

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5000403号
(P5000403)

(45) 発行日 平成24年8月15日(2012.8.15)

(24) 登録日 平成24年5月25日(2012.5.25)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 15/20 (2006.01) G O 2 B 15/20
G O 2 B 13/18 (2006.01) G O 2 B 13/18

請求項の数 7 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-174314 (P2007-174314) (22) 出願日 平成19年7月2日(2007.7.2) (65) 公開番号 特開2008-268833 (P2008-268833A) (43) 公開日 平成20年11月6日(2008.11.6) 審査請求日 平成22年4月15日(2010.4.15) (31) 優先権主張番号 特願2007-84086 (P2007-84086) (32) 優先日 平成19年3月28日(2007.3.28) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号 (74) 代理人 100073184 弁理士 柳田 征史 (74) 代理人 100090468 弁理士 佐久間 剛 (72) 発明者 小里 哲也 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324 番地 フジノン株式会社内 審査官 殿岡 雅仁</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変倍光学系および撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より順に、変倍および合焦の際に固定の正の屈折力の第1レンズ群と、変倍の際に移動する負の屈折力の第2レンズ群と、変倍および合焦の際に固定の正の屈折力の第3レンズ群と、変倍の際に移動すると共に合焦機能を有する正の屈折力の第4レンズ群と、変倍の際に移動する負の屈折力の第5レンズ群とからなり、

前記第1レンズ群が、物体側より順に、負の屈折力を有する前群と、光路を折り曲げる反射部材と、正の屈折力を有する後群とで構成され、かつ以下の条件式を満足するように構成されている

ことを特徴とする変倍光学系。

$$-3.5 < f1f / f1r < -1.8 \dots\dots (1)$$

ただし、

f1f：第1レンズ群における前群の焦点距離

f1r：第1レンズ群における後群の焦点距離

とする。

【請求項2】

さらに、以下の条件式を満足している

ことを特徴とする請求項1に記載の変倍光学系。

$$0.5 < |f2 / fw| < 0.8 \dots\dots (2)$$

ただし、

f_w : 広角端での全系の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

とする。

【請求項3】

さらに、以下の条件式を満足している

ことを特徴とする請求項1または2に記載の変倍光学系。

$$0.4 < f_w / f_1 < 0.8 \dots\dots (3)$$

ただし、

f_w : 広角端での全系の焦点距離

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

10

【請求項4】

変倍時に、前記第2レンズ群および前記第5レンズ群が、光軸上で互いに異なる移動方向で、かつ、共に線形直線運動をするように移動すると共に、前記第4レンズ群が、非線形運動をするように移動する

ことを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の変倍光学系。

【請求項5】

前記第1ないし第5レンズ群のそれぞれのレンズ群中に少なくとも1枚のプラスチックレンズを含む

ことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の変倍光学系。

20

【請求項6】

前記第1レンズ群は、前記後群中に少なくとも1枚の正レンズを有し、

前記第2レンズ群は、少なくとも1枚の負レンズを有し、

前記第1レンズ群における前記後群中の少なくとも1枚の前記正レンズにプラスチックレンズが用いられると共に、前記第2レンズ群中の少なくとも1枚の前記負レンズにプラスチックレンズが用いられている

ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の変倍光学系。

【請求項7】

請求項1ないし6のいずれか1項に記載の変倍光学系と、

前記変倍光学系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを備えたことを特徴とする撮像装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像機能を有する小型の機器、特にデジタルスチルカメラ、カメラ付き携帯電話機、および情報携帯端末（PDA：Personal Digital Assistance）等に好適に用いられる変倍光学系および撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルスチルカメラ等の撮像装置においては、CCD（Charge Coupled Device）やCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等の撮像素子の小型化が進むにつれて、装置全体としてもさらなる小型化が求められている。これに伴い撮影用レンズ、特に変倍光学系（ズームレンズ）は全長の短縮等による薄型化が求められている。従来、デジタルスチルカメラ等に用いられる変倍光学系としては例えば、特許文献1に開示されているように全体として5群構成のものが知られている。特許文献1に記載の変倍光学系は、レンズ系を構成する各光学部材を、光軸の方向を変更することなく一方向に直線的に配列したいわゆるストレートタイプの光学系となっている。ここで、撮像装置の厚み方向の大きさは最も物体側の光学部材から撮像素子までの長さで事実上決定される。一方、近年の撮像素子の高画素化および高性能化の要求を満足するためにレンズの枚数が増え、レンズ系の全長を短縮するのが困難になってきている。そのため、撮像装置全体の薄型化を達成することが困難になってきている。そこで、撮像装置を薄型化するためにレンズ

40

50

系の光路を途中で折り曲げた、いわゆる屈曲光学系が開発されている。

【0003】

屈曲光学系では、第1レンズ群内に直角プリズム等の反射部材を配置し、光路を途中で略90°折り曲げることによって、光学系の厚さ方向の長さを短縮している。そのような屈曲タイプによる変倍光学系としては従来、全体として4群構成で、変倍時に第2レンズ群と第4レンズ群を移動させるものが知られている。また、近年ではより高変倍比のものへの要求があるため、屈曲タイプによる変倍光学系で、全体として5群構成として4群構成のものに比べて高変倍比化を図ったものが開発されている（特許文献2ないし4参照）。特許文献3に記載の変倍光学系は、変倍時に第2レンズ群と第4レンズ群のみを移動させるものであるが、特許文献2および4に記載の変倍光学系では、第2レンズ群と第4レンズ群に加え、第5レンズ群をも変倍時に移動させる方式となっている。特許文献2に記載の変倍光学系では、第5レンズ群が合焦機能を有し、第5レンズ群を像面側に移動させることにより、無限遠から近距離へのフォーカシングを行っている。また、変倍時には、第2レンズ群および第4レンズ群の線形動作により焦点距離変更を行い、第5レンズ群の非線形動作により像面変動の補正を行っている。

10

【特許文献1】特許第3196283号公報

【特許文献2】特開2006-301543号公報

【特許文献3】特開2006-323051号公報

【特許文献4】特開2006-98686号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に記載の光学系は、第1レンズ群の焦点距離 f_1 が長く、レンズ全長が長くなるため小型化に不利である。また、特許文献2に記載の光学系は、第5レンズ群を像面側に移動させて合焦を行う方式のため、第5レンズ群を合焦時に移動させる際に、射出瞳距離の変動が大きく、シェーディングの変化が生じやすい。また、第5レンズ群が合焦時に像面に近づくために、第5レンズ群のレンズ表面に付着するゴミや、キズが画質に影響を与えやすいという問題がある。また、特許文献3に記載の光学系は、第1レンズ群を反射面より前群と後群とに分けた場合において、第1レンズ群中の後群の焦点距離 f_{1r} が長く設定されているため、レンズ全長が長くなり小型化に不利である。また、特許文献4に記載の光学系は、第2レンズ群の焦点距離 f_2 が長く設定されているため、レンズ全長が長くなり小型化に不利である。

30

【0005】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、良好な光学性能を維持しつつ、レンズ全長を短くし、小型化を達成できるようにした変倍光学系および撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る変倍光学系は、物体側より順に、変倍および合焦の際に固定の正の屈折力の第1レンズ群と、変倍の際に移動する負の屈折力の第2レンズ群と、変倍および合焦の際に固定の正の屈折力の第3レンズ群と、変倍の際に移動すると共に合焦機能を有する正の屈折力の第4レンズ群と、変倍の際に移動する負の屈折力の第5レンズ群とを備え、第1レンズ群が、物体側より順に、負の屈折力を有する前群と、光路を折り曲げる反射部材と、正の屈折力を有する後群とで構成され、かつ以下の条件式を満足するように構成されているものである。式中、 $f_1 f$ は第1レンズ群における前群の焦点距離、 f_{1r} は第1レンズ群における後群の焦点距離を示す。

40

$$-3.5 < f_1 f / f_{1r} < -1.8 \quad \dots \dots (1)$$

また、以下の条件式を満足するように構成されていることが好ましい。式中、 f_w は広角端での全系の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離を示す。

50

$$0.5 < |f_2 / f_w| < 0.8 \dots\dots (2)$$

$$0.4 < f_w / f_1 < 0.8 \dots\dots (3)$$

【0010】

本発明に係る変倍光学系では、全体として5群構成で、変倍時に第2レンズ群、第4レンズ群および第5レンズ群を移動させる方式とすることで、高変倍比化に有利となる。また、第1レンズ群内に配置された反射部材によって光路が折り曲げられる屈曲光学系の構成とされていることで、良好な光学性能を維持しつつ、光学系の厚さ方向の長さが抑えられ、撮像装置に組み込んだときの薄型化が容易となる。屈曲光学系では、撮像装置に組み込んだ場合、その厚みはレンズの全長よりも、光路を折り曲げる部分である第1レンズ群の大きさに大きく依存する。条件式(1)を満足することで、全長の短縮化と共に、反射部材を含めた第1レンズ群の小型化が容易となる。また、第4レンズ群に合焦機能を持たせたことで、第5レンズ群に合焦機能を持たせた場合に比べて、合焦時にも射出瞳距離の変動が少なく、シェーディングの変化が少なくなる。さらに、合焦時において最も像面に近い第5レンズ群G5のレンズ表面に付着するゴミや、キズが画質に影響を与えることも少なくなる。

10

【0011】

本発明に係る変倍光学系において、変倍時に、第2レンズ群および第5レンズ群が、光軸上で互いに異なる移動方向で、かつ、共に線形直線運動をするように移動すると共に、第4レンズ群が、非線形運動をするように移動するものであっても良い。

これにより、第2レンズ群および第5レンズ群を移動させる際、単一のモータで移動させることができ、本来移動レンズ群ごとに必要であるモータの個数削減化と移動制御の簡略化が達成可能となり、機構を含めた撮影装置の小型化と低廉化が達成される。

20

【0012】

また、本発明に係る変倍光学系において、第1ないし第5レンズ群のそれぞれのレンズ群中に、少なくとも1枚のプラスチックレンズを含んでいても良い。これにより、光学系の軽量化と低廉化に有利となる。

【0013】

また、本発明に係る変倍光学系において、第1レンズ群が後群中に少なくとも1枚の正レンズを有し、第2レンズ群が少なくとも1枚の負レンズを有している場合に、第1レンズ群における後群中の少なくとも1枚の正レンズにプラスチックレンズを用い、第2レンズ群中の少なくとも1枚の負レンズにプラスチックレンズを用いることが好ましい。これにより、プラスチックレンズを用いたことによる温度変化時の焦点移動が低減される。

30

【0014】

本発明による撮像装置は、本発明に係る変倍光学系と、この変倍光学系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力する撮像素子とを備えたものである。

本発明による撮像装置では、本発明の変倍光学系によって得られた高解像の光学像に基づいて高解像の撮像信号が得られる。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る変倍光学系によれば、全体として5群構成で、変倍時に第2レンズ群、第4レンズ群および第5レンズ群を移動させる方式とし、かつ、第1レンズ群内に配置された反射部材によって光路が折り曲げられる屈曲光学系の構成とし、第1レンズ群内の前群および後群の焦点距離に関して適切な条件を満足するようにしたので、良好な光学性能を維持しつつ、レンズ全長を短くし、小型化を達成できる。

40

【0017】

また、本発明の撮像装置によれば、上記本発明の高性能の変倍光学系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するようにしたので、高解像の撮像信号を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

50

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1(A), (B)は、本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第1の構成例を示している。この構成例は、後述の第1の数値実施例(図9(A)、図9(B)および図10)のレンズ構成に対応している。なお、図1(A)は広角端(最短焦点距離状態)での光学系配置、図1(B)は望遠端(最長焦点距離状態)での光学系配置に対応している。同様に、後述の第2ないし第7の数値実施例のレンズ構成に対応する第2ないし第7の構成例の断面構成を、図2(A), (B)~図7(A), (B)に示す。図1(A), (B)~図7(A), (B)において、符号 R_i は、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側(結像側)に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の曲率半径を示す。符号 D_i は、 i 番目の面と $i+1$ 番目の面との光軸 Z_1 上の面間隔を示す。なお符号 D_i については、変倍に伴って変化する部分の面間隔 D_{13} , D_{16} , D_{21} , D_{23} のみ符号を付す。なお、各構成例共に基本的な構成は同じなので、以下では図1(A), (B)に示した第1の構成例を基本にして説明する。

10

【0019】

この変倍光学系は、撮像機能を有する小型の機器、例えばデジタルスチルカメラ、カメラ付き携帯電話機、およびPDA等に搭載されて使用されるものである。この変倍光学系は、光軸 Z_1 に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 と、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 と、正の屈折力を有する第3レンズ群 G_3 と、光量を調節する開口絞り S_t と、正の屈折力を有する第4レンズ群 G_4 と、負の屈折力を有する第5レンズ群 G_5 とを備えている。

20

【0020】

この変倍光学系の結像面には、CCD等の撮像素子100が配置される。少なくとも、この変倍光学系と撮像素子100とで、本発明における撮像装置が構成されている。第5レンズ群 G_5 と撮像素子100との間には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、種々の光学部材 G_C が配置されていても良い。例えば撮像面保護用のカバーガラスや赤外線カットフィルタなどの平板状の光学部材が配置されていても良い。

【0021】

この変倍光学系は、第1レンズ群 G_1 および第3レンズ群 G_3 が変倍および合焦の際に常時固定であり、変倍時に第2レンズ群 G_2 、第4レンズ群 G_4 および第5レンズ群 G_5 が光軸 Z_1 上で移動するようになっている。また、第4レンズ群 G_4 は合焦機能を有しており、変倍時のほか、合焦時にも第4レンズ群 G_4 が光軸 Z_1 上で移動するようになっている。この変倍光学系は、広角端から望遠端へと変倍させるに従い、各移動群は、図1(A)の状態から図1(B)の状態へと、図に実線で示した軌跡を描くように移動する。この場合において、第2レンズ群 G_2 および第5レンズ群 G_5 は、光軸 Z_1 上で互いに異なる移動方向で、かつ、共に線形直線運動をするように移動する。第4レンズ群 G_4 は、非線形運動をするように移動する。第2レンズ群 G_2 および第5レンズ群 G_5 が主に変倍作用を担い、第4レンズ群 G_4 は変倍に伴う像面変動の補正作用を担っている。

30

【0022】

第1レンズ群 G_1 は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群 G_{1f} と、光路を折り曲げる反射部材 G_{1p} と、正の屈折力を有する後群 G_{1r} とで構成されている。前群 G_{1f} は例えば、1枚の負レンズ L_{11} からなる。後群 G_{1r} は例えば、2つの正レンズ L_{12} , L_{13} からなる。反射部材 G_{1p} は例えば、光路を略 90° 折り曲げる内部反射面を有する直角プリズム L_P で構成されている。

40

【0023】

第2レンズ群 G_2 は例えば、物体側から順に、1枚の負レンズ L_{21} と、負レンズ L_{22} および正レンズ L_{23} からなる接合レンズとで構成されている。第3レンズ群 G_3 は例えば1枚の正レンズ L_{31} で構成されている。第4レンズ群 G_4 は例えば、物体側から順に、2つのレンズ L_{41} , L_{42} からなる接合レンズと物体側に凸面を向けた正レンズ L_{43} とで構成されている。第5レンズ群 G_5 は例えば、1枚の負レンズ L_{51} で構成されている。

50

【 0 0 2 4 】

この変倍光学系は、以下の条件式 (1) を満足している。式中、 $f_1 f$ は第 1 レンズ群 G_1 における前群 $G_1 f$ の焦点距離、 $f_1 r$ は第 1 レンズ群 G_1 における後群 $G_1 r$ を示す。

$$\frac{-3.5 < f_1 f / f_1 r < -1.8}{\dots\dots (1)}$$

【 0 0 2 5 】

この変倍光学系は、以下の条件式 (2)、(3) を満足することが好ましい。式中、 f_w は広角端での全系の焦点距離、 f_2 は第 2 レンズ群 G_2 の焦点距離、 f_1 は第 1 レンズ群 G_1 の焦点距離を示す。

$$0.5 < |f_2 / f_w| < 0.8 \dots\dots (2)$$

$$0.4 < f_w / f_1 < 0.8 \dots\dots (3)$$

10

【 0 0 2 6 】

図 8 は、この変倍光学系におけるレンズ移動機構の構成例を示している。なお、図 8 はこの変倍光学系を正面側 (光の入射側) から見た構成を示している。このレンズ移動機構は、第 2 レンズ群 G_2 および第 5 レンズ群 G_5 を移動させる線形移動機構と、第 4 レンズ群 G_4 を非線形移動させる非線形移動機構とを備えている。

【 0 0 2 7 】

非線形移動機構は、単一のモータ M_2 と、モータ M_2 に接続されたシャフト 20 と、シャフト 20 に螺合された伝達ブロック 21 とを有している。シャフト 20 には、雄ネジが形成されており、モータ M_2 の回転に伴いシャフト 20 が自転すれば、シャフト 20 に螺合された伝達ブロック 21 が直線移動するようになっている。図示しないレンズ駆動制御部は、このモータ M_2 の回転量等を制御することにより、第 4 レンズ群 G_4 を非線形移動させている。

20

【 0 0 2 8 】

線形移動機構は、単一のモータ M_1 と、これに接続されるシャフト 10 と、シャフト 10 に螺合された 2 つの伝達ブロック 11, 12 とを有している。モータ M_1 は、図示しないレンズ駆動制御部からの指示に応じて駆動し、その回転力をシャフト 10 に供給する。シャフト 10 は、直角プリズム LP による反射後の光軸と平行に配置されており、第 2 レンズ群 G_2 の移動範囲に相当する部分に第 1 雄ネジ 10A が、第 5 レンズ群 G_5 の移動範囲に相当する部分に第 2 雄ネジ 10B が形成されている。

30

【 0 0 2 9 】

第 1 雄ネジ 10A と第 2 雄ネジ 10B は、そのネジ巻方向が反対方向となっている。つまり、第 1 雄ネジ 10A が右ネジであれば、第 2 雄ネジ 10B は左ネジとなる。また、第 1 雄ネジ 10A と第 2 雄ネジ 10B は、そのリード量も異なっている。したがって、シャフト 10 を一回転させた際の、第 1 雄ネジ 10A の進み量と第 2 雄ネジ 10B の進み量が異なる。この第 1 雄ネジ 10A には第 1 伝達ブロック 11 が、第 2 雄ネジ 10B には第 2 伝達ブロック 12 が、それぞれ螺合されている。そして、第 1 伝達ブロック 11 は第 2 レンズ群 G_2 に、第 2 伝達ブロック 12 は第 5 レンズ群 G_5 にそれぞれ物理的に接続されている。その結果、モータ M_1 の駆動により、シャフト 10 が自転すれば、第 1 伝達ブロック 11 および第 2 伝達ブロック 12 がそれぞれ直線駆動する。このとき、第 1 雄ネジ 10A および第 2 雄ネジ 10B は、そのネジ巻方向が反対であるため、これらに螺合されている第 1 伝達ブロック 11 および第 2 伝達ブロック 12 は、互いに反対方向に移動する。そして、この第 1 伝達ブロック 11 および第 2 伝達ブロック 12 に物理的に接続されている第 2 レンズ群 G_2 および第 5 レンズ群 G_5 も互いに反対方向に移動する。また、第 1 雄ネジ 10A および第 2 雄ネジ 10B は、リード量も互いに異なるため、第 1 伝達ブロック 11 および第 2 伝達ブロック 12 の移動量も互いに異なり、結果として、第 2 レンズ群 G_2 および第 5 レンズ群 G_5 の移動量も異なってくる。その結果、単一のモータ M_1 を駆動するだけで、第 2 レンズ群 G_2 および第 5 レンズ群 G_5 を所望の方向に、所望の移動量で線形直線運動させることができる。

40

【 0 0 3 0 】

50

このレンズ移動機構では、変倍時における、第2レンズ群G2および第5レンズ群G5の焦点距離変更動作と、第4レンズ群G4の像面位置補正動作とを分離している。これにより、第2レンズ群G2および第5レンズ群G5の移動機構を簡略化でき、その結果、コスト削減や省スペース化を図ることができる。なお、図8の線形移動機構は一例であり、第2レンズ群G2および第5レンズ群G5を線形移動させることができるのであれば、他の形態でも良い。例えば、上述の例では、シャフト10と伝達ブロック11, 12とを有する伝達機構を用いているが、単一のモータM1からの駆動力を、移動方向および移動量が異なる直線運動として2つのレンズ群G2, G5に同時に伝達でき得る構成であれば、他の伝達機構を用いても良い。例えば、ピッチが互いに異なり、共にモータの回転軸に接続された2種類のピニオンと、その2種類のピニオンに係合する2種類のラックとを有する伝達機構などでも良い。

10

【0031】

次に、以上のように構成された変倍光学系の作用および効果を説明する。

この変倍光学系では、全体として5群構成で、変倍時に第2レンズ群G2、第4レンズ群G4および第5レンズ群G5を移動させる方式とすることで、高変倍比化に有利な構成とし、第1レンズ群G1および第2レンズ群G2の焦点距離に関して適切な条件式(3), (2)を満たしていることで、良好な光学性能を維持しつつ、レンズ全長を短くして小型化が容易となる。

【0032】

条件式(3)は、第1レンズ群G1の焦点距離 f_1 に関する式で、この式を満足することで、光学系を小型化でき、変倍全域での収差を良好に補正することができる。条件式(3)の下限を下回ると第1レンズ群G1の屈折力が小さくなるため、レンズ全長が長くなり、また反射部材G1pを含めた第1レンズ群G1の外径も拡大されるため、光学系の小型化を達成することができない。上限を上回ると第1レンズ群G1の屈折力が強くなるため、光学系の小型化には有利であるが、第1レンズ群G1にて発生する収差が増大されるため、変倍全域にて良好に収差を補正することが困難となる。

20

【0033】

条件式(2)は、第2レンズ群G2の焦点距離 f_2 に関する式で、この式を満足することで、光学系を小型化でき、変倍全域での収差を良好に補正することができる。条件式(2)の下限を下回ると第2レンズ群G2の屈折力が大きくなり、小型化には有利であるが、第2レンズ群G2で発生する収差が増大し、変倍全域での収差を良好に補正することが困難である。上限を上回ると第2レンズ群G2の屈折力が小さくなり、第2レンズ群G2で発生する収差が縮小するが、レンズの全長が長くなり小型化を達成することができない。

30

【0034】

この変倍光学系では、第1レンズ群G1に入射した物体光が、直角プリズムLPの内部反射面によって第2レンズ群G2側に略90°折り曲げられ、第1レンズ群G1の入射面に対し直交するように配置された撮像素子100上に結像する。このような屈曲光学系の構成とされていることで、良好な光学性能を維持しつつ、光学系の厚さ方向の長さを抑えることができ、撮像装置に組み込んだときの薄型化を達成することが可能になる。このような屈曲光学系の構成において、第1レンズ群G1を物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1fと光路を折り曲げる反射部材G1pと正の屈折力を有する後群G1rとで構成し、反射部材G1pの前に負の屈折力を有する前群G1fを配置することで、反射部材G1pの小型化を達成することができ、光学系の薄型化を達成することができる。

40

【0035】

条件式(1)は、第1レンズ群G1内の負の屈折力を有する前群G1fと正の屈折力を有する後群G1rとの焦点距離 f_{1f} , f_{1r} に関する式で、この式を満足することで、反射部材G1pを含めた第1レンズ群G1の外径の小型化とレンズ全長の短縮化を達成することができる。条件式(1)の下限を下回ると第1レンズ群G1内の前群G1fの屈折力が小さくなるため、反射部材G1pを通過する光束径が大きくなるため、反射部材G1

50

pを含めた第1レンズ群G1の外径が大きくなってしまふ。上限を上回ると第1レンズ群G1内の後群G1rの屈折力が小さくなるため、レンズ全長が長くなってしまふ。

【0036】

さらに、この変倍光学系では、変倍時に第2レンズ群G2、および第5レンズ群G5を移動させる際、異なる移動方向で、ともに線形直線運動とすることで、第2レンズ群G2、および第5レンズ群G5を移動させる際、図8に示したように単一のモータM1で移動させることができる。これにより、本来移動レンズ群ごとに必要であるモータの個数削減化と移動制御の簡略化を達成することで、機構を含めた撮影装置の小型化と低廉化を達成することができる。また、第4レンズ群G4を合焦時に移動させることで、合焦時にも射出瞳距離の変動が少なく、シェーディングの変化を少なくすることができる。さらに、合焦時に、最も像面に近い第5レンズ群G5を移動させる方式と比べて、第5レンズ群G5のレンズ表面に付着するゴミやキズが、画質に影響を与えることも少なくなる。

10

【0037】

また、この変倍光学系において、第1ないし第5レンズ群G1~G5のそれぞれのレンズ群中に、少なくとも1枚のプラスチックレンズが含まれていても良い。これにより、光学系の軽量化と低廉化が図れる。この場合、第1レンズ群G1における後群G1r中の少なくとも1枚の正レンズにプラスチックレンズを用い、第2レンズ群G2中の少なくとも1枚の負レンズにプラスチックレンズを用いることが好ましい。プラスチックレンズは温度変化時の屈折率変化と膨張率がガラスレンズより大きく、そのためプラスチックレンズを多用すると、温度変化時の焦点移動が増大するが、第1レンズ群G1における後群G1r中の少なくとも1枚の正レンズにプラスチックレンズを用い、第2レンズ群G2中の少なくとも1枚の負レンズにプラスチックレンズを用いることで、温度変化時の焦点移動を低減することができる。

20

【0038】

以上説明したように、本実施の形態に係る変倍光学系によれば、良好な光学性能を維持しつつ、レンズ全長を短くし、小型化された光学系を達成できる。また、本実施の形態に係る撮像装置によれば、本実施の形態に係る高性能の変倍光学系によって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するようにしたので、高解像の撮像信号を得ることができる。

【実施例】

【0039】

次に、本実施の形態に係る変倍光学系の具体的な数値実施例について説明する。以下では、第1ないし第7の数値実施例をまとめて説明する。

30

【0040】

図9(A)、(B)および図10は、図1(A)、(B)に示した変倍光学系の構成に対応する具体的なレンズデータを示している。特に図9(A)にはその基本的なレンズデータを示し、図9(B)および図10にはその他のデータを示す。図9(A)に示したレンズデータにおける面番号 S_i の欄には、実施例1に係る変倍光学系について、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目($i=1\sim 25$)の面の番号を示している。曲率半径 R_i の欄には、図1において付した符号 R_i に対応させて、物体側から i 番目の面の曲率半径の値(mm)を示す。面間隔 D_i の欄についても、同様に物体側から i 番目の面 S_i と $i+1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔(mm)を示す。 Nd_i の欄には、物体側から i 番目の面 S_i と $i+1$ 番目の面 S_{i+1} との間における d 線(587.6nm)に対する屈折率の値を示す。

40

d_j の欄には、物体側から j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数の値を示す。図8(A)にはまた、諸データとして、広角端および望遠端における全系の近軸焦点距離 f (mm)、Fナンバー(FNO.)、および画角 2θ (θ :半画角)の値についても示す。

【0041】

実施例1に係る変倍光学系は、変倍に伴って第2レンズ群G2、第4レンズ群G4、および第5レンズ群G5が光軸上を移動するため、これらの各群の前後の面間隔 D_8 、 D_{13} 、 D_{16} 、 D_{21} 、 D_{23} の値は可変となっている。図9(B)には、これらの面間隔

50

D 8 , D 1 3 , D 1 6 , D 2 1 , D 2 3 の変倍時のデータとして、広角端および望遠端における値を示す。

【 0 0 4 2 】

図 9 (A) のレンズデータにおいて、面番号の左側に付された記号「 * 」は、そのレンズ面が非球面形状であることを示す。実施例 1 に係る変倍光学系は、第 1 レンズ群 G 1 内のレンズ L 1 3 の両面 S 7 , S 8 と、第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 3 1 の両面 S 1 4 , S 1 5 と第 4 レンズ群 G 4 内のレンズ L 4 3 の両面 S 2 0 , S 2 1 とがすべて非球面形状となっている。図 9 (A) の基本レンズデータには、これらの非球面の曲率半径として、光軸近傍の曲率半径の数値を示している。

【 0 0 4 3 】

図 1 0 には実施例 1 に係る変倍光学系における非球面データを示す。非球面データとして示した数値において、記号“ E ” は、その次に続く数値が 1 0 を底とした“べき指数”であることを示し、その 1 0 を底とした指数関数で表される数値が“ E ”の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「 1 . 0 E - 0 2 」であれば、「 1 . 0 × 1 0 ⁻²」であることを示す。

【 0 0 4 4 】

実施例 1 に係る変倍光学系の非球面データとしては、以下の式 (A) によって表される非球面形状の式における各係数 A_n , K の値を記す。Z は、より詳しくは、光軸から高さ Y の位置にある非球面上の点から、非球面の頂点の接平面 (光軸に垂直な平面) に下ろした垂線の長さ (mm) を示す。

実施例 1 に係る変倍光学系は、非球面係数 A_n として $A_3 \sim A_{20}$ までの次数を適宜有効に用いて表されている。

$$Z = C \cdot Y^2 / \{ 1 + (1 - K \cdot C^2 \cdot Y^2)^{1/2} \} + A_n \cdot Y^n \dots\dots (A)$$

(n = 3 以上の整数)

ただし、

Z : 非球面の深さ (mm)

Y : 光軸からレンズ面までの距離 (高さ) (mm)

K : 離心率

C : 近軸曲率 = 1 / R

(R : 近軸曲率半径)

A_n : 第 n 次の非球面係数

【 0 0 4 5 】

以上の実施例 1 に係る変倍光学系と同様にして、図 2 (A) , (B) に示した変倍光学系の構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 2 として、図 1 1 (A) 、図 1 1 (B) および図 1 2 に示す。また同様にして、図 3 (A) , (B) に示した変倍光学系の構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 3 として、図 1 3 (A) 、図 1 3 (B) および図 1 4 に示す。また同様にして、図 4 (A) , (B) に示した変倍光学系の構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 4 として、図 1 5 (A) 、図 1 5 (B) および図 1 6 に示す。また同様にして、図 5 (A) , (B) に示した変倍光学系の構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 5 として、図 1 7 (A) 、図 1 7 (B) および図 1 8 に示す。また同様にして、図 6 (A) , (B) に示した変倍光学系の構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 6 として、図 1 9 (A) 、図 1 9 (B) および図 2 0 に示す。また同様にして、図 7 (A) , (B) に示した変倍光学系の構成に対応する具体的なレンズデータを実施例 7 として、図 2 1 (A) 、図 2 1 (B) および図 2 2 に示す。

【 0 0 4 6 】

なお、実施例 2 ないし 6 のいずれの変倍光学系についても、実施例 1 に係る変倍光学系と同様、第 1 レンズ群 G 1 内のレンズ L 1 3 の両面 S 7 , S 8 と、第 3 レンズ群 G 3 のレンズ L 3 1 の両面 S 1 4 , S 1 5 と第 4 レンズ群 G 4 内のレンズ L 4 3 の両面 S 2 0 , S 2 1 とがすべて非球面形状となっている。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

50

実施例7の変倍光学系についても、実施例1に係る変倍光学系と同様、第1レンズ群G1内のレンズL13の両面S7, S8と、第3レンズ群G3のレンズL31の両面S14, S15と第4レンズ群G4内のレンズL43の両面S20, S21とがすべて非球面形状となっている。さらに、実施例7の変倍光学系においては、それらに加え、第2レンズ群G2内のレンズL21の両面S9, S10が非球面形状となっている。また、実施例7の変倍光学系では、第1ないし第5レンズ群G1~G5のそれぞれのレンズ群中に、1枚のプラスチックレンズが含まれている。具体的には、第1レンズ群G1の後群G1r中の正レンズL13と、第2レンズ群G2中の負レンズL21と、第3レンズ群G3中の正レンズL31と、第4レンズ群G4中の正レンズL43と、第5レンズ群G5中の負レンズL51とにプラスチックレンズが用いられている。

10

【0048】

図23には、上述の各条件式に関する値を、各実施例についてまとめたものを示す。図23から分かるように、各実施例の値が、各条件式の数値範囲内となっている。

【0049】

図24(A)~図24(D)はそれぞれ、実施例1に係る変倍光学系における広角端での球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、および倍率色収差を示している。図25(A)~図25(D)は、望遠端における同様の各収差を示している。各収差図には、d線(587.6nm)を基準波長とした収差を示す。球面収差図および倍率色収差図には、波長460nm, 615nmについての収差も示す。非点収差図において、実線はサジタル方向、破線はタンジェンシャル方向の収差を示す。FNO.はF値、 θ は半画角を示す。

20

【0050】

同様に、実施例2に係る変倍光学系についての諸収差を図26(A)~図26(D)(広角端)、および図27(A)~図27(D)(望遠端)に示す。同様にして、実施例3に係る変倍光学系についての諸収差を図28(A)~図28(D)(広角端)および図29(A)~図29(D)(望遠端)に、実施例4に係る変倍光学系についての諸収差を図30(A)~図30(D)(広角端)および図31(A)~図31(D)(望遠端)に、実施例5に係る変倍光学系についての諸収差を図32(A)~図32(D)(広角端)および図33(A)~図33(D)(望遠端)に、実施例6に係る変倍光学系についての諸収差を図34(A)~図34(D)(広角端)および図35(A)~図35(D)(望遠端)に示す。また、実施例7に係る変倍光学系についての諸収差を図36(A)~図36(D)(広角端)および図37(A)~図37(D)(望遠端)に示す。

30

【0051】

以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について、諸収差が良好に補正され、良好な光学性能を維持しつつ、レンズ全長を短くし、小型化を達成して撮像装置に搭載して薄型化するのに適した変倍光学系が実現できている。

【0052】

なお、本発明は、上記実施の形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値などは、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

40

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第1の構成例を示すものであり、実施例1に対応するレンズ断面図である。

【図2】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第2の構成例を示すものであり、実施例2に対応するレンズ断面図である。

【図3】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第3の構成例を示すものであり、実施例3に対応するレンズ断面図である。

【図4】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第4の構成例を示すものであり、実施例4に対応するレンズ断面図である。

50

【図 5】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第 5 の構成例を示すものであり、実施例 5 に対応するレンズ断面図である。

【図 6】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第 6 の構成例を示すものであり、実施例 6 に対応するレンズ断面図である。

【図 7】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系の第 7 の構成例を示すものであり、実施例 7 に対応するレンズ断面図である。

【図 8】本発明の一実施の形態に係る変倍光学系におけるレンズ移動機構の例を示す断面図である。

【図 9】実施例 1 に係る変倍光学系のレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

10

【図 10】実施例 1 に係る変倍光学系の非球面に関するデータを示す図である。

【図 11】実施例 2 に係る変倍光学系のレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【図 12】実施例 2 に係る変倍光学系の非球面に関するデータを示す図である。

【図 13】実施例 3 に係る変倍光学系のレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【図 14】実施例 3 に係る変倍光学系の非球面に関するデータを示す図である。

【図 15】実施例 4 に係る変倍光学系のレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【図 16】実施例 4 に係る変倍光学系の非球面に関するデータを示す図である。

20

【図 17】実施例 5 に係る変倍光学系のレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【図 18】実施例 5 に係る変倍光学系の非球面に関するデータを示す図である。

【図 19】実施例 6 に係る変倍光学系のレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【図 20】実施例 6 に係る変倍光学系の非球面に関するデータを示す図である。

【図 21】実施例 7 に係る変倍光学系のレンズデータを示す図であり、(A) は基本的なレンズデータを示し、(B) は変倍に伴って移動する部分の面間隔のデータを示す。

【図 22】実施例 7 に係る変倍光学系の非球面に関するデータを示す図である。

【図 23】条件式に関する値を各実施例についてまとめて示した図である。

30

【図 24】実施例 1 に係る変倍光学系の広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 25】実施例 1 に係る変倍光学系の望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 26】実施例 2 に係る変倍光学系の広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 27】実施例 2 に係る変倍光学系の望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

40

【図 28】実施例 3 に係る変倍光学系の広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 29】実施例 3 に係る変倍光学系の望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 30】実施例 4 に係る変倍光学系の広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す

50

す。

【図 3 1】実施例 4 に係る変倍光学系の望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 3 2】実施例 5 に係る変倍光学系の広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 3 3】実施例 5 に係る変倍光学系の望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

10

【図 3 4】実施例 6 に係る変倍光学系の広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 3 5】実施例 6 に係る変倍光学系の望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 3 6】実施例 7 に係る変倍光学系の広角端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 3 7】実施例 7 に係る変倍光学系の望遠端における諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

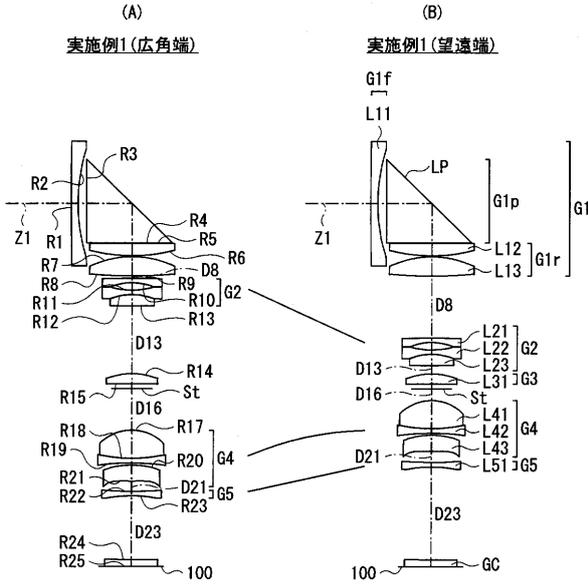
20

【符号の説明】

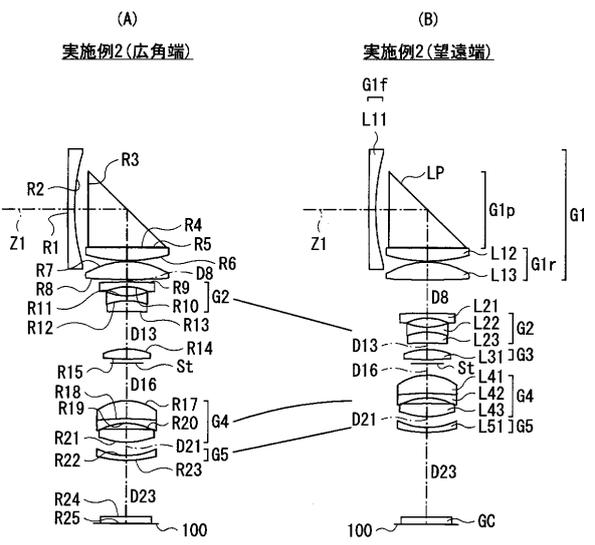
【 0 0 5 4 】

G C ... 光学部材、G 1 ... 第 1 レンズ群、G 2 ... 第 2 レンズ群、G 3 ... 第 3 レンズ群、G 4 ... 第 4 レンズ群、G 5 ... 第 5 レンズ群、G 1 f ... 第 1 レンズ群内の前群、G 1 r ... 第 1 レンズ群内の後群、G 1 p ... 反射部材、L P ... 直角プリズム、S t ... 絞り、R i ... 物体側から第 i 番目のレンズ面の曲率半径、D i ... 物体側から第 i 番目と第 i + 1 番目のレンズ面との面間隔、Z 1 ... 光軸、1 0 0 ... 撮像素子。

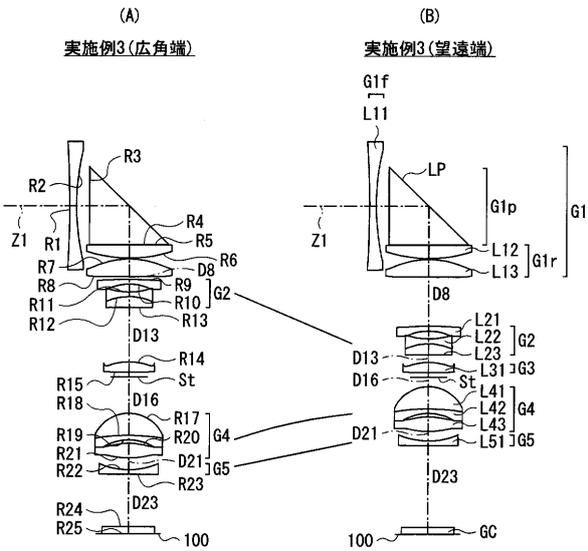
【 図 1 】



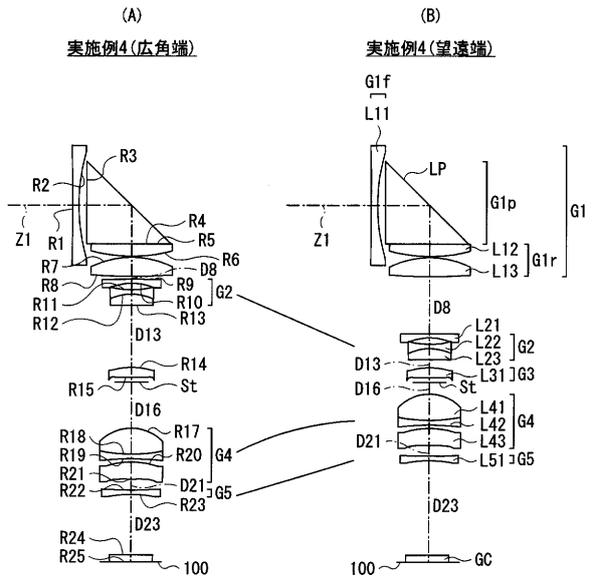
【 图 2 】



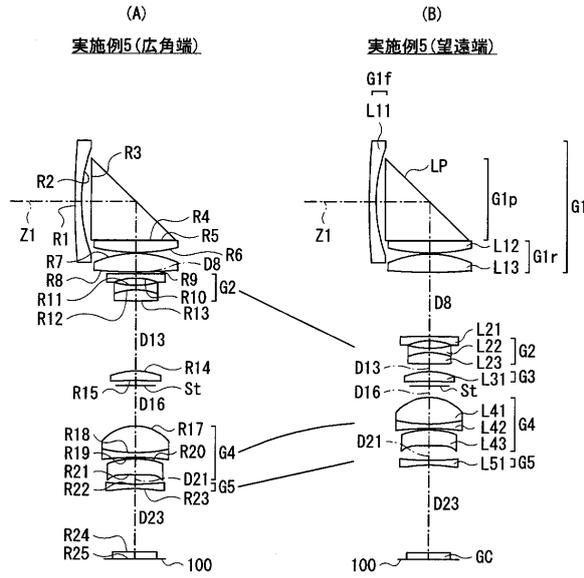
【 图 3 】



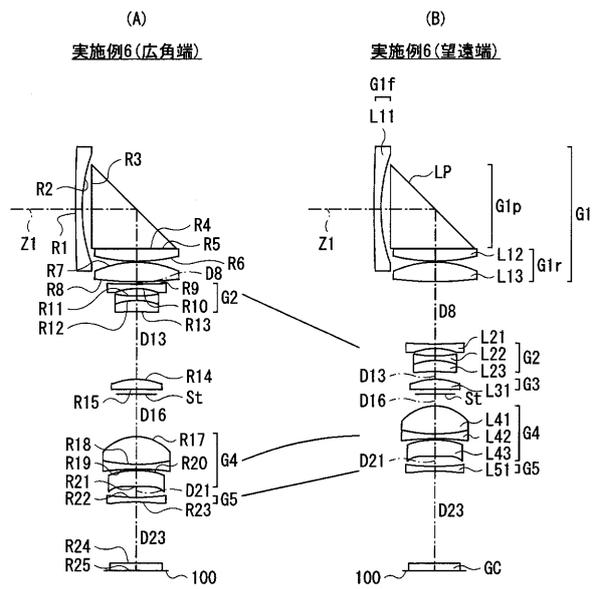
【 图 4 】



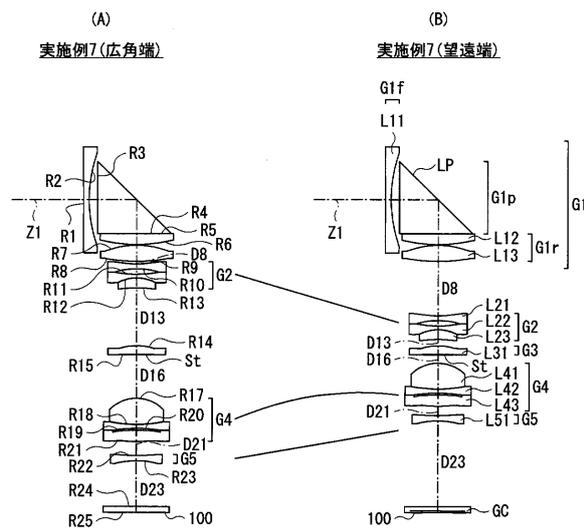
【図5】



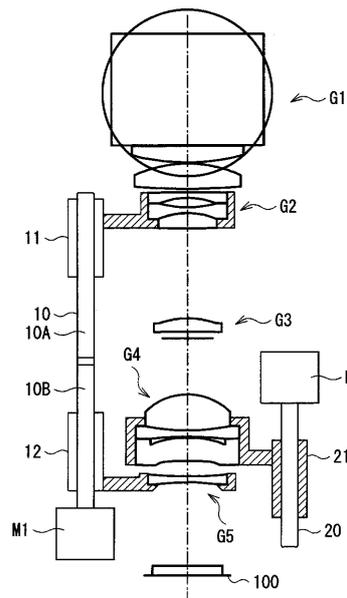
【図6】



【図7】



【図8】



【図 9】

実施例 1・基本レンズデータ

	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	νdj (γ 値数)
G1f	1	544.9634	0.79	1.92286	20.9
	2	21.9196	1.04	1.00000	
G1p	3	∞	10.10	1.78590	44.2
	4	∞	0.05	1.00000	
G1r	5	∞	1.50	1.49700	81.6
	6	-19.5687	0.10	1.00000	
G2	*7	11.0413	2.30	1.58809	60.4
	*8	-51.5340	D8(可変)	1.00000	
G3	9	120.5725	0.52	1.88300	40.8
	10	6.4970	0.90	1.00000	
G4	11	-9.1352	0.53	1.88300	40.8
	12	6.9120	1.36	1.92286	18.9
G5	13	-78.4027	D13(可変)	1.00000	
	*14	7.4643	1.20	1.50957	56.5
G6	*15	100.1569	0.60	1.00000	
	16(開口絞り)	—	D16(可変)	1.00000	
G7	17	5.2081	3.37	1.48749	70.2
	18	-18.0000	0.55	1.92286	20.9
G8	19	28.4745	0.23	1.00000	
	*20	10.4177	1.91	1.50957	56.5
G9	*21	-60.2470	D21(可変)	1.00000	
	22	-43.9849	0.55	1.83481	42.7
G10	23	15.8330	D23(可変)	1.00000	
	24	∞	0.85	1.51680	64.2
G11	25	∞			

(*:非球面) ($f=6.15\sim 28.97\text{mm}$, FNO. $\approx 3.69\sim 4.64$, $2\omega=64.8^\circ\sim 13.8^\circ$)

実施例 1・可変面間隔データ

面間隔	広角端 ($f=6.15$)	望遠端 ($f=28.97$)
D8	0.31	7.47
D13	8.14	0.97
D16	5.01	1.44
D21	1.24	1.34
D23	7.73	11.20

【図 10】

実施例 1・非球面データ

非球面 係数	面番号		
	第 7 面	第 8 面	第 14 面
K	1.167164E10-01	-1.000000E10+01	4.041006E10-01
A3	5.149140E10-04	7.291592E10-04	-1.187471E10-04
A4	-1.474152E10-04	-3.439598E10-04	4.843777E10-05
A5	-1.269340E10-05	1.903151E10-05	3.882569E10-05
A6	6.352727E10-06	8.215386E10-06	-3.704132E10-04
A7	1.228077E10-06	1.214757E10-06	1.300299E10-04
A8	1.047500E10-08	-7.536708E10-08	8.361979E10-05
A9	-4.734275E10-08	-9.044842E10-08	-1.384103E10-05
A10	-1.434312E10-08	-1.317073E10-08	-1.834070E10-05
A11	-2.088318E10-09	-4.121821E10-09	-3.410206E10-06
A12	2.210465E10-11	-6.396498E10-11	2.313419E10-06
A13	1.066916E10-10	2.016753E10-10	1.303827E10-06
A14	3.524507E10-11	7.741179E10-11	-4.160453E10-07
A15	6.334747E10-12	1.568732E10-11	—
A16	2.557606E10-13	1.173289E10-12	—
A17	-2.766040E10-13	-6.523851E10-13	—
A18	-1.060938E10-13	-3.542525E10-13	—
A19	-2.040907E10-14	-6.287426E10-14	—
A20	6.633846E10-15	2.226122E10-14	—
第 15 面			
K	-9.847013E10+00	-2.266175E10+00	1.000000E10+01
A3	-3.880500E10-04	5.529843E10-04	-2.587376E10-04
A4	1.621741E10-03	-7.674344E10-04	4.586330E10-03
A5	-2.434207E10-03	1.557426E10-03	-1.760737E10-03
A6	1.341633E10-03	-8.237274E10-04	1.078183E10-03
A7	-2.853276E10-05	2.162149E10-04	1.133710E10-05
A8	-1.542179E10-04	2.917859E10-05	-1.161338E10-04
A9	-2.058644E10-05	-2.547511E10-05	-2.108710E10-06
A10	1.706266E10-05	-2.498341E10-06	1.154962E10-05
A11	7.227183E10-06	3.711897E10-06	1.126207E10-06
A12	-9.006005E10-07	-5.867386E10-07	-6.916730E10-07
A13	-1.557000E10-06	—	—
A14	3.480265E10-07	—	—
第 20 面			
第 21 面			

【図 11】

実施例 2・基本レンズデータ

	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	νdj (γ 値数)
G1f	1	411.2536	0.79	1.92286	20.9
	2	24.5802	1.60	1.00000	
G1p	3	∞	9.20	1.78590	44.2
	4	∞	0.05	1.00000	
G1r	5	∞	1.60	1.49700	81.5
	6	-17.0141	0.10	1.00000	
G2	*7	8.6446	2.15	1.59170	60.7
	*8	-103.1469	D8(可変)	1.00000	
G3	9	56.3309	0.58	1.88300	40.8
	10	5.4540	1.10	1.00000	
G4	11	-6.6930	0.59	1.72916	54.7
	12	6.8813	1.30	1.92286	18.9
G5	13	40.3558	D13(可変)	1.00000	
	*14	7.3179	1.20	1.51007	56.2
G6	*15	-20.9474	0.50	1.00000	
	16(開口絞り)	—	D16(可変)	1.00000	
G7	17	5.6722	2.19	1.72916	54.7
	18	34.8407	0.55	1.92286	18.9
G8	19	6.3629	0.67	1.00000	
	*20	23.1990	1.60	1.51007	56.2
G9	*21	-8.2266	D21(可変)	1.00000	
	22	-8.0000	0.60	1.51007	56.2
G10	23	-12.9299	D23(可変)	1.00000	
	24	∞	0.85	1.51680	64.2
G11	25	∞			

(*:非球面) ($f=6.41\sim 18.09\text{mm}$, FNO. $\approx 3.71\sim 4.42$, $2\omega=62.8^\circ\sim 22.2^\circ$)

実施例 2・可変面間隔データ

面間隔	広角端 ($f=6.41$)	望遠端 ($f=18.09$)
D8	0.35	4.07
D13	4.49	0.77
D16	4.55	1.38
D21	1.62	1.33
D23	6.81	10.26

【図 12】

実施例 2・非球面データ

非球面 係数	面番号		
	第 7 面	第 8 面	第 14 面
K	1.085545E10+00	-1.000361E10+01	-6.375438E10-01
A3	5.963563E10-04	1.060513E10-03	-1.433161E10-04
A4	-1.651163E10-04	-4.447796E10-04	5.013390E10-05
A5	-8.065293E10-05	4.681438E10-05	-2.521130E10-04
A6	2.699416E10-06	1.153444E10-05	3.020348E10-04
A7	-2.079138E10-07	1.173612E10-06	-1.701390E10-04
A8	-6.953239E10-07	-6.780643E10-07	-1.405130E10-05
A9	-4.895990E10-08	-1.868258E10-07	4.270699E10-05
A10	1.663737E10-08	5.853261E10-09	-1.066304E10-05
A11	3.112694E10-09	1.161989E10-08	5.247175E10-07
A12	-9.866169E10-10	-1.435628E10-09	6.187103E10-09
第 15 面			
K	4.694705E10+00	-6.506754E10+00	4.256588E10+00
A3	-1.142443E10-03	-8.389323E10-04	-5.157392E10-04
A4	3.311499E10-03	-1.332486E10-03	5.449246E10-04
A5	-3.542914E10-03	-3.706951E10-04	2.214635E10-04
A6	2.356337E10-03	-1.015224E10-04	-4.296025E10-04
A7	-7.047809E10-04	1.315194E10-04	2.265049E10-04
A8	-4.436000E10-05	-1.757567E10-05	1.214615E10-05
A9	8.777259E10-05	-1.887424E10-05	-2.431703E10-05
A10	-5.909898E10-07	2.229671E10-06	-3.770145E10-06
A11	-1.716588E10-05	2.270470E10-06	4.026312E10-06
A12	4.554543E10-06	-3.433072E10-07	-4.507613E10-07

【図13】

実施例3・基本レンズデータ						
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν_{dj} (γ 値数)	
G1f	1	-120.7750	0.79	1.92286	20.9	
	2	30.0689	1.51	1.00000		
	3	∞	9.40	1.78590		44.2
	4	∞	0.05	1.00000		
G1p	5	∞	1.60	1.49700	81.6	
	6	-16.0308	0.10	1.00000		
G1r	*7	9.5337	2.15	1.59170	60.7	
	*8	-406152.7	D8(可変)	1.00000		
	9	47.2780	0.58	1.88300		40.8
	10	5.9413	0.95	1.00000		
G2	11	-8.6089	0.59	1.83481	42.7	
	12	6.6476	1.30	1.92286		18.9
	13	462.9490	D13(可変)	1.00000		
G3	*14	6.7230	1.20	1.50957	56.5	
	*15	-263.0515	0.60	1.00000		
G4	16(開口絞り)	—	D16(可変)	1.00000	70.2	
	17	4.3571	2.68	1.48749		20.9
	18	22.1697	0.55	1.92286		
	19	5.6794	0.40	1.00000		
G5	*20	6.4914	1.77	1.50957	54.7	
	*21	-9.6801	D21(可変)	1.00000		
	22	-8.4920	0.55	1.72916		
G6	23	-1264.9684	D23(可変)	1.00000	64.2	
	24	∞	0.85	1.51680		
	25	∞				

(*:非球面) (f=6.44~24.26mm, FNO.=3.72~4.58, 2 ω =62.8° ~16.6°)

実施例3・可変面間隔データ		
面間隔	広角端 (f=6.44)	望遠端 (f=24.26)
D8	0.33	5.95
D13	6.52	0.90
D16	4.41	1.13
D21	1.46	1.21
D23	6.35	9.88

【図14】

実施例3・非球面データ			
非球面 係数	面番号		
	第7面	第8面	第14面
K	9.220866E10-01	2.089580E10+07	-7.566823E10+00
A3	2.557967E10-04	4.359850E10-04	-4.355715E10-04
A4	-1.021405E10-04	-2.014963E10-04	4.760091E10-03
A5	-5.380769E10-05	-2.761252E10-05	-2.753889E10-03
A6	1.412860E10-05	1.003131E10-05	1.586504E10-03
A7	-2.410200E10-07	2.182354E10-06	-3.210190E10-04
A8	-3.332937E10-07	-3.752716E10-07	-1.047223E10-04
A9	-1.364107E10-08	-1.536085E10-07	4.994343E10-05
A10	6.049844E10-09	-1.052408E10-08	-1.660520E10-05
A11	2.089683E10-10	7.701392E10-09	-5.123970E10-06
A12	-3.871584E10-10	-6.207222E10-10	5.698664E10-06
A13	—	—	1.052962E10-06
A14	—	—	-7.517815E10-07
	第15面	第20面	第21面
K	1.031867E10+01	3.462556E10-01	9.933120E10-01
A3	-1.289162E10-03	-7.488000E10-04	-3.224825E10-05
A4	3.640437E10-03	-1.562709E10-03	4.263055E10-04
A5	-4.964627E10-03	-5.480381E10-05	2.098033E10-04
A6	3.396712E10-03	-6.839477E10-04	-3.149629E10-04
A7	-7.456288E10-04	3.951107E10-04	1.211624E10-04
A8	-2.238993E10-04	-8.501115E10-06	-2.123581E10-05
A9	5.932917E10-05	-5.97107E10-05	-3.943457E10-06
A10	2.467277E10-05	-1.606850E10-06	-1.001108E10-05
A11	-5.074737E10-06	7.094050E10-06	-7.323853E10-08
A12	5.228713E10-06	-7.125528E10-07	1.117039E10-06
A13	-3.765687E10-06	—	—
A14	6.303749E10-07	—	—

【図15】

実施例4・基本レンズデータ						
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν_{dj} (γ 値数)	
G1f	1	-312.7086	0.75	1.92286	20.9	
	2	23.4069	0.93	1.00000		
	3	∞	10.00	1.78590		44.2
	4	∞	0.05	1.00000		
G1p	5	∞	1.50	1.49700	81.6	
	6	-18.1424	0.10	1.00000		
G1r	*7	10.5073	2.31	1.58809	60.4	
	*8	-53.5896	D8(可変)	1.00000		
	9	156.2981	0.50	1.88300		40.8
	10	6.4259	0.80	1.00000		
G2	11	-9.9817	0.51	1.88300	40.8	
	12	5.8676	1.36	1.92286		18.9
	13	288.4257	D13(可変)	1.00000		
G3	*14	7.7637	1.20	1.50957	56.5	
	*15	-424.3956	0.60	1.00000		
G4	16(開口絞り)	—	D16(可変)	1.00000	70.2	
	17	5.1545	3.16	1.48749		20.9
	18	-18.1005	0.55	1.92286		
	19	29.8899	0.39	1.00000		
G5	*20	10.3868	2.07	1.50957	42.7	
	*21	-75.0689	D21(可変)	1.00000		
	22	-74.8920	0.55	1.83481		
G6	23	13.8389	D23(可変)	1.00000	64.2	
	24	∞	0.85	1.51680		
	25	∞				

(*:非球面) (f=6.12~28.83mm, FNO.=4.31~5.62, 2 ω =65.0° ~13.8°)

実施例4・可変面間隔データ		
面間隔	広角端 (f=6.12)	望遠端 (f=28.83)
D8	0.35	6.93
D13	7.53	0.95
D16	5.54	1.41
D21	1.30	1.28
D23	7.34	11.50

【図16】

実施例4・非球面データ			
非球面 係数	面番号		
	第7面	第8面	第14面
K	2.876871E10-01	-9.36451E10+00	-9.742950E10-01
A3	2.254516E10-04	2.494175E10-04	-1.156155E10-04
A4	-3.647122E10-05	3.218037E10-05	-8.879614E10-04
A5	7.755459E10-06	-7.273735E10-05	2.334138E10-03
A6	-6.463840E10-06	1.030872E10-05	-1.914367E10-03
A7	6.384656E10-07	3.504230E10-06	-1.060878E10-04
A8	4.279235E10-07	9.799029E10-08	5.472371E10-04
A9	5.860139E10-08	-1.344917E10-07	7.990914E10-05
A10	-8.836474E10-09	-3.437098E10-08	-1.079625E10-04
A11	-7.555830E10-09	-4.485811E10-09	-5.315093E10-05
A12	-1.141373E10-09	2.497036E10-10	1.442134E10-05
A13	3.556306E10-11	4.199967E10-10	1.492920E10-05
A14	7.211415E10-11	1.044299E10-10	-4.310598E10-06
A15	1.825731E10-11	1.190423E10-11	—
A16	2.331270E10-12	-1.071019E10-12	—
A17	-4.245098E10-13	-1.542056E10-12	—
A18	-2.491969E10-13	-6.109935E10-14	—
A19	-5.241993E10-14	-9.652614E10-14	—
A20	1.460695E10-14	2.638700E10-14	—
	第15面	第20面	第21面
K	-1.013030E10+02	1.000004E10+01	1.000113E10+01
A3	-1.614858E10-03	-1.404392E10-03	-1.248150E10-03
A4	5.154529E10-03	7.596309E10-04	4.220891E10-03
A5	-8.289466E10-03	-4.366938E10-04	5.986390E10-04
A6	5.444057E10-03	-9.212337E10-04	-1.513854E10-03
A7	-3.751072E10-04	6.141634E10-04	7.428469E10-04
A8	-9.360523E10-04	4.896133E10-05	1.236719E10-04
A9	-5.862624E10-05	-1.086747E10-04	-1.186332E10-04
A10	1.785179E10-04	-5.265804E10-06	-1.326956E10-05
A11	6.927939E10-05	1.618640E10-05	1.638091E10-05
A12	-2.087942E10-05	-2.784836E10-06	-2.157492E10-06
A13	-2.662894E10-05	—	—
A14	8.318391E10-06	—	—

【図17】

実施例5・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν dj (γ 'の数)
G1f	1	100.2420	0.79	1.92286	20.9
	2	19.5110	1.15	1.00000	
	3	∞	10.10	1.78590	44.2
	4	∞	0.05	1.00000	
G1p	5	∞	1.50	1.49700	81.6
	6	-20.6141	0.10	1.00000	
G1r	*7	11.4051	2.25	1.58809	60.4
	*8	-58.3949	D8(可変)	1.00000	
	9	479.6730	0.52	1.88300	40.8
	10	6.8534	0.90	1.00000	
G2	11	-9.3175	0.53	1.88300	40.8
	12	7.3866	1.36	1.92286	18.9
	13	-63.6194	D13(可変)	1.00000	
G3	*14	7.4017	1.20	1.50957	56.5
	*15	100.0000	0.60	1.00000	
G4	16(開口絞り)	—	D16(可変)	1.00000	
	17	5.2080	3.26	1.48749	70.2
	18	-18.0164	0.55	1.92286	20.9
	19	30.4689	0.18	1.00000	
	*20	11.0031	1.93	1.50957	56.5
G5	*21	-77.1768	D21(可変)	1.00000	
	22	-33.1586	0.55	1.83481	42.7
G6	23	17.8906	D23(可変)	1.00000	
	24	∞	0.85	1.51680	64.2
	25	∞			

(*)：非球面 (f=6.13~28.89mm, FNO.=3.71~4.67, 2 ω =65.0° ~13.8°)

実施例5・可変面間隔データ		
面間隔	広角端 (f=6.13)	望遠端 (f=28.89)
D8	0.25	7.81
D13	8.50	0.94
D16	4.97	1.38
D21	1.15	1.79
D23	7.76	10.72

【図18】

実施例5・非球面データ			
非球面 係数	面番号		
	第7面	第8面	第14面
K	2.620700E10-03	-9.149153E10+00	4.408938E10-01
A3	5.295089E10-04	7.526540E10-04	-1.547374E10-04
A4	-1.486648E10-05	-3.676928E10-04	6.862454E10-05
A5	-1.329309E10-05	1.941171E10-05	3.330727E10-05
A6	6.390834E10-06	8.208665E10-06	-3.741018E10-04
A7	1.233927E10-06	1.216778E10-06	1.296451E10-04
A8	1.050795E10-08	-7.349401E10-08	8.366231E10-05
A9	-4.746396E10-08	-8.985617E10-08	-1.379019E10-05
A10	-1.436771E10-08	-1.303318E10-08	-1.831617E10-05
A11	-2.089684E10-09	-4.095896E10-09	-3.410470E10-06
A12	2.309574E10-11	-6.001652E10-11	2.310797E10-06
A13	1.071761E10-10	2.020526E10-10	1.302734E10-06
A14	3.539300E10-11	7.737818E10-11	-4.156248E10-07
A15	6.369977E10-12	1.566071E10-11	—
A16	2.626462E10-13	1.163525E10-12	—
A17	-2.756825E10-13	-6.549612E10-13	—
A18	-1.060960E10-13	-3.547533E10-13	—
A19	-2.046745E10-14	-6.291024E10-14	—
A20	6.606639E10-15	2.229170E10-14	—
	第15面	第20面	第21面
K	-2.690000E10-05	-2.697914E10+00	-1.788862E10+01
A3	-3.940089E10-04	6.999969E10-04	-1.851220E10-04
A4	1.598007E10-03	-7.904877E10-04	4.654577E10-03
A5	-2.425229E10-03	1.558677E10-03	-1.780236E10-03
A6	1.339650E10-03	-8.236179E10-04	1.072373E10-03
A7	-3.025219E10-05	2.163556E10-04	1.163219E10-05
A8	-1.547856E10-04	2.924717E10-05	-1.153229E10-04
A9	-2.063097E10-05	-2.547298E10-05	-1.756714E10-06
A10	1.711021E10-05	-2.496168E10-06	1.162349E10-05
A11	7.260568E10-06	3.708213E10-06	1.115062E10-06
A12	-8.901905E10-07	-5.885242E10-07	-7.178374E10-07
A13	-1.555726E10-06	—	—
A14	3.455022E10-07	—	—

【図19】

実施例6・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν dj (γ 'の数)
G1f	1	188.6485	0.79	1.92286	20.9
	2	19.6551	1.15	1.00000	
	3	∞	10.10	1.78590	44.2
	4	∞	0.05	1.00000	
G1p	5	∞	1.50	1.49700	81.6
	6	-20.7203	0.10	1.00000	
G1r	*7	11.3556	2.35	1.58809	60.4
	*8	-39.6983	D8(可変)	1.00000	
	9	-57.0086	0.52	1.88300	40.8
	10	7.1115	0.90	1.00000	
G2	11	-13.8393	0.53	1.88300	40.8
	12	7.2780	1.36	2.14352	17.8
	13	36.5868	D13(可変)	1.00000	
G3	*14	7.2825	1.20	1.50957	56.5
	*15	100.0000	0.60	1.00000	
G4	16(開口絞り)	—	D16(可変)	1.00000	
	17	5.2083	3.36	1.48749	70.2
	18	-18.0200	0.55	1.92286	20.9
	19	28.1445	0.16	1.00000	
	*20	11.1094	1.98	1.50957	56.5
G5	*21	-43.7461	D21(可変)	1.00000	
	22	-27.7932	0.55	1.88300	40.8
G6	23	22.5083	D23(可変)	1.00000	
	24	∞	0.85	1.51680	64.2
	25	∞			

(*)：非球面 (f=6.12~28.82mm, FNO.=3.63~4.58, 2 ω =65.2° ~13.8°)

実施例6・可変面間隔データ		
面間隔	広角端 (f=6.12)	望遠端 (f=28.82)
D8	0.34	7.55
D13	8.10	0.90
D16	5.11	1.42
D21	1.30	1.24
D23	7.40	11.15

【図20】

実施例6・非球面データ			
非球面 係数	面番号		
	第7面	第8面	第14面
K	-4.970210E10-02	-9.688852E10+00	5.538480E10-01
A3	5.687096E10-04	7.779223E10-04	-2.795810E10-04
A4	-1.554510E10-04	-3.547201E10-04	1.089103E10-04
A5	-9.780438E10-06	1.867643E10-05	4.466471E10-05
A6	6.494112E10-06	8.245391E10-06	-3.970832E10-04
A7	1.207181E10-06	1.270875E10-06	1.209173E10-04
A8	1.657867E10-09	-6.426605E10-08	8.496402E10-05
A9	-4.907573E10-08	-9.036455E10-08	-1.201697E10-05
A10	-1.450505E10-08	-1.375461E10-08	-1.777264E10-05
A11	-2.062394E10-09	-4.325534E10-09	-3.406951E10-06
A12	3.986810E10-11	-1.034597E10-10	2.207490E10-06
A13	1.117946E10-10	1.996420E10-10	1.261359E10-06
A14	3.619680E10-12	7.923431E10-11	-4.015648E10-07
A15	6.396990E10-12	1.658072E10-11	—
A16	2.201653E10-13	1.396722E10-12	—
A17	-2.940760E10-13	-6.286673E10-13	—
A18	-1.105418E10-13	-3.663750E10-13	—
A19	-2.077544E10-14	-7.256914E10-14	—
A20	6.949882E10-15	2.398281E10-14	—
	第15面	第20面	第21面
K	1.000571E10+01	-2.953920E10+00	-1.000039E10+01
A3	-5.911938E10-04	5.311140E10-04	-3.464296E10-04
A4	1.923245E10-03	-7.400424E10-04	4.649681E10-03
A5	-2.625882E10-03	1.535814E10-03	-1.853552E10-03
A6	1.369740E10-03	-8.286920E10-04	1.093437E10-03
A7	-1.615689E10-05	2.207129E10-04	1.747316E10-05
A8	-1.562730E10-04	2.942290E10-05	-1.166315E10-04
A9	-2.253927E10-05	-2.588244E10-05	-2.639848E10-06
A10	1.667256E10-05	-2.572645E10-06	1.142507E10-05
A11	7.447300E10-06	3.752696E10-06	1.126183E10-06
A12	-7.627795E10-07	-5.880258E10-07	-6.731367E10-07
A13	-1.534495E10-06	—	—
A14	3.245191E10-07	—	—

【図 2 1】

	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	Ndi (屈折率)	ν_{dj} (γ 'の数)
G1f	1	-962.8696	0.80	1.92286	20.9
	2	20.6128	1.13	1.00000	—
	3	∞	10.25	1.78590	44.2
G1p	4	∞	0.04	1.00000	—
	5	∞	1.50	1.49700	81.6
G1r	6	-18.8524	0.10	1.00000	—
	*7	10.8842	2.20	1.50957	56.5
	*8	-28.0878	D8(可変)	1.00000	—
G2	*9	-8.6199	0.70	1.50957	56.5
	*10	26.8202	0.75	1.00000	—
	11	-14.1463	0.52	1.88300	40.8
G3	12	5.1395	1.38	1.92286	18.9
	13	16.1652	D13(可変)	1.00000	—
	*14	7.2227	1.20	1.50957	56.5
G4	*15	219.0197	0.10	1.00000	—
	16(開口絞り)	—	D16(可変)	1.00000	—
	17	5.2091	3.49	1.48749	70.2
G5	18	-18.1193	0.55	1.92286	20.9
	19	21.8413	0.45	1.00000	—
	*20	49.2619	1.72	1.50957	56.5
G6	*21	-9.7836	D21(可変)	1.00000	—
	22	-22.5000	0.75	1.50957	56.5
	23	14.3985	D23(可変)	1.00000	—
G0	24	∞	0.85	1.51680	64.2
	25	∞	—	—	—

(*:非球面) (f=6.09~28.70mm, FNO.=4.00~5.41, $2\omega=65.2^\circ \sim 14.0^\circ$)

面間隔	広角端 (f=6.09)	望遠端 (f=28.70)
D8	0.39	7.28
D13	7.79	0.89
D16	6.33	1.14
D21	1.88	1.22
D23	6.39	12.25

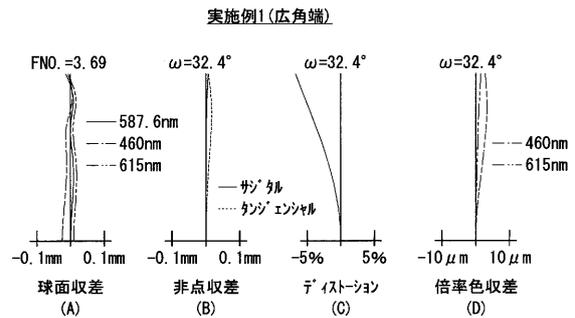
【図 2 2】

非球面 係数	面番号			
	第 7 面	第 8 面	第 9 面	第 10 面
K	2.471010E-02	-2.951368E+00	-2.328832E+01	2.991232E+01
A3	1.935131E-05	-3.691242E-05	—	—
A4	-6.193511E-05	6.261303E-05	2.087463E-03	5.957527E-03
A5	8.512274E-05	-1.138821E-05	—	—
A6	-2.135127E-05	2.297804E-06	-2.274767E-04	-6.722114E-04
A7	-1.246036E-06	-9.438830E-08	—	—
A8	5.882474E-07	-2.701510E-07	1.490778E-05	5.062486E-05
A9	1.449374E-07	3.145694E-09	—	—
A10	-1.638842E-09	2.307764E-08	-4.042147E-07	-1.574214E-06
A11	-5.848661E-09	-3.867335E-10	—	—
A12	-1.650221E-09	-5.340815E-10	—	—
A13	-1.569483E-10	-1.694365E-10	—	—
A14	4.995634E-11	-4.048109E-12	—	—
A15	2.105898E-11	-4.440153E-12	—	—
A16	3.240929E-12	4.010607E-12	—	—
A17	-8.309654E-14	4.649463E-13	—	—
A18	-2.501674E-13	-1.297192E-13	—	—
A19	-6.702176E-14	-5.443563E-14	—	—
A20	1.500425E-14	9.596745E-15	—	—
	第 14 面	第 15 面	第 20 面	第 21 面
K	-1.810833E+00	2.999983E+01	-2.782702E+01	9.701830E+00
A3	-4.328636E-04	-2.522603E-03	4.841444E-04	-1.160412E-04
A4	-1.346730E-04	9.041755E-03	-2.683778E-03	3.406924E-03
A5	2.975349E-03	-1.315104E-02	2.084638E-03	-1.922539E-03
A6	-2.307791E-03	8.302823E-03	-1.788484E-03	1.528318E-03
A7	-6.637220E-05	-4.925562E-04	7.605554E-04	-3.025891E-04
A8	5.622520E-04	-1.275949E-03	-4.898742E-06	-1.182492E-04
A9	3.313010E-05	-1.109458E-04	-7.654223E-05	6.632625E-05
A10	-8.723596E-05	2.189979E-04	4.549309E-06	1.512775E-05
A11	-3.100191E-05	8.833782E-05	7.512279E-06	-1.372932E-05
A12	7.999264E-06	-2.068057E-07	-1.397034E-06	2.309528E-06
A13	9.824209E-06	-2.963065E-05	—	—
A14	-2.709340E-06	8.353455E-06	—	—

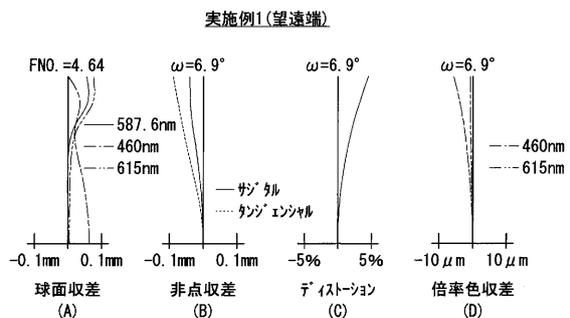
【図 2 3】

	f_w/f_l	f_{1f}/f_{1r}	$ f_2/f_w $
実施例 1	0.47	-2.19	0.76
実施例 2	0.62	-2.90	0.58
実施例 3	0.54	-2.42	0.69
実施例 4	0.50	-2.19	0.73
実施例 5	0.44	-2.23	0.79
実施例 6	0.47	-2.12	0.78
実施例 7	0.47	-1.95	0.79

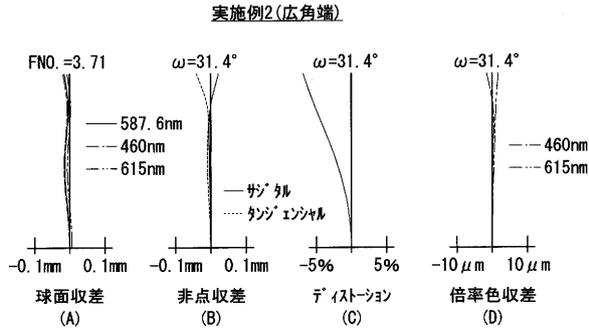
【図 2 4】



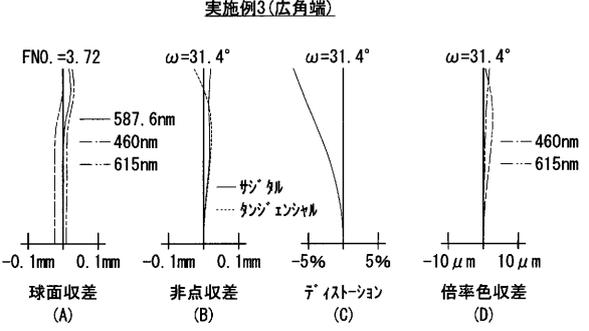
【図 2 5】



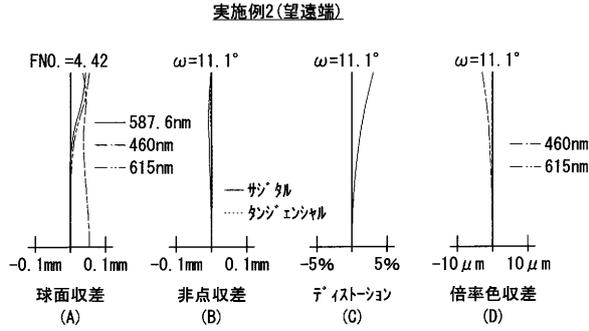
【 図 2 6 】



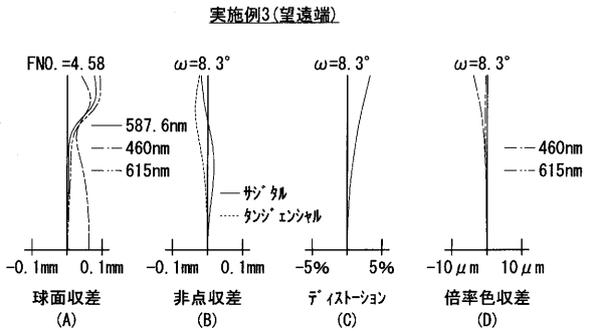
【 図 2 8 】



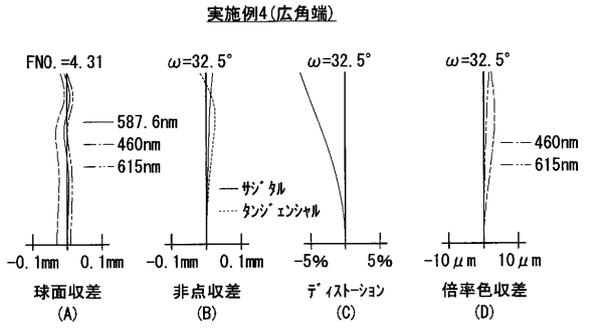
【 図 2 7 】



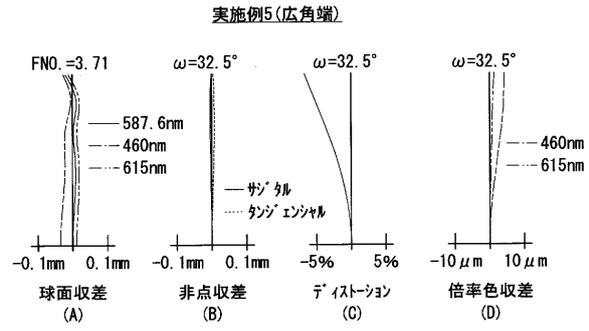
【 図 2 9 】



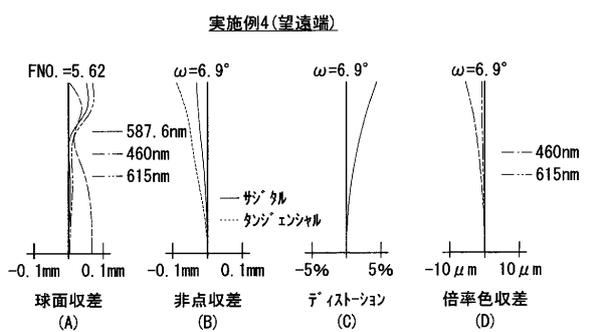
【 図 3 0 】



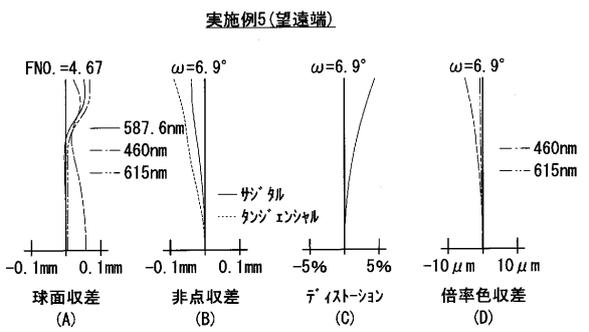
【 図 3 2 】



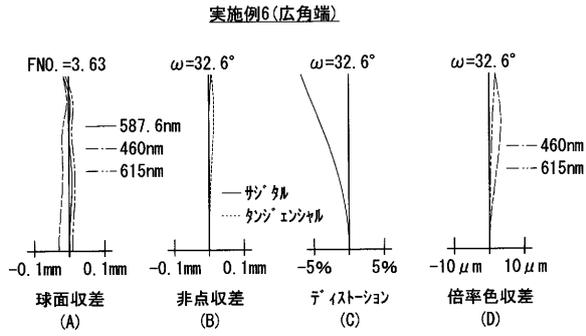
【 図 3 1 】



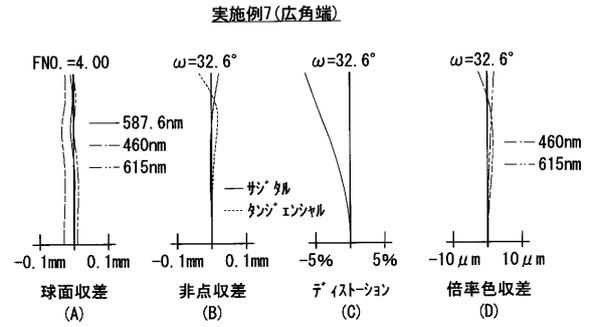
【 図 3 3 】



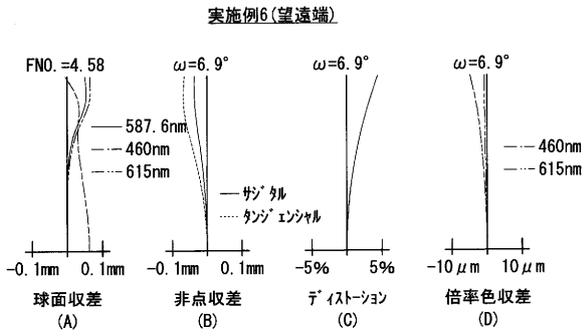
【 図 3 4 】



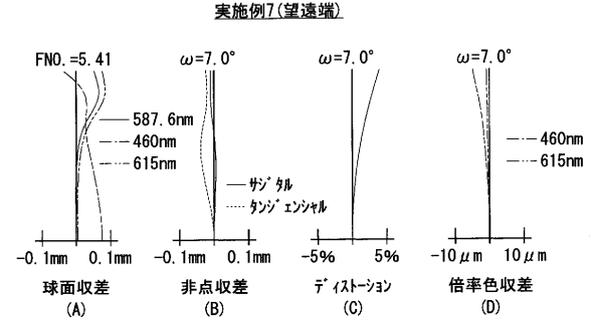
【 図 3 6 】



【 図 3 5 】



【 図 3 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-098686(JP,A)
特開2006-209100(JP,A)
特開平05-224125(JP,A)
特開2008-096663(JP,A)
特開2005-321545(JP,A)
特開2007-094135(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

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