

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-3255

(P2013-3255A)

(43) 公開日 平成25年1月7日(2013.1.7)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/20 (2006.01) G 0 2 B 15/20 2 H 0 8 7
G 0 3 B 5/00 (2006.01) G 0 3 B 5/00 J

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2011-132331 (P2011-132331)
 (22) 出願日 平成23年6月14日 (2011.6.14)

(71) 出願人 303000408
 コニカミノルタアドバンストレイヤー株式会社
 東京都八王子市石川町2970番地
 (74) 代理人 100067828
 弁理士 小谷 悦司
 (74) 代理人 100115381
 弁理士 小谷 昌崇
 (74) 代理人 100111453
 弁理士 櫻井 智
 (72) 発明者 山本 康
 東京都八王子市石川町2970番地 コニ
 カミノルタオプト株式会社内

最終頁に続く

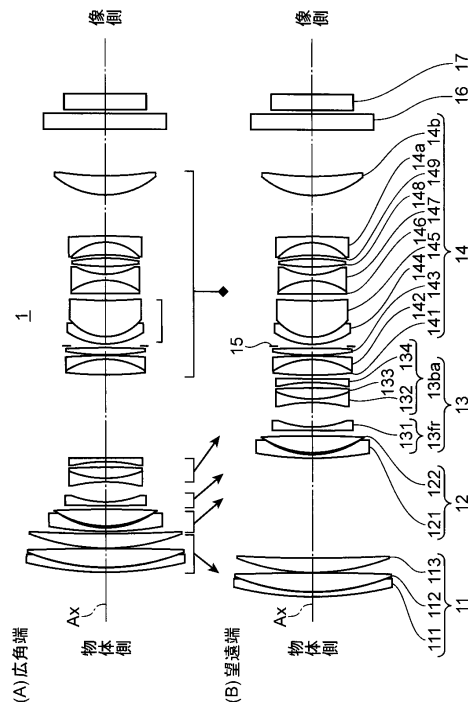
(54) 【発明の名称】 大口径変倍光学系および撮像装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、合焦の際に移動する光学系をより軽量化した大口径変倍光学系および撮像装置を提供する。

【解決手段】本発明の大口径変倍光学系 1 は、物体側より像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 1 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 1 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 1 3 と、正の屈折力を有する最も像面側に配置される第 4 レンズ群 1 4 とを備え、広角端から望遠端への変倍時に、第 4 レンズ群 1 4 は、固定であって、少なくとも第 2 および第 3 レンズ群 1 2, 1 3 は、像側に移動し、第 3 レンズ群 1 3 は、負の屈折力を有する、前群 1 3 f r および後群 1 3 b a から成り、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第 3 レンズ群 1 3 の前群 1 3 f r を像側に移動することによって合焦し、第 3 レンズ群 1 3 の前群 1 3 f r の焦点距離を f_{3f} とし、広角端での全系の焦点距離を f_w とする場合に、 $-1.2 < f_{3f} / f_w < -0.6$ の条件式を満たす。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する最も像面側に配置される最終レンズ群とを備え、

広角端から望遠端への変倍時に、前記最終レンズ群は、固定であって、少なくとも前記第 2 レンズ群と第 3 レンズ群は、像側に移動し、

前記第 3 レンズ群は、負の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する後群とから成り、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第 3 レンズ群の前群を像側に移動することによって合焦し、

下記 (1) の条件式を満たすことを特徴とする大口径変倍光学系。

$$-1.2 < f_3 f / f_w < -0.6 \quad \dots (1)$$

ただし、

$f_3 f$: 第 3 レンズ群における前群の焦点距離

f_w : 広角端での全系の焦点距離

【請求項 2】

前記第 3 レンズ群の前群は、単レンズから構成され、

下記 (2) の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項 1 に記載の大口径変倍光学系。

$$0.85 < (CR1 - CR2) / (CR1 + CR2) < 1.1 \quad \dots (2)$$

ただし、

$CR1$: 前記単レンズにおける物体側の曲率半径

$CR2$: 前記単レンズにおける像面側の曲率半径

【請求項 3】

下記 (3) の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の大口径変倍光学系。

$$0.6 < f_3 f / f_{3r} < 1.2 \quad \dots (3)$$

ただし、

$f_3 f$: 第 3 レンズ群における前群の焦点距離

f_{3r} : 第 3 レンズ群における後群の焦点距離

【請求項 4】

下記 (4) の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の大口径変倍光学系。

$$0.8 < f_1 / f_2 < 1.5 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 5】

下記 (5) の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の大口径変倍光学系。

$$1.7 < f_2 / f_w < 2.6 \quad \dots (5)$$

【請求項 6】

下記 (6) の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の大口径変倍光学系。

$$1.1 < 2t / 2w < 1.3 \quad \dots (6)$$

ただし、

$2t$: 望遠端での第 2 レンズ群の横倍率

$2w$: 広角端での第 2 レンズ群の横倍率

【請求項 7】

10

20

30

40

50

前記最終レンズ群における最も像面側に配置される最像面側レンズは、物体側に凸の正単レンズから構成され、

下記(7)の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の大口径変倍光学系。

$$1.3 < f_{rr} / f_w < 1.8 \quad \dots (7)$$

ただし、

f_{rr} : 最終レンズ群における最像面側レンズの焦点距離

【請求項8】

前記最終レンズ群は、絞りより像側を正の屈折力を有するA群と、負の屈折力を有するB群と、正の屈折力を有するC群からなり、

10

前記B群を光軸に対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正を行い、

下記(8)の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の大口径変倍光学系。

$$-0.8 < f_{rb} / f_{rc} < -0.35 \quad \dots (8)$$

ただし、

f_{rb} : 最終レンズ群におけるB群の焦点距離

f_{rc} : 最終レンズ群におけるC群の焦点距離

【請求項9】

前記最終レンズ群のB群は、物体側から正レンズと負レンズの2枚のレンズから成ること

20

を特徴とする請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の大口径変倍光学系。

【請求項10】

請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の大口径変倍光学系と、

光学像を電気的な信号に変換する撮像素子とを備え、

前記大口径変倍光学系が前記撮像素子の受光面上に物体の光学像を形成可能とされていること

を特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、変倍光学系に関し、特に、大口径な変倍光学系に関する。そして、本発明は、この大口径変倍光学系を備えた撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

大口径な変倍光学系は、比較的古くから開発されており、様々なタイプが提案されている。典型的には、例えば、特許文献1ないし特許文献3に開示の変倍光学系(ズームレンズ)がある。

【0003】

この特許文献1に開示ズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群とを備え、前記第4レンズ群は、正の屈折力を有する前群と正の屈折力を有する後群とを有し、広角端から望遠端への変倍時には、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔並びに前記第3レンズ群と前記第4レンズ群との間隔は非線形に変化するズームレンズであって、前記第4レンズ群の前群を光軸とほぼ直交する方向に移動させて防振するための変位手段を備えている。

40

【0004】

前記特許文献2に開示のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力の第1群、変倍用の負の屈折力の第2群、変倍に伴い変動する像面を補正するための正の屈折力の第3群、そして、固定の正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、該第1群は、正の屈折力

50

の第11群と光軸上移動させて焦点合わせを行う負の屈折力の第12群を有しており、該第12群は、像面側に凸面を向けた正レンズ12Pと両レンズ面が凹面の負レンズ12Nを有している。

【0005】

前記特許文献3に開示の大口径比内焦式望遠ズームレンズは、物体側から順に、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、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とを備え、前記第2レンズ群G2および前記第3レンズ群G3を光軸に沿って移動させて変倍を行う望遠ズームレンズにおいて、前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群G1Fと、該前群G1Fよりも強い正の屈折力を有する後群G1Rとから構成され、前記第1レンズ群G1中の前記後群G1Rは、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス負レンズと、正レンズ成分とから構成され、前記第1レンズ群G1中の前記後群G1Rを光軸に沿って移動させて合焦を行い、前記第1レンズ群G1中の前記前群G1Fの焦点距離を f_{1F} とし、前記第1レンズ群G1中の前記後群G1Rの焦点距離を f_{1R} とし、無限遠物体合焦状態における前記前群G1Fの最も像側の面と前記後群G1Rの最も物体側の面との間の光軸に沿った距離を D_1 としたとき、 $0.005 < f_{1R} / (f_{1F} \cdot D_1) < 0.055$ の条件を満足するものである。

10

【0006】

このような典型的な変倍光学系（ズームレンズ）は、正負正正の4群構成であって、変倍時には、第1群および第4群が固定とされ、合焦時には、第1群や第1群を分割した像側群（例えば前記第12群）が光軸方向に移動され、合焦が行われている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平02-244110号公報

【特許文献2】特開平07-092431号公報

【特許文献3】特開2000-019398号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

30

ところで、近年、カメラ（撮像装置）は、いわゆる銀塩カメラではなく、デジタルカメラが一般的となってきたおり、さらにオートフォーカスによる静止画撮影だけではなく、動画撮影等も可能となってきた。この動画撮影では、画像だけではなく音声等の音も同時に記録されることが通常である。このため、カメラや撮像レンズ（撮像光学系）で生じる作動音等の音を極力抑えることが要請されている。撮像レンズで生じる音は、一般に、合焦動作の際や手振れ補正動作の際に用いられるアクチュエーターの作動音であり、このアクチュエーターの作動音の静穏化を図る必要がある。アクチュエーターの作動音を低減することによって静穏化を図るためには、アクチュエーターの負荷を小さくすることが重要であり、合焦の際に移動する光学系の軽量化が求められる。

【0009】

40

さらに、動画撮影の場合には、合焦の高速性も求められており、これに対応するためにも、やはり、合焦の際に移動する光学系の軽量化が求められる。

【0010】

上記特許文献1ないし特許文献3に開示のズームレンズでは、合焦の際に移動する光学系が複数枚のレンズで構成されており、したがって、上記特許文献1ないし特許文献3に開示のズームレンズは、上記観点から不十分であった。

【0011】

本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、合焦の際に移動する光学系をより軽量化した大口径変倍光学系およびこの大口径変倍光学系を備える撮像装置を提供することである。

50

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、上記技術的課題を解決するために、以下のような構成を有する変倍光学系および撮像装置を提供するものである。なお、以下の説明において使用されている用語は、本明細書においては、次の通り定義されているものとする。

(a) 屈折率は、d線の波長(587.56nm)に対する屈折率である。

(b) アッペ数は、d線、F線(波長486.13nm)、C線(波長656.28nm)に対する屈折率を各々 n_d 、 n_F 、 n_C 、アッペ数を d とした場合に、

$$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

の定義式で求められるアッペ数 d をいうものとする。

10

(c) レンズについて、「凹」、「凸」または「メニスカス」という表記を用いた場合、これらは光軸近傍(レンズの中心付近)でのレンズ形状を表しているものとする。

(d) 接合レンズを構成している各単レンズにおける屈折力(光学的パワー、焦点距離の逆数)の表記は、単レンズのレンズ面の両側が空気である場合におけるパワーである。

(e) 複合型非球面レンズに用いる樹脂材料は、基板ガラス材料の付加的機能しかないため、単独の光学部材として扱わず、基板ガラス材料が非球面を有する場合と同等の扱いとし、レンズ枚数も1枚として取り扱うものとする。そして、レンズ屈折率も基板となっているガラス材料の屈折率とする。複合型非球面レンズは、基板となるガラス材料の上に薄い樹脂材料を塗布して非球面形状としたレンズである。

【0013】

20

本発明の一態様にかかる大口径変倍光学系は、物体側より像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する最も像面側に配置される最終レンズ群とを備え、広角端から望遠端への変倍時に、前記最終レンズ群は、固定であって、少なくとも前記第2レンズ群と第3レンズ群は、像側に移動し、前記第3レンズ群は、負の屈折力を有する前群と、負の屈折力を有する後群とから成り、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群の前群を像側に移動することによって合焦し、下記(1)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$-1.2 < f_{3f} / f_w < -0.6 \quad \dots (1)$$

ただし、 f_{3f} は、前記第3レンズ群における前群の焦点距離であり、 f_w は、広角端での全系の焦点距離である。

30

【0014】

このような構成の大口径変倍光学系では、この合焦(フォーカシング)の際に移動するレンズ群は、第3レンズ群を2個の負群に分けたその一方であるので、合焦の際に移動するレンズ群の軽量化を図ることができる。そして、合焦時における湾曲の変動も抑制することが可能となる。さらに、上記条件式(1)の値がその上限値を上回る場合には、前記第3レンズ群の前記前群の屈折力(光学的パワー)が強くなり過ぎるため合焦時における球面収差の変動が大きくなって好ましくない。一方、上記条件式(1)の値がその下限値を下回る場合には、前記前群の屈折力が弱くなり過ぎ、結果として合焦時のための移動量が増加してしまい、変倍のための移動量を確保するために、前記第3レンズにおける前記後群の屈折力が強くなって、非点収差の補正が困難となり、好ましくない。

40

【0015】

ここで、本発明で言う大口径とは、変倍光学系のFナンバーが3未満、より具体的には、 $2^{1/2} \times 2$ 以下である場合を言う。

【0016】

また、上記態様では、変倍光学系であることから、変倍機能を主要観点として、各レンズ群が分けられ、その第3レンズ群が、合焦機能の観点から、前記合焦を行うための前群と残余の後群とに分けられたが、変倍機能および合焦機能の観点から、各レンズ群が分けられてもよい。この場合では、本発明の一態様にかかる大口径変倍光学系は、物体側より像側へ順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、

50

負の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、正の屈折力を有する最も像面側に配置される最終レンズ群とを備え、広角端から望遠端への変倍時に、前記最終レンズ群は、固定であって、少なくとも前記第2ないし第4レンズ群は、像側に移動し、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第3レンズ群を像側に移動することによって合焦し、上記(1)の条件式を満たす。

【0017】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、前記第3レンズ群の前群は、単レンズから構成され、下記(2)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.85 < (CR1 - CR2) / (CR1 + CR2) < 1.1 \quad \dots (2)$$

ただし、CR1は、前記単レンズにおける物体側の曲率半径であり、CR2は、前記単レンズにおける像面側の曲率半径である。

10

【0018】

このような構成の大口径変倍光学系では、第3レンズ群の前群は、1枚の単レンズから構成されるので、合焦の際に移動するレンズ群の軽量化をより一層図ることができる。そして、上記条件式(2)の値がその上限値を上回る場合には、凹の曲率が大きくなり像側の凹の面で発生する球面収差が大きくなり過ぎてしまい、合焦時の性能変動が大きくなって好ましくない。一方、上記条件式(2)の値がその下限値を下回る場合には、物体側の曲率が大きくなって、歪曲収差の発生が大きくなりその補正が困難となって好ましくない。

【0019】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、下記(3)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.6 < f_{3f} / f_{3r} < 1.2 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_{3f} は、第3レンズ群における前群の焦点距離であり、 f_{3r} は、第3レンズ群における後群の焦点距離である。

20

【0020】

上記条件式(3)の値がその上限値を上回る場合には、合焦を行うためのフォーカス群である前群の屈折力が弱くなるため、合焦時の移動量が増大して後群の屈折力が強くなり過ぎるため非点収差の補正が困難となって、好ましくない。一方、上記条件式(3)の値がその下限値を下回る場合には、前群の屈折力が強くなり過ぎるため合焦時の球面収差の変動が大きくなってしまい、近接時の性能劣化が著しくなって、好ましくない。

30

【0021】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、下記(4)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$0.8 < f_1 / f_2 < 1.5 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_1 は、第1レンズ群の焦点距離であり、 f_2 は、第2レンズ群の焦点距離である。

【0022】

上記条件式(4)の値がその上限値を上回る場合には、第2レンズ群の屈折力が強くなり過ぎてしまい、第2レンズ群で発生する球面収差を補正することが困難となって好ましくない。一方、上記条件式(4)の値がその下限値を下回る場合には、第1レンズ群の屈折力が強くなり過ぎてしまい、第1レンズ群での球面収差と色収差とを補正することが困難となって好ましくない。

40

【0023】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、下記(5)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$1.7 < f_2 / f_w < 2.6 \quad \dots (5)$$

上記条件式(5)の値がその上限値を上回る場合には、第2レンズ群の屈折力が強くなり過ぎてしまい、第2レンズ群で発生する球面収差を補正することが困難となって好ましくない。

50

【0024】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、下記(6)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$1.1 < 2t / 2w < 1.3 \quad \dots (6)$$

ただし、 $2t$ は、望遠端での第2レンズ群の横倍率であり、 $2w$ は、広角端での第2レンズ群の横倍率である。

【0025】

典型的な正負正正の4成分構成のズームタイプでは、変倍は、主に第2レンズ群の負で行うが、本発明では、正正負正の4成分構成であって、正の第2レンズ群も若干の変倍を負担させており、この構成によって負の第3レンズ群の変倍負担量を低減できる。そして、上記条件式(6)の値がその上限値を上回る場合には、第2レンズ群での変倍が強くなり過ぎてしまい、第2レンズ群で発生する変倍時における湾曲の変動を抑えることが困難となってしまう。一方、上記条件式(6)の値がその下限値を下回る場合には、第3レンズ群での変倍負担が強くなって負群の屈折力が強くなるため、合焦時の湾曲変動を補正することが困難となってしまう。 10

【0026】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、前記最終レンズ群における最も像面側に配置される最像面側レンズは、物体側に凸の正単レンズから構成され、下記(7)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$1.3 < f_{rr} / f_w < 1.8 \quad \dots (7)$$

ただし、 f_{rr} は、最終レンズ群における最像面側レンズの焦点距離である。 20

【0027】

上記条件式(7)の値がその上限値を上回る場合には、最像面側の正レンズの屈折力が弱くなるため、テレセントリック性を確保するためにはレンズバックを長く取る必要がある。この結果、第3レンズ群の負レンズの屈折力の増大になって、第2レンズ群で発生する変倍時における湾曲の変動を抑えることができなくなってしまっている。 30

【0028】

特に、固体撮像素子を用いた撮像装置に、本大口径変倍光学系を用いる場合には、効果的である。このような撮像装置には、固体撮像素子の集光効率を向上させるために、固体撮像素子の各画素には、その前面にマイクロレンズがそれぞれ配置されることが多い。このマイクロレンズでは、通常、一定の瞳位置から光束が入射されないと画素への入射がケラれたり、隣接する画素へ入射してしまう等の不都合が生じる。そこで、固体撮像素子を用いた撮像装置では、所定のテレセントリック性が光学系に求められている。したがって、本態様の大口径変倍光学系は、好適に用いられ、上記条件式(7)を満たすことで、小型化も達成することが可能となる。 40

【0029】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、前記最終レンズ群は、絞りより像側を正の屈折力を有するA群と、負の屈折力を有するB群と、正の屈折力を有するC群からなり、前記B群を光軸に対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正を行い、下記(8)の条件式を満たすことを特徴とする。 40

$$-0.8 < f_{rb} / f_{rc} < -0.35 \quad \dots (8)$$

ただし、 f_{rb} は、最終レンズ群におけるB群の焦点距離であり、 f_{rc} は、最終レンズ群におけるC群の焦点距離である。

【0030】

一般に、手振れ補正を行うレンズ群に望まれる条件は、光学的には光軸方向に変動させた際に結像性能の劣化が少ないこと、および、鏡筒構成上では移動量が少なく軽量であることである。そして、鏡筒構成上の軽量化には、レンズ枚数を少なくすること、および、レンズ外径を抑えることが重要となる。上記構成では、最終レンズ群の絞りより像側を3個の群に分け、その間に位置するB群を手振れ補正用のレンズ群とすることによって上記条件を満たすことが可能となる。 50

【0031】

そして、上記条件式(8)の値がその上限値を上回る場合には、B群の屈折力が強くなり過ぎるため、手振れ補正の際に性能劣化が大きくなって好ましくない。一方、上記条件式(8)の値がその下限値を下回る場合には、C群の屈折力が強くなりすぎC群中で発生するコマ収差が強くなって、その補正が困難となり、好ましくない。

【0032】

また、他の一態様では、これら上述の大口径変倍光学系において、前記最終レンズ群のB群は、物体側から正レンズと負レンズの2枚のレンズから成ることを特徴とする。

【0033】

軽量化の観点では手振れ補正を行うB群は、1枚の単レンズで構成することが望ましい。しかしながら、望遠側での画角が12度程度の変倍光学系では、同一の手振れで発生する角度変化は、より像面側でその変動が大きい。このため、手振れを補正すべく、手振れ補正を行う手振れ補正用のレンズも大きく移動する必要がある。この場合において、1枚のレンズでは、色収差やコマの補正が不十分になってしまう場合がある。そのため、本構成のように、手振れ補正用のB群が物体側から像側へ順に正レンズと負レンズとの2枚で構成されることにより、手振れ補正を行った際も同様に、色収差の変動とコマ収差の変動とを抑えることが可能となる。

10

【0034】

本発明の他の一態様にかかる撮像装置は、これら上述のいずれかの大口径変倍光学系と、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子とを備え、前記大口径変倍光学系が前記撮像素子の受光面上に物体の光学像を形成可能とされていることを特徴とする。

20

【0035】

このような構成の撮像装置は、合焦の際に移動する光学系をより軽量化することができる。したがって、合焦の際に移動する前記光学系を駆動するアクチュエーターの負荷を小さくすることができ、この結果、このような構成の撮像装置は、アクチュエーターの作動音の低減化を図ることができる。

【発明の効果】

【0036】

本発明にかかる大口径変倍光学系および撮像装置は、合焦の際に移動する光学系をより軽量化することができる。したがって、このような構成の撮像装置は、アクチュエーターの作動音の低減化を図ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】実施形態における変倍光学系の説明のための、その構成を模式的に示したレンズ断面図である。

【図2】主光線の像面入射角の定義を示す模式図である。

【図3】実施形態における撮像装置の構成を示すブロック図である。

【図4】実施例1における変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。

【図5】実施例2における変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。

【図6】実施例3における変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。

40

【図7】実施例4における変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。

【図8】実施例5における変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。

【図9】実施例6における変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。

【図10】実施例1の変倍光学系における無限遠端の場合の収差図である。

【図11】実施例1の変倍光学系における無限遠端の場合の横収差図である。

【図12】実施例1の変倍光学系における最近接端の場合の収差図である。

【図13】実施例1の変倍光学系における最近接端の場合の横収差図である。

【図14】実施例2の変倍光学系における無限遠端の場合の収差図である。

【図15】実施例2の変倍光学系における無限遠端の場合の横収差図である。

【図16】実施例2の変倍光学系における最近接端の場合の収差図である。

50

【図 17】実施例 2 の変倍光学系における最近接端の場合の横収差図である。
 【図 18】実施例 3 の変倍光学系における無限遠端の場合の収差図である。
 【図 19】実施例 3 の変倍光学系における無限遠端の場合の横収差図である。
 【図 20】実施例 3 の変倍光学系における最近接端の場合の収差図である。
 【図 21】実施例 3 の変倍光学系における最近接端の場合の横収差図である。
 【図 22】実施例 4 の変倍光学系における無限遠端の場合の収差図である。
 【図 23】実施例 4 の変倍光学系における無限遠端の場合の横収差図である。
 【図 24】実施例 4 の変倍光学系における最近接端の場合の収差図である。
 【図 25】実施例 4 の変倍光学系における最近接端の場合の横収差図である。
 【図 26】実施例 5 の変倍光学系における無限遠端の場合の収差図である。
 【図 27】実施例 5 の変倍光学系における無限遠端の場合の横収差図である。
 【図 28】実施例 5 の変倍光学系における最近接端の場合の収差図である。
 【図 29】実施例 5 の変倍光学系における最近接端の場合の横収差図である。
 【図 30】実施例 6 の変倍光学系における無限遠端の場合の収差図である。
 【図 31】実施例 6 の変倍光学系における無限遠端の場合の横収差図である。
 【図 32】実施例 6 の変倍光学系における最近接端の場合の収差図である。
 【図 33】実施例 6 の変倍光学系における最近接端の場合の横収差図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。また、本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。また、接合レンズにおけるレンズ枚数は、接合レンズ全体で 1 枚ではなく、接合レンズを構成する単レンズの枚数で表すこととする。

20

【0039】

<実施の一形態の大口径変倍光学系の説明>

図 1 は、実施形態における大口径変倍光学系の説明のための、その構成を模式的に示したレンズ断面図である。図 1 (A) は、広角端 (W I D E) の場合を示し、図 1 (B) は、望遠端 (T E L E) の場合を示している。図 2 は、主光線の像面入射角の定義を示す模式図である。なお、以下において、主光線の像面入射角は、図 2 に示すように、撮像面への入射光線のうち最大画角の主光線の、像面に立てた垂線に対する角度 (d e g、度) であり、像面入射角は、射出瞳位置が像面より物体側にある場合の主光線角度を正方向とする。

30

【0040】

図 1 において、この大口径変倍光学系 1 は、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子 17 の受光面 (像面) 上に、物体 (被写体) の光学像を形成するものであって、物体側より像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 11 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 12 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 13 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 14 とからなる。なお、図 1 で例示した変倍光学系 1 は、後述する実施例 1 の大口径変倍光学系 1A (図 4) と同じ構成である。

40

【0041】

より詳細には、図 1 に示す例では、第 1 レンズ群 11 は、物体側より像側へ順に、物体側に凸の負メニスカスレンズ 111 と、両凸の正レンズ 112 と、物体側に凸の正メニスカスレンズ 113 とから構成されてなる。

【0042】

第 2 レンズ群 12 は、広角端から望遠端への変倍において単調に増加するように物体側から像側へ移動し、物体側より像側へ順に、物体側に凸の負メニスカスレンズ 121 と、両凸の正レンズ 122 とから構成されてなる。

【0043】

50

第3レンズ群13は、広角端から望遠端への変倍において単調に増加するように物体側から像側へ移動し、物体側より像側へ順に、物体側に凸の負メニスカスレンズ131と、両凹の負レンズ132と、両凸の正レンズ133と、両凹の負レンズ134とから構成されてなる。第3レンズ群13は、さらに、前群13frおよび後群13baの2群に分けられており、前記負メニスカスレンズ131は、前群13frを構成し、両凹の負レンズ132、両凸の正レンズ133および両凹の負レンズ134は、後群13baを構成している。すなわち、第3レンズ群13の前群13frは、単レンズ131で構成されてなる。そして、合焦は、この第3レンズ群13の前群13fr(単レンズ131)を光軸方向に沿って移動させることによって行われる。より具体的には、第3レンズ群13の前群13fr(単レンズ131)は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に像側に移動し、これによって合焦が行われる。そして、負レンズ132と正レンズ133とは、接合レンズである。

10

【0044】

なお、本実施例では前群13frと後群13baの間隔は、変倍の際に変化しているが、変化しなくてもよい。変倍の際に変化することによって変倍の際における湾曲変動を補正することが可能となる。また、鏡筒の構成として、前群13frは、合焦用のレンズ群であり、アクチュエーターで駆動することを前提とすれば、本実施例のように前群13frと後群13baの間隔を変倍の際に変化させることは、鏡筒の構成上、鏡筒に負荷を与えない。

20

【0045】

第4レンズ群14は、変倍において固定され、物体側より像側へ順に、両凸の正レンズ141と、像側に凸の負メニスカスレンズ142と、両凸の正レンズ143と、物体側に凸の負メニスカスレンズ144と、物体側に凸の正メニスカスレンズ145と、両凸の正レンズ146と、両凹の負レンズ147と、両凸の正レンズ148と、像側に凸の正メニスカスレンズ149と、像側に凸の負メニスカスレンズ14aと、物体側に凸の正メニスカスレンズ14bとから構成されてなる。正レンズ141と負メニスカスレンズ142とは、接合レンズであり、負メニスカスレンズ144と正メニスカスレンズ145とは、接合レンズであり、正レンズ146と負レンズ147とは、接合レンズであり、そして、正メニスカスレンズ149と負メニスカスレンズ14aとは、接合レンズである。

30

【0046】

そして、この大口径変倍光学系1には、光学絞り15が第4レンズ群14内に配置されている。より具体的には、光学絞り15は、レンズ143とレンズ144との間に配置されている。光学絞り15は、開口絞りであってよく、また、メカニカルシャッタであってよい。

【0047】

また、図1に示す例では、第4レンズ群14は、手振れ補正を行うためのレンズ群を含んでいる。より具体的には、この第5レンズ群14の絞り15より像側において、負メニスカスレンズ144と正メニスカスレンズ145とは、正の屈折力を有するA群を構成し、正レンズ146と負レンズ147とは、負の屈折力を有するB群を構成し、正レンズ148と、正メニスカスレンズ149と、負メニスカスレンズ14aと、正メニスカスレンズ14bとは、正の屈折力を有するC群を構成し、前記B群を光軸AXに対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正が行われる。

40

【0048】

手振れ補正は、例えば、振動ジャイロと呼ばれるセンサによって手振れを検出し、所定の移動機構によってこの負のB群を、前記検出した手振れを打ち消すように前記検出した手振れの手振れ量に応じて光軸に直交する方向にシフトすることによって行われる。このような光学系シフト式の手振れ補正は、例えば、特開2007-150996号公報および特開2010-136269号公報等が開示されている。

【0049】

さらに、この大口径変倍光学系1の像側には、フィルタ16や撮像素子17が配置され

50

る。フィルタ 16 は、平行平板状の光学素子であり、各種光学フィルタや、撮像素子のカバーガラス等を模式的に表したものである。使用用途、撮像素子、カメラの構成等に応じて、ローパスフィルタ、赤外線カットフィルタ等の光学フィルタを適宜に配置することが可能である。撮像素子 17 は、この大口径変倍光学系 1 によって結像された被写体の光学像における光量に応じて R (赤)、G (緑)、B (青) の各成分の画像信号に光電変換して所定の画像処理回路 (不図示) へ出力する素子である。これらによって物体側の被写体の光学像が、大口径変倍光学系 1 によりその光軸 AX に沿って適宜な変倍比で撮像素子 17 の受光面まで導かれ、撮像素子 17 によって前記被写体の光学像が撮像される。

【0050】

そして、この大口径変倍光学系 1 において、第 3 レンズ群 13 における前群の焦点距離を f_{3f} とし、広角端での全系 (大口径変倍光学系 1) の焦点距離を f_w とする場合に、下記条件式 (1) を満たしている。

$$-1.2 < f_{3f} / f_w < -0.6 \quad \dots (1)$$

このような構成の大口径変倍光学系 1 では、合焦 (フォーカシング) の際に移動する合焦用のレンズ群は、第 3 レンズ群 13 を 2 個の負群 13fr、13ba に分けたその一方の前群 13fr であるので、合焦の際に移動する合焦用のレンズ群の軽量化を図ることができる。そして、合焦時における湾曲の変動も抑制することが可能となる。

【0051】

そして、上記条件式 (1) は、合焦の際における収差変動を抑制するべく、第 3 レンズ群 13 の前記前群の屈折力を規定するものである。上記条件式 (1) の値がその上限値を上回る場合には、第 3 レンズ群 13 の前記前群の屈折力が強くなり過ぎるため合焦時における球面収差の変動が大きくなって好ましくない。一方、上記条件式 (1) の値がその下限値を下回る場合には、前記前群の屈折力が弱くなり過ぎ、結果として合焦時のための移動量が増加してしまい、変倍のための移動量を確保するために第 3 レンズ 13 における前記後群の屈折力が強くなって、非点収差の補正が困難となり、好ましくない。

【0052】

また、このような観点から、大口径変倍光学系 1 は、下記条件式 (1A) を満たすことがより好ましい。

$$-1 < f_{3f} / f_w < -0.75 \quad \dots (1A)$$

そして、この大口径変倍光学系 1 では、像側に最も近い位置に配置される最終レンズ群である第 4 レンズ群における前記 B 群は、物体側から正レンズ 146 と負レンズ 147 の 2 枚のレンズから構成されて成っている。

【0053】

軽量化の観点では手振れ補正を行う前記 B 群は、1 枚の単レンズで構成することが望ましい。しかしながら、望遠側での画角が 12 度程度の変倍光学系では、同一の手振れによる角度変化によって像面側でその変動が大きい。このため、手振れを補正するべく、手振れ補正を行う手振れ補正用のレンズも大きく移動する必要がある。この場合において、1 枚のレンズでは、色収差やコマの補正が不十分になってしまう場合がある。そのため、この大口径変倍光学系 1 のように、手振れ補正用の前記 B 群が物体側から像側へ順に正レンズと負レンズとの 2 枚で構成されることにより、手振れ補正を行った際も同様に、色収差の変動とコマ収差の変動とを抑えることが可能となる。

【0054】

また、このような構成の大口径変倍光学系 1 において、第 3 レンズ群 13 の前群は、単レンズから構成され、前記単レンズにおける物体側の曲率半径を CR_1 とし、前記単レンズにおける像面側の曲率半径を CR_2 とする場合に、下記 (2) の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.85 < (CR_1 - CR_2) / (CR_1 + CR_2) < 1.1 \quad \dots (2)$$

このような構成の大口径変倍光学系 1 では、第 3 レンズ群 13 の前群は、1 枚の単レンズから構成されるので、合焦の際に移動するレンズ群の軽量化をより一層図ることができる。前記後群は、像側に凹の曲率を大きくすることで非点収差の発生を抑えている。そし

10

20

30

40

50

て、上記条件式(2)は、合焦の際における収差変動を抑制するべく、第3レンズ群13の前記単レンズの形状を規定するものである。上記条件式(2)の値がその上限値を上回る場合には、凹の曲率が大きくなり像側の凹の面で発生する球面収差が大きくなり過ぎてしまい、合焦時の性能変動が大きくなって好ましくない。一方、上記条件式(2)の値がその下限値を下回る場合には、物体側の曲率が大きくなって、歪曲収差の発生が大きくなりその補正が困難となって好ましくない。

【0055】

また、このような観点から、大口径変倍光学系1は、下記条件式(2A)を満たすことがより好ましい。

$$0.95 < (CR1 - CR2) / (CR1 + CR2) < 1.03 \quad \dots (2A)$$

10

また、このような構成の大口径変倍光学系1において、第3レンズ群13における前記前群の焦点距離を f_{3f} とし、第3レンズ群13における前記後群の焦点距離を f_{3r} とする場合に、下記(3)の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.6 < f_{3f} / f_{3r} < 1.2 \quad \dots (3)$$

上記条件式(3)は、収差の少ない良好な光学性能を得るべく、第3レンズ群13における前群の屈折力と後群の屈折力とを適正に配分するための条件である。上記条件式(3)の値がその上限値を上回る場合には、合焦を行うためのフォーカス群である前記前群の屈折力が弱くなるため、合焦時の移動量が増大して前記後群の屈折力が強くなり過ぎるため非点収差の補正が困難となって、好ましくない。一方、上記条件式(3)の値がその下限値を下回る場合には、前記前群の屈折力が強くなり過ぎるため合焦時の球面収差の変動が大きくなってしまい、近接時の性能劣化が著しくなって、好ましくない。

20

【0056】

また、このような観点から、大口径変倍光学系1は、下記条件式(3A)を満たすことがより好ましい。

$$0.75 < f_{3f} / f_{3r} < 0.95 \quad \dots (3A)$$

また、このような構成の大口径変倍光学系1において、第1レンズ群11の焦点距離を f_1 とし、第2レンズ群の焦点距離を f_2 とする場合に、下記(4)の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.8 < f_1 / f_2 < 1.5 \quad \dots (4)$$

本構成では、正正負正の4成分構成であり、上記条件式(4)は、収差の少ない良好な光学性能を得るべく、前記4成分構成の正正の屈折力比(第1レンズ群11と第2レンズ群12との屈折力比)を適正に配分するための条件である。上記条件式(4)の値がその上限値を上回る場合には、第2レンズ群12の屈折力が強くなり過ぎてしまい、第2レンズ群12で発生する球面収差を補正することが困難となって好ましくない。一方、上記条件式(4)の値がその下限値を下回る場合には、第1レンズ群11の屈折力が強くなり過ぎてしまい、第1レンズ群11での球面収差と色収差とを補正することが困難となって好ましくない。

30

【0057】

また、このような観点から、大口径変倍光学系1は、下記条件式(4A)を満たすことがより好ましい。

$$0.9 < f_1 / f_2 < 1.2 \quad \dots (4A)$$

40

また、このような構成の大口径変倍光学系1において、下記(5)の条件式を満たすことが好ましい。

$$1.7 < f_2 / f_w < 2.6 \quad \dots (5)$$

上記条件式(5)は、収差の少ない良好な光学性能を得るべく、第2レンズ群12の屈折力を規定するものである。上記条件式(5)の値がその上限値を上回る場合には、第2レンズ群12の屈折力が強くなり過ぎてしまい、第2レンズ群12で発生する球面収差を補正することが困難となって好ましくない。

【0058】

また、このような観点から、大口径変倍光学系1は、下記条件式(5A)を満たすこと

50

がより好ましい。

$$2 < f_2 / f_w < 2.5 \quad \dots (5A)$$

また、このような構成の大口径変倍光学系 1 において、望遠端での第 2 レンズ群 1 2 の横倍率を 2_t とし、広角端での第 2 レンズ群 1 2 の横倍率を 2_w とする場合に、下記 (6) の条件式を満たすことが好ましい。

$$1.1 < 2_t / 2_w < 1.3 \quad \dots (6)$$

典型的な正負正正の 4 成分構成のズームタイプでは、変倍は、主に第 2 レンズ群の負で行うが、本実施形態では、正正負正の 4 成分構成であって、正の第 2 レンズ群 1 2 も若干の変倍を負担させており、この構成によって負の第 3 レンズ群 1 3 の変倍負担量を低減できる。そして、上記条件式 (6) の値がその上限値を上回る場合には、第 2 レンズ群での変倍が強くなり過ぎてしまい、第 2 レンズ群で発生する変倍時における湾曲の変動を抑えることが困難となって好ましくない。一方、上記条件式 (6) の値がその下限値を下回る場合には、第 3 レンズ群での変倍負担が強くなって負群の屈折力が強くなるため、合焦時の湾曲変動を補正することが困難となって、好ましくない。

【0059】

また、このような観点から、大口径変倍光学系 1 は、下記条件式 (6A) を満たすことがより好ましい。

$$1.15 < 2_t / 2_w < 1.22 \quad \dots (6A)$$

また、このような構成の大口径変倍光学系 1 において、最終レンズ群 (本実施形態では第 4 レンズ群 1 4) における最像面側レンズの焦点距離を f_{rr} とする場合に、前記最終レンズ群における最も像面側に配置される最像面側レンズは、物体側に凸の正単レンズから構成されて成り、下記 (7) の条件式を満たすことが好ましい。

$$1.3 < f_{rr} / f_w < 1.8 \quad \dots (7)$$

上記条件式 (7) は、収差の少ない良好な光学性能を得るべく、前記最終レンズ群における前記最像面側レンズの屈折力を規定するものである。上記条件式 (7) の値がその上限値を上回る場合には、最像面側の正レンズの屈折力が弱くなるため、テレセントリック性を確保するためにはレンズバックを長くとる必要がある、この結果、第 3 レンズ群 1 3 の負レンズの屈折力の増大になって、第 2 レンズ群 1 2 で発生する変倍時における湾曲の変動を抑えることができなくなって好ましくない。

【0060】

特に、固体撮像素子を用いた撮像装置に、この大口径変倍光学系 1 を用いる場合には、効果的である。このような撮像装置には、固体撮像素子の集光効率を向上させるために、固体撮像素子の各画素には、その前面にマイクロレンズがそれぞれ配置されることが多い。このマイクロレンズでは、通常、一定の瞳位置から光束が入射されないと画素への入射がケラれたり、隣接する画素へ入射してしまう等の不都合が生じる。そこで、固体撮像素子を用いた撮像装置では、所定のテレセントリック性が光学系に求められている。したがって、本態様の大口径変倍光学系 1 は、好適に用いられ、上記条件式 (7) を満たすことで、小型化も達成することが可能となる。

【0061】

また、このような観点から、大口径変倍光学系 1 は、下記条件式 (7A) を満たすことがより好ましい。

$$1.5 < f_{rr} / f_w < 1.67 \quad \dots (7A)$$

また、このような構成の大口径変倍光学系 1 において、最終レンズ群 (本実施形態では第 4 レンズ群 1 4) における前記 B 群の焦点距離を f_{rb} とし、最終レンズ群における C 群の焦点距離を f_{rc} とする場合に、下記 (8) の条件式を満たすことが好ましい。

$$-0.8 < f_{rb} / f_{rc} < -0.35 \quad \dots (8)$$

一般に、手振れ補正を行うレンズ群に望まれる条件は、光学的には光軸方向に変動させた際に結像性能の劣化が少ないこと、および、鏡筒構成上では移動量が少なく軽量であることである。そして、鏡筒構成上の軽量化には、レンズ枚数を少なくすること、および、レンズ外径を抑えることが重要となる。本実施形態の大口径変倍光学系 1 では、最終レン

10

20

30

40

50

ズ群の絞り 1 5 より像側を 3 個の群に分け、その間に位置する B 群を手振れ補正用のレンズ群とすることによって上記条件を満たすことが可能となる。

【 0 0 6 2 】

そして、上記条件式 (8) は、収差の少ない良好な光学性能を得るべく、前記 B 群の屈折力と前記 C 群の屈折力とを適正に配分するための条件である。上記条件式 (8) の値がその上限値を上回る場合には、B 群の屈折力が強くなり過ぎるため、手振れ補正の際に性能劣化が大きくなって好ましくない。一方、上記条件式 (8) の値がその下限値を下回る場合には、C 群の屈折力が強くなりすぎ C 群中で発生するコマ収差が強くなって、その補正が困難となり、好ましくない。

【 0 0 6 3 】

また、このような観点から、大口径変倍光学系 1 は、下記条件式 (8 A) を満たすことがより好ましい。

$$- 0 . 7 4 < f r b / f r c < - 0 . 4 \quad \cdot \cdot \cdot (8 A)$$

また、このような構成の大口径変倍光学系 1 において、可動する各レンズ群やシャッター (不図示) 等の駆動には、カムやステッピングモータ等が用いられても良いし、あるいは、圧電アクチュエーターが用いられても良い。圧電アクチュエーターを用いる場合には、駆動装置の体積および消費電力の増加を抑制しつつ、各群を独立に駆動させることも可能で、撮像装置の更なるコンパクト化を図ることができる。

【 0 0 6 4 】

また、このような構成の大口径変倍光学系 1 において、各レンズ群 1 1 ~ 1 4 の各レンズ 1 1 1 ~ 1 4 b は、ガラスレンズであっても樹脂材料製レンズであってもよい。また、大口径変倍光学系 1 は、ガラスレンズおよび樹脂材料製レンズの両者を含むものであってもよい。特に、可動する第 3 レンズ群 1 3 の単レンズ 1 3 1 は、軽量化の観点から、樹脂材料製レンズであることが好ましい。このように軽量化を図ることによって、動画撮影の際に、動きのある被写体に対し、合焦をより適切に追従させることが可能となる。また、特に、可動する、第 4 レンズ群 1 4 の前記 B 群は、軽量化の観点から、樹脂材料製レンズであることが好ましい。

【 0 0 6 5 】

また、この樹脂材料製レンズを用いる場合には、樹脂材料 (プラスチック) 中に最大長が 3 0 ナノメートル以下の粒子を分散させた素材を用いて成形したレンズであることが好ましい。

【 0 0 6 6 】

一般に透明な樹脂材料に微粒子を混合させると、光が散乱し透過率が低下するので、光学材料として使用することが困難であったが、微粒子の大きさを透過光束の波長よりも小さくすることによって、光は、実質的に散乱しない。そして、樹脂材料は、温度上昇に伴って屈折率が低下してしまうが、無機粒子は、逆に、温度上昇に伴って屈折率が上昇する。このため、このような温度依存性を利用して互いに打ち消し合うように作用させることで、温度変化に対して屈折率変化がほとんど生じないようにすることができる。より具体的には、母材となる樹脂材料に最大長で 3 0 ナノメートル以下の無機微粒子を分散させることによって、屈折率の温度依存性を低減した樹脂材料となる。例えば、アクリルに酸化ニオブ (Nb_2O_5) の微粒子を分散させる。このような構成の反射屈折光学系 1 において、少なくとも 1 枚のレンズに、このような無機微粒子を分散させたプラスチック材料製レンズを用いることによって、反射屈折光学系 1 の環境温度変化に伴うバックフォーカスのずれを小さく抑えることが可能となる。

【 0 0 6 7 】

このような無機微粒子を分散させたプラスチック材料製レンズは、以下のように成形されることが好ましい。

【 0 0 6 8 】

屈折率の温度変化について説明すると、屈折率の温度変化 $n (T)$ は、ローレンツ・ローレンツの式に基づいて、屈折率 n を温度 T で微分することによって式 F で表される。

10

20

30

40

50

$$n(T) = ((n^2 + 2) \times (n^2 - 1)) / 6n \times (-3 + (1/[R])) \times ([R]/T) \dots (F)$$

ただし、 α は、線膨張係数であり、 $[R]$ は、分子屈折である。

【0069】

樹脂材料の場合では、一般に、屈折率の温度依存性に対する寄与は、式 F 中の第 1 項に較べて第 2 項が小さく、ほぼ無視することができる。例えば、PMM A 樹脂の場合では、線膨張係数 α は、 7×10^{-5} であって、式 10 に代入すると、 $n(T) = -1.2 \times 10^{-5} (\text{ / })$ となり、実測値と略一致する。

【0070】

具体的には、従来は、 $-1.2 \times 10^{-5} [\text{ / }]$ 程度であった屈折率の温度変化 $n(T)$ を、絶対値で $8 \times 10^{-5} [\text{ / }]$ 未満に抑えることが好ましい。さらに好ましくは、絶対値で $6 \times 10^{-5} [\text{ / }]$ 未満にすることである。

10

【0071】

よって、このような樹脂材料としては、ポリオレフィン系の樹脂材料やポリカーボネイト系の樹脂材料やポリエステル系の樹脂材料が好ましい。ポリオレフィン系の樹脂材料では、屈折率の温度変化 $n(T)$ は、約 $-1.1 \times 10^{-5} (\text{ / })$ となり、ポリカーボネイト系の樹脂材料では、屈折率の温度変化 $n(T)$ は、約 $-1.4 \times 10^{-5} (\text{ / })$ となり、そして、ポリエステル系の樹脂材料では、屈折率の温度変化 $n(T)$ は、約 $-1.3 \times 10^{-5} (\text{ / })$ となる。

【0072】

なお、上述では、変倍機能を主要観点として各レンズ群を分けて説明したが、変倍機能および合焦機能の観点から、各レンズ群を分けて説明することもできる。この場合では、本実施形態にかかる大口径変倍光学系 1 は、物体側より像側へ順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 2 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 2 2 と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 2 3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 2 4 と、正の屈折力を有する最も像面に配置される第 5 レンズ群 2 5 とを備え、広角端から望遠端への変倍時に、第 5 レンズ群 2 5 は、固定であって、少なくとも第 2 ないし第 4 レンズ群 2 2 ~ 2 4 は、像側に移動し、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第 3 レンズ群 2 3 を像側に移動することによって合焦するものであって、上記 (1) の条件式を満たす。ここで、本表現による第 1 レンズ群 2 1、第 2 レンズ群 2 2、第 3 レンズ群 2 3、第 4 レンズ群 2 4 および第 5 レンズ群 2 5 は、それぞれ、上述の、第 1 レンズ群 1 1、第 2 レンズ群 1 2、第 3 レンズ群 1 3 の前群 1 3 f r、第 3 レンズ群 1 3 の後群 1 3 b a および第 4 レンズ群 1 4 である。

20

30

【0073】

< 大口径変倍光学系と組み合わせ可能な撮像装置の説明 >

次に、上述の大口径変倍光学系 1 と組み合わせられる、レフレックスミラーの無いミラーレスタイプの撮像装置について説明する。ここでは、大口径変倍光学系 1 がミラーレスタイプの撮像装置と組み合わせられる場合について説明するが、レフレックスミラーがあるタイプの撮像装置と組み合わせられてもよい。図 3 は、実施形態における撮像装置の構成を示すブロック図である。図 3 において、撮像装置 3 は、交換レンズ装置 4 と、撮像装置本体 5 とを備えている。

40

【0074】

交換レンズ装置 4 は、撮像装置本体 5 に対し着脱可能な光学系である。交換レンズ装置 4 は、撮像レンズとして機能する図 1 に示したような大口径変倍光学系 1 と、光軸方向にフォーカスレンズを駆動してフォーカシングを行うための図略のレンズ駆動装置や手ぶれ補正用のレンズ群を駆動して手ぶれ補正を行うための図略の移動機構等とを備えて構成される。

【0075】

撮像装置本体 5 は、撮像素子 5 1 と、第 1 表示装置 5 2 と、ファインダ用の第 2 表示装置 5 3 と、処理制御部 5 4 と、接眼レンズ 5 5 とを備えている。被写体からの光線は、大口径変倍光学系 1 によって撮像素子 5 1 の受光面上に結像され、被写体の光学像となる。

50

【 0 0 7 6 】

撮像素子 5 1 は、大口径変倍光学系 1 により結像された被写体の光学像を R , G , B の色成分の電気信号 (画像信号) に変換し、R , G , B 各色の画像信号として処理制御部 5 4 に出力するものである。撮像素子 5 1 は、例えば C C D (Charge-Coupled Devices) 型イメージセンサや C M O S (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 型イメージセンサ等の 2 次元イメージセンサ等である。処理制御部 5 4 によって撮像素子 5 1 における各画素の出力信号の読出し (水平同期、垂直同期、転送) 等の撮像動作が制御され、撮像素子 5 1 は、処理制御部 5 4 によって静止画あるいは動画のいずれか一方の撮像を行う。

【 0 0 7 7 】

処理制御部 5 4 は、撮像素子 5 1 から出力された R , G , B 各色の画像信号に基づいて被写体の画像における画像データを生成するものである。より具体的には、処理制御部 5 4 は、撮像素子 5 1 からのアナログ出力信号に対し、増幅処理、デジタル変換処理等を行うと共に、画像全体に対して適正な黒レベルの決定、補正、ホワイトバランス調整 (WB 調整)、輪郭補正および色ムラ補正等の周知の画像処理を行って、画像信号から画像データを生成する。そして、処理制御部 5 4 は、この画像データに対し、解像度変換等の所定の画像処理を行う。処理制御部 5 4 は、この画像データを第 1 表示装置 5 2 および第 2 表示装置 5 3 へそれぞれ出力する。また、処理制御部 5 4 は、撮像装置本体 5 全体を制御する。この制御によって、撮像装置本体 5 は、被写体の静止画撮影および動画撮影の少なくとも一方の撮影を実行するよう制御される。処理制御部 5 4 は、例えば、マイクロプロセッサ、記憶素子および周辺回路等を備えて構成される。

【 0 0 7 8 】

また、必要に応じて処理制御部 5 4 は、撮像素子 5 1 の受光面上に形成される被写体の光学像における歪みを補正する公知の歪み補正処理等の、大口径変倍光学系 1 では補正しきれなかった収差を補正するように構成されてもよい。歪み補正は、収差によって歪んだ画像を肉眼で見える光景と同様な相似形の略歪みのない自然な画像に補正するものである。このように構成することによって、大口径変倍光学系 1 によって撮像素子 5 1 へ導かれた被写体の光学像に歪みが生じていたとしても、略歪みのない自然な画像を生成することが可能となる。また、このような歪みを情報処理による画像処理で補正する構成では、特に、歪曲収差を除く他の諸収差だけを考慮すればよいので、大口径変倍光学系 1 の設計の自由度が増し、設計がより容易となる。

【 0 0 7 9 】

また、必要に応じて処理制御部 5 4 は、撮像素子 5 1 の受光面上に形成される被写体の光学像における周辺照度落ちを補正する公知の周辺照度落ち補正処理を含んでもよい。周辺照度落ち補正 (シェーディング補正) は、周辺照度落ち補正を行うための補正データを予め記憶しておき、撮影後の画像 (画素) に対して補正データを乗算することによって実行される。周辺照度落ちが主に撮像素子 5 1 における感度の入射角依存性、レンズの口径食およびコサイン 4 乗則等によって生じるため、前記補正データは、これら要因によって生じる照度落ちを補正するような所定値に設定される。このように構成することによって、大口径変倍光学系 1 によって撮像素子 5 1 へ導かれた被写体の光学像に周辺照度落ちが生じていたとしても、周辺まで十分な照度を持った画像を生成することが可能となる。

【 0 0 8 0 】

なお、本実施形態では、撮像素子 5 1 の撮像面における画素ピッチに対し、色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイの配置のピッチを、シェーディングを軽減するように僅かに小さく設定することによって、シェーディング補正が行われてもよい。このような構成では、前記ピッチを僅かに小さく設定することによって、撮像素子 5 1 における撮像面の周辺部に行くほど各画素に対し色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイが大口径変倍光学系 1 の光軸側へシフトするため、斜入射の光束を効率的に各画素の受光部に導くことができる。これにより撮像素子 5 1 で発生するシェーディングが小さく抑えられる。

【 0 0 8 1 】

第1表示装置52は、撮像装置本体5の背面に配置され、処理制御部54からの画像データによって被写体の画像を表示するものである。第1表示装置52は、例えば、LCD（液晶ディスプレイ）および有機ELディスプレイ等である。第1表示装置52によっていわゆるライブビューが表示される。

【0082】

第2表示装置53は、撮像装置本体5内に配置され、電子ビューファインダーとして、処理制御部54からの画像データによって被写体の画像を表示するものである。第2表示装置53は、例えば、LCD（液晶ディスプレイ）および有機ELディスプレイ等である。第2表示装置53に表示された画像は、接眼レンズ55を介して観察される。

【0083】

なお、上述では、撮像装置3は、交換レンズタイプであるが、撮像装置本体と大口径変倍光学系1の撮像光学系とを一体に組み合わせた一体型であってもよい。また、第2表示装置53および接眼レンズ55は、省略されてもよい。また、手ぶれを検出する振動ジャイロや、前記検出結果に基づいて、前記手ぶれ補正用のレンズ群を駆動して手ぶれ補正を行うための前記図略の移動機構の制御を行う手ぶれ補正制御装置は、交換レンズ装置4に組み込まれてもよく、また、撮像装置本体5に組み込まれてもよい。あるいは、前記振動ジャイロおよび手ぶれ補正制御装置は、別々に、交換レンズ装置4および撮像装置本体5に組み込まれてもよい。

【0084】

このような構成の撮像装置3において、まず、静止画を撮影する場合は、処理制御部54は、撮像装置3および撮像装置本体4に静止画の撮影を行わせるように制御すると共に、図略の前記レンズ駆動装置を動作させ、フォーカスレンズを移動させることによってフォーカシングを行う。また、交換レンズ装置4の大口径変倍光学系1における前記レンズ群（図1に示す例では大口径変倍光学系1のレンズ146およびレンズ147の負レンズ群）によって手ぶれ補正も行われる。これにより、ピントの合った光学像が撮像素子51の受光面に周期的に繰り返し結像され、R、G、Bの色成分の画像信号に変換された後、処理制御部54に出力される。その画像信号は、処理制御部54により画像処理が行われた後、その画像信号に基づく画像が第1および第2表示装置52、53のそれぞれに表示される。そして、撮影者は、第1表示装置52または接眼レンズ55を介して第2表示装置53を参照することで、主被写体をその画面中の所望の位置に収まるように調整することが可能となる。この状態でいわゆるシャッターボタン（不図示）が押されることによって、処理制御部54における、静止画用のメモリとしての記憶素子に画像データが格納され、静止画像が得られる。なお、変倍動作は、前記撮影者によって適宜に行われる。

【0085】

また、動画撮影を行う場合は、処理制御部54は、撮像装置3および撮像装置本体4に動画の撮影を行わせるように制御する。後は、静止画撮影の場合と同様にして、撮影者は、第1表示装置52または接眼レンズ55を介して第2表示装置53を参照することで、被写体の像が、その画面中の所望の位置に収まるように調整することができる。前記シャッターボタン（不図示）が押されることによって、動画撮影が開始される。そして、動画撮影時、処理制御部54は、撮像装置3および撮像装置本体4に動画の撮影を行わせるように制御すると共に、図略の前記レンズ駆動装置を動作させ、フォーカシングを行う。また、交換レンズ装置4の大口径変倍光学系1における前記レンズ群によって手ぶれ補正も行われる。これによって、ピントの合った光学像が撮像素子51の受光面に周期的に繰り返し結像され、R、G、Bの色成分の画像信号に変換された後、処理制御部54に出力される。その画像信号は、処理制御部54により画像処理が行われた後、その画像信号に基づく画像が第1および第2表示装置52、53のそれぞれに表示される。そして、もう一度前記シャッターボタン（不図示）を押すことで、動画撮影が終了する。撮影された動画は、処理制御部54における、動画用のメモリとしての記憶素子に格納され、動画画像が得られる。なお、変倍動作は、前記撮影者によって適宜に行われる。

【0086】

10

20

30

40

50

このような構成の撮像装置 3 は、合焦の際に移動する光学系をより軽量化することができる。したがって、合焦の際に移動する前記光学系を駆動するアクチュエーターの負荷を小さくすることができ、この結果、このような構成の撮像装置 3 は、アクチュエーターの作動音の低減化を図ることができる。また、このような構成の撮像装置 3 は、光学系シフト式手ぶれ補正機能を実現するための光学系を搭載した大口径変倍光学系 1 を備えるので、このような撮像装置 3 は、手ぶれ補正機能をより容易に装備することができる。

【0087】

<大口径変倍光学系のより具体的な実施形態の説明>

以下、図 1 に示したような大口径変倍光学系 1、すなわち図 2 に示したような撮像装置 3 に備えられる大口径変倍光学系 1 の具体的な構成を、図面を参照しつつ説明する。

10

【実施例 1】

【0088】

図 4 は、実施例 1 における大口径変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。図 4 (A) は、広角端 (W I D E) の場合を示し、図 4 (B) は、望遠端 (T E L E) の場合を示している。図 4 において、矢符は、変倍における各レンズ群の移動の様子を概略で示している。以上のような扱いは、以下に示す実施例 2 ~ 6 にかかるレンズ群の配列を示す断面図である図 5 ないし図 9 においても同様である。

【0089】

図 10 ないし図 13 は、実施例 1 における変倍光学系の収差図である。図 10 は、無限遠端の場合における縦収差図であり、図 11 は、無限遠端の場合における横収差図であり、図 12 は、最近接端の場合における縦収差図であり、図 13 は、最近接端の場合における横収差図である。これら図 10 ないし図 13 の各図において、その (A) は、広角端 (W I D E) の場合を示し、その (B) は、中間点 (M I D D L E) の場合を示し、そして、その (C) は、望遠端 (T E L E) の場合を示す。以上のような扱いは、以下に示す実施例 2 ~ 6 にかかる収差図である図 14 ~ 図 17 ; 図 18 ~ 図 21 ; 図 22 ~ 25 ; 図 26 ~ 図 29 ; 図 30 ~ 図 33 においても同様である。

20

【0090】

実施例 1 の変倍光学系 1 A は、図 4 に示すように、各レンズ群 $G r 1$ 、 $G r 2$ 、 $G r 3$ 、 $G r 4$ が物体側から像側へ順に、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 $G r 1$ と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 $G r 2$ と、全体として負の屈折力を有する第 3 レンズ群 $G r 3$ と、全体として正の屈折力を有する第 4 レンズ群 $G r 4$ とからなる正・正・負・正の 4 成分ズーム構成であり、変倍時 (ズーミングの際) には、図 4 に示すように、最像側に配置される第 4 レンズ群 $G r 4$ は、固定され、第 1 ないし第 3 レンズ群 $G r 2$ 、 $G r 3$ は、移動する。光学絞り $S T$ は、第 4 レンズ群 $G r 4$ に含まれおり、後述のレンズ $L 1 2$ とレンズ $L 1 3$ との間に配置される。

30

【0091】

より詳しくは、実施例 1 の変倍光学系 1 A は、各レンズ群 $G r 1 \sim G r 4$ では各レンズ L が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【0092】

第 1 レンズ群 $G r 1$ は、物体側に凸の負メニスカスレンズ (第 1 レンズ $L 1$) と、両凸の正レンズ (第 2 レンズ $L 2$) と、物体側に凸の正メニスカスレンズ (第 3 レンズ $L 3$) とから構成されてなる。

40

【0093】

第 2 レンズ群 $G r 2$ は、物体側に凸の負メニスカスレンズ (第 4 レンズ $L 4$) と、両凸の正レンズ (第 5 レンズ $L 5$) とから構成されてなる。

【0094】

第 3 レンズ群 $G r 3$ は、物体側に凸の負メニスカスレンズ (第 6 レンズ $L 6$) と、両凹の負レンズ (第 7 レンズ $L 7$) と、両凸の正レンズ (第 8 レンズ $L 8$) と、両凹の負レンズ (第 9 レンズ $L 9$) とから構成されてなる。第 6 レンズ $L 6$ は、前群 $G r 3 f r$ を構成し、第 7 ないし第 9 レンズ $L 7 \sim L 9$ は、後群 $G r 3 b a$ を構成している。すなわち、第

50

3 レンズ群 $G r 3$ の前群 $G r 3 f r$ は、第 6 レンズ $L 6$ の単レンズで構成されてなる。そして、第 7 レンズ $L 7$ と第 8 レンズ $L 8$ とは、接合レンズである。

【 0 0 9 5 】

第 4 レンズ群 $G r 4$ は、両凸の正レンズ（第 10 レンズ $L 10$ ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 11 レンズ $L 11$ ）と、両凸の正レンズ（第 12 レンズ $L 12$ ）と、光学絞り $S T$ と、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 13 レンズ $L 13$ ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 14 レンズ $L 14$ ）と、両凸の正レンズ（第 15 レンズ $L 15$ ）と、両凹の負レンズ（第 16 レンズ $L 16$ ）と、両凸の正レンズ（第 17 レンズ $L 17$ ）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第 18 レンズ $L 18$ ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 19 レンズ $L 19$ ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 20 レンズ $L 20$ ）とから構成されてなる。第 10 レンズ $L 10$ と第 11 レンズ $L 11$ とは、接合レンズであり、第 13 レンズ $L 13$ と第 14 レンズ $L 14$ とは、接合レンズであり、第 15 レンズ $L 15$ と第 16 レンズ $L 16$ とは、接合レンズであり、そして、第 18 レンズ $L 18$ と第 19 レンズ $L 19$ とは、接合レンズである。

10

【 0 0 9 6 】

光学絞り $S T$ は、本実施例では、開口絞りであるが、メカニカルシャッタであってもよい。後述の他の各実施例 2 ~ 6 も同様である。

【 0 0 9 7 】

そして、第 4 レンズ群 $G r 4$ の像側には、フィルタとしての平行平板 $F T$ を介して撮像素子 $S R$ の受光面が配置されている。

20

【 0 0 9 8 】

図 4 において、各レンズ面に付されている番号 $r i$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) は、物体側から数えた場合の i 番目のレンズ面（ただし、レンズの接合面は 1 つの面として数えるものとする。）である。なお、光学絞り $S T$ 、平行平板 $F T$ の両面および撮像素子 $S R$ の受光面も 1 つの面として扱っている。このような取り扱いおよび符号の意義は、後述の実施例 2 ないし実施例 6 についても同様である（図 5 ないし図 9）。ただし、全く同一のものであるという意味ではなく、例えば、各実施例 1 ~ 6 の各図 4 ~ 図 9 を通じて、最も物体側に配置されるレンズ面には、同じ符号（ $r 1$ ）が付されているが、これらの曲率などが各実施例 1 ~ 6 を通じて同一であるという意味ではない。

【 0 0 9 9 】

このような構成の下で、物体側から入射した光線は、光軸 $A X$ に沿って、順に第 1 レンズ群 $G r 1$ 、第 2 レンズ群 $G r 2$ 、第 3 レンズ群 $G r 3$ 、第 4 レンズ群 $G r 4$ （光学絞り $S T$ を含む）および平行平板 $F T$ を通過し、撮像素子 $S R$ の受光面に物体の光学像を形成する。そして、撮像素子 $S R$ では、光学像が電気的な信号に変換される。この電気信号は、必要に応じて所定のデジタル画像処理などが施され、デジタル映像信号として例えばデジタルカメラ等のデジタル機器のメモリに記録されたり、有線あるいは無線の通信によって他のデジタル機器に伝送されたりする。

30

【 0 1 0 0 】

この実施例 1 の変倍光学系 1 A では、広角端（ $W I D E$ ）から中間点（ $M I D D L E$ ）を経て望遠端（ $T E L E$ ）への変倍時に、図 4 に示すように、第 1 レンズ群 $G r 1$ は、単調に増加するように像側から物体側へ移動し、第 2 レンズ群 $G r 2$ は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、第 3 レンズ群 $G r 3$ は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、そして、第 4 レンズ群 $G r 4$ は、固定される。したがって、光学絞り $S T$ も固定される。

40

【 0 1 0 1 】

そして、合焦は、第 3 レンズ群 $G r 3$ の前群 $G r 3 f r$ を光軸方向に沿って移動させることによって行われる。より具体的には、第 3 レンズ群 $G r 3$ の前群 $G r 3 f r$ を構成する単レンズの第 6 レンズ $L 6$ が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に像側に移動し、これによって合焦が行われる。

【 0 1 0 2 】

50

また、本実施例では、第4レンズ群Gr4は、手振れ補正を行うためのレンズ群を含んでいる。より具体的には、この第4レンズ群Gr4の光学絞りSTより像側において、第13および第14レンズL13、L14は、全体として正の屈折力を有するA群を構成し、第15および第16レンズL15、L16は、全体として負の屈折力を有するB群を構成し、第17ないし第20レンズL17~L20は、全体として正の屈折力を有するC群を構成し、前記B群を光軸AXに対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正が行われる。

【0103】

実施例1の変倍光学系1Aにおける、各レンズのコンストラクションデータを以下に示す。

【0104】

数値実施例1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	87.746	1.20	1.70114	29.72	
2	53.695	0.10			
3	55.006	4.97	1.49700	81.50	
4	-587.228	0.10			20
5	55.101	3.80	1.49700	81.50	
6	362.506	0.60			
7	85.335	0.95	1.66236	32.68	
8	22.179	0.48			
9	24.698	4.40	1.77250	49.70	
10	-287.474	1.00			
11	1001.198	0.95	1.76553	50.02	
12	24.542	5.36			
13	-37.278	0.95	1.61817	60.32	
14	25.547	2.91	1.84666	23.82	30
15	-186.830	1.49			
16	-38.086	0.95	1.77250	49.70	
17	1127.916	22.03			
18	97.154	4.08	1.74988	50.78	
19	-19.382	0.95	1.89464	29.90	
20	-132.634	0.20			
21	63.265	1.84	1.84666	23.82	
22	-217.205	0.50			
23 (絞り)		0.50			
24	17.698	1.92	1.78919	30.34	40
25	11.982	9.51	1.50563	79.17	
26	103.614	1.81			
27	2490.007	3.50	1.84666	23.82	
28	-15.617	1.60	1.70845	30.66	
29	16.201	2.07			
30	56.158	2.15	1.90366	31.31	
31	-48.632	0.90			
32	-37.100	3.33	1.49700	81.60	
33	-12.176	1.64	1.70561	32.65	
34	-159.017	10.80			50

3 5	20.548	5.00	1.49700	81.60
3 6	79.511	12.28		
3 7		4.2	1.51680	64.17
3 8		1		

像面

各種データ

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離
1	1	6	80.79
2	7	10	82.38
3 f r	11	12	-32.88
3 b a	13	17	-40.911
4	18	36	32.57

10

Variable Distance

無限遠物体（被写体距離；無限大）

	広角端	中間点	望遠端
被写体との距離			
第6面と第7面間	0.600	16.020	26.474
第10面と第11面間	1.000	2.042	1.412
第11面と第12面間	5.357	5.630	6.509
第17面と第18面間	22.027	12.836	1.000

20

近距離物体（被写体距離；最近接）

	広角端	中間点	望遠端
被写体との距離	1070	1070	1070
第6面と第7面間	0.600	16.020	26.474
第10面と第11面間	2.804	4.185	4.035
第11面と第12面間	3.553	3.490	3.891
第17面と第18面間	22.027	12.836	1.000

ズームデータ

ズーム比 f_t / f_w 2.73

30

	広角	中間	望遠
焦点距離	35.81	61.72	97.69
画角 (2°)	33.57	19.85	12.62
B F	1.00	0.97	1.01
レンズ全長	122.00	129.55	128.42
Fナンバー	2.85	2.85	2.85

上記の面データにおいて、面番号は、図4に示した各レンズ面に付した符号 r_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) の番号 i が対応する。

【0105】

また、“ r ”は、各面の曲率半径（単位はmm），“ d ”は、無限遠合焦状態での光軸上の各レンズ面の間隔（軸上面間隔），“ n_d ”は、各レンズの d 線（波長 587.56 nm ）に対する屈折率、“ d ”は、アッペ数をそれぞれ示している。なお、光学絞り S T、平行平板 F T の両面、撮像素子 S R の受光面の各面は、平面であるために、それらの曲率半径は、（無限大）である。

40

【0106】

以上のような扱いは、以下に示す実施例2～6にかかるコンストラクションデータにおいても同様である。

【0107】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例1の撮像レンズ1Aにおける各収差を図10ないし図13に示す。図10および図12の(A)、(B)および(C)におい

50

て左から順に、球面収差（正弦条件）（LONGITUDINAL SPHERICAL ABERRATION）、非点収差（ASTIGMATISM FIELD CURVER）および歪曲収差（DISTORTION）をそれぞれ示す。球面収差の横軸は、焦点位置のずれをmm単位で表しており、その縦軸は、最大入射高で規格化した値で表している。非点収差の横軸は、焦点位置のずれをmm単位で表しており、その縦軸は、像高（IMG HT）をmm単位で表している。歪曲収差の横軸は、実際の像高を理想像高に対する割合（％）で表しており、縦軸は、その像高をmm単位で表している。また、非点収差の図中、破線は、タンジェンシャル（メリディオナル）面、実線は、サジタル（ラディアル）面における結果をそれぞれ表している。球面収差、非点収差および歪曲収差の図は、d線（波長587.56nm）を用いた場合の結果である。

【0108】

以上のような扱いは、以下に示す実施例2～6にかかる縦収差を示す図14、図16；図18、図20；図22、図24；図26、図28；図30、図32においても同様である。

【0109】

また、図11および図13において、左側がタンジェンシャル（メリディオナル）面の場合を示し、右側がサジタル（ラディアル）面の場合を示し、上から順に、中心（光軸AX）から有効領域端までの長さを10割とした場合に、10割位置の場合、8割位置の場合、5割位置の場合、4割位置の場合および中心位置の場合をそれぞれ示す。これら各図の横軸は、主光線に対する入射光線高さをmm単位で表しており、これら各図の縦軸は、像面での主光線からのずれをmm単位で表している。横収差図もd線を用いた場合の結果である。

【0110】

以上のような扱いは、以下に示す実施例2～6にかかる横収差を示す図15、図17；図19、図21；図23、図25；図27、図29；図31、図33においても同様である。

【実施例2】

【0111】

図5は、実施例2における大口径変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。図14ないし図17は、実施例2における変倍光学系の収差図である。図14は、無限遠端の場合における縦収差図であり、図15は、無限遠端の場合における横収差図であり、図16は、最近接端の場合における縦収差図であり、図17は、最近接端の場合における横収差図である。

【0112】

実施例2の変倍光学系1Bは、図5に示すように、各レンズ群Gr1、Gr2、Gr3、Gr4が物体側から像側へ順に、全体として正の屈折力を有する第1レンズ群Gr1と、全体として正の屈折力を有する第2レンズ群Gr2と、全体として負の屈折力を有する第3レンズ群Gr3と、全体として正の屈折力を有する第4レンズ群Gr4とからなる正・正・負・正の4成分ズーム構成であり、変倍時（ズーミングの際）には、図5に示すように、最像側に配置される第4レンズ群Gr4は、固定され、第1ないし第3レンズ群Gr1、Gr2、Gr3は、移動する。光学絞りSTは、第4レンズ群Gr4に含まれおり、後述のレンズL12とレンズL13との間に配置される。

【0113】

より詳しくは、実施例2の変倍光学系1Bは、各レンズ群Gr1～Gr4では各レンズLが物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【0114】

第1レンズ群Gr1は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第1レンズL1）と、両凸の正レンズ（第2レンズL2）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第3レンズL3）とから構成されてなる。

【0115】

第2レンズ群Gr2は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第4レンズL4）と、両凸

10

20

30

40

50

の正レンズ（第5レンズL5）とから構成されてなる。

【0116】

第3レンズ群Gr3は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第6レンズL6）と、両凹の負レンズ（第7レンズL7）と、両凸の正レンズ（第8レンズL8）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第9レンズL9）とから構成されてなる。第6レンズL6は、前群Gr3frを構成し、第7ないし第9レンズL7～L9は、後群Gr3baを構成している。すなわち、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frは、第6レンズL6の単レンズで構成されてなる。そして、第7レンズL7と第8レンズL8とは、接合レンズである。

【0117】

第4レンズ群Gr4は、両凸の正レンズ（第10レンズL10）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第11レンズL11）と、両凸の正レンズ（第12レンズL12）と、光学絞りSTと、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第13レンズL13）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第14レンズL14）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第15レンズL15）と、両凹の負レンズ（第16レンズL16）と、両凸の正レンズ（第17レンズL17）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第18レンズL18）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第19レンズL19）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第20レンズL20）とから構成されてなる。第10レンズL10と第11レンズL11とは、接合レンズであり、第13レンズL13と第14レンズL14とは、接合レンズであり、第15レンズL15と第16レンズL16とは、接合レンズであり、そして、第18レンズL18と第19レンズL19とは、接合レンズである。

10

20

【0118】

そして、第4レンズ群Gr4の像側には、フィルタとしての平行平板FTを介して撮像素子SRの受光面が配置されている。

【0119】

このような構成の下で、物体側から入射した光線は、光軸AXに沿って、順に第1レンズ群Gr1、第2レンズ群Gr2、第3レンズ群Gr3、第4レンズ群Gr4（光学絞りSTを含む）および平行平板FTを通過し、撮像素子SRの受光面に物体の光学像を形成する。そして、撮像素子SRでは、光学像が電気的な信号に変換され、この電気信号は、上述のように処理される。

【0120】

この実施例2の変倍光学系1Bでは、広角端(WIDE)から中間点(MIDDLE)を経て望遠端(TELE)への変倍時に、図5に示すように、第1レンズ群Gr1は、単調に増加するように像側から物体側へ移動し、第2レンズ群Gr2は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、第3レンズ群Gr3は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、そして、第4レンズ群Gr4は、固定される。したがって、光学絞りSTも固定される。

30

【0121】

そして、合焦は、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frを光軸方向に沿って移動させることによって行われる。より具体的には、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frを構成する単レンズの第6レンズL6が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に像側に移動し、これによって合焦が行われる。

40

【0122】

また、本実施例では、第4レンズ群Gr4は、手振れ補正を行うためのレンズ群を含んでいる。より具体的には、この第4レンズ群Gr4の光学絞りSTより像側において、第13および第14レンズL13、L14は、全体として正の屈折力を有するA群を構成し、第15および第16レンズL15、L16は、全体として負の屈折力を有するB群を構成し、第17ないし第20レンズL17～L20は、全体として正の屈折力を有するC群を構成し、前記B群を光軸AXに対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正が行われる。

【0123】

50

実施例 2 の変倍光学系 1 B における、各レンズのコンストラクションデータを以下に示す。

【 0 1 2 4 】

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	80.593	1.20	1.69832	29.91	
2	50.100	0.10			10
3	50.137	5.09	1.49700	81.50	
4	-2182.194	0.10			
5	58.506	3.74	1.49700	81.50	
6	488.326	0.60			
7	122.901	0.95	1.64209	34.65	
8	22.572	0.38			
9	24.861	4.08	1.77250	49.70	
1 0	-239.648	1.00			
1 1	696.409	0.95	1.73791	51.40	
1 2	27.745	4.87			20
1 3	-41.384	0.95	1.77250	49.70	
1 4	23.536	3.05	1.84666	23.82	
1 5	-137.228	1.44			
1 6	-36.531	0.95	1.71708	52.56	
1 7	-803.532	21.32			
1 8	2816.307	3.58	1.77250	49.70	
1 9	-19.567	0.95	1.81231	27.92	
2 0	-54.538	0.20			
2 1	221.186	1.33	1.84666	23.82	
2 2	-211.103	0.50			30
2 3 (絞リ)		0.50			
2 4	18.434	1.50	1.88474	32.79	
2 5	13.333	9.50	1.57177	66.05	
2 6	311.754	2.19			
2 7	-58.433	3.19	1.84666	23.82	
2 8	-18.182	1.50	1.70246	32.32	
2 9	30.721	11.57			
3 0	129.936	2.54	1.77250	49.70	
3 1	-44.085	5.61			
3 2	-18.399	1.88	1.49700	81.60	40
3 3	-16.076	0.95	1.68722	31.51	
3 4	-42.733	1.00			
3 5	22.293	5.00	1.49700	81.60	
3 6	101.978	12.54			
3 7		4.2	1.51680	64.17	
3 8		1			

像面

各種データ

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離	
				50

1	1	6	81.71
2	7	10	88.49
3 f r	11	12	-39.18
3 b a	13	17	-34.81
4	18	36	32.52

Variable Distance

無限遠物体（被写体距離；無限大）

	広角端	中間点	望遠端	
被写体との距離				
第6面と第7面間	0.600	16.755	27.897	10
第10面と第11面間	1.000	1.931	1.000	
第11面と第12面間	4.866	5.497	6.186	
第17面と第18面間	21.318	12.425	1.000	

近距離物体（被写体距離；最近接）

	広角端	中間点	望遠端	
被写体との距離	1070	1070	1070	
第6面と第7面間	0.600	16.755	27.897	
第10面と第11面間	2.839	4.317	3.976	
第11面と第12面間	3.027	3.117	3.214	
第17面と第18面間	21.318	12.425	1.000	20

ズームデータ

ズーム比 f_t / f_w 2.73

	広角	中間	望遠	
焦点距離	35.80	61.75	97.68	
画角（ 2° ）	33.58	19.84	12.62	
B F	1.00	1.00	1.00	
レンズ全長	122.00	130.83	130.30	
Fナンバー	2.85	2.85	2.85	

上記の面データにおいて、面番号は、図5に示した各レンズ面に付した符号 r_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) の番号 i が対応する。

【0125】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例2の撮像レンズ1Bにおける各収差を図14ないし図17に示す。

【実施例3】

【0126】

図6は、実施例3における大口径変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。図18ないし図21は、実施例3における変倍光学系の収差図である。図18は、無限遠端の場合における縦収差図であり、図19は、無限遠端の場合における横収差図であり、図20は、最近接端の場合における縦収差図であり、図21は、最近接端の場合における横収差図である。

【0127】

実施例3の変倍光学系1Cは、図6に示すように、各レンズ群 $G r_1$ 、 $G r_2$ 、 $G r_3$ 、 $G r_4$ が物体側から像側へ順に、全体として正の屈折力を有する第1レンズ群 $G r_1$ と、全体として正の屈折力を有する第2レンズ群 $G r_2$ と、全体として負の屈折力を有する第3レンズ群 $G r_3$ と、全体として正の屈折力を有する第4レンズ群 $G r_4$ とからなる正・正・負・正の4成分ズーム構成であり、変倍時（ズーミングの際）には、図6に示すように、最像側に配置される第4レンズ群 $G r_4$ は、固定され、第1ないし第3レンズ群 $G r_1$ 、 $G r_2$ 、 $G r_3$ は、移動する。光学絞り $S T$ は、第4レンズ群 $G r_4$ に含まれおり、後述のレンズ $L 12$ とレンズ $L 13$ との間に配置される。

【0128】

10

20

30

40

50

より詳しくは、実施例 3 の変倍光学系 1 C は、各レンズ群 G r 1 ~ G r 4 では各レンズ L が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【 0 1 2 9 】

第 1 レンズ群 G r 1 は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 1 レンズ L 1 ）と、両凸の正レンズ（第 2 レンズ L 2 ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 3 レンズ L 3 ）とから構成されてなる。第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 とは、接合レンズである。

【 0 1 3 0 】

第 2 レンズ群 G r 2 は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 4 レンズ L 4 ）と、両凸の正レンズ（第 5 レンズ L 5 ）とから構成されてなる。

【 0 1 3 1 】

第 3 レンズ群 G r 3 は、両凹の負レンズ（第 6 レンズ L 6 ）と、両凹の負レンズ（第 7 レンズ L 7 ）と、両凸の正レンズ（第 8 レンズ L 8 ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 9 レンズ L 9 ）とから構成されてなる。第 6 レンズ L 6 は、前群 G r 3 f r を構成し、第 7 ないし第 9 レンズ L 7 ~ L 9 は、後群 G r 3 b a を構成している。すなわち、第 3 レンズ群 G r 3 の前群 G r 3 f r は、第 6 レンズ L 6 の単レンズで構成されてなる。そして、第 7 レンズ L 7 と第 8 レンズ L 8 とは、接合レンズである。

【 0 1 3 2 】

第 4 レンズ群 G r 4 は、両凸の正レンズ（第 1 0 レンズ L 1 0 ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 1 1 レンズ L 1 1 ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 1 2 レンズ L 1 2 ）と、光学絞り S T と、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 1 3 レンズ L 1 3 ）と、両凸の正レンズ（第 1 4 レンズ L 1 4 ）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第 1 5 レンズ L 1 5 ）と、両凹の負レンズ（第 1 6 レンズ L 1 6 ）と、両凸の正レンズ（第 1 7 レンズ L 1 7 ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 1 8 レンズ L 1 8 ）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第 1 9 レンズ L 1 9 ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 2 0 レンズ L 2 0 ）とから構成されてなる。第 1 0 レンズ L 1 0 と第 1 1 レンズ L 1 1 とは、接合レンズであり、第 1 3 レンズ L 1 3 と第 1 4 レンズ L 1 4 とは、接合レンズであり、第 1 5 レンズ L 1 5 と第 1 6 レンズ L 1 6 とは、接合レンズである。

【 0 1 3 3 】

そして、第 4 レンズ群 G r 4 の像側には、フィルタとしての平行平板 F T を介して撮像素子 S R の受光面が配置されている。

【 0 1 3 4 】

このような構成の下で、物体側から入射した光線は、光軸 A X に沿って、順に第 1 レンズ群 G r 1、第 2 レンズ群 G r 2、第 3 レンズ群 G r 3、第 4 レンズ群 G r 4（光学絞り S T を含む）および平行平板 F T を通過し、撮像素子 S R の受光面に物体の光学像を形成する。そして、撮像素子 S R では、光学像が電気的な信号に変換され、この電気信号は、上述のように処理される。

【 0 1 3 5 】

この実施例 3 の変倍光学系 1 C では、広角端（W I D E）から中間点（M I D D L E）を経て望遠端（T E L E）への変倍時に、図 6 に示すように、第 1 レンズ群 G r 1 は、単調に増加するように像側から物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G r 2 は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、第 3 レンズ群 G r 3 は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、そして、第 4 レンズ群 G r 4 は、固定される。したがって、光学絞り S T も固定される。

【 0 1 3 6 】

そして、合焦は、第 3 レンズ群 G r 3 の前群 G r 3 f r を光軸方向に沿って移動させることによって行われる。より具体的には、第 3 レンズ群 G r 3 の前群 G r 3 f r を構成する単レンズの第 6 レンズ L 6 が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に像側に移動し、これによって合焦が行われる。

【 0 1 3 7 】

また、本実施例では、第 4 レンズ群 G r 4 は、手振れ補正を行うためのレンズ群を含ん

10

20

30

40

50

でいる。より具体的には、この第4レンズ群Gr4の光学絞りSTより像側において、第13および第14レンズL13、L14は、全体として正の屈折力を有するA群を構成し、第15および第16レンズL15、L16は、全体として負の屈折力を有するB群を構成し、第17ないし第20レンズL17~L20は、全体として正の屈折力を有するC群を構成し、前記B群を光軸AXに対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正が行われる。

【0138】

実施例3の変倍光学系1Cにおける、各レンズのコンストラクションデータを以下に示す。

【0139】

数値実施例3

単位 mm

面データ

面番号

物面

面番号	r	d	n d	d
1	68.546	1.47	1.74077	27.76
2	45.477	6.47	1.49700	81.61
3	-250.595	0.10		
4	45.777	3.72	1.49700	81.61
5	121.737	0.60		
6	60.772	1.00	1.78472	25.72
7	20.699	0.56		
8	23.353	4.16	1.83400	37.35
9	-398.940	1.00		
10	-5642.984	0.95	1.77250	49.62
11	21.875	5.63		
12	-35.167	0.95	1.67491	55.34
13	21.435	3.11	1.84666	23.78
14	-149.096	1.61		
15	-30.626	0.95	1.77250	49.62
16	-261.131	18.63		
17	888.474	3.77	1.77238	49.71
18	-18.228	0.95	1.89620	30.14
19	-50.804	0.20		
20	84.359	1.50	1.89877	31.69
21	3244.871	1.00		
22 (絞り)		0.80		
23	17.265	1.50	1.84666	23.78
24	13.333	8.01	1.48749	70.44
25	-897.253	4.15		
26	-107.338	3.05	1.84666	23.78
27	-19.850	0.80	1.72342	37.99
28	30.694	9.17		
29	78.746	2.36	1.77250	49.62
30	-50.922	2.86		
31	-15.658	1.00	1.72825	28.32
32	-104.087	0.43		
33	-261.679	2.01	1.77250	49.62
34	-46.303	5.73		
35	21.204	4.80	1.49700	81.61

10

20

30

40

50

3 6	91.893	11.86		
3 7		4.2	1.51680	64.17
3 8		1		

像面

各種データ

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離
1	1	5	70.71
2	6	9	75.30
3 f r	1 0	1 1	-28.21
3 b a	1 2	1 6	-35.33
4	1 7	3 6	33.46

10

Variable Distance

無限遠物体 (被写体距離; 無限大)

	広角端	中間点	望遠端
被写体との距離			
第 5 面と第 6 面間	0.600	14.262	22.979
第 9 面と第 1 0 面間	1.000	1.550	1.000
第 1 1 面と第 1 2 面間	5.631	5.094	5.623
第 1 6 面と第 1 7 面間	18.632	11.042	1.000

20

近距離物体 (被写体距離; 最近接)

	広角端	中間点	望遠端
被写体との距離	1070	1070	1070
第 5 面と第 6 面間	0.600	14.262	22.979
第 9 面と第 1 0 面間	2.474	3.319	3.115
第 1 1 面と第 1 2 面間	4.157	3.328	3.515
第 1 6 面と第 1 7 面間	18.632	11.042	1.000

ズームデータ

ズーム比 f t / f w 2.73

	広角	中間	望遠
焦点距離	35.82	61.75	97.72
画角 (2)	33.56	19.85	12.61
B F	1.00	0.95	1.00
レンズ全長	122.07	128.16	126.80
F ナンバー	2.85	2.85	2.85

30

上記の面データにおいて、面番号は、図 6 に示した各レンズ面に付した符号 r i (i = 1 , 2 , 3 , ...) の番号 i が対応する。

【 0 1 4 0 】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例 3 の撮像レンズ 1 C における各収差を図 1 8 ないし図 2 1 に示す。

40

【 実施例 4 】

【 0 1 4 1 】

図 7 は、実施例 4 における大口径変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。図 2 2 ないし図 2 5 は、実施例 4 における変倍光学系の収差図である。図 2 2 は、無限遠端の場合における縦収差図であり、図 2 3 は、無限遠端の場合における横収差図であり、図 2 4 は、最近接端の場合における縦収差図であり、図 2 5 は、最近接端の場合における横収差図である。

【 0 1 4 2 】

実施例 4 の変倍光学系 1 D は、図 7 に示すように、各レンズ群 G r 1、G r 2、G r 3、G r 4、G r 5 が物体側から像側へ順に、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群

50

G r 1 と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G r 2 と、全体として負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G r 3 と、全体として正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G r 4 と、全体として正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G r 5 とからなる正・正・負・正・正の 5 成分ズーム構成であり、変倍時（ズームングの際）には、図 7 に示すように、最像側に配置される第 5 レンズ群 G r 5 は、固定され、第 1 ないし第 4 レンズ群 G r 1、G r 2、G r 3、G r 4 は、移動する。光学絞り S T は、第 5 レンズ群 G r 5 の物体側に配置されており、後述のレンズ L 1 2 とレンズ L 1 3 との間に配置される。

【 0 1 4 3 】

より詳しくは、実施例 4 の変倍光学系 1 D は、各レンズ群 G r 1 ~ G r 5 では各レンズ L が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

10

【 0 1 4 4 】

第 1 レンズ群 G r 1 は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 1 レンズ L 1 ）と、両凸の正レンズ（第 2 レンズ L 2 ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 3 レンズ L 3 ）とから構成されてなる。第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 とは、接合レンズである。

【 0 1 4 5 】

第 2 レンズ群 G r 2 は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 4 レンズ L 4 ）と、両凸の正レンズ（第 5 レンズ L 5 ）とから構成されてなる。

【 0 1 4 6 】

第 3 レンズ群 G r 3 は、両凹の負レンズ（第 6 レンズ L 6 ）と、両凹の負レンズ（第 7 レンズ L 7 ）と、両凸の正レンズ（第 8 レンズ L 8 ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 9 レンズ L 9 ）とから構成されてなる。第 6 レンズ L 6 は、前群 G r 3 f r を構成し、第 7 ないし第 9 レンズ L 7 ~ L 9 は、後群 G r 3 b a を構成している。すなわち、第 3 レンズ群 G r 3 の前群 G r 3 f r は、第 6 レンズ L 6 の単レンズで構成されてなる。そして、第 7 レンズ L 7 と第 8 レンズ L 8 とは、接合レンズである。

20

【 0 1 4 7 】

第 4 レンズ群 G r 4 は、両凸の正レンズ（第 10 レンズ L 10 ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 11 レンズ L 11 ）と、物体側に凸の片平正レンズ（第 12 レンズ L 12 ）とから構成されてなる。第 10 レンズ L 10 と第 11 レンズ L 11 とは、接合レンズである。

【 0 1 4 8 】

第 5 レンズ群 G r 5 は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 13 レンズ L 13 ）と、両凸の正レンズ（第 14 レンズ L 14 ）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第 15 レンズ L 15 ）と、両凹の負レンズ（第 16 レンズ L 16 ）と、両凸の正レンズ（第 17 レンズ L 17 ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 18 レンズ L 18 ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 19 レンズ L 19 ）とから構成されてなる。第 13 レンズ L 13 と第 14 レンズ L 14 とは、接合レンズであり、第 15 レンズ L 15 と第 16 レンズ L 16 とは、接合レンズである。

30

【 0 1 4 9 】

そして、第 5 レンズ群 G r 5 の像側には、フィルタとしての平行平板 F T を介して撮像素子 S R の受光面が配置されている。

40

【 0 1 5 0 】

このような構成の下で、物体側から入射した光線は、光軸 A X に沿って、順に第 1 レンズ群 G r 1、第 2 レンズ群 G r 2、第 3 レンズ群 G r 3、第 4 レンズ群 G r 4、光学絞り S T、第 5 レンズ群 G r 5 および平行平板 F T を通過し、撮像素子 S R の受光面に物体の光学像を形成する。そして、撮像素子 S R では、光学像が電気的な信号に変換され、この電気信号は、上述のように処理される。

【 0 1 5 1 】

この実施例 4 の変倍光学系 1 D では、広角端（W I D E）から中間点（M I D D L E）を経て望遠端（T E L E）への変倍時に、図 7 に示すように、第 1 レンズ群 G r 1 は、単調に増加するように像側から物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G r 2 は、単調に増加するよ

50

うに物体側から像側へ移動し、第3レンズ群Gr3は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、そして、第4レンズ群Gr4は、像側に凸となる曲線を描くように移動され、第5レンズ群Gr5は、固定される。第4レンズ群Gr4と第5レンズ群Gr5との間に配置された光学絞りSTは、固定される。第2レンズ群Gr2と第3レンズ群の後群Gr3baとは、リンクして連動しており、第4レンズ群Gr4は、これによる像面変動を補正している。

【0152】

そして、合焦は、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frを光軸方向に沿って移動させることによって行われる。より具体的には、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frを構成する単レンズの第6レンズL6が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に像側に移動し、これによって合焦が行われる。

10

【0153】

また、本実施例では、第5レンズ群Gr5は、手振れ補正を行うためのレンズ群を含んでいる。より具体的には、光学絞りSTより像側の第5レンズ群Gr5において、第13および第14レンズL13、L14は、全体として正の屈折力を有するA群を構成し、第15および第16レンズL15、L16は、全体として負の屈折力を有するB群を構成し、第17ないし第19レンズL17~L19は、全体として正の屈折力を有するC群を構成し、前記B群を光軸AXに対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正が行われる。すなわち、第5レンズ群Gr5は、前記A群、前記B群および前記C群から構成されてなる。

20

【0154】

実施例4の変倍光学系1Dにおける、各レンズのコンストラクションデータを以下に示す。

【0155】

数値実施例4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	55.584	1.20	1.74077	27.76
2	39.254	7.07	1.49700	81.61
3	-331.811	0.10		
4	43.815	3.78	1.49700	81.61
5	109.905	0.60		
6	63.778	1.00	1.78472	25.72
7	19.716	0.57		
8	22.136	4.24	1.83400	37.35
9	-1013.885	1.20		
10	-1326.390	0.95	1.77250	49.62
11	21.392	5.54		
12	-35.212	0.95	1.69680	55.46
13	19.748	3.25	1.84666	23.78
14	-139.078	1.54		
15	-31.875	0.95	1.77250	49.62
16	-428.849	18.03		
17	1254.997	3.97	1.72916	54.67
18	-17.241	0.95	1.90366	31.32
19	-45.800	0.20		
20	72.390	1.63	1.90366	31.32
21		2.80		

30

40

50

2 2 (絞 り)		0.80			
2 3	17.531	2.00	1.84666	23.78	
2 4	13.333	8.01	1.48749	70.44	
2 5	-147.809	2.90			
2 6	-341.376	2.58	1.84666	23.78	
2 7	-27.079	0.80	1.72342	37.99	
2 8	26.371	8.27			
2 9	58.253	2.33	1.77250	49.62	
3 0	-56.754	2.65			
3 1	-15.908	1.00	1.72825	28.32	10
3 2	-52.667	6.83			
3 3	21.406	4.39	1.49700	81.61	
3 4	106.881	11.76			
3 5		4.2	1.51680	64.17	
3 6		1			

像面

各種データ

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離	
1	1	5	65.14	20
2	6	9	86.31	
3 f r	1 0	1 1	-27.24	
3 b a	1 2	1 6	-34.29	
4 f r	1 7	2 1	43.91	
4 b a	2 3	3 4	60.61	

Variable Distance

無限遠物体 (被写体距離 ; 無限大)

	広角端	中間点	望遠端	
被写体との距離				
第 5 面と第 6 面間	0.600	13.056	20.240	30
第 9 面と第 1 0 面間	1.200	1.579	1.200	
第 1 1 面と第 1 2 面間	5.538	5.154	5.546	
第 1 6 面と第 1 7 面間	18.027	10.738	1.000	
第 2 1 面と第 2 2 面間	2.802	1.000	2.339	

近距離物体 (被写体距離 ; 最近接)

	広角端	中間点	望遠端	
被写体との距離	1070	1070	1070	
第 5 面と第 6 面間	0.600	13.056	20.240	
第 9 面と第 1 0 面間	2.763	3.380	3.275	
第 1 1 面と第 1 2 面間	3.976	3.349	3.484	40
第 1 6 面と第 1 7 面間	18.027	10.738	1.000	
第 2 1 面と第 2 2 面間	2.802	1.000	2.339	

ズームデータ

ズーム比 f t / f w 2.73

	広角	中間	望遠	
焦点距離	35.80	61.76	97.68	
画角 (2)	33.58	19.84	12.62	
B F	0.99	1.00	1.00	
レンズ全長	120.00	123.37	122.17	
F ナンバー	2.85	2.85	2.85	50

上記の面データにおいて、面番号は、図 7 に示した各レンズ面に付した符号 r_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) の番号 i が対応する。

【0156】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例 4 の撮像レンズ 1 D における各収差を図 22 ないし図 25 に示す。

【実施例 5】

【0157】

図 8 は、実施例 5 における大口径変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。図 26 ないし図 29 は、実施例 5 における変倍光学系の収差図である。図 26 は、無限遠端の場合における縦収差図であり、図 27 は、無限遠端の場合における横収差図であり、図 28 は、最近接端の場合における縦収差図であり、図 29 は、最近接端の場合における横収差図である。

10

【0158】

実施例 5 の変倍光学系 1 E は、図 8 に示すように、各レンズ群 G_{r1} 、 G_{r2} 、 G_{r3} 、 G_{r4} 、 G_{r5} が物体側から像側へ順に、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G_{r1} と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G_{r2} と、全体として負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G_{r3} と、全体として正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G_{r4} と、全体として正の屈折力を有する第 5 レンズ群 G_{r5} とからなる正・正・負・正・正の 5 成分ズーム構成であり、変倍時（ズーミングの際）には、図 8 に示すように、最像側に配置される第 5 レンズ群 G_{r5} は、固定され、第 1 ないし第 4 レンズ群 G_{r1} 、 G_{r2} 、 G_{r3} 、 G_{r4} は、移動する。光学絞り ST は、第 5 レンズ群 G_{r5} に含まれおり、後述のレンズ L_{13} とレンズ L_{14} との間に配置される。

20

【0159】

より詳しくは、実施例 5 の変倍光学系 1 E は、各レンズ群 $G_{r1} \sim G_{r5}$ では各レンズ L が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【0160】

第 1 レンズ群 G_{r1} は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 1 レンズ L_1 ）と、両凸の正レンズ（第 2 レンズ L_2 ）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 3 レンズ L_3 ）とから構成されてなる。

【0161】

第 2 レンズ群 G_{r2} は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 4 レンズ L_4 ）と、両凸の正レンズ（第 5 レンズ L_5 ）とから構成されてなる。

30

【0162】

第 3 レンズ群 G_{r3} は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 6 レンズ L_6 ）と、両凹の負レンズ（第 7 レンズ L_7 ）と、両凸の正レンズ（第 8 レンズ L_8 ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 9 レンズ L_9 ）とから構成されてなる。第 6 レンズ L_6 は、前群 G_{r3fr} を構成し、第 7 ないし第 9 レンズ $L_7 \sim L_9$ は、後群 G_{r3ba} を構成している。すなわち、第 3 レンズ群 G_{r3} の前群 G_{r3fr} は、第 6 レンズ L_6 の単レンズで構成されてなる。そして、第 7 レンズ L_7 と第 8 レンズ L_8 とは、接合レンズである。

40

【0163】

第 4 レンズ群 G_{r4} は、両凸の正レンズ（第 10 レンズ L_{10} ）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第 11 レンズ L_{11} ）と、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 12 レンズ L_{12} ）とから構成されてなる。第 11 レンズ L_{11} と第 12 レンズ L_{12} とは、接合レンズである。

【0164】

第 5 レンズ群 G_{r5} は、両凸の正レンズ（第 13 レンズ L_{13} ）と、光学絞り ST と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 14 レンズ L_{14} ）と、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 15 レンズ L_{15} ）と、両凸の正レンズ（第 16 レンズ L_{16} ）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第 17 レンズ L_{17} ）と、両凹の負レンズ（第 18 レンズ L_{18} ）と、像側に凸の正メニスカスレンズ（第 19 レンズ L_{19} ）と、両凸の正レンズ（第 2

50

0 レンズ L 2 0) と、両凹の負レンズ (第 2 1 レンズ L 2 1) と、物体側に凸の正メニスカスレンズ (第 2 2 レンズ L 2 2) とから構成されてなる。第 1 5 レンズ L 1 5 と第 1 6 レンズ L 1 6 とは、接合レンズであり、第 1 7 レンズ L 1 7 と第 1 8 レンズ L 1 8 とは、接合レンズであり、第 2 0 レンズ L 2 0 と第 2 1 レンズ L 2 1 とは、接合レンズである。

【 0 1 6 5 】

そして、第 5 レンズ群 G r 5 の像側には、フィルタとしての平行平板 F T を介して撮像素子 S R の受光面が配置されている。

【 0 1 6 6 】

このような構成の下で、物体側から入射した光線は、光軸 A X に沿って、順に第 1 レンズ群 G r 1、第 2 レンズ群 G r 2、第 3 レンズ群 G r 3、第 4 レンズ群 G r 4、第 5 レンズ群 G r 5 (光学絞り S T を含む) および平行平板 F T を通過し、撮像素子 S R の受光面に物体の光学像を形成する。そして、撮像素子 S R では、光学像が電気的な信号に変換され、この電気信号は、上述のように処理される。

10

【 0 1 6 7 】

この実施例 5 の変倍光学系 1 E では、広角端 (W I D E) から中間点 (M I D D L E) を経て望遠端 (T E L E) への変倍時に、図 8 に示すように、第 1 レンズ群 G r 1 は、単調に増加するように像側から物体側へ移動し、第 2 レンズ群 G r 2 は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、第 3 レンズ群 G r 3 は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、第 4 レンズ群 G r 4 は、そして、像側に凸となる曲線を描くように移動され、第 5 レンズ群 G r 5 は、固定される。このため、光学絞り S T も固定される。第 2 レンズ群 G r 2 と第 3 レンズ群の後群 G r 3 b a とは、リンクして連動しており、第 4 レンズ群 G r 4 は、これによる像面変動を補正している。

20

【 0 1 6 8 】

そして、合焦は、第 3 レンズ群 G r 3 の前群 G r 3 f r を光軸方向に沿って移動させることによって行われる。より具体的には、第 3 レンズ群 G r 3 の前群 G r 3 f r を構成する単レンズの第 6 レンズ L 6 が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に像側に移動し、これによって合焦が行われる。

【 0 1 6 9 】

また、本実施例では、第 5 レンズ群 G r 5 は、手振れ補正を行うためのレンズ群を含んでいる。より具体的には、この第 5 レンズ群 G r 5 の光学絞り S T より像側において、第 1 4 ないし第 1 6 レンズ L 1 4 ~ L 1 6 は、全体として正の屈折力を有する A 群を構成し、第 1 7 および第 1 8 レンズ L 1 7、L 1 8 は、全体として負の屈折力を有する B 群を構成し、第 1 9 ないし第 2 2 レンズ L 1 9 ~ L 2 2 は、全体として正の屈折力を有する C 群を構成し、前記 B 群を光軸 A X に対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正が行われる。

30

【 0 1 7 0 】

実施例 5 の変倍光学系 1 E における、各レンズのコンストラクションデータを以下に示す。

【 0 1 7 1 】

数値実施例 5

40

単位 m m

面データ

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	115.563	0.95	1.71642	33.30
2	60.308	0.34		
3	66.903	4.26	1.49700	81.50
4	-807.742	0.10		
5	47.062	4.08	1.49700	81.50
6	197.676	0.60		

50

7	49.977	0.95	1.72377	31.38	
8	22.307	0.34			
9	23.978	4.74	1.75500	52.31	
1 0	-641.910	1.00			
1 1	3403.172	0.95	1.75500	52.31	
1 2	22.835	5.49			
1 3	-46.276	0.95	1.68178	50.80	
1 4	21.858	3.12	1.84666	23.78	
1 5	-337.374	1.62			
1 6	-37.097	0.95	1.75500	52.31	10
1 7	-3999.454	20.30			
1 8	66.267	2.35	1.82330	42.32	
1 9	-68.497	0.10			
2 0	-80.047	2.56	1.49700	81.50	
2 1	-22.880	0.95	1.81290	31.02	
2 2	-65.932	5.00			
2 3	105.161	1.55	1.75500	52.31	
2 4	-211.777	0.50			
2 5 (絞リ)		0.50			
2 6	17.255	2.52	1.84666	23.78	20
2 7	30.645	0.28			
2 8	34.708	0.95	1.73643	28.61	
2 9	11.500	5.36	1.49700	81.50	
3 0	-57.554	1.56			
3 1	-48.310	2.83	1.84666	23.78	
3 2	-16.014	0.90	1.72161	31.92	
3 3	17.558	2.56			
3 4	-263.532	1.66	1.84666	23.78	
3 5	-38.333	0.10			
3 6	132.885	4.64	1.67790	50.71	30
3 7	-11.633	0.95	1.87642	37.01	
3 8	390.990	10.65			
3 9	21.763	4.88	1.75500	52.31	
4 0	38.160	12.73			
3 7		4.2	1.51680	64.17	
3 8		1			

像面

各種データ

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離	
1	1	6	95.52	
2	7	1 0	67.34	
3 f r	1 1	1 2	-30.45	
3 b a	1 3	1 7	-39.55	
4	1 8	2 2	59.81	
5	2 3	4 0	49.54	

Variable Distance

無限遠物体 (被写体距離; 無限大)

广角端	中間点	望遠端
-----	-----	-----

被写体との距離

50

第 6 面と第 7 面間	0.600	16.939	25.787
第 1 0 面と第 1 1 面間	1.000	3.192	4.334
第 1 2 面と第 1 3 面間	5.486	5.385	5.827
第 1 7 面と第 1 8 面間	20.301	12.171	1.000
第 2 2 面と第 2 3 面間	5.000	1.000	1.000

近距離物体（被写体距離；最近接）

	広角端	中間点	望遠端
被写体との距離	1070	1070	1070
第 6 面と第 7 面間	0.600	16.939	25.787
第 1 0 面と第 1 1 面間	2.648	5.154	6.653
第 1 2 面と第 1 3 面間	3.838	3.423	3.506
第 1 7 面と第 1 8 面間	20.301	12.171	1.000
第 2 2 面と第 2 3 面間	5.000	1.000	1.000

ズームデータ

ズーム比 f_t / f_w 2.73

	広角	中間	望遠
焦点距離	35.79	61.74	97.68
画角 (2)	33.58	19.84	12.62
B F	1.00	0.97	1.00
レンズ全長	122.00	128.31	127.57
F ナンバー	2.85	2.85	2.85

上記の面データにおいて、面番号は、図 8 に示した各レンズ面に付した符号 r_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) の番号 i が対応する。

【 0 1 7 2 】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例 5 の撮像レンズ 1 E における各収差を図 2 6 ないし図 2 9 に示す。

【 実施例 6 】

【 0 1 7 3 】

図 9 は、実施例 6 における大口径変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す断面図である。図 3 0 ないし図 3 3 は、実施例 6 における変倍光学系の収差図である。図 3 0 は、無限遠端の場合における縦収差図であり、図 3 1 は、無限遠端の場合における横収差図であり、図 3 2 は、最近接端の場合における縦収差図であり、図 3 3 は、最近接端の場合における横収差図である。

【 0 1 7 4 】

実施例 6 の変倍光学系 1 F は、図 9 に示すように、各レンズ群 $G r 1$ 、 $G r 2$ 、 $G r 3$ 、 $G r 4$ 、 $G r 5$ が物体側から像側へ順に、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 $G r 1$ と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 $G r 2$ と、全体として負の屈折力を有する第 3 レンズ群 $G r 3$ と、全体として正の屈折力を有する第 4 レンズ群 $G r 4$ と、全体として正の屈折力を有する第 5 レンズ群 $G r 5$ とからなる正・正・負・正・正の 5 成分ズーム構成であり、変倍時（ズームングの際）には、図 9 に示すように、最物体側に配置される第 1 レンズ群 $G r 1$ および最像側に配置される第 4 レンズ群 $G r 4$ は、固定され、第 2 ないし第 4 レンズ群 $G r 2 \sim G r 4$ は、移動する。光学絞り S T は、第 5 レンズ群 $G r 5$ の物体側に配置されており、後述のレンズ L 1 2 とレンズ L 1 3 との間に配置される。

【 0 1 7 5 】

より詳しくは、実施例 6 の変倍光学系 1 F は、各レンズ群 $G r 1 \sim G r 5$ では各レンズ L が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【 0 1 7 6 】

第 1 レンズ群 $G r 1$ は、物体側に凸の負メニスカスレンズ（第 1 レンズ L 1）と、両凸の正レンズ（第 2 レンズ L 2）と、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 3 レンズ L 3）

とから構成されてなる。第1レンズL1と第2レンズL2とは、接合レンズである。

【0177】

第2レンズ群Gr2は、物体側に凸の負メニスカスレンズ(第4レンズL4)と、物体側に凸の正メニスカスレンズ(第5レンズL5)とから構成されてなる。

【0178】

第3レンズ群Gr3は、両凹の負レンズ(第6レンズL6)と、両凹の負レンズ(第7レンズL7)と、両凸の正レンズ(第8レンズL8)と、像側に凸の負メニスカスレンズ(第9レンズL9)とから構成されてなる。第6レンズL6は、前群Gr3frを構成し、第7ないし第9レンズL7~L9は、後群Gr3baを構成している。すなわち、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frは、第6レンズL6の単レンズで構成されてなる。そして、第7レンズL7と第8レンズL8とは、接合レンズである。

10

【0179】

第4レンズ群Gr4は、両凸の正レンズ(第10レンズL10)と、像側に凸の負メニスカスレンズ(第11レンズL11)と、物体側に凸の片平正レンズ(第12レンズL12)とから構成されてなる。第10レンズL10と第11レンズL11とは、接合レンズである。

【0180】

第5レンズ群Gr5は、物体側に凸の負メニスカスレンズ(第13レンズL13)と、両凸の正レンズ(第14レンズL14)と、像側に凸の正メニスカスレンズ(第15レンズL15)と、両凹の負レンズ(第16レンズL16)と、両凸の正レンズ(第17レンズL17)と、像側に凸の負メニスカスレンズ(第18レンズL18)と、物体側に凸の正メニスカスレンズ(第19レンズL19)とから構成されてなる。第13レンズL13と第14レンズL14とは、接合レンズであり、第15レンズL15と第16レンズL16とは、接合レンズである。

20

【0181】

そして、第5レンズ群Gr5の像側には、フィルタとしての平行平板FTを介して撮像素子SRの受光面が配置されている。

【0182】

このような構成の下で、物体側から入射した光線は、光軸AXに沿って、順に第1レンズ群Gr1、第2レンズ群Gr2、第3レンズ群Gr3、第4レンズ群Gr4、光学絞りST、第5レンズ群Gr5および平行平板FTを通過し、撮像素子SRの受光面に物体の光学像を形成する。そして、撮像素子SRでは、光学像が電気的な信号に変換され、この電気信号は、上述のように処理される。

30

【0183】

この実施例6の変倍光学系1Fでは、広角端(WIDE)から中間点(MIDDLE)を経て望遠端(TELE)への変倍時に、図9に示すように、第1レンズ群Gr1は、固定され、第2レンズ群Gr2は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、第3レンズ群Gr3は、単調に増加するように物体側から像側へ移動し、そして、第4レンズ群Gr4は、像側に凸となる曲線を描くように移動され、第5レンズ群Gr5は、固定される。第4レンズ群Gr4と第5レンズ群Gr5との間に配置された光学絞りSTは、固定される。第2レンズ群Gr2と第3レンズ群の後群Gr3baとは、リンクして連動しており、第4レンズ群Gr4は、これによる像面変動を補正している。

40

【0184】

そして、合焦は、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frを光軸方向に沿って移動させることによって行われる。より具体的には、第3レンズ群Gr3の前群Gr3frを構成する単レンズの第6レンズL6が、無限遠物体から近距離物体への合焦時に像側に移動し、これによって合焦が行われる。

【0185】

また、本実施例では、第5レンズ群Gr5は、手振れ補正を行うためのレンズ群を含んでいる。より具体的には、光学絞りSTより像側の第5レンズ群Gr5において、第13

50

および第14レンズL13、L14は、全体として正の屈折力を有するA群を構成し、第15および第16レンズL15、L16は、全体として負の屈折力を有するB群を構成し、第17ないし第19レンズL17～L19は、全体として正の屈折力を有するC群を構成し、前記B群を光軸AXに対し垂直な方向に移動することによって手振れ補正が行われる。すなわち、第5レンズ群Gr5は、前記A群、前記B群および前記C群から構成されてなる。

【0186】

実施例6の変倍光学系1Fにおける、各レンズのコンストラクションデータを以下に示す。

【0187】

数値実施例6

単位 mm

面データ

面番号

物面

面番号	r	d	n d	d
1	49.684	1.20	1.74077	27.76
2	35.828	7.81	1.49700	81.61
3	-339.111	0.10		
4	39.646	4.06	1.49700	81.61
5	98.181	0.68		
6	62.539	1.00	1.78472	25.72
7	19.260	0.57		
8	21.537	4.08	1.83400	37.35
9	514.779	1.20		
10	-861.457	0.95	1.77250	49.62
11	20.329	5.77		
12	-36.919	0.95	1.69680	55.46
13	18.080	3.37	1.84666	23.78
14	-146.046	1.54		
15	-31.432	0.95	1.77250	49.62
16	1909.602	16.75		
17	1992.646	4.08	1.72916	54.67
18	-16.641	0.95	1.90366	31.32
19	-39.210	0.20		
20	80.039	1.57	1.90366	31.32
21		4.15		
22 (絞り)		0.80		
23	17.690	1.90	1.84666	23.78
24	13.333	7.92	1.48749	70.44
25	-107.954	4.13		
26	-202.683	2.35	1.84666	23.78
27	-25.845	0.70	1.72342	37.99
28	26.500	7.83		
29	52.555	2.22	1.77250	49.62
30	-77.461	2.82		
31	-16.135	1.00	1.72825	28.32
32	-51.086	5.45		
33	22.985	4.53	1.49700	81.61
34	491.635	11.26		
35		4.2	1.51680	64.17

10

20

30

40

50

3 6			1
像面			
各種データ			
ズームレンズ群データ			
群	始面	終面	焦点距離
1	1	6	58.07
2	7	10	104.58
3 f r	11	12	-25.70
3 b a	13	17	-32.86
4 f r	18	22	41.09
4 b a	23	40	60.00

10

Variable Distance

無限遠物体 (被写体距離; 無限大)

	広角端	中間点	望遠端
被写体との距離			
第5面と第6面間	0.676	10.642	17.055
第9面と第10面間	1.200	2.056	1.503
第11面と第12面間	5.766	4.904	5.476
第17面と第18面間	16.746	9.933	1.000
第22面と第23面間	4.146	1.000	3.500

20

近距離物体 (被写体距離; 最近接)

	広角端	中間点	望遠端
被写体との距離	1070	1070	1070
第5面と第6面間	0.676	10.642	17.055
第9面と第10面間	2.814	3.766	3.470
第11面と第12面間	4.153	3.072	3.516
第17面と第18面間	16.746	9.933	1.000
第22面と第23面間	4.146	1.000	3.500

ズームデータ

ズーム比 f_t / f_w 2.73

30

	広角	中間	望遠
焦点距離	35.81	61.72	97.69
画角 (2°)	33.57	19.85	12.62
B F	0.99	0.96	1.00
レンズ全長	120.00	120.00	120.00
Fナンバー	2.85	2.85	2.85

上記の面データにおいて、面番号は、図9に示した各レンズ面に付した符号 r_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) の番号 i が対応する。

【0188】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例6の撮像レンズ1Fにおける各収差を図30ないし図33に示す。

40

【0189】

上記に列挙した実施例1~6の大口径変倍光学系1A~1Fに、上述した条件式(1)~(8)を当てはめた場合のそれぞれの数値を、表1に示す。

【0190】

【表 1】

条件式 実施例	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
EX1	-0.92	0.95	0.80	0.98	2.30	1.20	1.51	-0.73
EX2	-1.09	0.92	1.13	0.92	2.47	1.20	1.57	-0.64
EX3	-0.79	1.01	0.80	0.94	2.10	1.19	1.52	-0.75
EX4	-0.76	1.03	0.79	0.75	2.41	1.16	1.48	-0.60
EX5	-0.85	0.99	0.77	1.42	1.88	1.19	1.66	-0.40
EX6	-0.72	1.05	0.78	0.56482	2.92	1.12	1.35	-0.59

10

20

30

40

【0191】

以上、説明したように、上記実施例 1 ~ 6 における変倍光学系 1 A ~ 1 F は、上述の要件を満足している結果、合焦の際に移動する光学系のより軽量化を達成することができる。

【0192】

例えば、5 Mピクセル、8 Mピクセルおよび 10 Mピクセル等のクラス（グレード）の高画素な撮像素子 17 は、撮像素子 17 のサイズが一定の場合には画素ピッチが短くなるため（画素面積が狭くなるため）、大口径変倍光学系 1 は、この画素ピッチに応じた解像

50

度が必要となり、その所要の解像度で例えばMTFで大口径変倍光学系1を評価した場合に例えば仕様等によって規定された所定の範囲内に諸収差を抑える必要があるが、上記実施例1～6における大口径変倍光学系1A～1Fは、各収差図に示す通り、所定の範囲内で諸収差が抑えられている。

【0193】

なお、上記実施例1～6では、連続的に変倍する変倍光学系1A～1Fを示しているが、よりコンパクト化するために、同一の光学構成での2焦点切り換えの大口径変倍光学系1であってもよい。

【0194】

本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および/または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

10

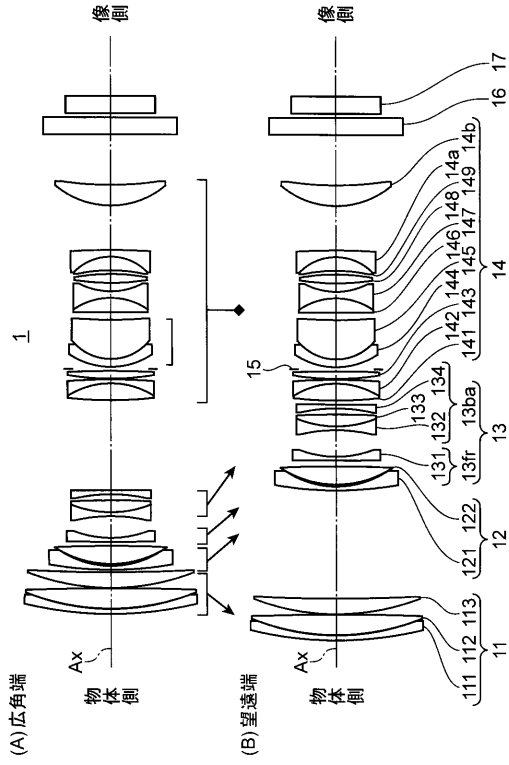
【符号の説明】

【0195】

- A X 光軸
- 1、1A～1F 大口径変倍光学系
- 11、Gr1 第1レンズ群
- 12、Gr2 第2レンズ群
- 13、Gr3 第3レンズ群
- 14、Gr4 第4レンズ群
- 15、Gr5 第5レンズ群
- 17、SR 撮像素子
- 3 撮像装置

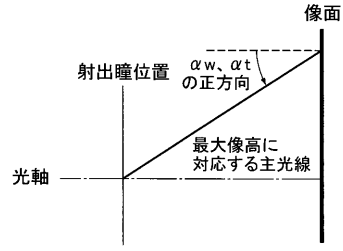
20

【 図 1 】

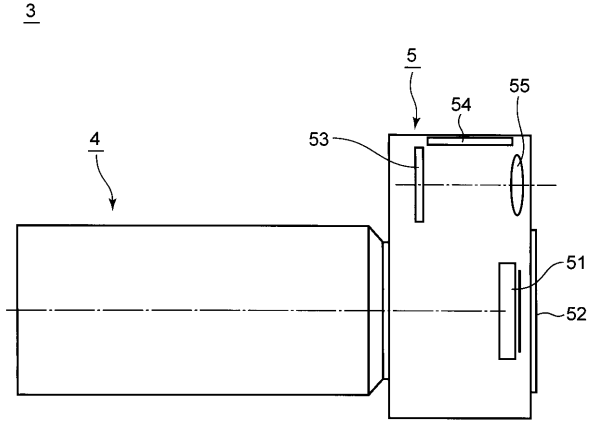


【 図 2 】

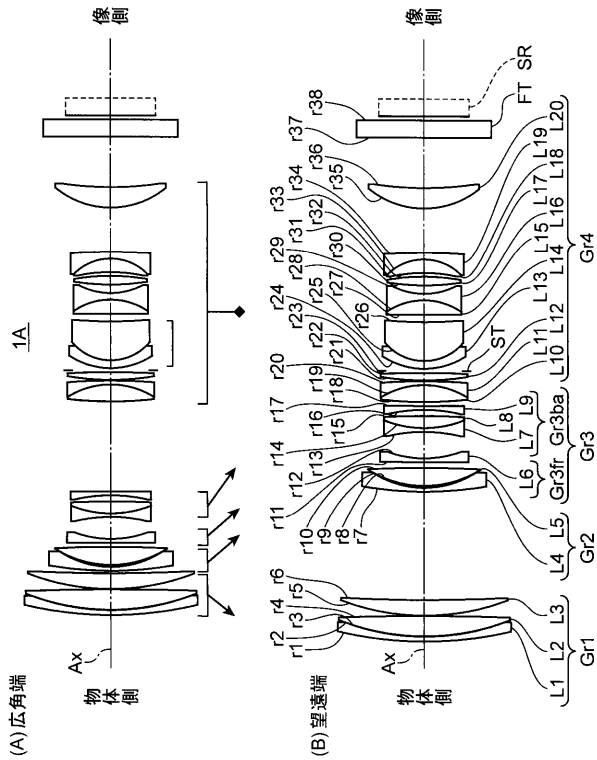
像面入射角の定義



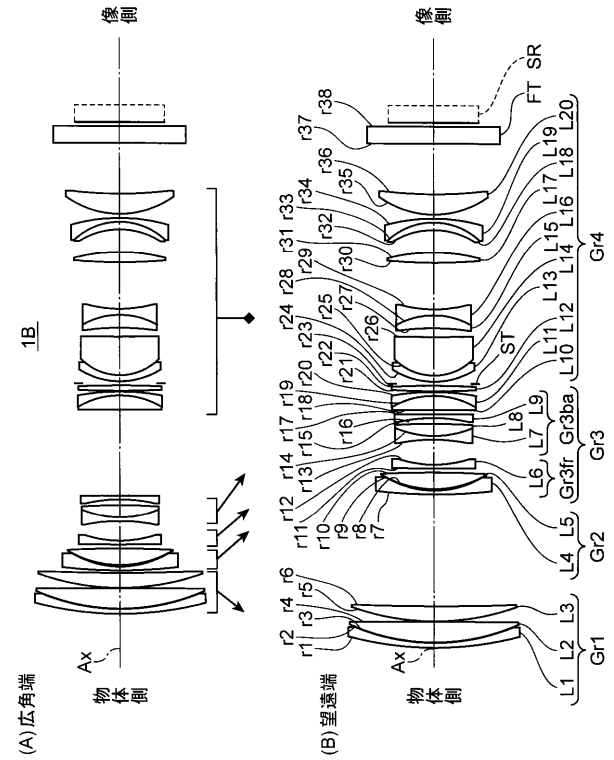
【 図 3 】



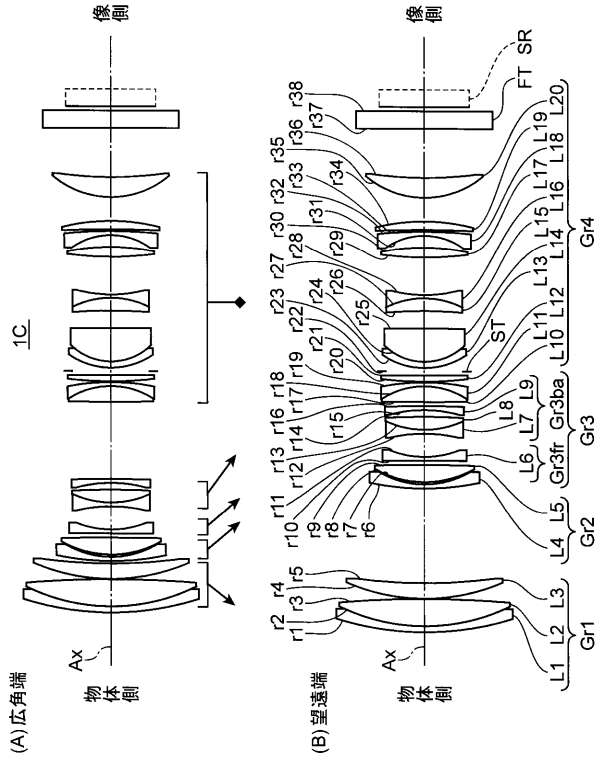
【 図 4 】



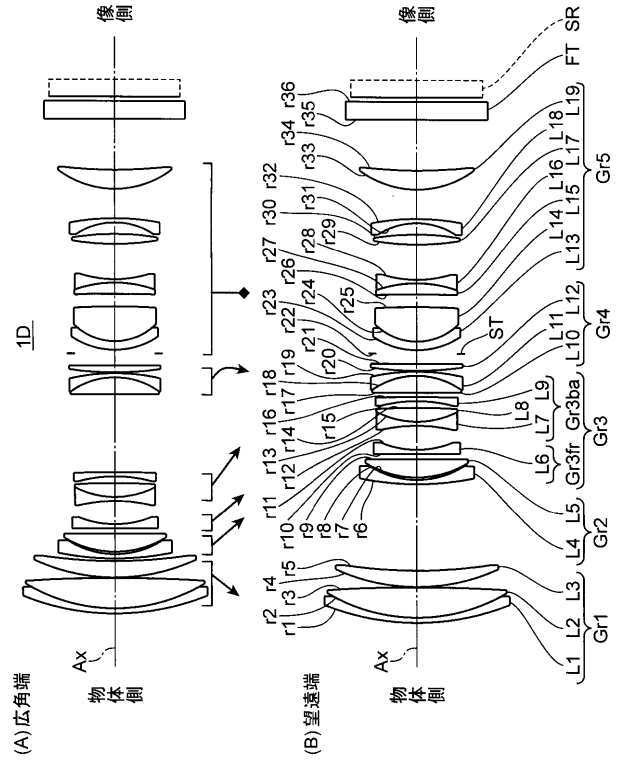
【 図 5 】



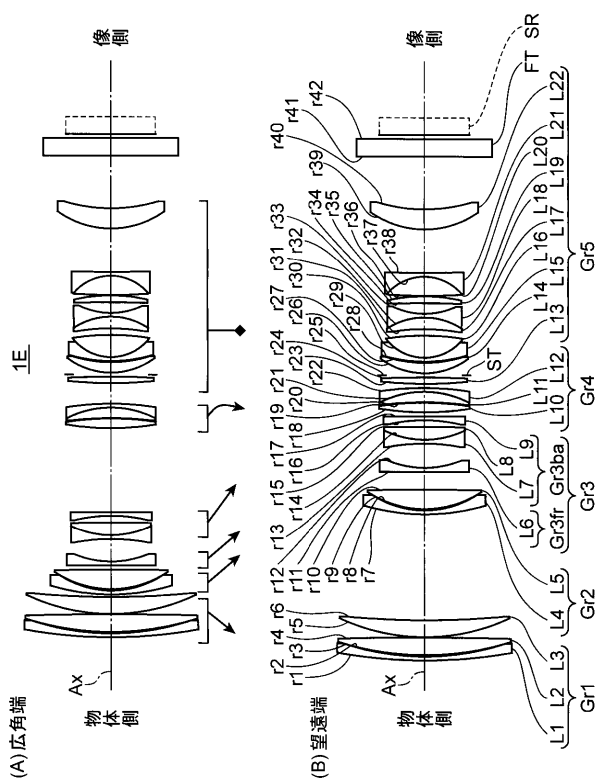
【 図 6 】



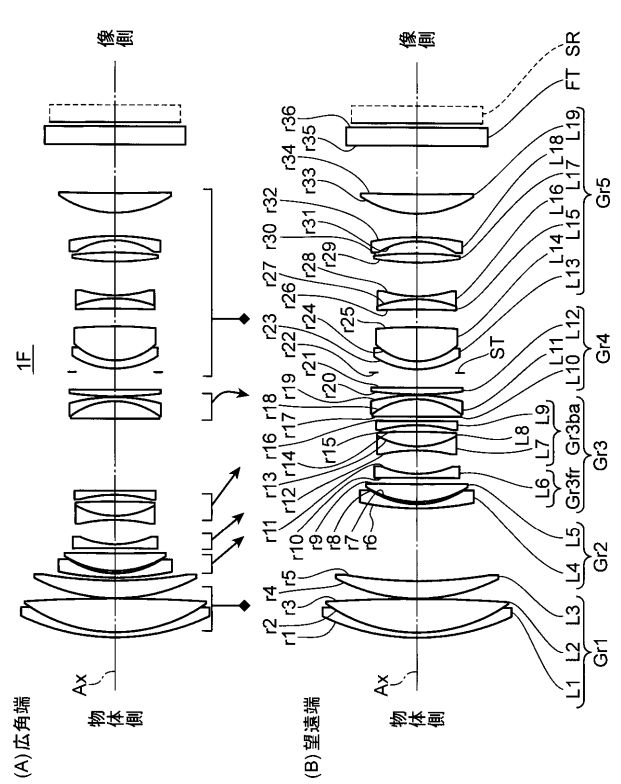
【 図 7 】



【 図 8 】

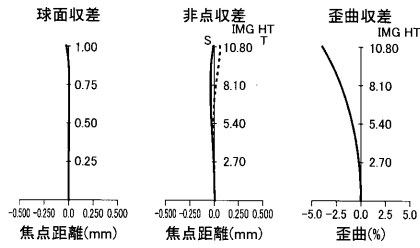


【 図 9 】

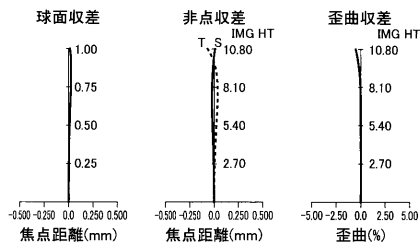


【 図 1 0 】

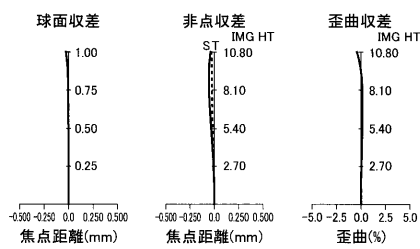
(A) 実施例1(無限遠端、広角端)



(B) 実施例1(無限遠端、中間)

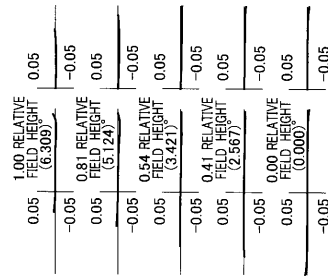


(C) 実施例1(無限遠端、望遠端)

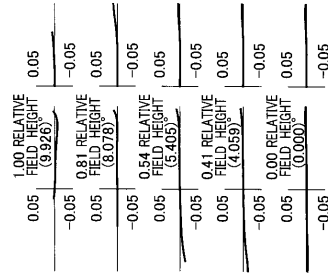


【 図 1 1 】

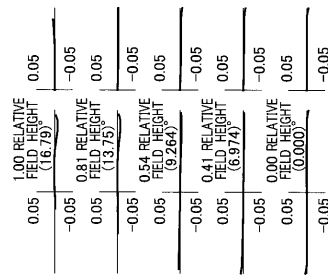
(C) 実施例1(無限遠端、望遠端)



(B) 実施例1(無限遠端、中間)

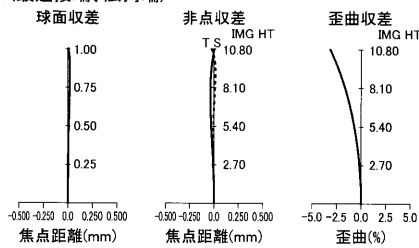


(A) 実施例1(無限遠端、広角端)

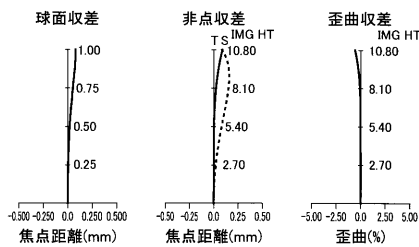


【 図 1 2 】

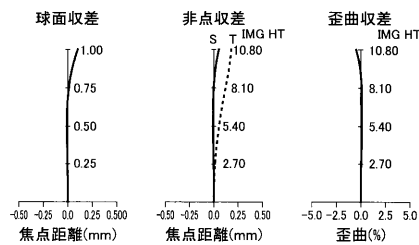
(A) 実施例1(最近接端、広角端)



(B) 実施例1(最近接端、中間)

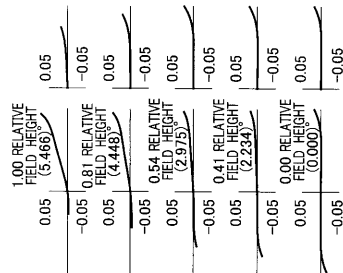


(C) 実施例1(最近接端、望遠端)

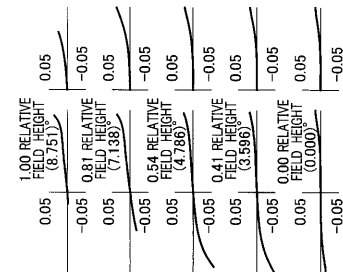


【 図 1 3 】

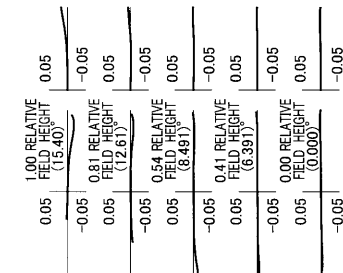
(C) 実施例1(最近接端、望遠端)



(B) 実施例1(最近接端、中間)

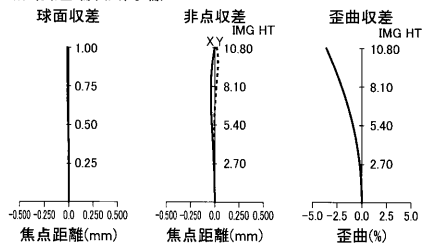


(A) 実施例1(最近接端、広角端)

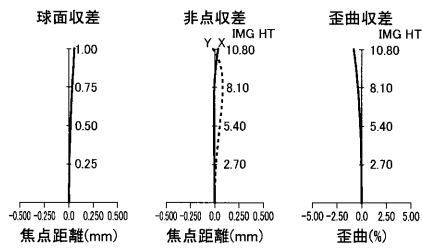


【 図 1 8 】

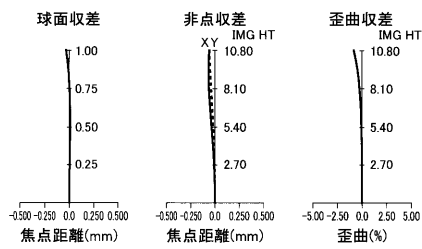
(A) 実施例3(無限遠端、広角端)



(B) 実施例3(無限遠端、中間)

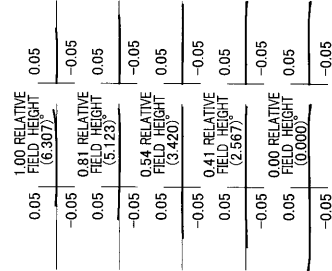


(C) 実施例3(無限遠端、望遠端)

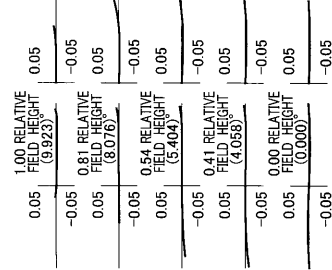


【 図 1 9 】

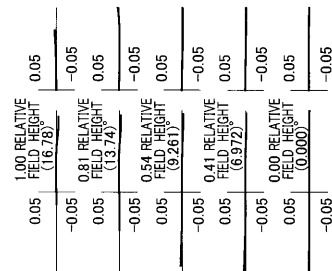
(C) 実施例3(無限遠端、望遠端)



(B) 実施例3(無限遠端、中間)

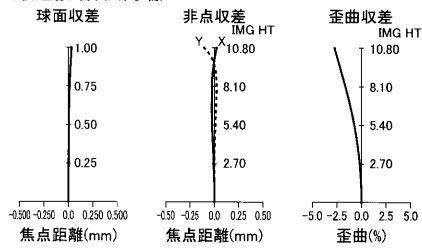


(A) 実施例3(無限遠端、広角端)

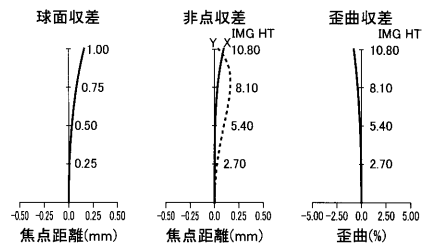


【 図 2 0 】

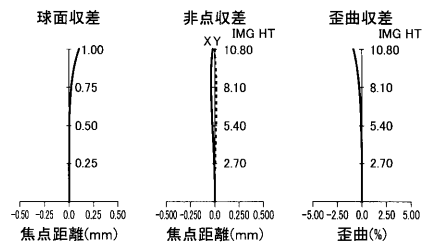
(A) 実施例3(最近接端、広角端)



(B) 実施例3(最近接端、中間)

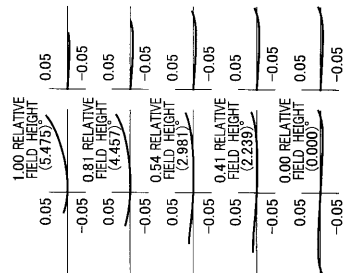


(C) 実施例3(最近接端、望遠端)

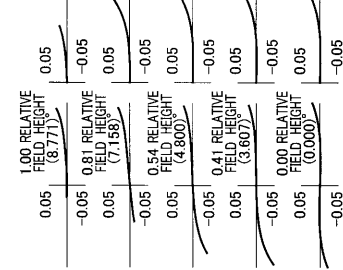


【 図 2 1 】

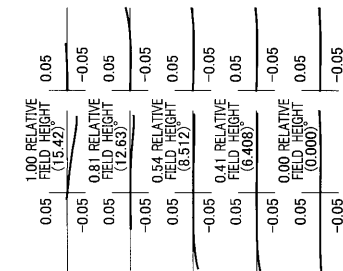
(C) 実施例3(最近接端、望遠端)



(B) 実施例3(最近接端、中間)

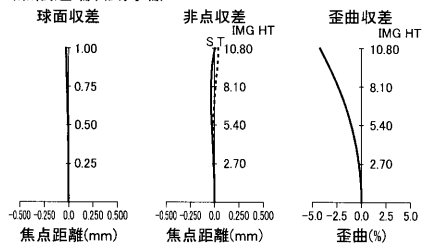


(A) 実施例3(最近接端、広角端)

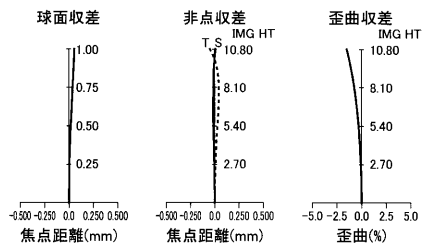


【 图 2 2 】

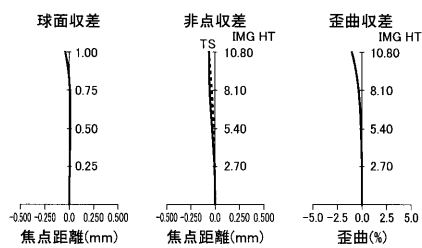
(A) 实施例4(无限远端、广角端)



(B) 实施例4(无限远端、中间)

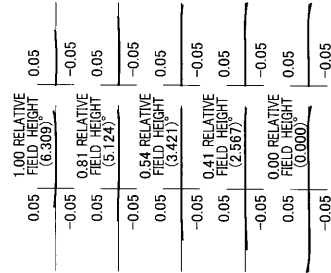


(C) 实施例4(无限远端、望远端)

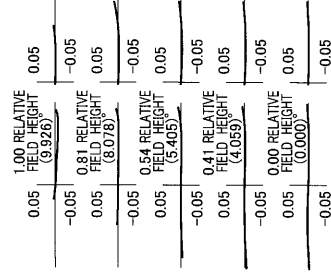


【 图 2 3 】

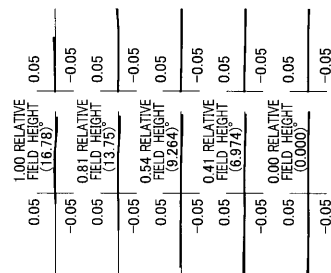
(C) 实施例4(无限远端、望远端)



(B) 实施例4(无限远端、中间)

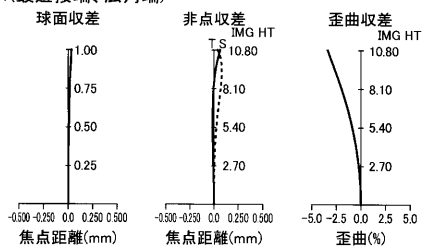


(A) 实施例4(无限远端、广角端)

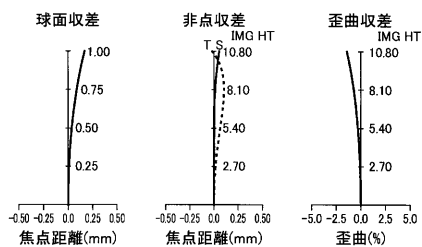


【 图 2 4 】

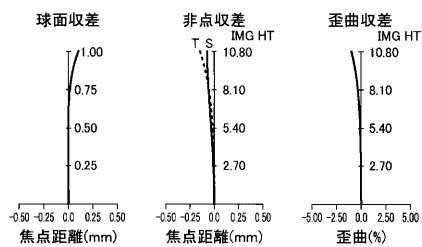
(A) 实施例4(最近接端、广角端)



(B) 实施例4(最近接端、中间)

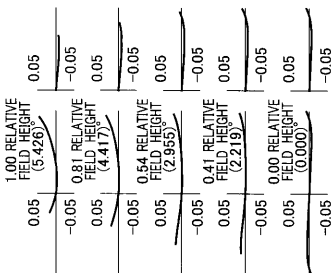


(C) 实施例4(最近接端、望远端)

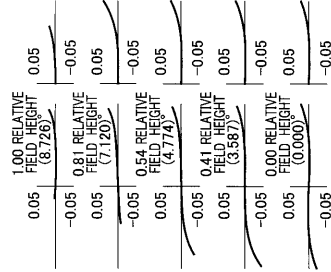


【 图 2 5 】

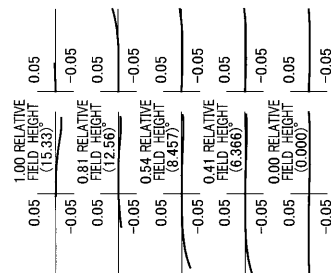
(C) 实施例4(最近接端、望远端)



(B) 实施例4(最近接端、中间)

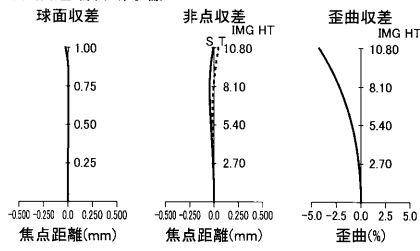


(A) 实施例4(最近接端、广角端)

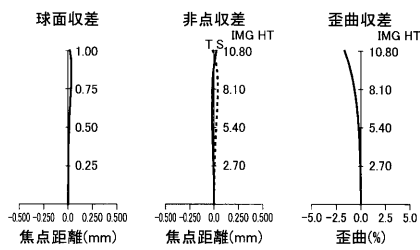


【 図 2 6 】

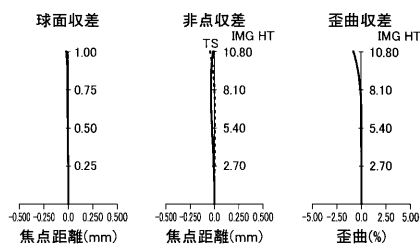
(A) 実施例5(無限遠端、広角端)



(B) 実施例5(無限遠端、中間)

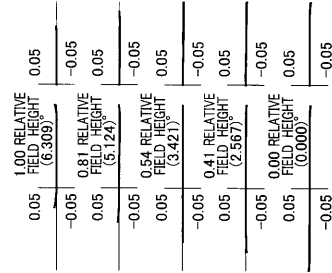


(C) 実施例5(無限遠端、望遠端)

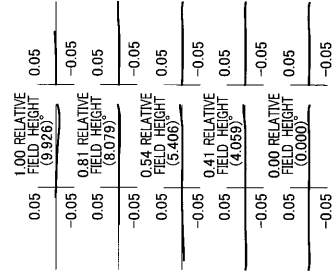


【 図 2 7 】

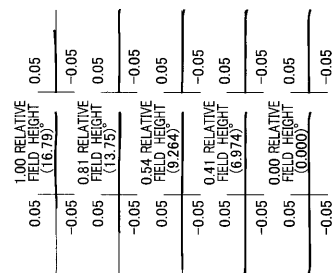
(C) 実施例5(無限遠端、望遠端)



(B) 実施例5(無限遠端、中間)

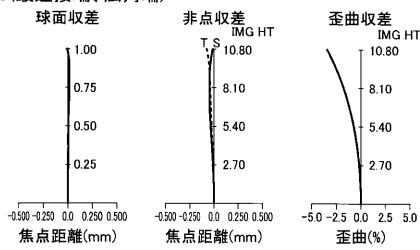


(A) 実施例5(無限遠端、広角端)

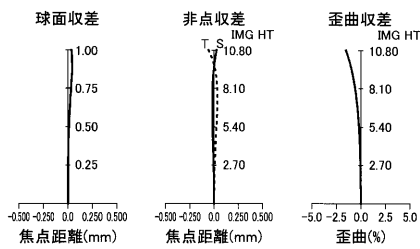


【 図 2 8 】

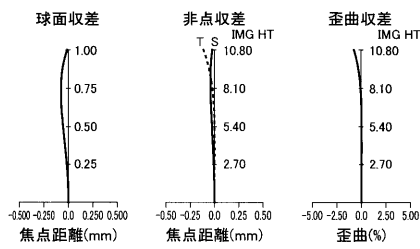
(A) 実施例5(最近接端、広角端)



(B) 実施例5(最近接端、中間)

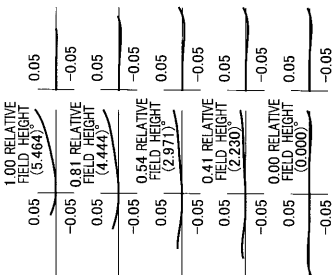


(C) 実施例5(最近接端、望遠端)

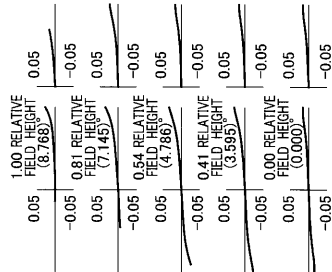


【 図 2 9 】

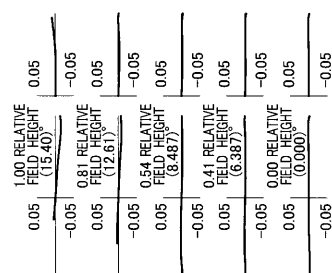
(C) 実施例5(最近接端、望遠端)



(B) 実施例5(最近接端、中間)

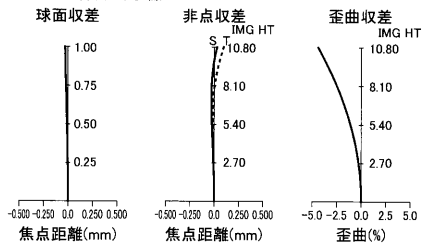


(A) 実施例5(最近接端、広角端)

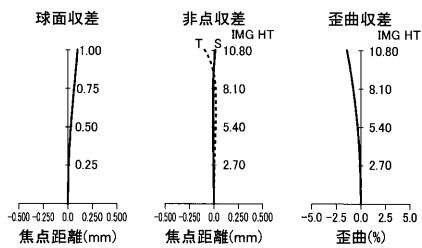


【 図 3 0 】

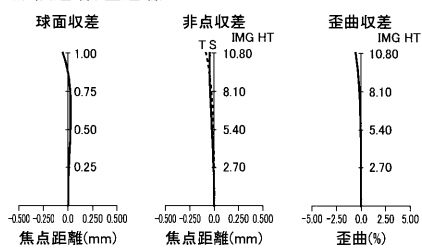
(A) 実施例6(無限遠端、広角端)



(B) 実施例6(無限遠端、中間)

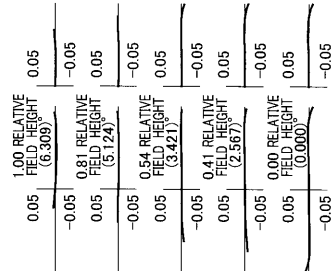


(C) 実施例6(無限遠端、望遠端)

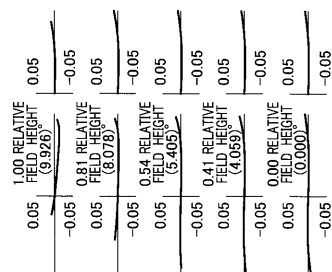


【 図 3 1 】

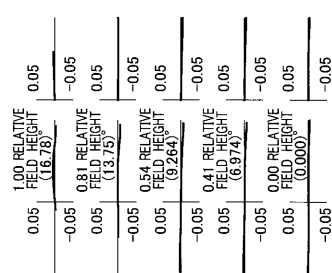
(C) 実施例6(無限遠端、望遠端)



(B) 実施例6(無限遠端、中間)

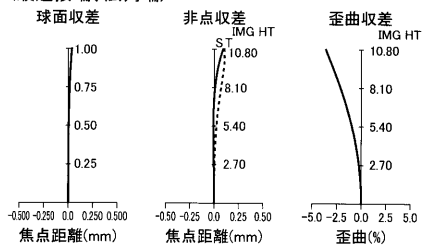


(A) 実施例6(無限遠端、広角端)

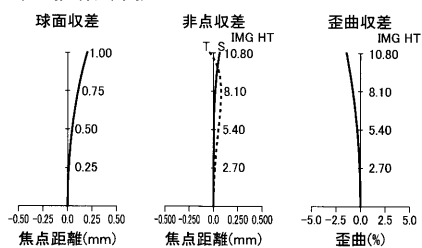


【 図 3 2 】

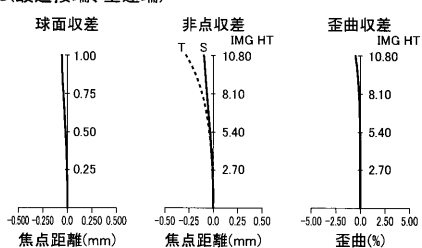
(A) 実施例6(最近接端、広角端)



(B) 実施例6(最近接端、中間)

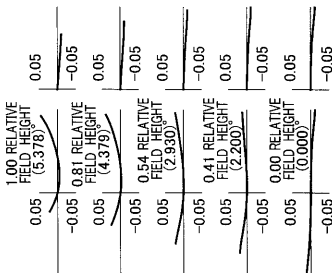


(C) 実施例6(最近接端、望遠端)

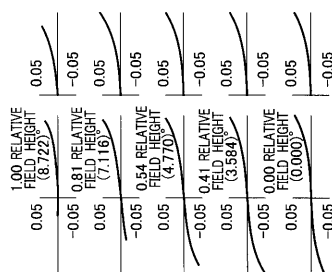


【 図 3 3 】

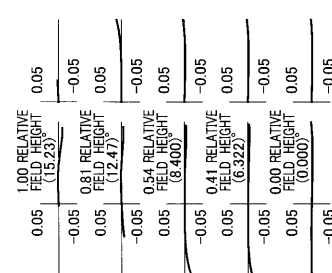
(C) 実施例6(最近接端、望遠端)



(B) 実施例6(最近接端、中間)



(A) 実施例6(最近接端、広角端)



【手続補正書】

【提出日】平成23年6月15日(2011.6.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0190

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0190】

【表1】

条件式 実施例	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
EX1	-0.92	0.95	0.80	0.98	2.30	1.20	1.51	-0.73
EX2	-1.09	0.92	1.13	0.92	2.47	1.20	1.57	-0.64
EX3	-0.79	1.01	0.80	0.94	2.10	1.19	1.52	-0.75
EX4	-0.76	1.03	0.79	0.75	2.41	1.16	1.48	-0.60
EX5	-0.85	0.99	0.77	1.42	1.88	1.19	1.66	-0.40
EX6	-0.72	1.05	0.78	0.56482	2.92	1.12	1.35	-0.59

フロントページの続き

(72)発明者 古後 将司

東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカミノルタオプト株式会社内

(72)発明者 井上 佳奈

東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカミノルタオプト株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA02 MA14 NA02 NA07 PA14 PA15 PA16 PB19 PB20 QA02
QA06 QA17 QA21 QA25 QA32 QA41 QA42 QA45 QA46 RA32
RA42 RA43 RA44 SA43 SA46 SA50 SA53 SA55 SA57 SA62
SA63 SA64 SA65 SA66 SA72 SA76 SB04 SB13 SB22 SB34
SB41 SB44