

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5050700号
(P5050700)

(45) 発行日 平成24年10月17日(2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年8月3日(2012.8.3)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 15/16 (2006.01) G O 2 B 15/16
G O 2 B 15/167 (2006.01) G O 2 B 15/167
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 29 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2007-185819 (P2007-185819)	(73) 特許権者	303000408
(22) 出願日	平成19年7月17日(2007.7.17)		コニカミノルタアドバンストレイヤー株式会社
(65) 公開番号	特開2009-25380 (P2009-25380A)		東京都八王子市石川町2970番地
(43) 公開日	平成21年2月5日(2009.2.5)	(74) 代理人	100067828
審査請求日	平成22年3月24日(2010.3.24)		弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100096150
			弁理士 伊藤 孝夫
		(74) 代理人	100111453
			弁理士 櫻井 智
		(72) 発明者	松坂 慶二
			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】 変倍光学系、撮像装置およびデジタル機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より像側へ順に、負の光学的パワーを有する第1レンズ群と、正の光学的パワーを有する第2レンズ群と、負の光学的パワーを有する第3レンズ群とを含み、

広角端から望遠端への変倍において、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とは、互いの間隔を狭くするよう移動し、

前記第1レンズ群は、1枚の負レンズから構成されて成り、

前記第2レンズ群は、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを備えて構成されてなり、

下記(1)の条件式を満たすことを特徴とする変倍光学系。

$$|H g 2| / R g 2 > 0.15 \quad \dots (1)$$

ただし、

H g 2 : 広角端において、前記第2レンズ群の最物体側レンズ面での最大像高に対応する光束の主光線高さ(光軸からの距離)

R g 2 : 前記第2レンズ群の最物体側レンズ面の最大有効半径

【請求項 2】

前記第2レンズ群の最物体側レンズ面よりも像側に配置された開口絞りをさらに含むこと

を特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

【請求項 3】

前記第2レンズ群の最物体側レンズは、正の光学的パワーを有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の変倍光学系。

【請求項4】

前記第1レンズ群は、前記変倍において固定される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項に記載の変倍光学系。

【請求項5】

前記広角端において、下記(2)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項に記載の変倍光学系。

$$|Hg2| / TLW > 0.01 \quad \dots (2)$$

ただし、

TLW：物体距離無限大の場合に、広角端での最物体側レンズ面の面頂点から像面までの光軸上距離（ただし、バックフォーカスは、空気換算長である）

【請求項6】

前記第1レンズ群の負レンズは、下記(3)および(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5のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$N1 < 1.65 \quad \dots (3)$$

$$v1 > 50 \quad \dots (4)$$

ただし、

N1：第1レンズ群における負レンズの屈折率

v1：第1レンズ群における負レンズのアップベ数

【請求項7】

前記第2レンズ群は、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6のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$0.6 < f2 / fw < 1.5 \quad \dots (5)$$

ただし、

f2：第2レンズ群の合成焦点距離

fw：広角端での全光学系の合成焦点距離

【請求項8】

変倍光学系の最像側レンズは、下記(6)および(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7のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$1.5 < Ni \quad \dots (6)$$

$$vi < 40 \quad \dots (7)$$

ただし、

Ni：変倍光学系における最像側レンズの屈折率

vi：変倍光学系における最像側レンズのアップベ数

【請求項9】

無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行う場合に、前記第3レンズ群が移動し、

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8のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$0.8 < |f3 / fw| < 1.5 \quad \dots (8)$$

ただし、

f3：第3レンズ群の合成焦点距離

fw：広角端での全光学系の合成焦点距離

【請求項10】

下記(9)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9のいずれか1項に記載の変倍光学系。

$$0.1 < Rg1 / TLW < 0.3 \quad \dots (9)$$

ただし、

Rg1：変倍光学系における最物体側レンズ面の最大有効半径

10

20

30

40

50

$T L w$: 物体距離無限大の場合に、広角端での最物体側レンズ面の面頂点から像面までの光軸上距離(ただし、バックフォーカスは、空気換算長である)

【請求項 11】

望遠端において、下記(10)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 10 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

$$T 1 2 / (f w \times f t) ^ { 1 / 2 } < 0 . 2 \quad \cdots (1 0)$$

ただし、

$T 1 2$: 望遠端での第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間の光軸上距離

$f w$: 広角端での全光学系の合成焦点距離

$f t$: 望遠端での全光学系の合成焦点距離

10

【請求項 12】

前記第 1 ないし第 3 レンズ群のみから構成されて成ること

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 13】

前記第 2 レンズ群の最物体側レンズは、下記(11)の条件式を満たすことを特徴とする請求項 12 に記載の変倍光学系。

$$- 0 . 4 < R f g 2 / R r g 2 < - 0 . 2 \quad \cdots (1 1)$$

ただし、

$R f g 2$: 第 2 レンズ群における最物体側レンズの物体側面の曲率半径

$R r g 2$: 第 2 レンズ群における最物体側レンズの像側面の曲率半径

20

【請求項 14】

下記(12)の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項 12 または請求項 13 に記載の変倍光学系。

$$1 . 0 < L b / f w < 1 . 5 \quad \cdots (1 2)$$

ただし、

$L b$: 望遠端におけるバックフォーカス(空気換算長)

$f w$: 広角端での全光学系の合成焦点距離

【請求項 15】

前記第 3 レンズ群の像側に、正の光学的パワーを有する第 4 レンズ群をさらに備えること

30

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 11 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 16】

前記第 1 ないし第 4 レンズ群のみから構成されて成ること

を特徴とする請求項 15 に記載の変倍光学系。

【請求項 17】

前記第 2 レンズ群の最物体側レンズは、下記(13)の条件式を満たすことを特徴とする請求項 15 または請求項 16 に記載の変倍光学系。

$$0 . 3 < R f g 2 / R r g 2 < 0 . 6 \quad \cdots (1 3)$$

ただし、

$R f g 2$: 第 2 レンズ群における最物体側レンズの物体側面の曲率半径

$R r g 2$: 第 2 レンズ群における最物体側レンズの像側面の曲率半径

40

【請求項 18】

下記(14)の条件式を満たすこと

を特徴とする請求項 15 ないし請求項 17 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

$$0 . 2 < L b / f w < 0 . 4 \quad \cdots (1 4)$$

ただし、

$L b$: 望遠端におけるバックフォーカス(空気換算長)

$f w$: 広角端での全光学系の合成焦点距離

【請求項 19】

前記開口絞りは、前記第 2 レンズ群の最像側レンズ面よりも像側に配置されること

50

を特徴とする請求項 2 に記載の変倍光学系。

【請求項 2 0】

可動するレンズ群は、前記変倍において、2 個のみであること
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 1 9 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 2 1】

前記第 3 レンズ群は、少なくとも 1 面の非球面を含むこと
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 0 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 2 2】

少なくとも 1 枚の樹脂材料製レンズを含むこと
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。 10

【請求項 2 3】

前記少なくとも 1 枚の樹脂材料製レンズは、前記第 3 レンズ群内にまたは前記第 3 レンズ群よりも像側に配置されること
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 2 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 2 4】

前記第 2 レンズ群は、広角端から望遠端への前記変倍において物体側に移動し、かつ、3 枚以下のレンズを備えて構成されて成ること
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 3 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 2 5】

前記第 2 レンズ群は、接合レンズを含むこと
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 4 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。 20

【請求項 2 6】

前記第 3 レンズ群は、2 枚以上のレンズを備えて構成されて成ること
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 2 5 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 2 7】

請求項 1 ないし請求項 2 6 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系と、
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。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 に記載の撮像装置と、
前記撮像装置に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行わせる制御部とを備え、
前記撮像装置の変倍光学系が、前記撮像素子の受光面上に前記被写体の光学像を形成可能に組み付けられていること
を特徴とするデジタル機器。 30

【請求項 2 9】

携帯端末から成ること
を特徴とする請求項 2 8 に記載のデジタル機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、ビデオカメラや電子スチルカメラ等に好適に用いられる変倍光学系に関し、特に、小型化可能な変倍光学系、それを備えた撮像装置、およびその撮像装置を搭載したデジタル機器に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、携帯電話機や P D A (Personal Digital Assistants) などの携帯可能な通信機能を備えた携帯端末の普及が目覚ましく、これらの機器にコンパクトな静止画撮影や動画撮影可能な撮像装置が内蔵されることが多い。これらの機器に搭載される撮像装置は、通 40 50

常、サイズ（大きさ）やコストの制約が厳しい。このため、デジタルカメラに較べて、低画素で小型の撮像素子を用い、2～4枚程度のプラスチックレンズから構成される単焦点光学系を備えた撮像装置が一般的に採用されている。しかしながら、これらの機器に搭載される撮像装置も高画素化や高機能化が進展してきており、このため、高画素撮像素子に対応可能で、かつ撮影者から離れた被写体も撮影可能であって、これらの機器に搭載することができるコンパクトな変倍光学系が要求されている。

【0003】

これらの機器に搭載される撮像装置の変倍光学系としては、例えば、特許文献1や特許文献2が挙げられる。特許文献1に開示の変倍光学系は、負正負3成分であり、そのレンズ構成枚数が非常に少ないことを特徴としている。また、特許文献2に開示の変倍光学系は、負正負正4成分であり、第1レンズ群を固定することによって小型化を図っている。

10

【特許文献1】特開2005-037935号公報

【特許文献2】特開2006-227129号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記特許文献1に開示の変倍光学系は、軸上色収差および倍率色収差の補正が上記要求に対し不十分であり、近年の高画素化に充分に対応することが難しい。また、上記特許文献2に開示の変倍光学系は、第2および第3レンズ群をそれぞれ1枚のレンズで構成しているため、球面収差および非点収差の補正が上記要求に対し不十分である。

20

【0005】

このように、これら変倍光学系は、コンパクトであるが、収差補正が不十分であるため、高画素撮像素子に充分に対応することが難しい。

【0006】

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、コンパクトでありながら、球面収差、色収差および非点収差の諸収差を背景技術に較べてより補正することができる変倍光学系、これを備えた撮像装置およびデジタル機器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

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、撮像装置およびデジタル機器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。

30

(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(486.13nm)、C線(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。

(c) 面形状に関する表記は、近軸曲率に基づいた表記である。

(d) 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(近軸曲率に基づいた表記)とする。

40

(e) 接合レンズを構成している各単レンズにおける光学的パワーの表記は、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。

(f) 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。

【0008】

本発明の一態様に係る変倍光学系は、物体側より像側へ順に、負の光学的パワーを有す

50

る第1レンズ群と、正の光学的パワーを有する第2レンズ群と、負の光学的パワーを有する第3レンズ群とを含み、広角端から望遠端への変倍において、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群とは、互いの間隔を狭くするよう移動し、前記第1レンズ群は、1枚の負レンズから構成されて成り、前記第2レンズ群は、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを備えて構成されてなり、下記(1)の条件式を満たすことを特徴とする。

$$|H g 2| / R g 2 > 0.15 \quad \dots (1)$$

ただし、 $H g 2$ は、前記広角端において、前記第2レンズ群の最物体側レンズ面での最大像高に対応する光束の主光線高さ(光軸からの距離)であり、 $R g 2$ は、前記第2レンズ群の最物体側レンズ面の最大有効半径である。

10

【0009】

この構成では、変倍比が約2~3倍程度のズームレンズにおいて、光学全長、前玉径のサイズおよび誤差感度の点から有利な負リードの光学系である。負正負を含む構成とすることによって、変倍移動量の短縮による当該変倍光学系のコンパクト化が維持されつつ、球面収差、色収差および非点収差の良好な補正が可能となる。例えば、第1レンズ群を1枚のレンズで構成することによって、当該変倍光学系のコンパクト化が維持される。第2レンズ群を正負の各1枚のレンズで構成することによって、軸上色収差と球面収差の十分な補正が可能となる。そして、条件式(1)を満たすことによって、第1レンズ群で残存する軸外収差を第2レンズ群の最物体側レンズで補正することが可能となる。

【0010】

20

また、他の一態様では、上述の変倍光学系において、前記第2レンズ群の最物体側レンズ面よりも像側に配置された開口絞りをさらに含むことを特徴とする。

【0011】

この構成では、変倍比が約2~3倍程度のズームレンズにおいて、光学全長、前玉径のサイズおよび誤差感度の点から有利な負リードの光学系である。負正負を含む構成とすることによって、変倍移動量の短縮による当該変倍光学系のコンパクト化が維持されつつ、球面収差、色収差および非点収差の良好な補正が可能となる。例えば、第1レンズ群を1枚のレンズで構成することによって、当該変倍光学系のコンパクト化が維持される。第2レンズ群を正負の各1枚のレンズで構成することによって、軸上色収差と球面収差の十分な補正が可能となる。そして、開口絞りを第2レンズ群の最物体側レンズ面よりも像側に

30

【0012】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第2レンズ群の最物体側レンズは、正の光学的パワーを有する。

【0013】

この構成によれば、第2レンズ群の最物体側レンズを正レンズとすることによって、第1レンズ群で残存した非点収差および倍率色収差を効果的に補正することが可能となる。

【0014】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第1レンズ群は、前記変倍において固定される。

40

【0015】

この構成によれば、第1レンズ群を固定することによって、第1レンズ群のレンズ有効径を抑えることが可能となる。また、第1レンズ群が可動する場合には、第1レンズ群の外側に駆動装置を配置しなければならず、外径方向のサイズが大きくなるが、この構成によれば、外径方向の小型化に非常に効果的である。

【0016】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記広角端において、下記(2)の条件式を満たす。

$$|H g 2| / T L w > 0.01 \quad \dots (2)$$

50

ただし、TLwは、物体距離無限大の場合に、前記広角端での最物体側レンズ面の面頂点から像面までの光軸上距離（ただし、バックフォーカスは、空気換算長である）である。

【0017】

この構成によれば、条件式(2)を満たすことによって、第2レンズ群の最物体側レンズで軸外収差を効果的に補正することが可能となる。

【0018】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第1レンズ群の負レンズは、下記(3)および(4)の条件式を満たす。

$$N1 < 1.65 \quad \dots (3)$$

$$v1 > 50 \quad \dots (4)$$

ただし、N1は、前記第1レンズ群における負レンズの屈折率であり、v1は、前記第1レンズ群における負レンズのアッペ数である。

【0019】

この構成において、条件式(3)の上限を上回ると、第1レンズ群で発生する非点収差を他のレンズ群で補正することが困難になり、好ましくない。一方、条件式(4)の下限を下回ると、第1レンズ群で発生する倍率色収差を他のレンズ群で補正することが困難になり、好ましくない。

【0020】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第2レンズ群は、下記(5)の条件式を満たす。

$$0.6 < f2 / fw < 1.5 \quad \dots (5)$$

ただし、f2は、前記第2レンズ群の合成焦点距離であり、fwは、前記広角端での全光学系の合成焦点距離である。

【0021】

この構成において、条件式(5)の上限を上回ると、第2レンズ群の光学的パワーが弱過ぎるため、コンパクト性を確保した状態で約2～3倍程度の変倍比を得ることが困難となり、好ましくない。一方、条件式(5)の下限を下回ると、第2レンズ群の偏芯誤差感が非常に高くなって、製造が困難となり、好ましくない。

【0022】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、変倍光学系の最像側レンズは、下記(6)および(7)の条件式を満たす。

$$1.5 < Ni \quad \dots (6)$$

$$vi < 40 \quad \dots (7)$$

ただし、Niは、変倍光学系における最像側レンズの屈折率であり、viは、変倍光学系における最像側レンズのアッペ数である。

【0023】

この構成において、条件式(6)の下限を下回ると、像面に入射する軸外光線角度を調整することが困難となり、好ましくない。一方、条件式(7)の上限を上回ると、高画素撮像素子に対応する点で、倍率色収差を十分に補正することが困難となり、好ましくない。

【0024】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行う場合に、前記第3レンズ群が移動し、下記(8)の条件式を満たす。

$$0.8 < |f3 / fw| < 1.5 \quad \dots (8)$$

ただし、f3は、前記第3レンズ群の合成焦点距離であり、fwは、前記広角端での全光学系の合成焦点距離である。

【0025】

この構成において、条件式(8)の上限を上回ると、第3レンズ群の光学的パワーが弱まり、フォーカスの場合に第3レンズ群の移動量が増大してしまい、コンパクト化の妨げ

10

20

30

40

50

となり、好ましくない。一方、条件式(8)の下限を下回ると、第3レンズ群の偏芯誤差感度が非常に高くなって、製造が困難となり、好ましくない。

【0026】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、下記(9)の条件式を満たす。

$$0.1 < Rg1 / TLW < 0.3 \quad \dots (9)$$

ただし、Rg1は、変倍光学系における最物体側レンズ面の最大有効半径であり、TLWは、物体距離無限大の場合に、前記広角端での最物体側レンズ面の面頂点から像面までの光軸上距離(ただし、バックフォーカスは、空気換算長である)である。

【0027】

この構成において、条件式(9)の上限を上回ると、変倍光学系の断面積が増加するため、変倍光学系のレンズ全長を短縮しても変倍光学系の体積減少の妨げとなり、好ましくない。一方、条件式(9)の下限を下回ると、第1レンズ群の光学的パワーが強くなり過ぎて偏芯誤差感度が非常に高くなって、製造が困難となり、好ましくない。

10

【0028】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、望遠端において、下記(10)の条件式を満たす。

$$T12 / (fw \times ft)^{1/2} < 0.2 \quad \dots (10)$$

ただし、T12は、前記望遠端での前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間の光軸上距離であり、fwは、前記広角端での全光学系の合成焦点距離であり、ftは、前記望遠端での全光学系の合成焦点距離である。

20

【0029】

この構成において、条件式(10)の上限を上回ると、第2レンズ群の実質的な変倍移動量が小さくなるため、第2レンズ群の光学的パワーが強くなって、製造が難しくなり、好ましくない。

【0030】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第1ないし第3レンズ群のみから構成されて成る。

【0031】

この構成によれば、第1ないし第3レンズ群の3群構成とすることによって、機械的機構の簡略化によるコストダウンと光学全長の大幅な短縮化を図ることができる。

30

【0032】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第2レンズ群の最物体側レンズは、下記(11)の条件式を満たす。

$$-0.4 < Rfg2 / Rrg2 < -0.2 \quad \dots (11)$$

ただし、Rfg2は、前記第2レンズ群における最物体側レンズの物体側面の曲率半径であり、Rrg2は、前記第2レンズ群における最物体側レンズの像側面の曲率半径である。

【0033】

一般的に、コンパクト化を図ると変倍群の移動量を抑えるために第2レンズ群内の各レンズの光学的パワーが増加し、その結果、誤差感度が高くなり過ぎて製造が困難となる。特に、最物体側レンズは、第2レンズ群内の中でも最も光学的パワーが強くなる。

40

【0034】

この構成において、条件式(11)を満たすことによって第2レンズ群の最物体側レンズの製造誤差感度を抑制することが可能となる。

【0035】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、下記(12)の条件式を満たす。

$$1.0 < Lb / fw < 1.5 \quad \dots (12)$$

ただし、Lbは、前記望遠端におけるバックフォーカス(空気換算長)であり、fwは、前記広角端での全光学系の合成焦点距離である。

50

【 0 0 3 6 】

この構成において、条件式(12)の上限を上回ると、第1レンズ群における負レンズの光学的パワーが強くなり過ぎて、第1レンズ群で発生する軸外収差を他のレンズ群で補正することが困難となり、好ましくない。一方、条件式(12)の下限を下回ると、第3レンズ群の変倍負担が低くなって光学全長が増大してしまい、コンパクト化の妨げとなり、好ましくない。

【 0 0 3 7 】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第3レンズ群の像側に、正の光学的パワーを有する第4レンズ群をさらに備える。

【 0 0 3 8 】

この構成によれば、第3レンズ群の像側に第4レンズ群を配置することによって、撮像面に入射する光線のテレセントリック性を高めることが可能となる。

【 0 0 3 9 】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第1ないし第4レンズ群のみから構成されて成る。

【 0 0 4 0 】

この構成によれば、第1ないし第4レンズ群の4群構成とすることによって、光学全長の短縮化とテレセントリック性の保持との両立が比較的容易となる。

【 0 0 4 1 】

また、これら第4レンズ群をさらに備える変倍光学系において、好ましくは、前記第2

レンズ群の最物体側レンズは、下記(13)の条件式を満たす。

$0.3 < Rfg2 / Rrg2 < 0.6 \quad \dots (13)$

ただし、 $Rfg2$ は、前記第2レンズ群における最物体側レンズの物体側面の曲率半径であり、 $Rrg2$ は、前記第2レンズ群における最物体側レンズの像側面の曲率半径である。

【 0 0 4 2 】

上述したように、一般的に、コンパクト化を図ると変倍群の移動量を抑えるために第2レンズ群内の各レンズの光学的パワーが増加し、その結果、誤差感度が高くなり過ぎて製造が困難となる。特に、最物体側レンズは、第2レンズ群内の中でも最も光学的パワーが強くなる。

【 0 0 4 3 】

この構成において、条件式(13)を満たすことによって第2レンズ群の最物体側レンズの製造誤差感度を抑制することが可能となる。

【 0 0 4 4 】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、下記(14)の条件式を満たす。

$0.2 < Lb / fw < 0.4 \quad \dots (14)$

ただし、 Lb は、前記望遠端におけるバックフォーカス(空気換算長)であり、 fw は、前記広角端での全光学系の合成焦点距離である。

【 0 0 4 5 】

この構成において、条件式(14)の上限を上回ると、望遠端において、像面への軸外光線入射角度のテレセントリック性が崩れて周辺照度が低下してしまい、好ましくない。一方、条件式(14)の下限を下回ると、広角端および望遠端での像面への軸外光線入射角度の差が大きくなり過ぎていずれかで周辺照度が低下してしまい、好ましくない。

【 0 0 4 6 】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記開口絞りは、前記第2レンズ群の最像側レンズ面よりも像側に配置される。

【 0 0 4 7 】

この構成によれば、開口絞りを第2レンズ群の最像側レンズ面よりも像側に配置することによって、軸外収差を補正することが可能となる。

10

20

30

40

50

【0048】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、可動するレンズ群は、前記変倍において、2個のみである。

【0049】

可動群を、変倍群とズーミングによる像面補正群との2群に限定することによって、これらを駆動する駆動装置の占有体積が減少し、機械的機構も簡略化するため、当該変倍光学系のサイズを小型化することが可能となる。

【0050】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第3レンズ群は、少なくとも1面の非球面を含む。

10

【0051】

この構成によれば、第3レンズ群に少なくとも1面の非球面を有することによって、撮像面全域に亘ってテレセントリック性を確保することが比較的容易となる。

【0052】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、少なくとも1枚の樹脂材料製レンズを含む。

【0053】

この構成によれば、樹脂材料製レンズを用いることによって、安定した品質で大量生産が可能となり、コストダウンを図ることが可能となる。

【0054】

20

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記少なくとも1枚の樹脂材料製レンズは、前記第3レンズ群内にまたは前記第3レンズ群よりも像側に配置される。

【0055】

この構成によれば、第3レンズ群内にまたは第3レンズ群よりも像側に樹脂材料製レンズを配置することによって、光学性能への影響を最小限に抑えつつ、コストダウンを図ることが可能となる。

【0056】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第2レンズ群は、広角端から望遠端への前記変倍において物体側に移動し、かつ、3枚以下のレンズを備えて構成されて成る。

30

【0057】

この構成によれば、第2レンズ群のレンズ枚数を3枚以下とすることによって、可動群を軽量化し、第2レンズ群を駆動する駆動装置の負荷を軽減することが可能となる。

【0058】

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第2レンズ群は、接合レンズを含む。

【0059】

この構成によれば、第2レンズ群に接合レンズを用いることによって、第2レンズ群の製造誤差感度を抑えることが可能となる。

【0060】

40

また、これら上述の変倍光学系において、好ましくは、前記第3レンズ群は、2枚以上のレンズを備えて構成されて成る。

【0061】

この構成によれば、第3レンズ群を2枚以上で構成することによって、高画素撮像素子に対応する点で、第1および第2レンズ群での残収差を十分に補正することが可能となる。

【0062】

そして、本発明の他の一態様に係る撮像装置は、これら上述の構成のいずれかの変倍光学系と、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。

50

【 0 0 6 3 】

そして、本発明の他の一態様に係るデジタル機器は、上述の構成の撮像装置と、前記撮像装置に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行わせる制御部とを備え、前記撮像装置の変倍光学系が、前記撮像素子の受光面上に前記被写体の光学像を形成可能に組み付けられていることを特徴とする。そして、好ましくは、デジタル機器は、携帯端末から成る。

【 発明の効果 】

【 0 0 6 4 】

本発明によれば、コンパクト性を確保しつつ、球面収差、色収差および非点収差の諸収差を背景技術に較べてより補正することができる変倍光学系、撮像装置およびデジタル機器の提供が可能となる。

10

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 6 5 】

以下、本発明に係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、その説明を省略する。

【 0 0 6 6 】

< 変倍光学系の構成の説明 >

図 1 は、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。

【 0 0 6 7 】

20

図 1 において、この変倍光学系 1 は、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子 1 6 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、負の光学的パワーを有する第 1 レンズ群 1 1 と、正の光学的パワーを有する第 2 レンズ群 1 2 と、負の光学的パワーを有する第 3 レンズ群 1 3 とを含み、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第 1 レンズ群 1 1 と前記第 2 レンズ群 1 2 とが互いの間隔が狭くなるよう移動してなる変倍光学系である。なお、図 1 で例示した変倍光学系 1 は、後述する実施例 1 の変倍光学系 1 A（図 4）と同じ構成である。

【 0 0 6 8 】

図 1 では、第 1 レンズ群 1 1 は、変倍において固定され、1 枚の両凹の負レンズ 1 1 1 から構成されて成り、第 2 レンズ群 1 2 は、変倍において物体側に移動し、物体側より像側へ順に、両凸の正レンズ 1 2 1 と、両凸の正レンズ 1 2 2 と、像側に凸の負メニスカスレンズ 1 2 3 とから構成され、第 3 レンズ群 1 3 は、変倍において移動し、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 1 3 1 と、物体側に凸の負メニスカスレンズ 1 3 2 とから構成される例を示している。このように変倍光学系 1 では、第 2 レンズ群 1 2 は、少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズとを有している。図 1 に示す例では、第 2 レンズ群 1 2 の正レンズ 1 2 1 および第 3 レンズ群 1 3 の負メニスカスレンズ 1 3 2 は、それぞれ、両面が非球面である。第 2 レンズ群 1 2 の正レンズ 1 2 2 と負メニスカスレンズ 1 2 3 とは、固定的に一体化された接合レンズである。また、第 3 レンズ群 1 3 における負メニスカスレンズ 1 3 2 は、例えばプラスチックなどの樹脂材料製レンズである。

30

40

【 0 0 6 9 】

なお、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。

【 0 0 7 0 】

そして、変倍光学系 1 は、広角端において、第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズ面での最大像高に対応する光束の主光線高さ（光軸からの距離）を H_{g2} 、および、第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズ面の最大有効半径を R_{g2} とする場合に、下記（1）の条件式を満たすものとされる。

$$|H_{g2}| / R_{g2} > 0.15 \quad \dots (1)$$

【 0 0 7 1 】

50

このような構成の変倍光学系 1 は、物体側から順に「負・正・負」の 3 成分を有する、いわゆる負リードの光学系である。このため、変倍比が約 2 ~ 3 倍程度のズームレンズにおいて、光学全長、前玉径のサイズおよび誤差感度の点で有利となる。

【 0 0 7 2 】

そして、負正負を含む構成とすることによって、変倍移動量の短縮による当該変倍光学系 1 のコンパクト化が維持されつつ、変倍比が約 2 ~ 3 倍程度の変倍域全域に亘って球面収差、色収差および非点収差等の良好な補正が可能となる。すなわち、図 1 に示す例では、第 1 レンズ群 1 1 が 1 枚のレンズ 1 1 1 で構成されている。このため、当該変倍光学系 1 のコンパクト化が維持される。第 2 レンズ群 1 2 が少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズとを備えて構成されている。このため、軸上色収差と球面収差の充分な補正が可能となる。そして、変倍光学系 1 は、上記条件式 (1) を満たすものとされる。このため、第 1 レンズ群 1 1 で残存する軸外収差を第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズで補正することが可能となる。

10

【 0 0 7 3 】

また、軸外収差や製造誤差感度の観点から、変倍光学系 1 は、下記条件式 (1 ') を満たすことがより一層好ましい。

$$| H g 2 | / R g 2 > 0 . 5 \quad \cdot \cdot \cdot (1 ')$$

【 0 0 7 4 】

条件式 (1 ') の下限を下回ると、第 1 レンズ群 1 1 で残存する軸外収差を第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズで補正する効果が弱くなる。このため、特に、広角端での光学性能が劣化する、あるいは、光学性能を維持しようとする製造誤差感度が増加してしまう。

20

【 0 0 7 5 】

軸外収差を補正する観点からあるいは、この変倍光学系 1 は、例えば、第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズ面よりも像側に配置された光学絞り (開口絞り) 1 4 を備えてもよい。このように光学絞り 1 3 が第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズ面よりも像側に配置されることによって、第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズによって軸外収差を補正することが可能となる。

【 0 0 7 6 】

この変倍光学系 1 の像側には、フィルタ 1 5 や撮像素子 1 6 が配置される。フィルタ 1 5 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など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 1 6 は、この変倍光学系 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光学像が、変倍光学系 1 によりその光軸 A X に沿って適宜な変倍比で撮像素子 1 6 の受光面まで導かれ、撮像素子 1 6 によって前記被写体の光学像が撮像される。

30

【 0 0 7 7 】

また、この変倍光学系 1 では、第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズ 1 2 1 は、正の光学的パワーを有している。このため、第 1 レンズ群 1 1 で残存した非点収差および倍率色収差を効果的に補正することが可能となる。

40

【 0 0 7 8 】

また、この変倍光学系 1 では、正レンズ 1 2 1 の両面が非球面であり、第 2 レンズ群 1 2 の正レンズ 1 2 1 に非球面が設けられている。このため、コンパクト化に伴う第 2 レンズ群 1 2 の光学的パワーの増大によって発生する球面収差およびコマ収差を、高画素撮像素子に対応する点で良好に補正することが可能となる。

【 0 0 7 9 】

また、この変倍光学系 1 では、第 2 レンズ群 1 2 は、物体側から、両凸の正レンズ 1 2 1、正レンズ 1 2 2 と負メニスカスレンズ 1 2 3 との接合レンズの順に配置されている。

50

このため、第2レンズ群12全体の変倍負担を各レンズ121～123に適切に分配することが可能となり、製造誤差感度を低減することが可能となる。また、この配置によって軸上色収差の補正を、高画素撮像素子に対応する点で充分に行うことが可能となる。なお、同様の観点から両凸の正レンズ121は、物体側に凸の正レンズでもよく、また、負メニスカスレンズ123は、負レンズでもよい。

【0080】

また、この変倍光学系1では、第3レンズ群13の負メニスカスレンズ132は、両面が非球面であり、第3レンズ群13は、少なくとも1面の非球面を含んでいる。このため撮像面全域に亘ってテレセントリック性を確保することが比較的容易となる。

【0081】

また、この変倍光学系1では、第3レンズ群13は、2枚のレンズを備えて構成されて成る。このため、高画素撮像素子に対応する点で、第1および第2レンズ群11、12での残収差を充分に補正することが可能となる。なお、同様の観点から、第3レンズ群13は、2枚以上のレンズを備えて構成されてもよい。

【0082】

また、この変倍光学系1では、第1レンズ群11は、変倍において固定されている。このため、第1レンズ群11のレンズ有効径を抑えることが可能となる。第1レンズ群11が可動する場合は、第1レンズ群11の径方向の外側に駆動装置を配置しなければならず、外径方向のサイズが大きくなるので、特に、外径方向の小型化に非常に効果的である。

【0083】

また、この変倍光学系1では、第2および第3レンズ群12、13は、変倍において移動する。このように可動するレンズ群は、変倍において、2個のみであるので、これらを駆動する駆動装置の占有体積が減少し、機械的機構も簡略化するため、当該変倍光学系1のサイズを小型化することが可能となる。

【0084】

また、この変倍光学系1では、第2レンズ群12は、変倍において物体側に移動し、かつ、3枚のレンズ121～123を備えて構成されて成る。このため、可動する第2レンズ群12が軽量化され、第2レンズ群12を駆動する図略の駆動装置の負荷を軽減することが可能となる。なお、同様の観点から、第2レンズ群12は、3枚以下のレンズを備えて構成されてもよい。

【0085】

また、この変倍光学系1は、第1ないし第3レンズ群11、12、13のみから構成されて成る。このため、機械的機構の簡略化によるコストダウンと光学全長の大幅な短縮を図ることができる。

【0086】

また、この変倍光学系1では、第3レンズ群13の負メニスカスレンズ132が樹脂材料製レンズであり、変倍光学系1は、少なくとも1枚の樹脂材料製レンズを含んでいる。このため、安定した品質で負メニスカスレンズ132を大量生産することができ、コストダウンを図ることが可能となる。そして、負メニスカスレンズ132は、第3レンズ群13内に配置される。このため、光学性能への影響を最小限に抑えつつ、コストダウンを図ることが可能となる。なお、同様の観点から、第3レンズ群13よりも像側に樹脂材料製レンズがさらに配置されていてもよい。

【0087】

また、この変倍光学系1では、第2レンズ群12は、接合レンズの正レンズ122と負メニスカスレンズ123とを含んでいる。このため、第2レンズ群12の製造誤差感度を抑えることが可能となり、また、コンパクト化と製造誤差感度の低減との両立が可能となる。

【0088】

また、このような構成の変倍光学系1において、光学絞り14は、撮像素子16に対し

10

20

30

40

50

て遮光する機能を備えたメカニカルシャッタでもよい。このようなメカニカルシャッタは、例えば、撮像素子 16 に CCD 方式の素子を用いた場合にスミアの防止に効果的である。

【0089】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、物体距離無限大の場合に、広角端での最物体側レンズ面の面頂点から像面までの光軸上距離（ただし、バックフォーカスは、空気換算長である）を TLW とする場合に、軸外収差の点で、広角端において下記（2）の条件式を満たすことが好ましい。

$$|Hg2| / TLW > 0.01 \quad \dots (2)$$

【0090】

条件式（2）を満たすことによって、第 2 レンズ群 12 の最物体側レンズで軸外収差を効果的に補正することが可能となる。そして、軸外収差や製造誤差感度の観点から、変倍光学系 1 は、下記条件式（2'）を満たすことがより一層好ましい。

$$|Hg2| / TLW > 0.05 \quad \dots (2')$$

【0091】

条件式（2'）の下限を下回ると、第 1 レンズ群 11 で残存する軸外収差を第 2 レンズ群 12 の最物体側レンズで補正する効果が弱くなる。このため、特に、広角端での光学性能が劣化する、あるいは、光学性能を維持しようとする製造誤差感度が増加してしまう。

【0092】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、第 1 レンズ群 11 における負レンズ 111 の屈折率を N1、および、第 1 レンズ群 11 における負レンズのアッベ数を v1 とする場合に、収差補正の観点から、第 1 レンズ群 11 の負レンズ 111 は、下記（3）および（4）の条件式を満たすことが好ましい。

$$N1 < 1.65 \quad \dots (3)$$

$$v1 > 50 \quad \dots (4)$$

【0093】

条件式（3）の上限を上回ると、第 1 レンズ群 11 で発生する非点収差を他のレンズ群で補正することが困難になり、そして、条件式（4）の下限を下回ると、第 1 レンズ群 11 で発生する倍率色収差を他のレンズ群で補正することが困難になる。そして、非点収差補正の観点から、変倍光学系 1 は、下記条件式（3'）を満たすことがより一層好ましく、また、倍率色収差補正の観点から、変倍光学系 1 は、下記条件式（4'）を満たすことがより一層好ましい。

$$N1 < 1.5 \quad \dots (3')$$

$$v1 > 70 \quad \dots (4')$$

【0094】

変倍光学系 1 は、条件式（3'）を満たすことによって非点収差がより十分に補正され、また、条件式（4'）を満たすことによって倍率色収差の補正がより容易となる。

【0095】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、第 2 レンズ群 12 の合成焦点距離を f2、および、広角端での全光学系の合成焦点距離を fw とする場合に、コンパクト化および偏芯誤差感度の観点から、第 2 レンズ群 12 は、下記（5）の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.6 < f2 / fw < 1.5 \quad \dots (5)$$

【0096】

条件式（5）の上限を上回ると、第 2 レンズ群 12 の光学的パワーが弱過ぎて、コンパクト性を確保した状態で約 2 ~ 3 倍程度の変倍比を得ることが困難となり、そして、条件式（5）の下限を下回ると、第 2 レンズ群 12 の偏芯誤差感度が非常に高くなって、製造が困難となる。そして、コンパクト化の観点から、変倍光学系 1 は、下記条件式（5'）を満たすことがより一層好ましい。

10

20

30

40

50

$$0.6 < f_2 / f_w < 1.1 \quad \dots (5')$$

【0097】

条件式(5')の上限を上回ると、第2レンズ群12の光学的パワーが弱くなるため、変倍移動量が増大し、この結果、光学全長が増加してしまう。

【0098】

また、このような構成の変倍光学系1において、変倍光学系1における最像側レンズの屈折率を N_i 、および、変倍光学系1における最像側レンズのアッペ数を v_i とする場合に、軸外光線角度調整および倍率色収差補正の観点から、変倍光学系1の最像側レンズは、下記(6)および(7)の条件式を満たすことが好ましい。

$$1.5 < N_i \quad \dots (6)$$

$$v_i < 40 \quad \dots (7)$$

【0099】

条件式(6)の下限を下回ると、像面に入射する軸外光線角度を調整することが困難となり、そして、条件式(7)の上限を上回ると、高画素撮像素子に対応する点で、倍率色収差を十分に補正することが困難となる。そして、倍率色収差補正の観点から、変倍光学系1は、下記条件式(7')を満たすことがより一層好ましく、さらに、下記条件式(7'')を満たすことがさらにより一層好ましい。

$$v_i < 35 \quad \dots (7')$$

条件式(7')を満たすことによって、倍率色収差の補正がより充分となる。

$$v_i < 30 \quad \dots (7'')$$

【0100】

条件式(7'')を満たすことによって、使用可能な硝材として屈折率の比較的高い硝材が選択可能となるため、倍率色収差の補正と像面入射角の調整との両立がより容易となる。

【0101】

また、このような構成の変倍光学系1において、第3レンズ群13の合成焦点距離を f_3 とする場合に、コンパクト化および偏芯誤差感度の観点から、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行う場合に、第3レンズ群13が移動し、下記(8)の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.8 < |f_3 / f_w| < 1.5 \quad \dots (8)$$

【0102】

条件式(8)の上限を上回ると、第3レンズ群13の光学的パワーが弱まり、フォーカスの場合に第3レンズ群13の移動量が増大してしまい、コンパクト化の妨げとなり、そして、条件式(8)の下限を下回ると、第3レンズ群13の偏芯誤差感度が非常に高くなり、製造が困難となる。

【0103】

また、このような構成の変倍光学系1において、変倍光学系1における最物体側レンズ面の最大有効半径を R_{g1} とする場合に、下記(9)の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.1 < R_{g1} / TLW < 0.3 \quad \dots (9)$$

【0104】

条件式(9)の上限を上回ると、変倍光学系1の断面積が増加するため、光学全長が短縮しても変倍光学系1の体積減少の妨げとなり、そして、条件式(9)の下限を下回ると、第1レンズ群11の光学的パワーが強くなり過ぎて偏芯誤差感度が非常に高くなり、製造が困難となる。そして、体積減少の観点から、変倍光学系1は、下記条件式(9')を満たすことがより一層好ましい。

$$0.15 < R_{g1} / TLW < 0.25 \quad \dots (9')$$

【0105】

条件式(9')を満たすことによって、変倍光学系1の体積を最小化することが可能となる。

【0106】

10

20

30

40

50

また、このような構成の変倍光学系 1 において、望遠端での第 1 レンズ群 1 1 と第 2 レンズ群 1 2 との間の光軸上距離を T_{12} 、および、望遠端での全光学系の合成焦点距離を f_t とする場合に、変倍移動量の観点から、望遠端において、下記 (10) の条件式を満たすことが好ましい。

$$T_{12} / (f_w \times f_t)^{1/2} < 0.2 \quad \dots (10)$$

【0107】

条件式 (10) の上限を上回ると、第 2 レンズ群 1 2 の実質的な変倍移動量が小さくなるため、第 2 レンズ群 1 2 の光学的パワーが強くなって、製造が難しくなる。そして、偏芯誤差感度の観点から、変倍光学系 1 は、下記条件式 (10') を満たすことがより一層好ましい。

$$T_{12} / (f_w \times f_t)^{1/2} < 0.15 \quad \dots (10')$$

【0108】

条件式 (10') の上限を上回ると、第 2 レンズ群 1 2 の各レンズ 1 2 1 ~ 1 2 3 の光学的パワーが増加するため、偏芯誤差感度が高くなってレンズ間の調整が必要、あるいは精度が要求され、コストアップの要因となる。

【0109】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、第 2 レンズ群における最物体側レンズの物体側面の曲率半径を R_{fg2} 、および、第 2 レンズ群における最物体側レンズの像側面の曲率半径を R_{rg} とする場合に、製造誤差感度の観点から、第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズは、下記 (11) の条件式を満たすことが好ましい。

$$-0.4 < R_{fg2} / R_{rg} < -0.2 \quad \dots (11)$$

【0110】

一般的に、コンパクト化を図ると変倍群の移動量を抑えるために第 2 レンズ群 1 2 内の各レンズ 1 2 1 ~ 1 2 3 の光学的パワーが増加し、その結果、誤差感度が高くなり過ぎて製造が困難となる。特に、最物体側レンズ 1 2 1 は、第 2 レンズ群 1 2 内の中でも最も光学的パワーが強くなる。変倍光学系 1 が条件式 (11) を満たすことによって第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズ 1 2 1 の製造誤差感度を抑制することが可能となる。

【0111】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、望遠端におけるバックフォーカス (空気換算長) を L_b とする場合に、軸外収差補正およびコンパクト化の観点から、下記 (12) の条件式を満たすことが好ましい。

$$1.0 < L_b / f_w < 1.5 \quad \dots (12)$$

【0112】

条件式 (12) の上限を上回ると、第 1 レンズ群 1 1 における負レンズの光学的パワーが強くなり過ぎて、第 1 レンズ群 1 1 で発生する軸外収差を他のレンズ群で補正することが困難となり、そして、条件式 (12) の下限を下回ると、第 3 レンズ群 1 3 の変倍負担が低くなって光学全長が増大してしまい、コンパクト化の妨げとなる。

【0113】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、第 3 レンズ群 1 3 の像側に、正の光学的パワーを有する第 4 レンズ群をさらに備えることが好ましい。このように第 3 レンズ群 1 4 の像側に第 4 レンズ群を配置することによって、撮像面に入射する光線のテレセントリック性を高めることが可能となる。そして、変倍光学系 1 が第 1 ないし第 4 レンズ群のみから構成されて成る場合では、光学全長の短縮化とテレセントリック性の保持との両立が比較的容易となる。さらに、この第 4 レンズ群をさらに備える変倍光学系 1 において、第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズは、下記 (13) の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.3 < R_{fg2} / R_{rg} < 0.6 \quad \dots (13)$$

【0114】

第 4 レンズ群をさらに備える場合において、条件式 (13) を満たすことによって第 2 レンズ群 1 2 の最物体側レンズの製造誤差感度を抑制することが可能となる。

【0115】

10

20

30

40

50

また、このような構成の変倍光学系 1 において、下記 (1 4) の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.2 < Lb / fw < 0.4 \quad \dots (14)$$

【 0 1 1 6 】

条件式 (1 4) の上限を上回ると、望遠端において、像面への軸外光線入射角度のテレセントリック性が崩れて周辺照度が低下してしまい、好ましくなく、そして、条件式 (1 4) の下限を下回ると、広角端および望遠端での像面への軸外光線入射角度の差が大きくなり過ぎていずれかで周辺照度が低下してしまい、好ましくない。

【 0 1 1 7 】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、変倍比および製造誤差感度の観点から、下記 (1 5) の条件式を満たすことが好ましい。

$$0.2 < f2 / ft < 0.5 \quad \dots (15)$$

【 0 1 1 8 】

条件式 (1 5) の上限を上回ると、第 2 レンズ群 1 2 の光学的パワーが弱過ぎて約 2 ~ 3 倍程度の変倍比を得ることが困難であり、そして、条件式 (1 5) の下限を下回ると、第 2 レンズ群 1 2 の製造誤差感度が非常に高くなり、製造が困難となる。そして、光学全長および偏芯誤差感度の観点から、変倍光学系 1 は、下記条件式 (1 5 ') を満たすことがより一層好ましい。

$$0.3 < f2 / ft < 0.4 \quad \dots (15')$$

【 0 1 1 9 】

条件式 (1 5 ') の上限を上回ると、第 2 レンズ群 1 2 の光学的パワーが弱いため、約 2 ~ 3 倍程度の変倍に必要な移動量が増加して光学全長が長くなってしまい、コンパクト化の妨げとなり、そして、条件式 (1 5 ') の下限を下回ると、第 2 レンズ群 1 2 の偏芯誤差感度が高くなってレンズ間の調整が必要、あるいは精度が要求され、コストアップの要因となる。

【 0 1 2 0 】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、開口絞りは、第 2 レンズ群 1 2 の最像側レンズ面よりも像側に配置されることが好ましい。開口絞りを第 2 レンズ群 1 2 の最像側レンズ面よりも像側に配置することによって、軸外収差を補正することが可能となる。

【 0 1 2 1 】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、物体側から像側へ順に、負レンズから成る第 1 レンズ群と、両凸または物体側に凸の正レンズおよび正レンズと負レンズとの接合レンズから成る第 2 レンズ群と、負レンズ 1 枚または物体側から順に負レンズと正レンズとの 2 枚のレンズから成る第 3 レンズ群とを備えて構成されることが好ましい。第 1 レンズ群を 1 枚で構成することによってコンパクト化が容易となり、第 2 レンズ群を正正負の 3 枚で構成することによって、2 枚の正レンズで製造誤差感度を低減すると共に、レンズ調整を行う場合の誤差感度を最適にバランスさせることが可能となり、そして、第 3 レンズ群を負レンズまたは負レンズ、正レンズで構成することによって、光学全長の短縮化と非点収差の補正とを両立することが可能となる。

【 0 1 2 2 】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、樹脂材料製レンズを用いる場合は、樹脂材料中に最大長が 30 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 1 2 3 】

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

10

20

30

40

50

的には、母材となる樹脂材料に最大長で30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。このような構成の変倍光学系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樹脂材料製レンズを用いることによって、変倍光学系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。

【0124】

このような無機微粒子を分散させた樹脂材料製レンズは、以下のように成形されることが好ましい。

【0125】

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16で表される。

$$n(T) = ((n^2 + 2) \times (n^2 - 1)) / 6n \times (-3 + (1/[R])) \times ([R]/T) \dots (16)$$

ただし、 α は、線膨張係数であり、 $[R]$ は、分子屈折である。

【0126】

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16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、PMMA樹脂の場合では、線膨張係数 α は、 7×10^{-5} であって、式16に代入すると、 $n(T) = -1.2 \times 10^{-4}(\text{/})$ となり、実測値と略一致する。

【0127】

変倍光学系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観点から、屈折率の温度変化 $n(T)$ は、絶対値で $8 \times 10^{-5}(\text{/})$ 未満であることが好ましく、さらに、絶対値で $6 \times 10^{-5}(\text{/})$ 未満であることが好ましい。屈折率の温度変化 $n(T)$ が絶対値で $6 \times 10^{-5}(\text{/})$ 未満である場合には、変倍光学系1の環境温度変化に伴うバックフォーカスのずれ量は、約半分に抑えられる。

【0128】

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 $-1.4 \times 10^{-5}(\text{/})$ となる。

【0129】

また、このような構成の変倍光学系1において、各レンズ群11、12、13や光学絞り14などの駆動には、カムやステッピングモータなどが用いられても良いし、あるいは、圧電アクチュエータが用いられても良い。圧電アクチュエータを用いる場合には、駆動装置の体積および消費電力の増加を抑制することが可能となる。

【0130】

また、このような構成の変倍光学系1において、空気と面している全てのレンズ面が非球面であることが好ましい。この構成によってコンパクト化と高画質化との両立が可能となる。

【0131】

また、このような構成の変倍光学系1において、非球面を有するガラスレンズは、ガラスモールド非球面レンズや、研削非球面ガラスレンズや、複合型非球面レンズ(球面ガラスレンズ上に非球面形状の樹脂を形成したもの)であってもよい。ガラスモールド非球面レンズは、大量生産に向き好ましく、複合型非球面レンズは、基板となり得るガラス材料が多いため、設計の自由度が高くなる。特に、高屈折率材料を用いた非球面レンズでは、モールド形成が容易ではないため、複合型非球面レンズが好ましい。

【0132】

また、このような構成の変倍光学系1において、各レンズ群11、12、13は、3枚以下のレンズで構成することが好ましい。この構成によって、レンズ枚数の削減によって

10

20

30

40

50

コストを低減することが可能となる。

【 0 1 3 3 】

また、このような構成の変倍光学系 1 において、2 枚以上のレンズが樹脂材料製レンズで構成されてもよい。この構成によって、コストを低減し、生産性を向上することが可能となる。

【 0 1 3 4 】

< 変倍光学系を組み込んだデジタル機器の説明 >

次に、上述の変倍光学系 1 が組み込まれたデジタル機器について説明する。

【 0 1 3 5 】

図 2 は、実施形態におけるデジタル機器の構成を示すブロック図である。デジタル機器 3 は、撮像機能のために、撮像部 30、画像生成部 31、画像データバッファ 32、画像処理部 33、駆動部 34、制御部 35、記憶部 36 および I / F 部 37 を備えて構成される。デジタル機器 3 としては、例えば、デジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、監視カメラ（モニタカメラ）、携帯電話機や携帯情報端末（PDA）等の携帯端末、パーソナルコンピュータおよびモバイルコンピュータを挙げることができ、これらの周辺機器（例えば、マウス、スキャナおよびプリンタなど）を含んでよい。

10

【 0 1 3 6 】

撮像部 30 は、撮像装置 21 と撮像素子 16 とを備えて構成される。撮像装置 21 は、図 1 に示したような変倍光学系 1 と、光軸方向にレンズを駆動し変倍およびフォーカシングを行うための図略のレンズ駆動装置等とを備えて構成される。被写体からの光線は、変倍光学系 1 によって撮像素子 16 の受光面上に結像され、被写体の光学像となる。

20

【 0 1 3 7 】

撮像素子 16 は、上述したように、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画像生成部 31 に出力する。撮像素子 16 は、制御部 35 によって静止画あるいは動画のいずれか一方の撮像、または、撮像素子 16 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）などの撮像動作が制御される。

【 0 1 3 8 】

画像生成部 31 は、撮像素子 16 からのアナログ出力信号に対し、増幅処理、デジタル変換処理などを行うと共に、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などの周知の画像処理を行って、画像信号から各画素の画像データを生成する。画像生成部 31 で生成された画像データは、画像データバッファ 32 に出力される。

30

【 0 1 3 9 】

画像データバッファ 32 は、画像データを一時的に記憶するとともに、この画像データに対し画像処理部 33 によって後述の処理を行うための作業領域として用いられるメモリであり、例えば、揮発性の記憶素子である RAM（Random Access Memory）などで構成される。

【 0 1 4 0 】

画像処理部 33 は、画像データバッファ 32 の画像データに対し、解像度変換などの画像処理を行う回路である。また、必要に応じて画像処理部 33 に、変倍光学系 1 では補正しきれなかった収差を補正させるように構成することも可能である。

40

【 0 1 4 1 】

駆動部 34 は、制御部 35 から出力される制御信号に基づいて図略の前記レンズ駆動装置を動作させることによって、所望の変倍およびフォーカシングを行わせるように変倍光学系 1 における 1 または複数のレンズ群を駆動する。

【 0 1 4 2 】

制御部 35 は、例えばマイクロプロセッサおよびその周辺回路などを備えて構成され、撮像部 30、画像生成部 31、画像データバッファ 32、画像処理部 33、駆動部 34、記憶部 36 および I / F 部 37 の各部の動作をその機能に従って制御する。すなわち、こ

50

の制御部 35 によって、撮像装置 21 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。

【0143】

記憶部 36 は、被写体の静止画撮影または動画撮影によって生成された画像データを記憶する記憶回路であり、例えば、不揮発性の記憶素子である ROM (Read Only Memory) や、書き換え可能な不揮発性の記憶素子である EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) や、RAMなどを備えて構成される。つまり、記憶部 36 は、静止画用および動画用のメモリとしての機能を有する。

【0144】

I/F部 37 は、外部機器と画像データを送受信するインターフェースであり、例えば、USBやIEEE1394などの規格に準拠したインターフェースである。

【0145】

このような構成のデジタル機器 3 の撮像動作に次について説明する。

【0146】

静止画を撮影する場合は、制御部 35 は、撮像装置 21 に静止画の撮影を行わせるように制御すると共に、駆動部 34 を介して撮像装置 21 の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。これにより、ピントの合った光学像が撮像素子 16 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、画像生成部 31 に出力される。その画像信号は、画像データバッファ 32 に一時的に記憶され、画像処理部 33 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ディスプレイ (不図示) に表示される。そして、撮影者は、前記ディスプレイを参照することで、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、静止画用のメモリとしての記憶部 36 に画像データが格納され、静止画像が得られる。

【0147】

この場合において、被写体が撮像装置 21 から離れた位置にある、あるいは近くの被写体を拡大したいためズーム撮影を行う場合には、制御部 35 は、変倍のためのレンズ駆動を実行し、変倍光学系 1 に連続的にズームングを行わせる。これによって、撮影者から離れた被写体であっても拡大率を調節することによって、通常の等倍撮影と同様、主被写体はその画面中の所望の位置に収まるように調整し、拡大された静止画像を得ることができる。

【0148】

また、動画撮影を行う場合は、制御部 35 は、撮像装置 21 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、前記ディスプレイ (不図示) を参照することで、撮像装置 21 を通して得た被写体の像が、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。この場合において、静止画撮影と同様に、被写体像の拡大率を調節することができ、前記シャッターボタン (不図示) を押すことによって、動画撮影が開始される。この撮影中において被写体の拡大率を随時変えることも可能である。

【0149】

動画撮影時、制御部 35 は、撮像装置 21 に動画の撮影を行わせるように制御すると共に、駆動部 34 を介して撮像装置 21 の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。これによって、ピントの合った光学像が撮像素子 16 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、画像生成部 31 に出力される。その画像信号は、画像データバッファ 32 に一時的に記憶され、画像処理部 33 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ディスプレイ (不図示) 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。撮影された動画像は、動画用のメモリとしての記憶部 36 に導かれて格納される。

【0150】

このような撮像装置 2 1 およびデジタル機器 3 では、コンパクトでありながら、球面収差、色収差および非点収差などの諸収差を背景技術に較べてより補正することができる変倍光学系 1 を備えるので、小型化を図りつつ高画素な撮像素子 1 6 を採用することができる。特に、変倍光学系 1 が小型で高画素撮像素子に適用可能であるので、高画素化や高性能化が進む携帯端末に好適である。その一例として、携帯電話機に撮像装置 2 1 を搭載した場合について、以下に説明する。

【 0 1 5 1 】

図 3 は、デジタル機器の一実施形態を示すカメラ付携帯電話機の外觀構成図である。図 3 (A) は、携帯電話機の操作面を示し、図 3 (B) は、操作面の裏面、つまり背面を示す。

10

【 0 1 5 2 】

図 3 において、携帯電話機 5 には、上部にアンテナ 5 1 が備えられ、その操作面には、図 3 (A) に示すように、長方形のディスプレイ 5 2、画像撮影モードの起動および静止画撮影と動画撮影との切り替えを行う画像撮影ボタン 5 3、変倍（ズーム）を制御する変倍ボタン 5 4、シャッターボタン 5 5 およびダイヤルボタン 5 6 が備えられている。

【 0 1 5 3 】

そして、この携帯電話機 5 には、携帯電話網を用いた電話機能を実現する回路が内蔵されると共に、上述した撮像部 3 0、画像生成部 3 1、画像データバッファ 3 2、画像処理部 3 3、駆動部 3 4、制御部 3 5 および記憶部 3 6 が内蔵されており、撮像部 3 0 の撮像装置 2 1 が背面に臨んでいる。

20

【 0 1 5 4 】

画像撮影ボタン 5 3 が操作されると、その操作内容を表す制御信号が制御部 3 5 へ出力され、制御部 3 5 は、その操作内容に応じた動作を実行する。変倍ボタン 5 4 は、例えば、2 接点式のスイッチ等で構成され、その上端部分に望遠を表す「T」の印字がされ、下端部分に広角を表す「W」の印字がされている。そして、変倍ボタン 5 4 の印字位置が押下されることによって、それぞれの変倍動作を表す制御信号が制御部 3 5 へ出力され、制御部 3 5 は、その変倍動作に応じた動作を実行する。そして、シャッターボタン 5 5 が操作されると、その操作内容を表す制御信号が制御部 3 5 へ出力され、制御部 3 5 は、その操作内容に応じた動作を実行する。

【 0 1 5 5 】

< 変倍光学系のより具体的な実施形態の説明 >

以下、図 1 に示したような変倍光学系 1、すなわち図 2 に示したようなデジタル機器 3 に搭載される撮像装置 2 1 に備えられる変倍光学系 1 の具体的な構成を、図面を参照しつつ説明する。

30

【実施例 1】

【 0 1 5 6 】

図 4 は、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 9 は、変倍における各レンズ群の移動の様子を示す図である。W は、広角端の場合を示し、M は、中間点の場合を示し、そして、T は、望遠端の場合を示している。なお、図 9 は、実施例 1 の場合だけでなく、後述の実施例 4 の場合も示している。図 1 1 は、実施例 1 の広角端におけるレンズ群の収差図である。図 1 2 は、実施例 1 の中間点におけるレンズ群の収差図である。図 1 3 は、実施例 1 の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

40

【 0 1 5 7 】

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) が物体側から像側へ順に、全体として負の光学的パワーを有する第 1 レンズ群 (G r 1) と、全体として正の光学的パワーを有する第 2 レンズ群 (G r 2) と、光学絞り S T と、全体として負の光学的パワーを有する第 3 レンズ群 (G r 3) とからなる負・正・負の 3 成分ズーム構成であり、ズームの際には、図 9 に示すように、第 1 レンズ群 (G r 1) が固定され、第 2 レンズ群 (G r 2) と第 3 レンズ群 (G r 3) とが移動し、光学絞り S T は、第 2 レンズ群 (G r 2) と共に移動する。

50

【 0 1 5 8 】

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 、 G r 2 、 G r 3) 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 5 9 】

第 1 レンズ群 (G r 1) は、両凹の負レンズ (第 1 レンズ L 1) からなる。

【 0 1 6 0 】

第 2 レンズ群 (G r 2) は、両凸の正レンズ (第 2 レンズ L 2)、両凸の正レンズ (第 3 レンズ L 3) および像側に凸の負メニスカスレンズ (第 4 レンズ L 4) からなる。第 2 レンズ L 2 は、両面が非球面であり、例えば、樹脂材料製レンズである。なお、第 2 レンズ L 2 は、例えば、ガラスモールド非球面レンズなどでもよい。例えば、ガラスモールド非球面レンズで形成することによって、高屈折率の硝材や低分散の硝材を選ぶ自由度が増え、収差補正の自由度が増えるので、好ましい。第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 とは接合レンズである。

10

【 0 1 6 1 】

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 5 レンズ L 5) および物体側に凸の負メニスカスレンズ (第 6 レンズ L 6) からなる。第 6 レンズ L 6 は、両面が非球面であり、例えば、樹脂材料製レンズである。

【 0 1 6 2 】

第 2 レンズ群 (G r 2) の像側には、光学絞り S T が第 2 レンズ群 (G r 2) と共に移動するように配置される。そして、第 3 レンズ群 (G r 3) 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。平行平板 F T は、各種光学フィルタや撮像素子のカバーガラス等である。

20

【 0 1 6 3 】

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。) であり、 r_i に「 * 」印が付されている面は、非球面であることを示す。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 5 についても同様である (図 5 ないし図 8)。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 ~ 5 の各図 4 ~ 8 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 ~ 5 を通じて同一であるという意味ではない。

30

【 0 1 6 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)、光学絞り S T、第 3 レンズ群 (G r 3) 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。

40

【 0 1 6 5 】

この実施例 1 の変倍光学系 1 A では、広角端 (W) から中間 (M) を経て望遠端 (T) への変倍時に、図 9 に示すように、第 1 レンズ群 (G r 1) は、固定され、第 2 レンズ群 (G r 2) は、物体に近づく方向に直線的に移動され、光学絞り S T は、第 2 レンズ群 (G r 2) と共に移動し、第 3 レンズ群 (G r 3) は、物体に近づく方向に曲線的 (物体側に凸となる曲線) に移動される。このように広角端 (W) から望遠端 (T) への変倍において、第 1 レンズ群 (G r 1) と第 2 レンズ群 (G r 2) とは、互いの間隔が狭くなるように移動する。

【 0 1 6 6 】

実施例 1 の変倍光学系 1 A 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

50

す。

【 0 1 6 7 】

数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	d	
物面		可変			
1	-24.260	0.500	1.63854	55.43	
2	6.606	可変			
3 *	4.344	2.469	1.58913	61.24	10
4 *	-14.558	1.000			
5	12.354	1.599	1.58913	61.24	
6	-3.937	0.694	1.80518	25.46	
7	-7.824	0.100			
8 (絞リ)		可変			
9	41.692	0.500	1.48749	70.45	
10	3.463	0.987			
11 *	7.844	0.955	1.60700	27.10	
12 *	6.428	可変			
13		0.500	1.51680	64.20	20
14		0.558			

像面

非球面データ

第3面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = -1.64290E-03$, $A_6 = -3.19260E-05$, $A_8 = -4.62610E-06$, $A_{10} = 4.40630E-07$

第4面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = 5.03200E-04$, $A_6 = 3.06090E-06$, $A_8 = 4.18580E-06$, $A_{10} = 1.14100E-07$

第11面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = -1.86660E-02$, $A_6 = 1.36960E-04$, $A_8 = 6.34070E-04$, $A_{10} = -1.48570E-04$

第12面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = -1.88730E-02$, $A_6 = 1.06400E-03$, $A_8 = 6.78240E-05$, $A_{10} = -1.98940E-05$

各種データ

ズームデータ

ズーム比 2.78

	広角	中間	望遠	
焦点距離	5.080	8.415	14.104	40
Fナンバー	3.256	4.855	7.117	
画角	35.323	23.160	14.319	
像高	3.600	3.600	3.600	
レンズ全長	16.867	16.867	16.867	
B F	1.694	4.488	6.330	
d 2	5.381	3.096	0.500	
d 8	0.987	0.479	1.232	
d 1 2	0.807	3.600	5.443	

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離	
				50

1	1	2	-8.080
2	3	8	4.747
3	9	1 2	-6.667

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。番号 i に * が付された面は、非球面（非球面形状の屈折光学面または非球面と等価な屈折作用を有する面）であることを示す。

【0168】

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。

【0169】

上記の非球面データは、非球面とされている面（面データにおいて番号 i に * が付された面）の2次曲面パラメータ（円錐係数 K ）と非球面係数 A_i ($i = 4, 6, 8, 10, 12$) の値とを示すものである。なお、光学面の非球面形状は、面頂点を原点、物体から撮像素子に向かう向きを z 軸の正の方向とするローカルな直交座標系 (x, y, z) を用い、次式により定義している。

$$z(h) = c h^2 / [1 + \{1 - (1 + K) c^2 h^2\}] + A_i \cdot h_i$$

ただし、 $z(h)$: 高さ h の位置での z 軸方向の変位量（面頂点基準）

h : z 軸に対して垂直な方向の高さ ($h^2 = x^2 + y^2$)

c : 近軸曲率 (= $1 / \text{曲率半径}$)

A_i : i 次の非球面係数

K : 2次曲面パラメータ（円錐係数）

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例1の変倍光学系1Aにおける各収差を図11、図12および図13にそれぞれ示す。図11は、広角端（W）における各収差を表し、図12は、中間点（M）における各収差を表し、図13は、望遠端（T）における各収差を表している。図11（A）、図12（A）および図13（A）の各図において左から順に、球面収差（正弦条件）（LONGITUDINAL SPHERICAL ABERRATION）、非点収差（ASTIGMATIC 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、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。

【0170】

そして、図11（B）、図12（B）および図13（B）に横収差を示し、左側がタンジェンシャル（TANGENTIAL）（メリディオナル）面の場合を示し、右側がサジタル（SAGITAL）（ラディアル）面の場合を示し、上から順に、最大画角の場合、中間画角の場合および軸上の場合をそれぞれ示す。横収差の横軸は、主光線に対する入射光線高さをmm単位で表しており、その縦軸は、像面での主光線からのずれをmm単位で表している。

【0171】

球面収差および横収差の図には、実線で d 線（波長 587.56 nm ）、破線で g 線（波長 435.84 nm ）、一点鎖線で C 線（波長 656.28 nm ）の3つの光の収差をそれぞれ示してある。非点収差および歪曲収差の図は、上記 d 線（波長 587.56 nm ）を用いた場合の結果である。

【0172】

以上のような扱いは、以下に示す実施例2～5にかかるコンストラクションデータ、各収差を示す図14～図25においても同様である。

【実施例 2】

【0173】

図5は、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10は、変倍における各レンズ群の移動の様子を示す図である。Wは、広角端の場合を示し、Mは、中間点の場合を示し、そして、Tは、望遠端の場合を示している。なお、図10は、実施例2の場合だけでなく、後述の実施例3および実施例5の場合も示している。図14は、実施例2の広角端におけるレンズ群の収差図である。図15は、実施例2の中間点におけるレンズ群の収差図である。図16は、実施例2の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【0174】

実施例2の変倍光学系1Bは、各レンズ群(Gr1、Gr2、Gr3、Gr4)が物体側から像側へ順に、全体として負の光学的パワーを有する第1レンズ群(Gr1)と、全体として正の光学的パワーを有する第2レンズ群(Gr2)と、図略の光学絞りSTと、全体として負の光学的パワーを有する第3レンズ群(Gr3)と、全体として正の光学的パワーを有する第4レンズ群(Gr4)とからなる負・正・負・正の4成分ズーム構成であり、ズミングの際には、図10に示すように、第1レンズ群(Gr1)と第4レンズ群(Gr4)とが固定され、第2レンズ群(Gr2)と第3レンズ群(Gr3)とが移動し、光学絞りSTが第2レンズ群(Gr2)と共に移動する。

【0175】

より詳しくは、実施例2の変倍光学系1Bは、各レンズ群(Gr1、Gr2、Gr3、Gr4)が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【0176】

第1レンズ群(Gr1)は、両凹の負レンズ(第1レンズL1)からなる。第1レンズL1は、両面が非球面である。

【0177】

第2レンズ群(Gr2)は、物体側に凸の正メニスカスレンズ(第2レンズL2)、両凸の正レンズ(第3レンズL3)および像側に凸の負メニスカスレンズ(第4レンズL4)からなる。第2レンズL2は、両面が非球面である。第3レンズL3と第4レンズL4とは接合レンズである。

【0178】

第3レンズ群(Gr3)は、像側に凸の負メニスカスレンズ(第5レンズL5)からなる。第5レンズL5は、両面が非球面である。

【0179】

第4レンズ群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(第6レンズL6)からなる。第6レンズL6は、両面が非球面であり、例えば、樹脂材料製レンズである。

【0180】

第2レンズ群(Gr2)の像側には、図略の前記光学絞りSTが第2レンズ群(Gr2)と共に移動するように配置される。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。平行平板FTは、各種光学フィルタや撮像素子のカバーガラス等である。

【0181】

この実施例2の変倍光学系1Bでは、広角端(W)から中間点(M)を経て望遠端(T)への変倍時に、図10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、物体に近づく方向に直線的に移動され、光学絞りSTは、第2レンズ群(Gr2)と共に移動し、第3レンズ群(Gr3)は、中間点(M)で屈曲しつつ物体に近づく方向に直線的に移動され、第4レンズ群(Gr4)は、固定される。このように広角端(W)から望遠端(T)への変倍において、第1レンズ群(Gr1)と第2レンズ群(Gr2)とは、互いの間隔が狭くなるように移動する。

【0182】

実施例2の変倍光学系1B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

10

20

30

40

50

す。

【 0 1 8 3 】

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1 *	-31.582	0.800	1.48749	70.45	
2 *	2.971	可変			
3 *	4.814	1.115	1.68893	31.16	10
4 *	12.311	0.772			
5	3.566	1.419	1.49700	81.61	
6	-3.000	0.898	1.80518	25.46	
7 (絞リ)	-4.216	可変			
8 *	-2.248	0.612	1.80518	25.46	
9 *	-7.266	可変			
10 *	-9.301	2.409	1.60700	27.10	
11 *	-3.081	0.740			
12		0.3000	1.51680	64.20	
13		0.540			20

像面

非球面データ

第 1 面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = -4.30750E-04$, $A_6 = 1.28310E-04$, $A_8 = -1.19050E-05$, $A_{10} = 3.86730E-07$

第 2 面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = -1.06110E-03$, $A_6 = -1.74300E-04$, $A_8 = 1.47710E-05$. $A_{10} = -8.13400E-06$

第 3 面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = 4.01850E-03$, $A_6 = 6.35570E-04$, $A_8 = -8.52930E-05$, $A_{10} = 2.23090E-05$ 30

第 4 面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = 6.88740E-03$, $A_6 = 1.47210E-03$, $A_8 = -3.06720E-04$, $A_{10} = 9.46280E-05$

第 8 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = 2.26580E-02$, $A_6 = -2.61500E-03$, $A_8 = -2.73250E-03$, $A_{10} = 6.14200E-04$

第 9 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = 3.08990E-02$, $A_6 = -1.55140E-03$, $A_8 = -9.22300E-04$, $A_{10} = 1.64140E-04$ 40

第 10 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = 5.30140E-04$, $A_6 = -4.36910E-04$, $A_8 = 5.05870E-05$, $A_{10} = -1.36730E-06$

第 11 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = 3.83340E-03$, $A_6 = -4.98730E-04$, $A_8 = 1.80110E-05$, $A_{10} = 1.26540E-07$

各種データ

ズームデータ

ズーム比 2.73

広角 中間 望遠

焦点距離	4.400	7.682	12.001
F ナンバー	3.658	5.339	7.100
画角	40.815	26.320	17.570
像高	3.800	3.800	3.800
レンズ全長	18.938	18.938	18.937
B F	1.477	1.477	1.477
d 2	6.067	3.415	1.396
d 7	1.764	2.002	2.818
d 9	1.604	4.018	5.221
d 1 3	0.540	0.540	0.539

10

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離
1	1	2	-5.528
2	3	7	3.980
3	8	9	-4.276
4	1 0	1 1	6.620

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例 2 の変倍光学系 1 B における球面収差（正弦条件）、非点収差、歪曲収差および横収差を、図 1 4、図 1 5 および図 1 6 にそれぞれ示す。図 1 4 は、広角端（W）における各収差を表し、図 1 5 は、中間点（M）における各収差を表し、図 1 6 は、望遠端（T）における各収差を表している。

20

【実施例 3】

【0184】

図 6 は、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。図 1 7 は、実施例 3 の広角端におけるレンズ群の収差図である。図 1 8 は、実施例 3 の中間点におけるレンズ群の収差図である。図 1 9 は、実施例 3 の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【0185】

実施例 3 の変倍光学系 1 C は、各レンズ群（Gr 1、Gr 2、Gr 3、Gr 4）が物体側から像側へ順に、全体として負の光学的パワーを有する第 1 レンズ群（Gr 1）と、全体として正の光学的パワーを有する第 2 レンズ群（Gr 2）と、光学絞り ST と、全体として負の光学的パワーを有する第 3 レンズ群（Gr 3）と、全体として正の光学的パワーを有する第 4 レンズ群（Gr 4）とからなる負・正・負・正の 4 成分ズーム構成であり、ズームングの際には、図 1 0 に示すように、第 1 レンズ群（Gr 1）と第 4 レンズ群（Gr 4）とが固定され、第 2 レンズ群（Gr 2）と第 3 レンズ群（Gr 3）とが移動し、光学絞り ST が第 2 レンズ群（Gr 2）と共に移動する。

30

【0186】

より詳しくは、実施例 3 の変倍光学系 1 C は、各レンズ群（Gr 1、Gr 2、Gr 3、Gr 4）が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【0187】

第 1 レンズ群（Gr 1）は、両凹の負レンズ（第 1 レンズ L 1）からなる。第 1 レンズ L 1 は、両面が非球面である。

40

【0188】

第 2 レンズ群（Gr 2）は、物体側に凸の正メニスカスレンズ（第 2 レンズ L 2）、両凸の正レンズ（第 3 レンズ L 3）および像側に凸の負メニスカスレンズ（第 4 レンズ L 3）からなる。第 2 レンズ L 2 は、両面が非球面である。第 3 および第 4 レンズ L 3、L 4 は、片面非球面レンズである。第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 とは接合レンズである。

【0189】

第 3 レンズ群（Gr 3）は、像側に凸の負メニスカスレンズ（第 5 レンズ L 5）からなる。第 5 レンズ L 5 は、両面が非球面である。

【0190】

50

第4レンズ群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(第6レンズL6)からなる。第6レンズL6は、両面が非球面であり、例えば、樹脂材料製レンズである。

【0191】

第2レンズ群(Gr2)の像側には、光学絞りSTが第2レンズ群(Gr2)と共に移動するように配置される。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。平行平板FTは、各種光学フィルタや撮像素子のカバーガラス等である。

【0192】

この実施例3の変倍光学系1Cでは、広角端(W)から中間点(M)を経て望遠端(T)への変倍時に、図10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、物体に近づく方向に直線的に移動され、光学絞りSTは、第2レンズ群(Gr2)と共に移動し、第3レンズ群(Gr3)は、中間点(M)で屈曲しつつ物体に近づく方向に直線的に移動され、第4レンズ群(Gr4)は、固定される。このように広角端(W)から望遠端(T)への変倍において、第1レンズ群(Gr1)と第2レンズ群(Gr2)とは、互いの間隔が狭くなるように移動する。

10

【0193】

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。

【0194】

数値実施例3

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n d	d
物面				
1 *	-14.565	0.800	1.49700	81.61
2 *	3.536	可変		
3 *	5.034	1.345	1.77502	47.83
4 *	13.473	1.887		
5 *	3.987	1.486	1.49700	81.61
6	-3.052	0.897	1.80518	25.46
7 *	-4.306	0.100		
8 (絞り)		可変		
9 *	-2.609	0.600	1.69310	37.40
10 *	-17.038	可変		
11 *	-12.620	2.050	1.58340	30.23
12 *	-3.454	0.500		
13		0.3000	1.51680	64.20
14		0.538		

30

像面

非球面データ

40

第1面

K = 0.00000E+00, A4 = 9.12840E-05, A6 = 8.81860E-05, A8 = -6.68400E-06, A10 = 1.42570E-07

第2面

K = 0.00000E+00, A4 = -1.09860E-03, A6 = -4.76200E-05, A8 = 2.12090E-05, A10 = -3.94890E-06

第3面

K = 0.00000E+00, A4 = 3.02580E-04, A6 = -2.46500E-05, A8 = 3.30410E-05, A10 = -4.67630E-07

第4面

50

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = 7.49640E-04$, $A_6 = 1.22710E-05$, $A_8 = 7.96580E-05$, $A_{10} = -2.10300E-06$

第 5 面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = -3.64720E-03$, $A_6 = -7.02560E-04$, $A_8 = 2.47930E-04$, $A_{10} = -5.63210E-05$

第 7 面

$K = 0.00000E+00$, $A_4 = -7.38510E-04$, $A_6 = -5.73940E-05$, $A_8 = -3.98740E-06$, $A_{10} = 4.06880E-06$

第 9 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = 1.08980E-03$, $A_6 = 1.25700E-02$, $A_8 = -8.51470E-03$, $A_{10} = 1.76440E-03$ 10

第 10 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = 1.16990E-02$, $A_6 = 6.28370E-03$, $A_8 = -2.91340E-03$, $A_{10} = 4.11370E-04$

第 11 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = -1.13490E-03$, $A_6 = -6.24460E-04$, $A_8 = 9.41400E-05$, $A_{10} = -2.83160E-06$

第 12 面

$K = -1.00000E+00$, $A_4 = 4.22860E-03$, $A_6 = -7.42800E-04$, $A_8 = 3.02430E-05$, $A_{10} = 5.77310E-07$ 20

各種データ

ズームデータ

ズーム比 2.74

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.522	7.910	12.392
F ナンバー	3.385	5.143	7.100
画角	40.043	25.660	17.047
像高	3.800	3.800	3.800
レンズ全長	18.936	18.936	18.936
B F	1.236	1.236	1.236
d 2	5.438	2.782	0.639
d 8	1.908	2.197	3.302
d 10	1.189	3.555	4.594

30

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離
1	1	2	-5.642
2	3	8	4.562
3	9	10	-4.522
4	11	12	7.532

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例 3 の変倍光学系 1 C における球面収差（正弦条件）、非点収差、歪曲収差および横収差を、図 17、図 18 および図 19 にそれぞれ示す。図 17 は、広角端（W）における各収差を表し、図 18 は、中間点（M）における各収差を表し、図 19 は、望遠端（T）における各収差を表している。

40

【実施例 4】

【0195】

図 7 は、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 20 は、実施例 4 の広角端におけるレンズ群の収差図である。図 21 は、実施例 4 の中間点におけるレンズ群の収差図である。図 22 は、実施例 4 の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【0196】

50

実施例4の変倍光学系1Dは、図7に示すように、各レンズ群(Gr1、Gr2、Gr3)が物体側から像側へ順に、全体として負の光学的パワーを有する第1レンズ群(Gr1)と、全体として正の光学的パワーを有する第2レンズ群(Gr2)と、光学絞りSTと、全体として負の光学的パワーを有する第3レンズ群(Gr3)とからなる負・正・負の3成分ズーム構成であり、ズーミングの際には、図9に示すように、第1レンズ群(Gr1)が固定され、第2レンズ群(Gr2)と第3レンズ群(Gr3)とが移動し、光学絞りSTは、第2レンズ群(Gr2)と共に移動する。

【0197】

より詳しくは、実施例4の変倍光学系1Dは、各レンズ群(Gr1、Gr2、Gr3)が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

10

【0198】

第1レンズ群(Gr1)は、両凹の負レンズ(第1レンズL1)からなる。

【0199】

第2レンズ群(Gr2)は、両凸の正レンズ(第2レンズL2)および像側に凸の負メニスカスレンズ(第3レンズL3)からなる。第2および第3レンズL2、L3は、両面が非球面である。

【0200】

第3レンズ群(Gr3)は、物体側に凸の負メニスカスレンズ(第4レンズL4)および物体側に凸の正メニスカスレンズ(第5レンズL5)からなる。第5レンズL5は、両面が非球面であり、例えば、樹脂材料製レンズである。

20

【0201】

第2レンズ群(Gr2)の像側には、光学絞りSTが第2レンズ群(Gr2)と共に移動するように配置される。そして、第3レンズ群(Gr3)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。平行平板FTは、各種光学フィルタや撮像素子のカバーガラス等である。

【0202】

この実施例4の変倍光学系1Dでは、広角端(W)から中間(M)を経て望遠端(T)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、物体に近づく方向に直線的に移動され、光学絞りSTは、第2レンズ群(Gr2)と共に移動し、第3レンズ群(Gr3)は、物体に近づく方向に曲線的(物体側に凸となる曲線)に移動される。このように広角端(W)から望遠端(T)への変倍において、第1レンズ群(Gr1)と第2レンズ群(Gr2)とは、互いの間隔が狭くなるように移動する。

30

【0203】

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。

【0204】

数値実施例4

単位 mm

面データ

40

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	-9.097	0.600	1.49700	81.61
2	14.443	可変		
3 *	2.995	1.757	1.58913	61.24
4 *	-10.654	0.300		
5 *	-9.257	0.978	1.82184	23.25
6 *	-152.329	0.837		
7 (絞り)		可変		
8	14.352	0.600	1.48749	70.45

50

9	4.097	1.450		
1 0 *	6.284	0.600	1.60700	27.10
1 1 *	6.967	可変		
1 2		0.500	1.51680	64.20
1 3		0.549		

像面

非球面データ

第3面

K = 0.00000E+00, A 4 = -1.11540E-03, A 6 = -2.66330E-05, A 8 = -3.54200E-05, A 1 0 = 1.02070E-06

10

第4面

K = 0.00000E+00, A 4 = 2.74860E-03, A 6 = 7.81740E-05, A 8 = 2.08550E-05, A 1 0 = -2.06030E-06

第5面

K = 0.00000E+00, A 4 = 6.28480E-03, A 6 = 6.45850E-04, A 8 = -2.30860E-05, A 1 0 = -6.12960E-06

第6面

K = 0.00000E+00, A 4 = 1.08450E-02, A 6 = 2.00890E-03, A 8 = -3.16080E-04, A 1 0 = 1.37720E-04

第10面

K = 0.00000E+00, A 4 = -1.44380E-02, A 6 = 1.72190E-03, A 8 = -2.16800E-04, A 1 0 = -5.15960E-06

20

第11面

K = 0.00000E+00, A 4 = -1.62580E-02, A 6 = 1.57780E-03, A 8 = -1.85610E-04, A 1 0 = 8.87260E-08

各種データ

ズームデータ

ズーム比 2.77

	広角	中間	望遠
焦点距離	6.168	10.218	17.098
Fナンバー	3.445	5.013	7.100
画角	30.271	19.408	11.890
像高	3.600	3.600	3.600
レンズ全長	16.879	16.879	16.879
B F	1.232	5.707	7.966
d 2	6.347	3.585	0.500
d 7	2.177	0.464	1.290
d 1 1	0.353	4.828	7.087

30

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離
1	1	2	-11.136
2	3	7	5.548
3	8	1 1	-13.858

40

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例4の変倍光学系1Dにおける球面収差（正弦条件）、非点収差、歪曲収差および横収差を、図20、図21および図22にそれぞれ示す。図20は、広角端（W）における各収差を表し、図21は、中間点（M）における各収差を表し、図22は、望遠端（T）における各収差を表している。

【実施例5】

【0205】

図8は、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

50

23は、実施例5の広角端におけるレンズ群の収差図である。図24は、実施例5の中間点におけるレンズ群の収差図である。図25は、実施例5の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【0206】

実施例5の変倍光学系1Eは、各レンズ群(Gr1、Gr2、Gr3、Gr4)が物体側から像側へ順に、全体として負の光学的パワーを有する第1レンズ群(Gr1)と、全体として正の光学的パワーを有する第2レンズ群(Gr2)と、全体として負の光学的パワーを有する第3レンズ群(Gr3)と、全体として正の光学的パワーを有する第4レンズ群(Gr4)とからなる負・正・負・正の4成分ズーム構成であり、ズミングの際には、図10に示すように、第1レンズ群(Gr1)と第4レンズ群(Gr4)とが固定され、第2レンズ群(Gr2)と第3レンズ群(Gr3)とが移動する。

10

【0207】

より詳しくは、実施例5の変倍光学系1Eは、各レンズ群(Gr1、Gr2、Gr3、Gr4)が物体側から像側へ順に、次のように構成されている。

【0208】

第1レンズ群(Gr1)は、両凹の負レンズ(第1レンズL1)からなる。第1レンズL1は、両面が非球面である。

【0209】

第2レンズ群(Gr2)は、物体側に凸の正メニスカスレンズ(第2レンズL2)、図略の光学絞りST、両凸の正レンズ(第3レンズL3)および像側に凸の負メニスカスレンズ(第4レンズL4)からなる。第2レンズL2は、両面が非球面である。第3レンズL3と第4レンズL4とは接合レンズである。

20

【0210】

第3レンズ群(Gr3)は、像側に凸の負メニスカスレンズ(第5レンズL5)からなる。第5レンズL5は、両面が非球面である。

【0211】

第4レンズ群(Gr4)は、像側に凸の正メニスカスレンズ(第6レンズL6)からなる。第6レンズL6は、両面が非球面であり、例えば、樹脂材料製レンズである。

【0212】

第2レンズ群(Gr2)内には、図略の前記光学絞りSTが配置され、第2レンズ群(Gr2)の移動に伴って移動する。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。平行平板FTは、各種光学フィルタや撮像素子のカバーガラス等である。

30

【0213】

この実施例5の変倍光学系1Eでは、広角端(W)から中間点(M)を経て望遠端(T)への変倍時に、図10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、物体に近づく方向に直線的に移動され、図略の前記光学絞りSTは、第2レンズ群(Gr2)と共に移動し、第3レンズ群(Gr3)は、中間点(M)で屈曲しつつ物体に近づく方向に直線的に移動され、第4レンズ群(Gr4)は、固定される。このように広角端(W)から望遠端(T)への変倍において、第1レンズ群(Gr1)と第2レンズ群(Gr2)とは、互いの間隔が狭くなるように移動する。

40

【0214】

実施例5の変倍光学系1E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。

【0215】

数値実施例5

単位 mm

面データ

面番号 r d n d d

物面

50

1 *	-28.547	0.800	1.48749	70.45
2 *	3.005	可変		
3 *	3.946	1.455	1.68893	31.16
4 * (絞リ)	6.916	0.100		
5	3.229	1.337	1.49700	81.61
6	-3.000	0.942	1.80518	25.46
7	-4.473	可変		
8 *	-3.084	0.600	1.80518	25.46
9 *	-53.885	可変		
1 0 *	-9.667	2.424	1.60700	27.10
1 1 *	-3.116	0.647		
1 2		0.3000	1.51680	64.20
1 3		0.547		

像面

非球面データ

第1面

K = 0.00000E+00, A 4 = -5.69180E-04, A 6 = 1.16960E-04, A 8 = -1.27640E-05, A 10 = 4.87460E-07

第2面

K = 0.00000E+00, A 4 = -1.31070E-03, A 6 = -1.36840E-04, A 8 = -2.70270E-05, A 10 = -3.42390E-06

第3面

K = 0.00000E+00, A 4 = 3.92090E-03, A 6 = 3.41370E-04, A 8 = -7.15350E-06, A 10 = 4.66360E-06

第4面

K = 0.00000E+00, A 4 = 9.35020E-03, A 6 = 3.94040E-04, A 8 = 4.94440E-04, A 10 = -9.06130E-05

第8面

K = -1.00000E+00, A 4 = 1.86900E-02, A 6 = -3.90470E-03, A 8 = -2.63880E-03, A 10 = 7.09920E-04

第9面

K = -1.00000E+00, A 4 = 3.01210E-02, A 6 = -3.03800E-03, A 8 = -9.00900E-04, A 10 = 2.08980E-04

第10面

K = -1.00000E+00, A 4 = 9.94240E-04, A 6 = -4.14290E-04, A 8 = 4.97280E-05, A 10 = -1.34980E-06

第11面

K = -1.00000E+00, A 4 = 4.29750E-03, A 6 = -5.32660E-04, A 8 = 1.88000E-05, A 10 = 2.38550E-07

各種データ

ズームデータ

ズーム比 2.72

	広角	中間	望遠
焦点距離	4.437	7.743	12.061
Fナンバー	3.956	5.574	7.100
画角	40.576	26.141	17.488
像高	3.800	3.800	3.800
レンズ全長	18.944	18.944	18.944
B F	1.391	1.391	1.391
d 2	6.582	3.989	2.007

10

20

30

40

50

d 7	1.655	1.879	2.649
d 9	1.658	4.028	5.240

ズームレンズ群データ

群	始面	終面	焦点距離
1	1	2	-5.531
2	3	7	3.925
3	8	9	-4.084
4	1 0	1 1	6.646

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、実施例 5 の変倍光学系 1 E における球面収差（正弦条件）、非点収差、歪曲収差および横収差を、図 2 3、図 2 4 および図 2 5 にそれぞれ示す。図 2 3 は、広角端（W）における各収差を表し、図 2 4 は、中間点（M）における各収差を表し、図 2 5 は、望遠端（T）における各収差を表している。

10

【 0 2 1 6 】

上記に列挙した実施例 1 ~ 5 の変倍光学系 1 A ~ 1 E に、上述した条件式（1）~（15）を当てはめた場合のそれぞれの数値を、表 1 に示す。

【 0 2 1 7 】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
条件式(1)	$ Hg2/Rg2 $	0.66	0.56	0.63	0.52
条件式(2)	$ Hg2/TLw $	0.118	0.059	0.088	0.076
条件式(3)	N1	1.63854	1.48749	1.49700	1.49700
条件式(4)	v1	55.43	70.45	81.61	81.61
条件式(5)	$f2/fw$	0.93	0.90	1.01	0.90
条件式(6)	Ni	1.60700	1.60700	1.58340	1.60700
条件式(7)	vi	27.10	27.10	30.23	27.10
条件式(8)	$ f3/fw $	1.31	0.97	1.00	2.25
条件式(9)	$Rg1/TLw$	0.24	0.20	0.21	0.22
条件式(10)	$T12/(fw \times ft)^{1/2}$	0.035	0.116	0.052	0.029
条件式(11), (13)	$Rfg2/Rrg2$	-0.30	0.39	0.37	-0.28
条件式(12), (14)	Lb/fw	1.25	0.34	0.27	1.29
条件式(15)	$f2/ft$	0.34	0.33	0.37	0.32

【0218】

以上、説明したように、上記実施例 1 ~ 5 における変倍光学系 1 A ~ 1 E は、本発明に係る要件を満足している結果、変倍比が約 2 ~ 3 倍程度の変倍域全域に亘って収差が良好に補正され、そして、デジタル機器に搭載する上で、特に携帯端末に搭載する上で小型化

10

20

30

40

50

が十分に達成され、また、低廉化が可能である。

【0219】

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つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更及び/又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。従って、当業者が実施する変更形態又は改良形態が、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、当該変更形態又は当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

【図面の簡単な説明】

【0220】

【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】実施形態におけるデジタル機器の構成を示すブロック図である。

【図3】デジタル機器の一実施形態を示すカメラ付携帯電話機の外觀構成図である。

【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。

【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】変倍における各レンズ群の移動の様子を示す図である。

【図10】変倍における各レンズ群の移動の様子を示す図である。

【図11】実施例1の広角端におけるレンズ群の収差図である。

【図12】実施例1の中間点におけるレンズ群の収差図である。

【図13】実施例1の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【図14】実施例2の広角端におけるレンズ群の収差図である。

【図15】実施例2の中間点におけるレンズ群の収差図である。

【図16】実施例2の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【図17】実施例3の広角端におけるレンズ群の収差図である。

【図18】実施例3の中間点におけるレンズ群の収差図である。

【図19】実施例3の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【図20】実施例4の広角端におけるレンズ群の収差図である。

【図21】実施例4の中間点におけるレンズ群の収差図である。

【図22】実施例4の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【図23】実施例5の広角端におけるレンズ群の収差図である。

【図24】実施例5の中間点におけるレンズ群の収差図である。

【図25】実施例5の望遠端におけるレンズ群の収差図である。

【符号の説明】

【0221】

A X 光軸

1、1A～1E 変倍光学系

3 デジタル機器

5 携帯電話機

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、ST 絞り

16、SR 撮像素子

21 撮像装置

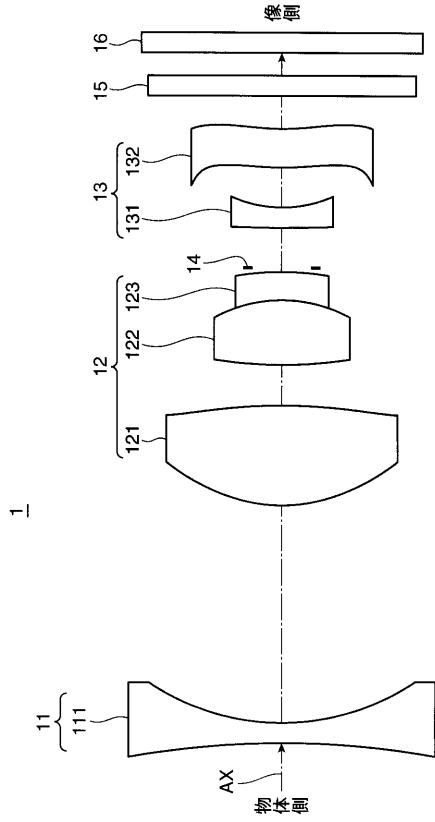
10

20

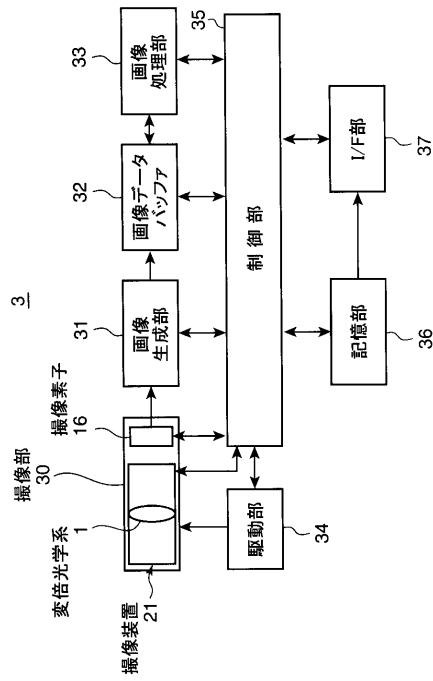
30

40

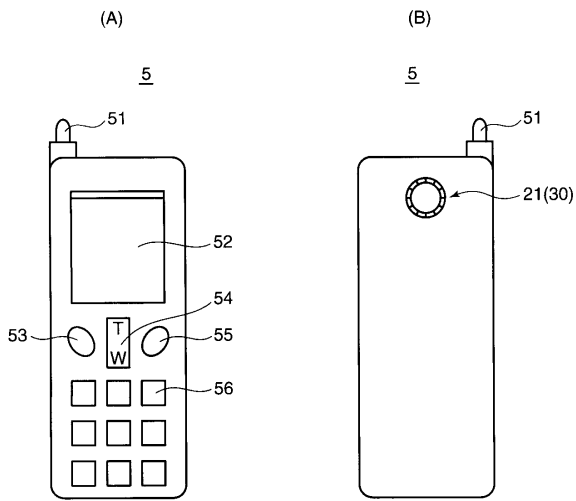
【図1】



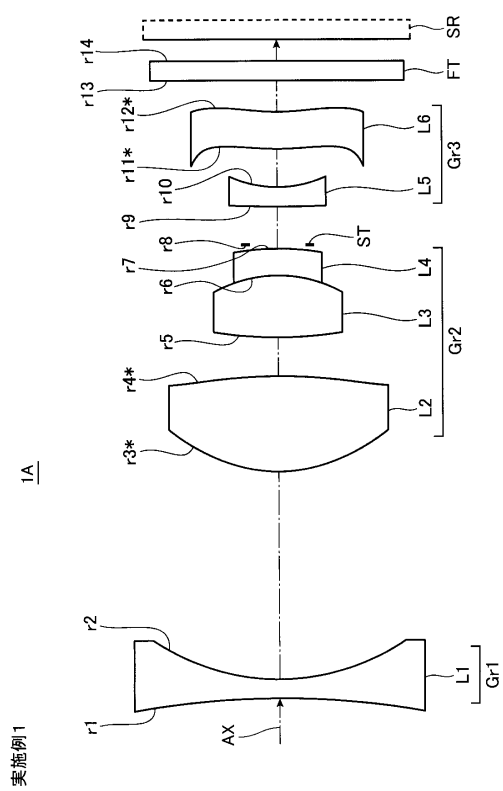
【図2】



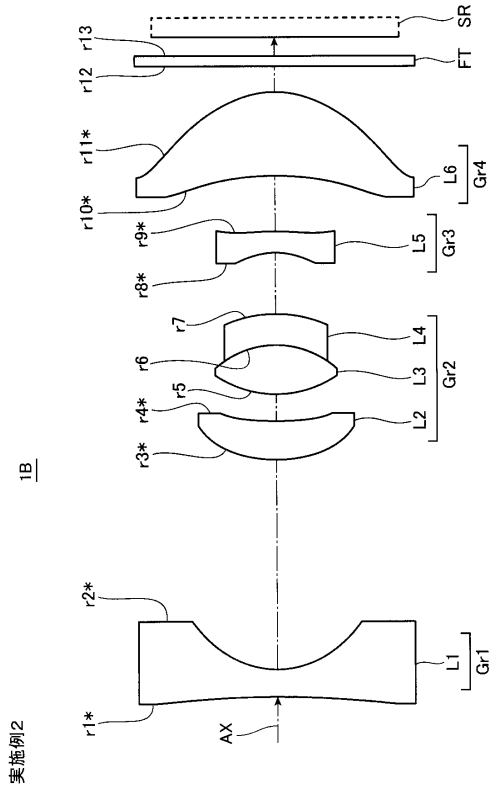
【図3】



【図4】

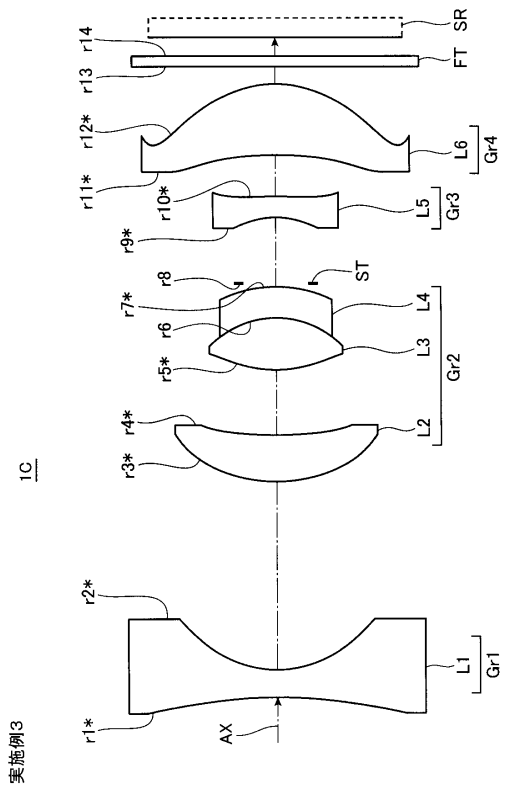


【 図 5 】



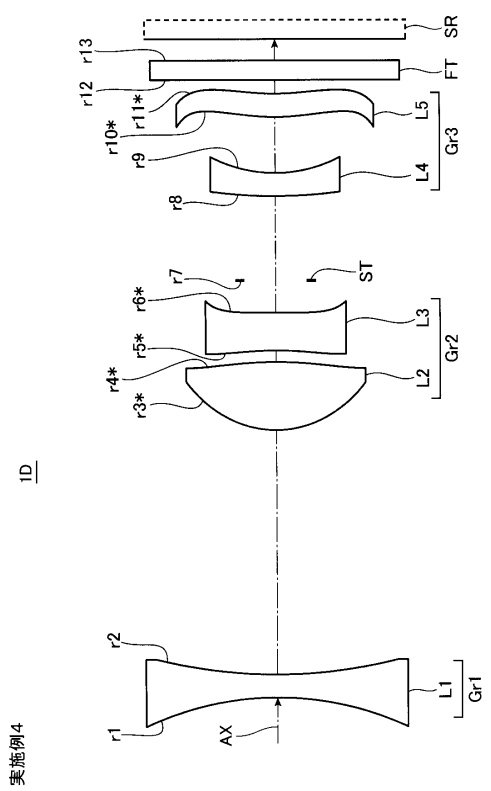
実施例2

【 図 6 】



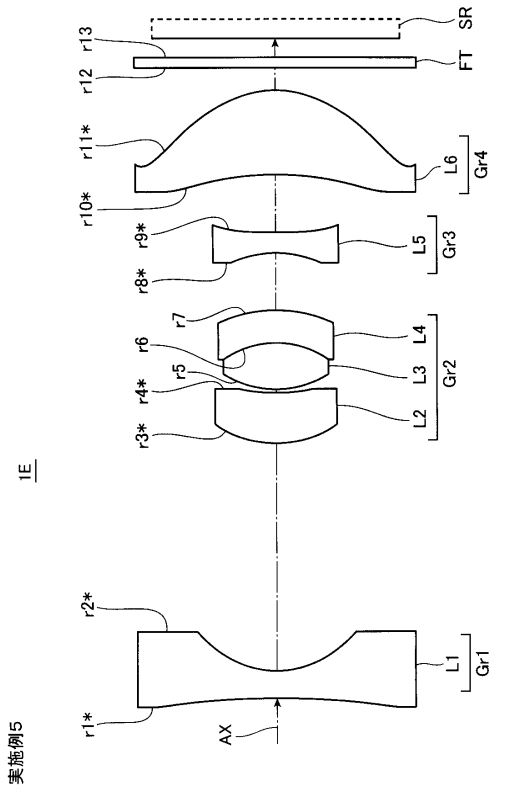
実施例3

【 図 7 】



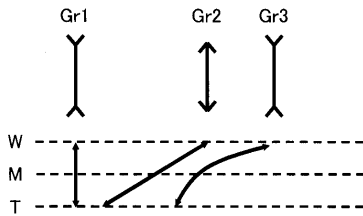
実施例4

【 図 8 】

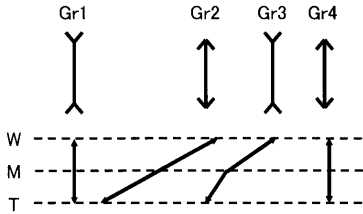


実施例5

【図9】

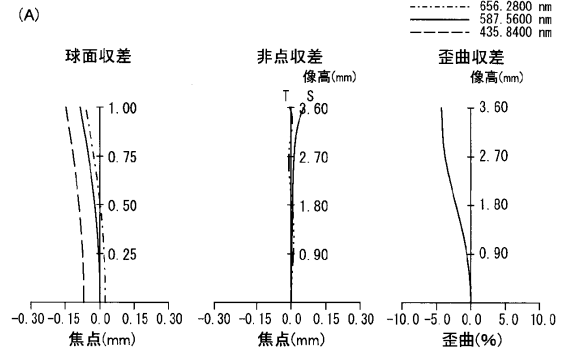


【図10】

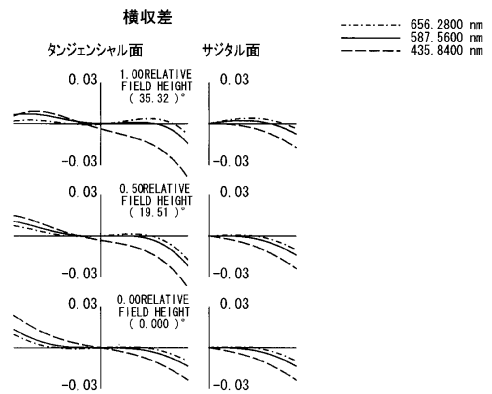


【図11】

実施例1(広角端)

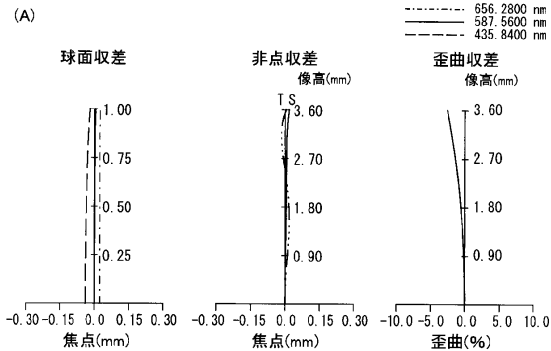


(B)

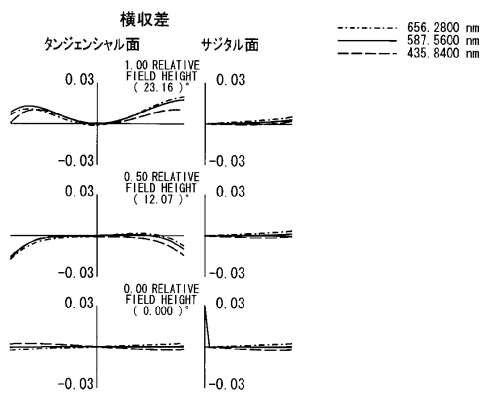


【図12】

実施例1(中間点)

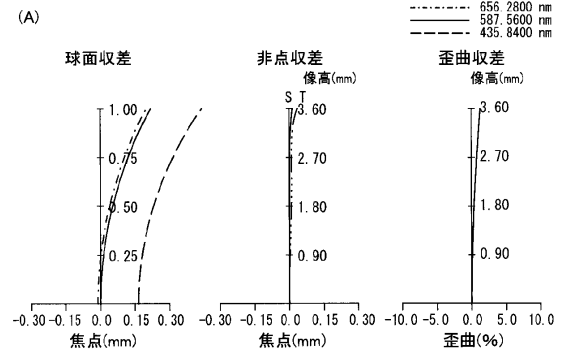


(B)

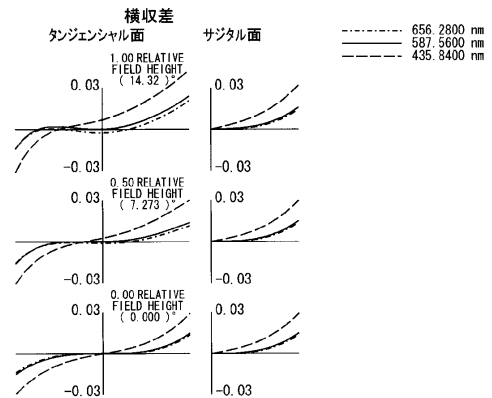


【図13】

実施例1(望遠端)

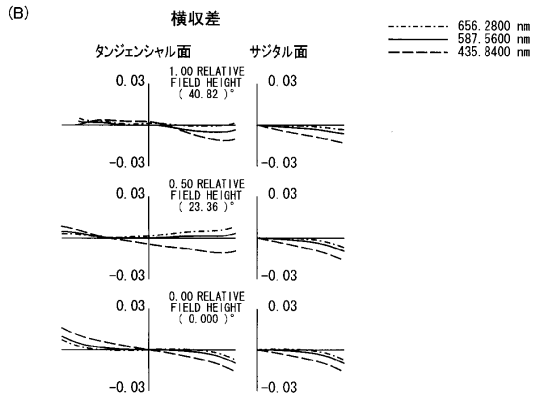
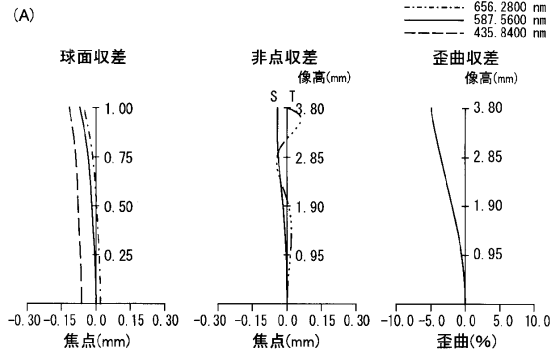


(B)



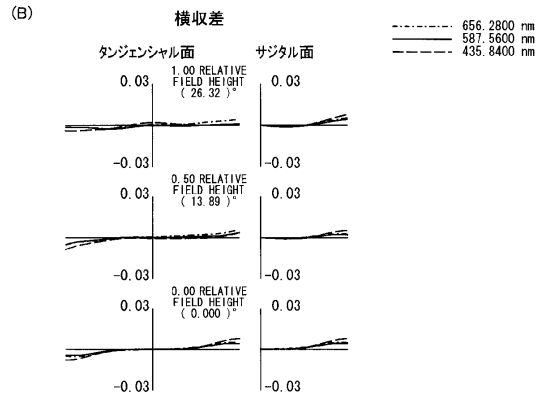
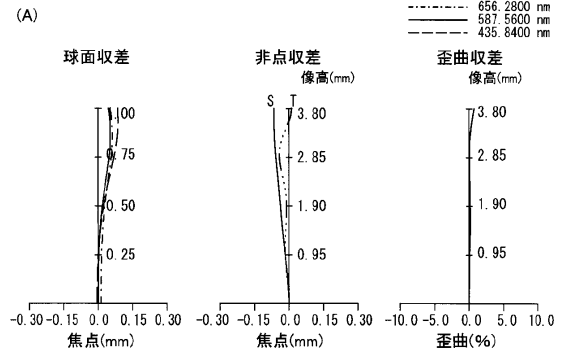
【図14】

実施例2(広角端)



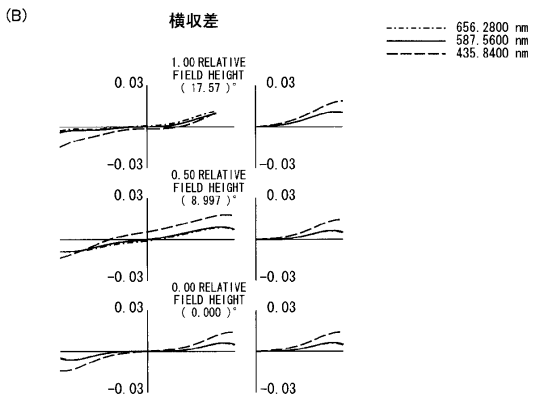
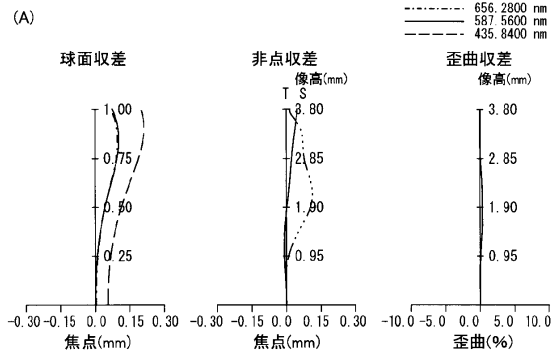
【図15】

実施例2(中間点)



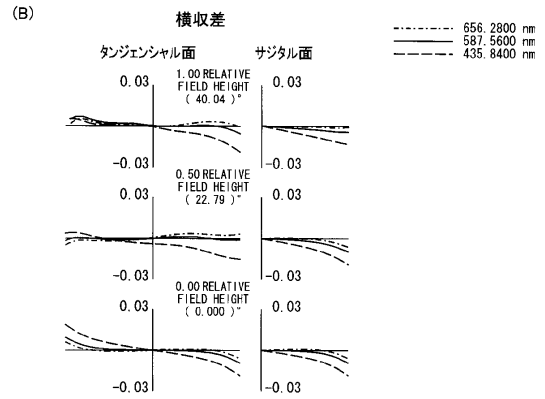
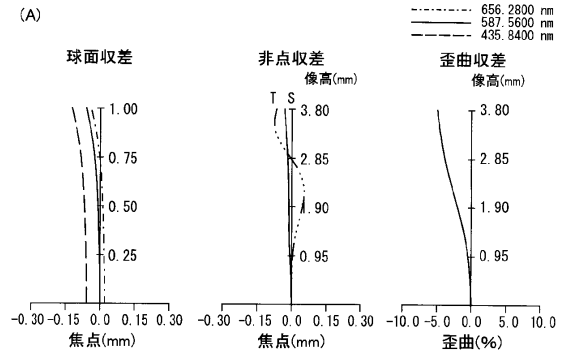
【図16】

実施例2(望遠端)



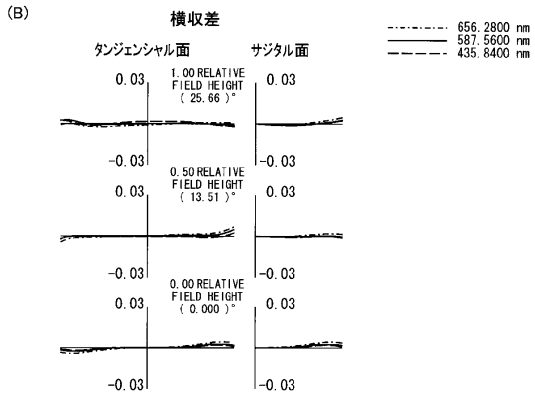
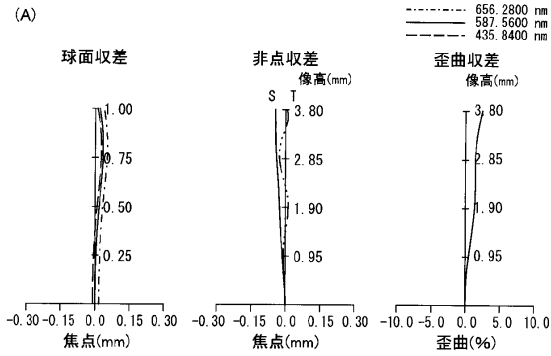
【図17】

実施例3(広角端)



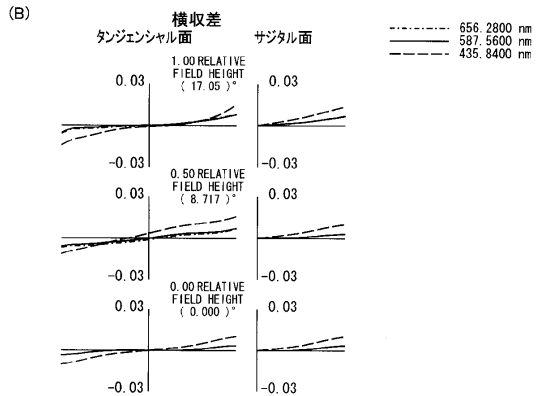
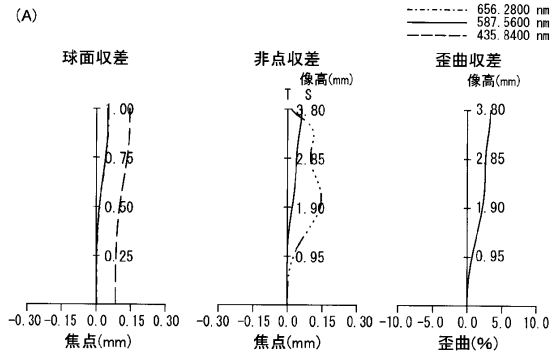
【図18】

実施例3(中間点)



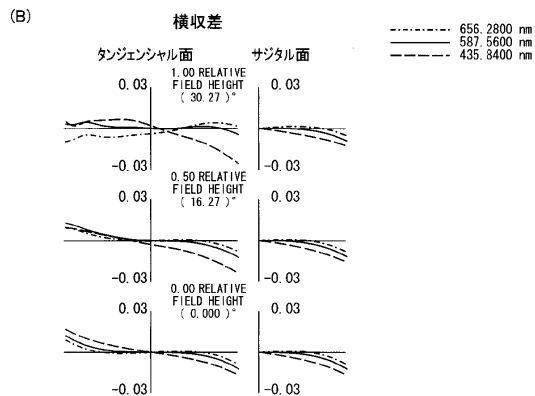
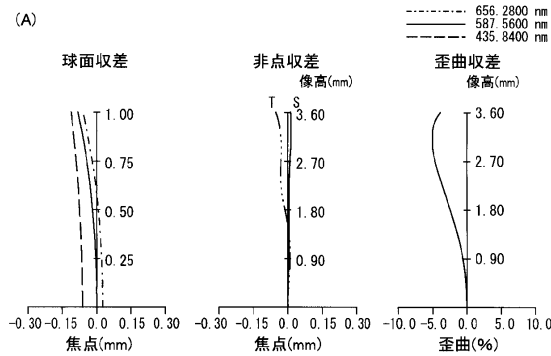
【図19】

実施例3(望遠端)



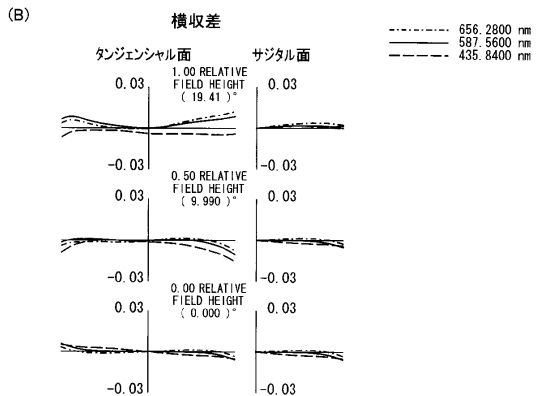
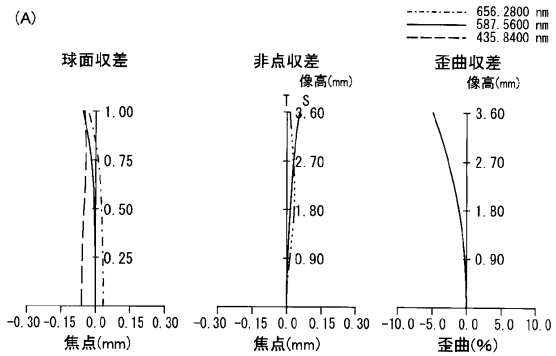
【図20】

実施例4(広角端)



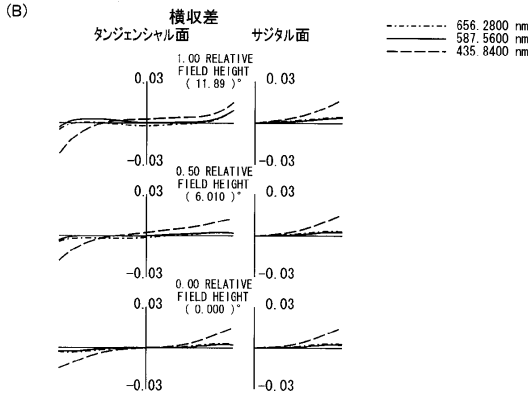
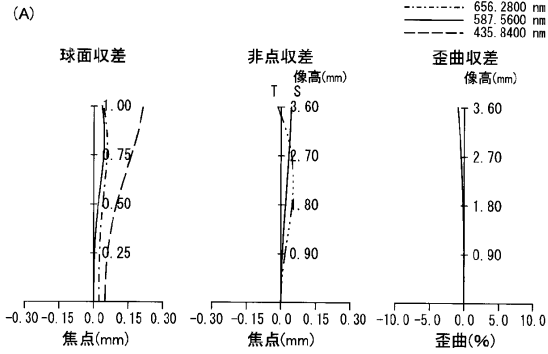
【図21】

実施例4(中間点)



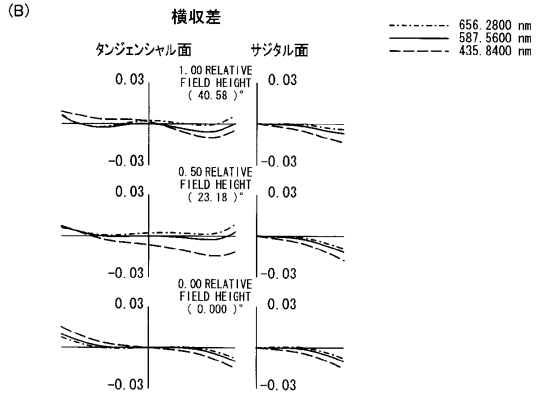
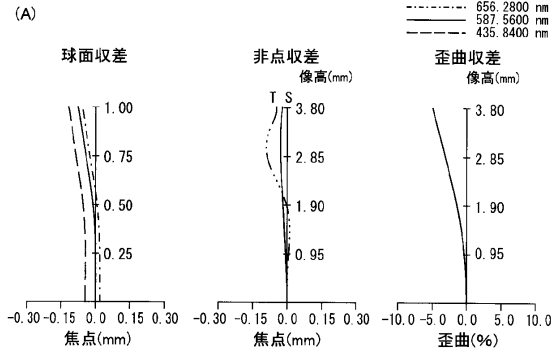
【図 2 2】

実施例4(望遠端)



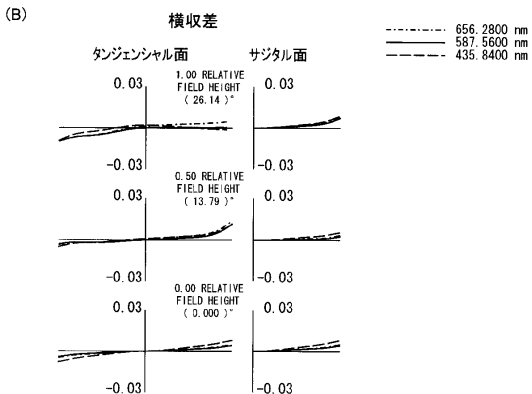
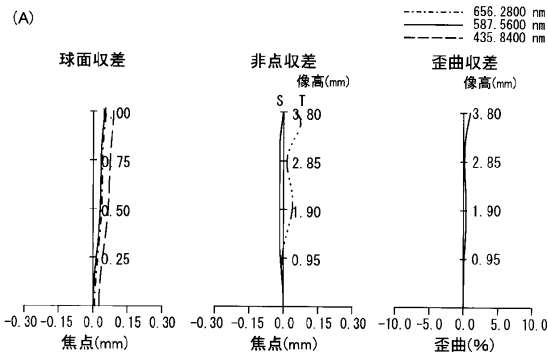
【図 2 3】

実施例5(広角端)



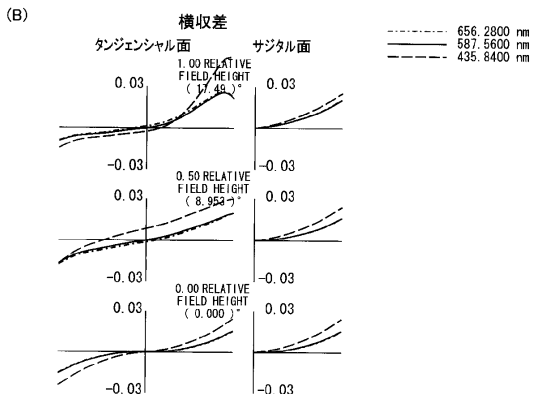
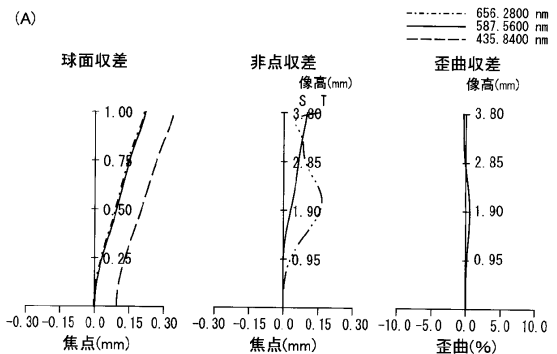
【図 2 4】

実施例5(中間点)



【図 2 5】

実施例5(望遠端)



フロントページの続き

- (72)発明者 大澤 聡
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
- (72)発明者 相馬 祥人
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

審査官 堀井 康司

- (56)参考文献 特開2005-077692(JP,A)
特開2004-133058(JP,A)
特開2007-148137(JP,A)
特開2006-115117(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|--------|
| G02B | 15/16 |
| G02B | 15/167 |
| G02B | 13/18 |