記中間像となり、右眼用、左眼用にそれぞれ設けた当該光学系によりVR画像をユーザの右眼、左眼に導く。

30

【0017】

また、当該光学系を接眼レンズとして用いる場合は中間像側から接眼側に向けて光線を通させる。一方、これとは逆向きに当該光学系に光線を通すことで、当該光学系を対物レンズとして用いることもできる。本件発明でいうところの接眼側を観察対象物側に向けることで、当該光学系を対物レンズとして用いることもできる。この場合、接眼レンズでいうところの中間像側から接眼側に向けて適切な照明を施し、観察対象物において反射した光を中間像として結像させるようにすることが好ましい。このとき、観察対象物を当該光学系の接眼側に近接された眼球とし、当該光学系をいわゆる眼底レンズ（眼底カメラ用のレンズ等の眼球検査用レンズ）や、当該光学系を網膜認証或いは虹彩認証などを行うための認証装置に設けられるスキャン用の光学系として用いることもできる。なお、本件発明でいうところの接眼側を対物側として、通常の対物レンズとして用いてもよいのは勿論である。また、このときも当該光学系により形成された一次像を転送して二次像を結像する転送光学系を接続してもよいのは勿論である。

40

【0018】

1-1 構成

当該光学系は、接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第1レンズ群と、第2レンズ群とから構成され、第2のレンズ群は接眼側が凹面であるレンズを含む。ここで、第1レンズ群と第2レンズ群との間を空気間隔aとする。

50

【0019】

このような構成を採用することで、第1レンズ群で発生する像面湾曲、歪曲収差、色収差等の諸収差等を上記凹面で補正することができる。また、第1レンズ群と第2レンズ群との間に空気間隔 a を設けることで、広画角化を図ったときも光学性能を良好に維持しつつ、当該光学系の径方向の大型化を抑制することができる。

【0020】

当該光学系はこれらの第1レンズ群及び第2レンズ群から実質的に構成されていればよく、各レンズ群の接眼側又は対物側に屈折力を有さない、若しくは屈折力の非常に小さい光学要素（以下、「屈折力を実質的に有さない光学要素」と称する）が配置されていてもよい。但し、本発明において、第1レンズ群は当該光学系において最も接眼側に配置されるレンズから、上記接眼側が凹面であるレンズの接眼側直前までに配置されるレンズから構成される。第2レンズ群は第1レンズ群に空気間隔を介して隣接配置されるレンズ群である。第2レンズ群よりも接眼側に一次像面が形成されるものとし、第2レンズ群は一次像面よりも対物側に配置されるレンズにより構成されるレンズ群をいう。また、一次像面よりも対物側に配置されたレンズの中に接眼側が凹面であるレンズが複数存在する場合、その中で第2レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズが接眼側が凹面であるレンズであることが好ましい。以下、各レンズ群の構成について説明する。

【0021】

(1) 第1レンズ群

第1レンズ群は正の屈折力を有する。当該光学系では第1レンズ群を複数の正部分群から構成することが好ましい。例えば、接眼側から順に、第1A正部分群と、第1B正部分群とから構成し、第1A正部分群と第1B正部分群との間に空気間隔 b を設けることが好ましい。当該空気間隔 b は第1レンズ群に含まれる空気間隔の中で最も大きな空気間隔であることがより好ましい。このように第1レンズ群を、空気間隔 b を介して隣接配置される第1A正部分群と第1B正部分群とから構成することで、第2レンズ群側から入射する光束径を大きく広げることなく、第1レンズ群を通過させることができる。そのため、周辺領域に対する光線の入射角が大きくなるのを抑制することができる。その結果、第1レンズ群に強い正の屈折力を配置して広画角化を図ったときも、コマ収差および歪曲収差の補正を良好に行うことができるため高い光学性能を維持することができ、且つ、当該光学系を小型に維持することができる。

【0022】

第1A正部分群は複数のレンズを含み、全体で正の屈折力を有することが好ましい。特に、第1A正部分群は、後述する条件式(1)を満足する屈折率を有する材料からなる正レンズを少なくとも1枚有することが好ましく、2枚以上有することがより好ましい。さらに、第1レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズは、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズであることが好ましく、当該正メニスカスレンズが条件式(1)を満足することがより好ましい。なお、条件式(1)については後述する。

【0023】

さらに、第1A正部分群は、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズを少なくとも1つ含むことが好ましい。第1A正部分群に少なくとも一つの接合レンズを配置することにより、色収差及び球面収差を効果的に補正することができる。さらに第1A正部分群に二つの接合レンズを配置することにより、より良好に色収差及び球面収差を補正することができる。このとき、当該接合レンズは両凸レンズとメニスカス形状の負レンズとが接合されていることが好ましい。さらに、負レンズ側が互いに隣接するようにこれらの接合レンズが配置されていることがより好ましい。正レンズ側が互いに隣接するようにこれらの接合レンズを配置すると発散が強くなってしまい、第1A正部分群に強い正の屈折力を配置することが困難になるためである。

【0024】

第1B正部分群は正の屈折力を有し、少なくとも1枚の正レンズを含むものとする。上述したとおり、第1レンズ群を第1A正部分群と第1B正部分群とから構成し、第1A正部

10

20

30

40

50

分群と第 1 B 正部分群との間に空気間隔 b を設けることで、諸収差を良好に補正しつつ、当該光学系の大型化を抑制した上で、当該光学系の広画角化が容易になる。

【 0 0 2 5 】

(2) 第 2 レンズ群

第 2 レンズ群は、接眼側が凹面のレンズを含む限り、その他の事項は特に限定されるものではない。例えば、当該第 2 レンズ群は正の屈折力を有していてもよいし、負の屈折力を有していてもよい。しかしながら、諸収差の補正を行う上で、当該第 2 レンズ群は負の屈折力を有していることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

また、第 2 レンズ群は、接眼側が凹面のレンズのみから構成されていてもよいし、その他のレンズを含んでいてもよい。当該接眼側が凹面のレンズによる効果を得る上で、当該接眼側が凹面のレンズは第 2 レンズ群において最も接眼側に配置されること、すなわち、上記空気間隔 a に隣接し、空気間隔 a に上記凹面を向けていることが好ましい。

10

【 0 0 2 7 】

例えば、第 2 レンズ群を接眼側から順に配置される第 2 A 負部分群と第 2 B 部分群とから構成してもよい。第 2 B 部分群の屈折力は正でも負でもよい。第 2 B 部分群に負の屈折力を配置すれば、第 2 A 負部分群における屈折力の負担を小さくすることができる。しかしながら、当該光学系の超広画角化を図ると、超広画角の光線のケラレを防ぐ必要があることから光学系全体の入射瞳位置の調整の自由度が不足する場合がある。その結果、超広画角を達成することが困難になる場合がある。このようなときは、第 2 A 負部分群と第 2 B 部分群との間に空気間隔 c を設け、第 2 A 負部分群に強い屈折力を配置しつつ、第 2 B 部分群に正の屈折力を配置することで、これらの問題を解消することができる。また、この場合、第 1 レンズ群で発生する像面湾曲等の諸収差の補正が容易になり、且つ、色収差の補正も容易になる。

20

【 0 0 2 8 】

(3) 一次像面

当該光学系では、第 1 レンズ群内又は第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間に一次像面が形成される。特に、周辺像の一次結像される位置が第 1 レンズ群の第 1 A 正部分群内であることが好ましく、全ての一次像が第 1 A 正部分群内で結像することがさらに好ましい。すなわち、第 1 レンズ群内において一次像面が形成されることが好ましい。第 1 レンズ群内に一次像面位置を配置されるようにすることで、広画角化を図ったときも当該光学系を小型に維持することが容易になり、当該光学系大型化及び重量化を抑制することができる。なお、第 1 レンズ群内に一次像面が形成されるとは、光軸上の一次像面位置が第 1 レンズ群の最も接眼側の面から第 1 レンズ群の最終面までの間にあることを表す。

30

【 0 0 2 9 】

このような効果を得る上で、上記第 1 レンズ群は当該一次像面よりも第 2 レンズ群側に少なくとも 1 枚のレンズを有することが好ましい。特に、第 1 レンズ群が上記第 1 A 正部分群と第 1 B 正部分群とから構成される場合、一次像面は第 1 A 正部分群内に位置することが好ましい。

【 0 0 3 0 】

(4) 空気間隔

当該光学系に上記空気間隔 a 及び空気間隔 b が設けられる場合、空気間隔 $b >$ 空気間隔 a であることが好ましい。正の屈折力を有する第 1 レンズ群が、当該光学系において最も広い空気間隔 b を有し、当該空気間隔 b の前後にそれぞれ正の屈折力を有する第 1 A 正部分群及び第 1 B 正部分群を配置することで、第 1 B 正部分群の周辺領域に対する光線の入射角が大きくなるのを抑制し、周辺視野における収差補正負担を軽減することが容易になるためである。なお、空気間隔 c については、空気間隔 a 及び空気間隔 b のいずれよりも小さいことが好ましい。

40

【 0 0 3 1 】

(5) 視野角及びアイレリーフ

50

以上のような構成を採用することで、諸収差を良好に補正しつつ、視野角 125° 以上、より好ましくは 130° 以上の超広角化された光学系を得ることができる。また、上記構成を採用することで、アイレリーフを 10 mm 以上 20 mm 以下とすることができる。そのため、例えば、当該光学系を望遠鏡の接眼レンズとして用いれば、従来の接眼レンズと比較するとより眼に直接当ててのぞき込みやすく、さらに従来よりも広い視界を得ることができる。

【0032】

なお、ここでいう視野角は眼球に入射する角度を視野とした見かけの視野角のことをいう。

【0033】

(6) 視度調整

なお、当該光学系を望遠鏡等の接眼レンズとして用いる場合、視度調整を行うときは、当該光学系を構成している全てのレンズを一体的に移動させることが好ましい。このように視度調整を行うことで、視度調整時の諸収差、特に像面湾曲、コマ収差、および歪曲収差の変動を小さくすることができる。

【0034】

1-2 条件式

当該光学系では、上述した構成を採用すると共に、次に説明する条件式を一つ以上満足することが好ましい。

【0035】

1-2-1. 条件式(1)

当該光学系において、第1レンズ群は以下の条件式を満足する材料からなる正レンズを少なくとも1枚有することが好ましい。

$$1.8 < n < 3 \dots\dots (1)$$

但し、 n は当該光学系の使用光線の波長における前記材料の屈折率である。

なお、使用光線が単一波長光線ではなく、可視光のように波長域を有する場合、当該屈折率は使用光線の波長域内において予め定めた波長における屈折率をいうものとする。例えば、使用光線が可視光である場合、その波長域($380\text{ nm} - 710\text{ nm}$)内で予め定めた波長(例えば、 d 線(587.56 nm))における屈折率をいうものとする。但し、 d 線における屈折率に限る趣旨ではない。使用光線の波長が、例えば、 850 nm 、 940 nm 等の赤外線波長の光線である場合、その使用光線の波長における材料の屈折率が上記条件式(1)を満足すればよい。

【0036】

第1レンズ群が、条件式(1)を満足する材料からなる正レンズを少なくとも1枚有することにより、第1レンズ群における正要素部分での収差の増大を防ぐことができる。その結果、光学系全体で良好な収差補正を行うことが可能になる。第1レンズ群が複数の正レンズを含む場合、当該条件式(1)を満足する材料からなる正レンズは接眼側により近い位置に配置される正レンズであることが好ましく、最も接眼側に配置された正レンズが当該条件式(1)を満足することがより上記効果を得る上でより好ましい。また、第1レンズ群が条件式(1)を満足する材料からなる正レンズを2枚以上有することも好ましい。

【0037】

第1レンズ群が当該条件式(1)を満足する材料からなる正レンズを有さない場合、例えば、第1レンズ群に含まれる正レンズの中で最も屈折率の高い材料の屈折率が条件式(1)の下限値以下になると、諸収差、特に像面湾曲とコマ収差の補正が困難となるため、好ましくない。また、この場合、所望の光学性能を得るためにレンズ厚を厚くすると、レンズの周縁部の厚みが薄くなり過ぎて、当該正レンズを製造することが困難となってしまうため、好ましくない。これに対して、第1レンズ群に含まれる正レンズの中で最も屈折率の高い材料の屈折率が条件式(1)の上限値以上になると、そのような屈折率の高い材料はアッペ数が小さくなり、色分散が大きくなることから、色収差の補正が困難となるため、好ましくない。

【0038】

10

20

30

40

50

これらの効果を得る上で、上記条件式(1)の下限値は1.85であることがより好ましい。また、上記条件式(1)の上限値は2.5であることがより好ましく、2であることがより好ましい。なお、これらの好ましい下限値又は上限値を採用する場合、条件式(1)において不等号(<)を等号付不等号()に置換してもよい。他の条件式についても同様である。

【0039】

1-2-2. 条件式(2)

第1レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズは、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズであり、各面の曲率半径をそれぞれR1、R2としたとき、以下の条件式を満たすことが好ましい。

$$2 < R1 / R2 < 4 \dots (2)$$

但し、上記正メニスカスレンズにおいて、R1は接眼側のレンズ面の曲率半径であり、R2は他面の曲率半径である。また、レンズ面の曲率半径についての符号は、そのレンズ面の光軸上の球面中心がレンズ面の頂点(レンズ面と光軸との交点)よりも像側にあるときそのレンズ面の曲率半径の符号を正とし、物体側にあるときはその符号を負とする。

【0040】

第1レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズを上記条件式(2)を満足する形状の正メニスカスレンズとすることにより、第1レンズ群に強い正の屈折力を配置しつつ、光線高さを光軸になるべく近づけた状態で維持し、収差発生を抑制することができる。そのため、当該条件式(2)を満足させることにより、当該光学系の小型化と超広角化とを両立しつつ、高い光学性能を実現することができる。

【0041】

第1レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズが接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズであっても、その面形状が上記条件式(2)を満足しない場合、例えば、条件式(2)の対応値が下限値以下になると、諸収差、特に像面湾曲とコマ収差の補正が困難となるため、好ましくない。また同時に、当該光学系の光学全長が大きくなってしまったため、この点からも好ましくない。これに対して、条件式(2)の対応値が上限値以上になると、当該光学系の超広角化を実現しようとする、諸収差、特に像面湾曲とコマ収差の補正が困難となるため、好ましくない。またこの場合、メニスカス形状とすることが困難になり、或いは、R2が小さくなり過ぎて、そのような形状のレンズを製造することが困難になる。

【0042】

これらの効果を得る上で、上記条件式(2)の下限値は2.1であることがより好ましく、2.2であることがさらに好ましく、2.3であることが一層好ましい。また、上記条件式(2)の上限値は3.5であることがより好ましく、3であることがさらに好ましく、2.7であることが一層好ましい。

【0043】

また、上述したとおり、第1レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズを、上記条件式(1)及び上記条件式(2)を満足する正メニスカスレンズとすることがさらに好ましい。当該光学系の広角化、例えば、100°を超える超広角化を図りつつ、小型であり、且つ、光学性能の高い光学系を得るには、第1レンズ群に光軸上の厚みが薄く、強い正の屈折力を有するレンズを配置する必要があるためである。また、当該光学系において接眼側から2枚目に配置されるレンズを上記条件式(1)を満足する材料からなる正レンズとすることで、当該効果をより確実なものとする事ができる。

【0044】

さらに、このとき、以下の条件式(2a)を満足させることが上記効果をさらに確実なものとする事ができる。

$$R2 / D > 0.85 \dots (2a)$$

但し、

Dは、第1レンズ群において最も接眼側に配置されるレンズの上記他面の光学有効径であ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 4 5 】

上記効果をさらに確実なものとする上で、上記条件式 (2 a) の下限値は、0 . 8 6 であることがより好ましく、0 . 8 7 であることがさらに好ましく、0 . 8 9 であることが一層好ましい。また、条件式 (2 a) の上限値は 1 とすることができる。

【 0 0 4 6 】

1 - 2 - 3 . 条件式 (3)

また、当該光学系において以下の条件式を満足することも好ましい。

$$0 . 1 < F P / L < 1 \cdot \cdot \cdot \cdot (3)$$

但し、

F P は、当該光学系において最も接眼側に配置されるレンズ面から一次像面までの光軸上の距離であり、

L は、当該光学系の光学全長である。

【 0 0 4 7 】

上記条件式 (3) は、当該光学系により形成される一次像の形成位置を規定する式である。条件式 (3) を満足する位置に一次像が形成されることにより、良好な収差補正を行うことができる。

【 0 0 4 8 】

当該光学系において、条件式 (3) の対応値が下限値以下になると、一次像が上記接眼側が凹面であるレンズに近い位置で形成されるため、像面湾曲とコマ収差の補正が困難となるため、好ましくない。一方、条件式 (3) の対応値が上限値以上になると、像面湾曲等の収差補正を行う上で、上記接眼側が凹面であるレンズに要求される屈折力が強くなり、コマ収差の補正が困難となるため、好ましくない。また、この場合、接眼側に配置される例えば上記正メニスカスレンズ等に強い正の屈折力を配置する必要があるため、位置感度が高くなりすぎて、製造上好ましくない。

【 0 0 4 9 】

これらの効果を得る上で、上記条件式 (3) の下限値は 0 . 2 9 であることがより好ましく、0 . 4 であることがさらに好ましく、0 . 6 であることが一層好ましい。また、上記条件式 (3) の上限値は 0 . 9 であることがより好ましく、0 . 8 5 であることがさらに好ましく、0 . 8 であることが一層好ましい。

【 0 0 5 0 】

1 - 2 - 4 . 条件式 (4)

当該光学系において、第 2 レンズ群に配置される接眼側が凹面であるレンズは、上述のとおり負の屈折力を有することが好ましい。このとき、当該接眼側が凹面であるレンズは接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズであることが好ましく、以下の条件式を満足することが好ましい。

【 0 0 5 1 】

$$0 . 0 3 < | f / f n | < 0 . 5 \cdot \cdot \cdot \cdot (4)$$

但し、

f は、当該光学系の焦点距離であり、

f n は、第 2 レンズ群に配置される接眼側が凹面であるレンズの焦点距離である。

【 0 0 5 2 】

第 2 レンズ群に配置される上記接眼側が凹面であるレンズが上記接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズであるとき、上記条件式 (4) を満足させることにより、広画角化を図ったときも収差補正を良好に行うことができる。

【 0 0 5 3 】

当該光学系において条件式 (4) の対応値が下限値以下になると、収差補正が不十分になり広画角化を図ることが困難になる。一方、条件式 (4) の対応値が上限値以上になると、コマ収差を始めとした像質に関わる諸収差をコントロールすることが困難になり、光学性能の高い光学系を得ることが困難になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

これらの効果を得る上で、上記条件式(4)の下限値は0.07であることがより好ましい。また、上記条件式(4)の上限値は0.3であることがより好ましい。

【 0 0 5 5 】

1 - 2 - 5 . 条件式(5)

さらに、第2レンズ群に配置される接眼側が凹面であるレンズが上記接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズであり、各面の曲率半径をそれぞれ R_{n1} 、 R_{n2} としたとき、以下の条件式を満足することが好ましい。

【 0 0 5 6 】

$$0.3 < R_{n1} / R_{n2} < 3 \dots\dots (5)$$

10

但し、

R_{n1} は、第2レンズ群に配置される接眼側が凹面であるレンズの接眼側のレンズ面の曲率半径であり、 R_{n2} は他面の曲率半径である。

【 0 0 5 7 】

第2レンズ群に配置される上記接眼側が凹面であるレンズが上記接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズであるとき、上記条件式(5)を満足させることにより、広画角化を図ったときも収差補正を良好に行うことができる。

【 0 0 5 8 】

当該光学系において条件式(5)の対応値が下限値以下になると、像面湾曲の制御が困難になる。また、ケラレの影響を避けることが困難になり、広画角を維持することが困難になる。一方、条件式(5)の対応値が上限値以上になると、コマ収差を始めとした像質に関わる諸収差をコントロールすることが困難になり、光学性能の高い光学系を得ることが困難になる。

20

【 0 0 5 9 】

これらの効果を得る上で、上記条件式(5)の下限値は0.4であることがより好ましい。また、上記条件式(5)の上限値は1であることがより好ましい。

【 0 0 6 0 】

1 - 2 - 6 . 条件式(6)

当該光学系において、さらに以下の条件式を満足することが好ましい。

【 0 0 6 1 】

$$-0.5 < a / f_n < -0.05 \dots\dots (6)$$

30

但し、

a は、第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔であって、第1レンズ群と第2レンズ群との間の軸上空気間隔をいう。

【 0 0 6 2 】

当該光学系において、第1レンズ群と第2レンズ群との間の空気間隔 a と、第2レンズ群に配置される接眼側が凹面であるレンズの焦点距離とが上記条件式で規定される条件を満足することにより、収差の発生を抑制し、広画角化を図ったときも光学性能の高い光学系を得ることができる。

【 0 0 6 3 】

これに対して、条件式(6)の対応値が上記範囲外となると、収差の発生量が大きくなりすぎてしまい、像質に関わる諸収差をコントロールすることが困難になり、光学性能の高い光学系を得ることが困難になる。

40

【 0 0 6 4 】

これらの効果を得る上で、上記条件式(6)の下限値は-0.3であることがより好ましい。また、上記条件式(6)の上限値は-0.1であることがより好ましい。

【 0 0 6 5 】

下限を超えると、大きくなりすぎてしまう。上限を超えると、収差発生が大きくなりすぎて像質をコントロールすることが困難になる。

【 0 0 6 6 】

50

以上の様に当該光学系では、従来の接眼レンズと比較すると、第2レンズ群において光束径を急激に収斂させず、一次像面を第1レンズ群内に位置させ、より好ましくは第1A正部分群内に位置させることで、超広角化を図ったときにも収差補正を良好に行わせる構成を採用することができ、光学性能の高い光学系を実現することができる。当該光学系を望遠鏡などの光学機器の接眼レンズに適用することにより、軽量であり、高い光学性能を維持しながら、高倍率超広角観察を可能とすることができる。また、VRゴーグルなどの投影機器に当該光学系を適用した場合には、広くクリアな視界を実現することでより強い没入感を提供することができる。さらに、適切な照明を施しつつ光線を通す向きを逆にして眼底レンズなどとして用いることで、被験者の眼球の被検画像を高画質で得ることができる。さらに、当該光学系を網膜認証或いは虹彩認証などを行うための認証装置に設けられるスキャン用の光学系として用いることで、これらの認証に好適な高精細な認証画像を取得することができる。

10

【0067】

2. 光学機器

次に、本件発明に係る光学機器について説明する。本件発明に係る光学機器は、上記本件発明に係る光学系と、当該光学系によって形成された光学像を電気的信号に変換する撮像素子とを備えたことを特徴とする。

【0068】

ここで、撮像素子等に特に限定はなく、CCD (Charge Coupled Device) センサやCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) センサなどの固体撮像素子等も用いることができる。本件発明に係る光学機器は、例えば、対物レンズ、リレーレンズ及び接眼レンズとしての当該光学系を備えた望遠鏡、顕微鏡、双眼鏡等の光学機器に好適であり、これらにより形成した観察対象物の光学像を撮像素子に投影し、光電変換することで観察対象物の画像データを得るようにした観察装置に好適である。また、上述のとおり、VRゴーグルなどを含むVR機器に用いてもよい。

20

【0069】

さらに、被検者の眼球等を観察するための観察装置などとしてもよい。この場合、接眼側に向かって光を照射する照明系を備えることが好ましい。照明系は、赤外～可視光波長域内の波長の光線を接眼側に向かって照射するものであることが好ましい。

30

【0070】

次に、実施例を示して本件発明を具体的に説明する。但し、本件発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【実施例1】

【0071】

(1) 光学系の光学構成

図1に、実施例1の光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図を示す。図中に示す「EP」はアイポイントであり、アイポイントから最も接眼側に配置されるレンズ面までの光軸上の距離がアイレリーフである。また、図中に示す「PIP」は光軸上の一次像面位置であり、「Off-axis PIP」は最軸外の一次像面位置である。これらの点は、他の実施例で示す各レンズ断面図においても同様であるため、以下では説明を省略する。

40

【0072】

実施例1の光学系は、接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成される。第1レンズ群と第2レンズ群との間には空気間隔aが設けられている。

【0073】

第1レンズ群は、接眼側から順に配置される第1A正部分群と、第1B正部分群とから構成される。第1A正部分群と、第1B正部分群との間には空気間隔bが設けられている。第1A正部分群は、接眼側から順に接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズと接眼側に凹面を向けた負メニスカス

50

レンズとが接合された接合レンズと、接眼側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズが接合された接合レンズとから構成されている。第1 B 正部分群は両凸レンズから構成されている。当該実施例では、第1 A 正部分群内に一次像面が位置する。

【0074】

第2 レンズ群は、接眼側から順に配置される第2 A 負部分群と、第2 B 正部分群とから構成されている。第2 A 負部分群は接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズから構成される。第2 B 正部分群は、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズとが接合された接合レンズから構成されている。第2 A 負部分群と第2 B 正部分群との間には空気間隔 c が設けられている。

【0075】

(2) 数値実施例

次に、当該ズームレンズの具体的な数値を適用した数値実施例について説明する。表1に、実施例1の光学系の面データを示す。表中の「No.」は物体側から数えたレンズ面の順番、「R」は曲率半径、「D」は光軸上のレンズ厚さ又はレンズ間隔、「Nd」はd線における屈折率、「d」はd線におけるアッペ数を示す。また、以下にアイレリーフ(Er)、視野角、各条件式の値を示す。なお、長さの単位は「mm」であり、視野角の単位は「°」である。これらの事項は他の実施例でも同様であるため、以下、説明を省略する。

【0076】

Er = 12.8 mm

視野角 : 140°

R1 / R2 = 2.37

R2 / D = 0.91

FP / L = 0.68

|f / fn| = 0.23

Rn1 / Rn2 = 0.58

a / fn = -0.25

【0077】

[表1]

No.	R	D	Nd	d
1	-63.00	13.60	1.82	42.72
2	-26.57	0.20		
3	-392.00	13.80	1.87	40.81
4	-44.90	0.20		
5	149.90	19.60	1.61	63.40
6	-34.75	20.00	2.02	26.94
7	-131.00	0.50		
8	1600.00	2.00	2.06	17.02
9	44.67	21.80	1.59	67.00
10	-56.56	21.60		
11	80.80	24.50	1.78	22.76
12	-279.50	22.00		
13	-26.90	2.00	1.76	49.62
14	-46.60	8.10		
15	-715.00	14.00	1.78	22.76
16	-48.20	2.00	1.87	40.81
17	970.00	7.20		

【0078】

また、図2に、実施例1の光学系の横収差図を示す。当該横収差は、最大画角に対する画角比(0,0.25,0.5,0.75,0.91,1)を表す。光線波長は850nmである。また、図2において、「OBJ」は視野角を示す。視野角ごとに、左側にメリジナル方向の横収差、

10

20

30

40

50

右側にサジタル方向の横収差を示す。さらに、図3に656nm、750nm、850nm、950nmの波長の光線に対する球面収差を示す。当該光学系の球面収差を示す。これらの収差図に関する事項は他の実施例で示す収差図においても同様であるため以下では説明を省略する。

【実施例2】

【0079】

(1) 光学系の光学構成

図4に、実施例2の光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図を示す。実施例2の光学系は、接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成される。第1レンズ群と第2レンズ群との間には空気間隔aが設けられている。

10

【0080】

第1レンズ群は、接眼側から順に配置される第1A正部分群と、第1B正部分群とから構成される。第1A正部分群と、第1B正部分群との間には空気間隔bが設けられている。第1A正部分群は、接眼側から順に接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズと接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズとが接合された接合レンズと、接眼側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとが接合された接合レンズとから構成されている。第1B正部分群は両凸レンズから構成されている。当該実施例では、第1A正部分群内に一次像面が位置する。

【0081】

第2レンズ群は、接眼側から順に配置される第2A負部分群と、第2B正部分群とから構成されている。第2A負部分群は接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズから構成される。第2B正部分群は、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズとが接合された接合レンズと接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズから構成されている。第2A負部分群と第2B正部分群との間には空気間隔cが設けられている。

20

【0082】

(2) 数値実施例

次に、当該ズームレンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表2に、実施例2の光学系の面データを示す。また、以下にアイレリーフ(Er)、視野角、各条件式の値を示す。さらに、図2及び図3に横収差図及び球面収差図を示す。

30

【0083】

- Er = 12.6 mm
- 視野角 : 130°
- R1 / R2 = 2.41
- R2 / D = 0.88
- FP / L = 0.63
- |f / fn| = 0.12
- Rn1 / Rn2 = 0.58
- a / fn = -0.15

【0084】

[表2]

No.	R	D	Nd	d
1	-63.00	13.50	1.82	42.72
2	-26.11	0.10		
3	-662.70	10.50	1.87	40.81
4	-63.15	0.10		
5	124.88	17.81	1.61	63.40
6	-50.43	2.00	2.06	17.02
7	-105.02	0.50		
8	584.98	2.00	2.06	17.02

40

50

9	42.60	21.00	1.61	63.40
10	-60.78	23.75		
11	96.65	25.00	1.74	26.61
12	-177.88	18.63		
13	-41.36	2.00	1.79	46.50
14	-82.76	25.00		
15	-171.48	15.00	1.78	22.76
16	-41.42	2.00	1.87	40.81
17	1902.00	10.00		
18	-42.87	1.00	1.72	54.67
19	-47.17			

10

【実施例 3】

【0085】

(1) 光学系の光学構成

図 7 に、実施例 3 の光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図を示す。実施例 3 の光学系は、接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とから構成される。第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間には空気間隔 a が設けられている。

【0086】

第 1 レンズ群は、接眼側から順に配置される第 1 A 正部分群と、第 1 B 正部分群とから構成される。第 1 A 正部分群と、第 1 B 正部分群との間には空気間隔 b が設けられている。第 1 A 正部分群は、接眼側から順に接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズと、両凸レンズと接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズとが接合された接合レンズと、接眼側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとが接合された接合レンズとから構成されている。第 1 B 正部分群は両凸レンズから構成されている。当該実施例では、第 1 A 正部分群内に一次像面が位置する。

20

【0087】

第 2 レンズ群は、接眼側から順に配置される第 2 A 負部分群と、第 2 B 正部分群とから構成されている。第 2 A 負部分群は接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズから構成される。第 2 B 正部分群は、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと両凹レンズとが接合された接合レンズから構成されている。第 2 A 負部分群と第 2 B 正部分群との間には空気間隔 c が設けられている。

30

【0088】

(2) 数値実施例

次に、当該ズームレンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表 3 に、実施例 3 の光学系の面データを示す。また、以下にアイレリーフ (Er)、視野角、各条件式の値を示す。さらに、図 2 及び図 3 に横収差図及び球面収差図を示す。

【0089】

Er = 12.8 mm

視野角 : 140°

R1 / R2 = 2.37

R2 / D = 0.90

FP / L = 0.71

|f / fn| = 0.10

Rn1 / Rn2 = 0.79

a / fn = -0.12

【0090】

[表 3]

No.	R	D	Nd	d
1	-63.00	13.60	1.82	42.72

40

50

2	-26.57	0.20		
3	1121.26	12.00	1.87	40.81
4	-46.80	0.20		
5	149.75	16.72	1.61	63.40
6	-34.13	2.00	2.02	26.94
7	-146.25	0.50		
8	1600.00	2.00	2.06	17.02
9	42.60	24.68	1.59	67.00
10	-62.19	24.98		
11	225.87	21.42	1.78	22.76
12	-121.11	24.99		
13	-30.43	2.00	1.76	49.62
14	-38.40	24.34		
15	-654.71	14.00	1.78	22.76
16	-85.34	2.00	1.87	40.81
17	340.73			

10

【実施例 4】

【0091】

(1) 光学系の光学構成

図 10 に、実施例 4 の光学系の無限遠合焦時のレンズ断面図を示す。実施例 4 の光学系は、接眼側から順に配置される、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とから構成される。第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間には空気間隔 a が設けられている。

20

【0092】

第 1 レンズ群は、接眼側から順に配置される第 1 A 正部分群と、第 1 B 正部分群とから構成される。第 1 A 正部分群と、第 1 B 正部分群との間には空気間隔 b が設けられている。第 1 A 正部分群は、接眼側から順に接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズと接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズとが接合された接合レンズと、接眼側に凸面を向けた負メニスカスレンズと両凸レンズとが接合された接合レンズとから構成されている。第 1 B 正部分群は両凸レンズから構成されている。当該実施例では、第 1 A 正部分群内に一次像面が位置する。

30

【0093】

第 2 レンズ群は、接眼側から順に配置される第 2 A 負部分群と、第 2 B 正部分群とから構成されている。第 2 A 負部分群は接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズから構成される。第 2 B 正部分群は、接眼側に凹面を向けた正メニスカスレンズと接眼側に凹面を向けた負メニスカスレンズとが接合された接合レンズから構成されている。第 2 A 負部分群と第 2 B 正部分群との間には空気間隔 c が設けられている。

【0094】

(2) 数値実施例

次に、当該ズームレンズの具体的数値を適用した数値実施例について説明する。表 4 に、実施例 4 の光学系の面データを示す。また、以下にアイレリーフ (Er)、視野角、各条件式の値を示す。さらに、図 2 及び図 3 に横収差図及び球面収差図を示す。

40

【0095】

Er = 12.8 mm

視野角 : 140°

R1 / R2 = 2.41

R2 / D = 0.91

FP / L = 0.67

|f / fn| = 0.20

Rn1 / Rn2 = 0.42

50

$a / f n = - 0 . 2 5$

【 0 0 9 6 】

[表 4]

No.	R	D	Nd	d
1	-63.00	13.50	1.82	42.72
2	-26.11	0.10		
3	-664.27	10.50	1.87	40.81
4	-63.13	0.10		
5	161.32	24.39	1.61	63.40
6	-48.00	2.00	2.06	17.02
7	-91.08	0.50		
8	919.08	2.00	2.06	17.02
9	42.60	21.85	1.61	63.40
10	-56.98	24.87		
11	83.02	20.00	1.74	26.61
12	-250.36	21.49		
13	-38.35	2.00	1.79	46.50
14	-92.37	22.33		
15	-127.32	11.74	1.78	22.76
16	-35.06	2.00	1.87	40.81
17	-504.19			

10

【 産 業 上 の 利 用 可 能 性 】

【 0 0 9 7 】

本件発明によれば、広画角化を図ったときも小型に維持することができ、且つ、良好な光学性能を有する光学系及び当該光学系を備えた光学機器を提供することができる。本件発明の光学系を望遠鏡などの観察装置に適用することにより、軽量でありながら、高い光学性能を有する超広角な視野を有する観察装置を得ることができる。また本件発明は観察装置の接眼レンズだけでなく、VRゴーグルなどの投影機器に使用すればより強い没入感を提供することができる。さらに、適切な照明を施しつつ光線を通す向きを逆にすることで、眼底レンズや、当該光学系を網膜認証或いは虹彩認証などを行うための認証装置に設けられるスキャン用の光学系として用いることもできる。この場合、被験者の眼球の被検画像、網膜画像、光彩画像を高画質で得ることができる。

30

【 符 号 の 説 明 】

【 0 0 9 8 】

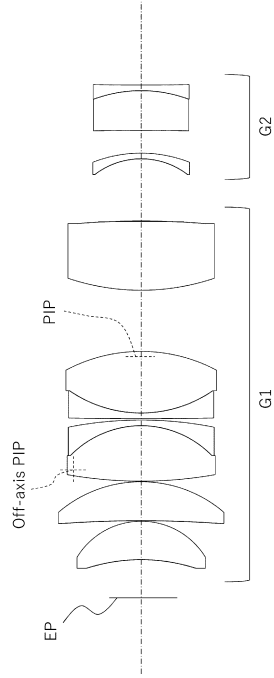
G 1 第 1 レンズ群

G 2 第 2 レンズ群

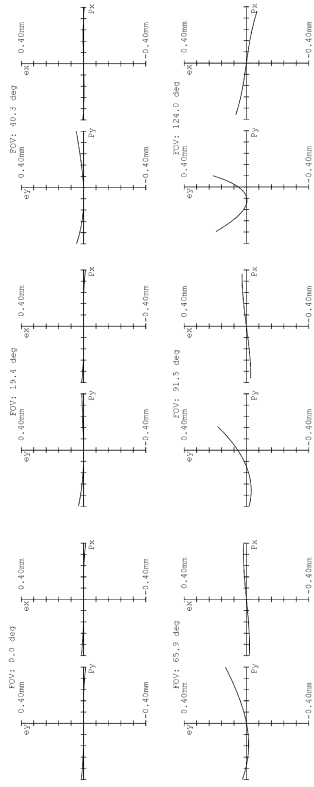
40

50

【 図 面 】
【 図 1 】



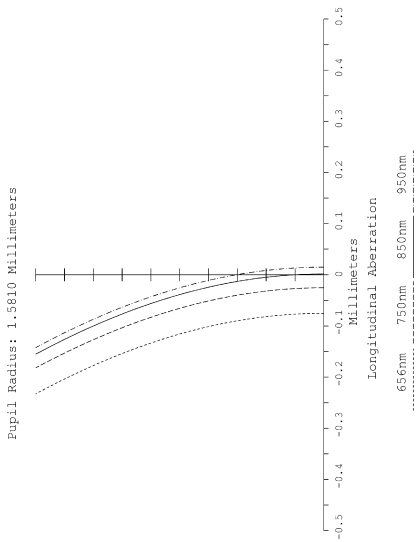
【 図 2 】



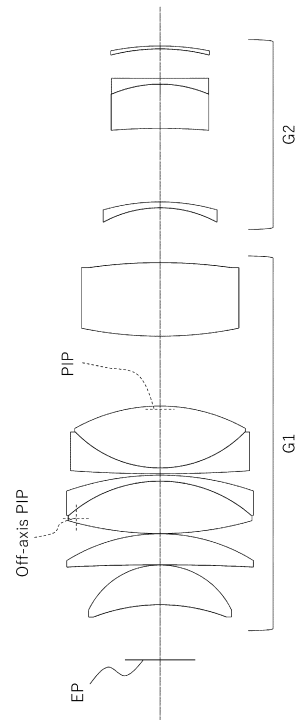
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

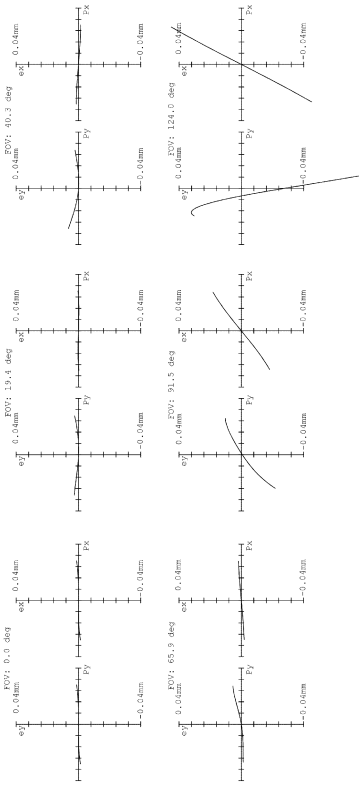


30

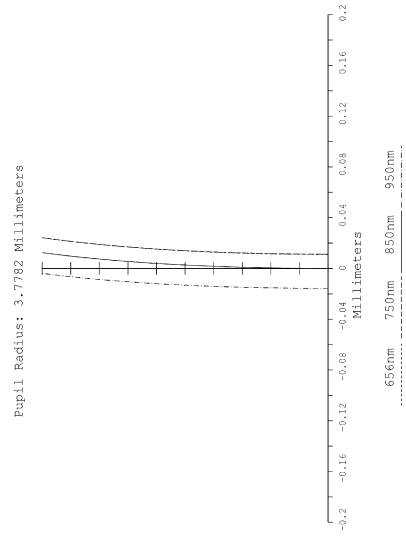
40

50

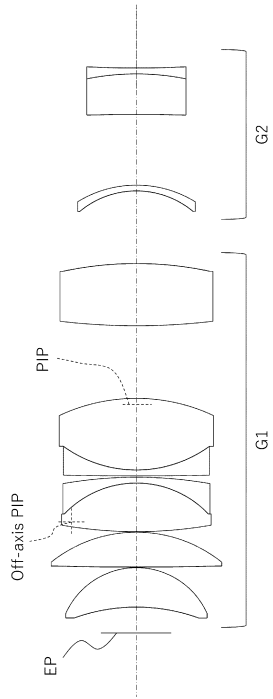
【 図 5 】



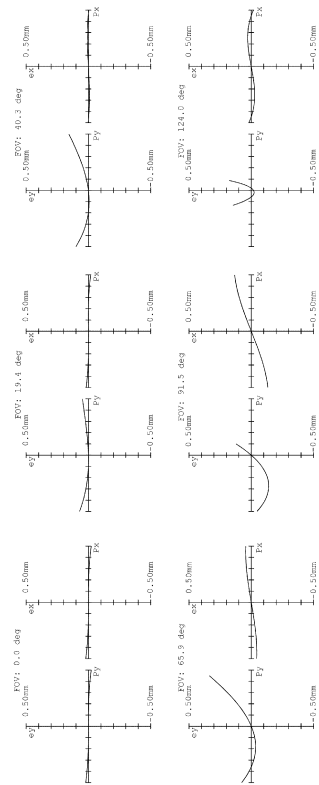
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

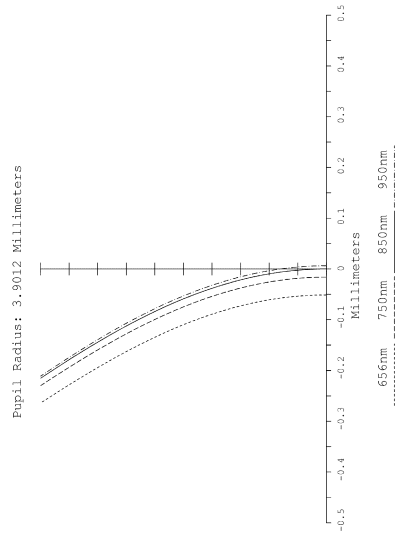
20

30

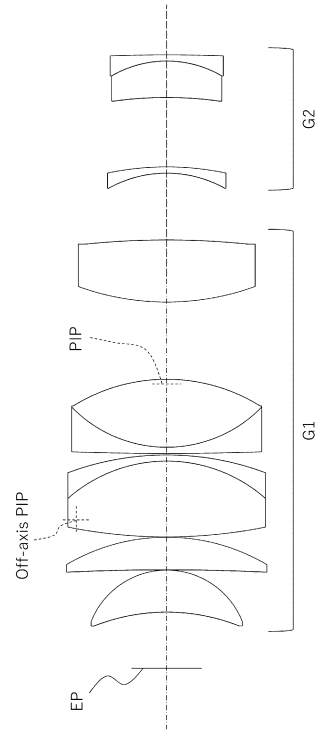
40

50

【 9 】



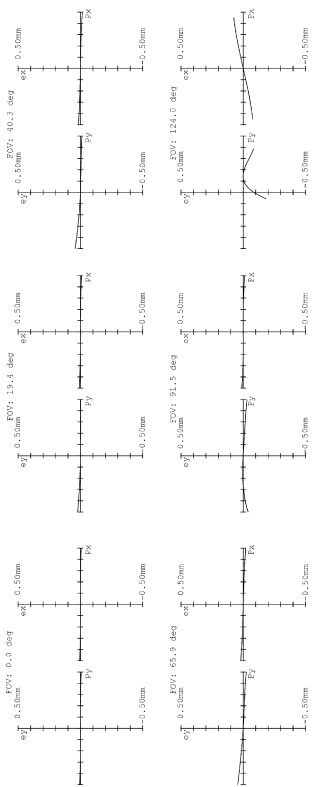
【 1 0 】



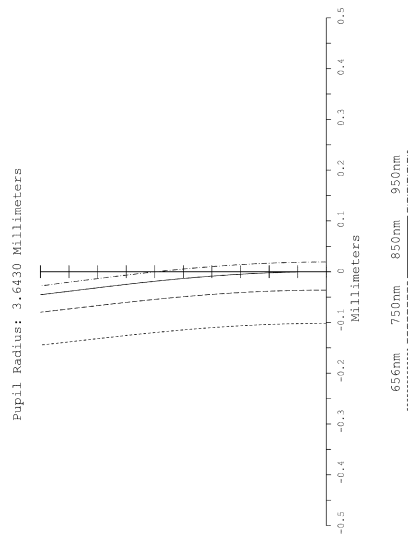
10

20

【 1 1 】



【 1 2 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-56021(JP,A)
特開昭56-85723(JP,A)
米国特許第4720183(US,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 |