

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-11096
(P2006-11096A)

(43) 公開日 平成18年1月12日(2006.1.12)

| | | |
|-----------------------------|------------|-------------|
| (51) Int. Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| G02B 15/20 (2006.01) | G02B 15/20 | 2H087 |
| G02B 13/18 (2006.01) | G02B 13/18 | |
| G02B 15/16 (2006.01) | G02B 15/16 | |

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 40 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2004-188852 (P2004-188852) | (71) 出願人 | 303000408 コニカミノルタオプト株式会社 東京都八王子市石川町2970番地 |
| (22) 出願日 | 平成16年6月25日 (2004.6.25) | (74) 代理人 | 100067828 弁理士 小谷 悦司 |
| | | (74) 代理人 | 100096150 弁理士 伊藤 孝夫 |
| | | (74) 代理人 | 100099955 弁理士 樋口 次郎 |
| | | (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

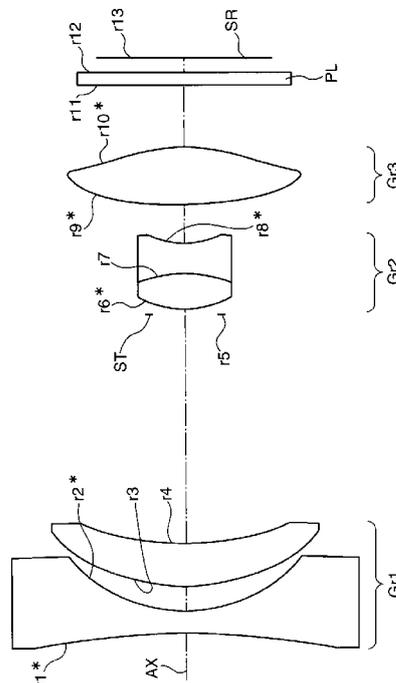
(54) 【発明の名称】 変倍光学系、撮像レンズ装置及びデジタル機器

(57) 【要約】

【課題】 コストアップを抑制しつつ、高い光学性能を有して、携帯電話機や携帯情報端末への搭載可能なコンパクトな変倍光学系、撮像レンズ装置及びその撮像レンズ装置を搭載したデジタル機器を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群、全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群及び第3レンズ群を有し、変倍時に、これらはすべて光軸方向に移動可能に構成されている。第1レンズ群は、物体側から順に、負の光学的パワーを持つ両凹レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなり、第2レンズ群は、正の光学的パワーを持つ両凸レンズ及び負の光学的パワーを持つ両凹レンズが物体側から順に配置され接合されてなる接合レンズからなり、第3レンズ群は、正の光学的パワーを持つ両凸レンズからなる。第1レンズ及び第5レンズが、樹脂で形成された両面非球面レンズであり、第3レンズ及び第4レンズが片面非球面レンズである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成し、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行う変倍光学系であって、

物体側から順に配置される、複数のレンズを備えて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 レンズ群とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が狭められる構成を備えると共に、前記第 1 レンズ群は少なくとも 1 つの非球面を有し、且つ下記条件式をすべて満たすことを特徴とする変倍光学系。

$$\begin{aligned} N_{1 \max} & 0.35 \\ 0.7 < f_2 / f_w < 2 \\ L_b / f_w < 1 \end{aligned}$$

10

ただし、 $N_{1 \max}$ ：第 1 レンズ群内のレンズのうち 2 つのレンズの組合せを全て考えた場合において、各組合せにおける 2 つのレンズの屈折率の差の絶対値をそれぞれ算出したとき、それらの絶対値のうちの最大値

f_2 ：第 2 レンズ群の合成焦点距離

f_w ：広角端での全光学系の合成焦点距離

L_b ：望遠端において、最も撮像素子側に位置するパワーを有するレンズ面の面頂点から撮像素子面までの光軸上の距離（前記レンズ面から撮像素子面までの領域に存在する媒質が空気であるとして換算した距離）

20

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群は、正の光学的パワーを有する物体側に凸のメニスカスレンズを有し、前記メニスカスレンズは、少なくとも 1 つの非球面を有する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】

光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成し、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行う変倍光学系であって、

物体側から順に配置される、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 レンズ群とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が狭められる構成を備えると共に、下記条件式をすべて満たすことを特徴とする変倍光学系。

30

$$\begin{aligned} N_{\max} & 1.9 \\ 0.7 < f_2 / f_w < 2 \end{aligned}$$

ただし、 N_{\max} ：変倍光学系におけるレンズのうち、最も屈折率の高いレンズの屈折率

f_2 ：第 2 レンズ群の合成焦点距離

f_w ：広角端での全光学系の合成焦点距離

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群は、正の光学的パワーを有する物体側に凸のメニスカスレンズを有し、前記メニスカスレンズは、屈折率が 1.9 以上であることを特徴とする請求項 3 に記載の変倍光学系。

40

【請求項 5】

光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成し、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行う変倍光学系であって、

物体側から順に配置される、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 レンズ群とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が狭められる構成を備えると共に、前記第 1 レンズ群は、少なくとも 1 つの非球面を備えた正の光学的パワーを有する物体側に凸のメニスカスレンズを備えており、下記条件式をすべて満たすことを特徴とする変倍光学系。

$$\begin{aligned} N_{\text{asp}} & 1.85 \\ 0.7 < f_2 / f_w < 2 \end{aligned}$$

50

ただし、 N_{asp} ：非球面を有するレンズのうち、最も屈折率の高いレンズの屈折率

f_2 ：第2レンズ群の合成焦点距離

f_w ：広角端での全光学系の合成焦点距離

【請求項6】

前記第1レンズ群は、負の光学的パワーを有する負レンズと正の光学的パワーを有する正レンズとをそれぞれ少なくとも1枚ずつ有してなり、下記条件式を満たすことを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の変倍光学系。

$$1_{max} > 2.5$$

ただし、 1_{max} ：第1レンズ群内のレンズのうち正レンズと負レンズとのアッペ数差の絶対値のうちの最大値

10

【請求項7】

前記第1レンズ群は、正の光学的パワーを有する正レンズを1枚だけ備え、この正レンズは屈折率が1.85以上であり、下記条件式を満たすことを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の変倍光学系。

$$1 < |f_{1p} / f_1| < 3$$

ただし、 f_{1p} ：第1レンズ群中の正レンズの焦点距離

f_1 ：第1レンズ群の合成焦点距離

【請求項8】

前記第2レンズ群の像面側に正の光学的パワーを有する第3レンズ群を備えることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の変倍光学系。

20

【請求項9】

前記第3レンズ群の像面側に負の光学的パワーを有する第4レンズ群を備えることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載の変倍光学系。

【請求項10】

前記第3レンズ群は、1又は2枚のレンズから構成されており、前記第3レンズ群を光軸方向物体側に移動させることにより、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行うことを特徴とする請求項8または9に記載の変倍光学系。

【請求項11】

変倍を行うとき、3つ以上のレンズ群が光軸方向に移動可能に構成されていることを特徴とする請求項8ないし10のいずれかに記載の変倍光学系。

30

【請求項12】

前記第1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11のいずれかに記載の変倍光学系。

【請求項13】

請求項1ないし12のいずれかに記載の変倍光学系を備え、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成することを特徴とする撮像レンズ装置。

【請求項14】

請求項13に記載の撮像レンズ装置と、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子とを含み、前記物体側の被写体の静止画撮影及び動画撮影の少なくとも一方の撮影を実行する機能部を含むことを特徴とするデジタル機器。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のレンズ群からなり、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることで、変倍を行う変倍光学系と、その変倍光学系を備える撮像レンズ装置及びその撮像レンズ装置を搭載したデジタル機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、携帯電話機や携帯情報端末（PDA：Personal Digital Assistant）の普及が目

50

覚しく、しかもこれらの機器に、コンパクトなデジタルスチルカメラユニットやデジタルビデオユニットが内蔵される仕様が一般化してきている。これらの機器ではサイズやコストの制約が厳しいことから、独立した商品であるデジタルスチルカメラ等に比して低画素数で小型の撮像素子と、プラスチックレンズ1～3枚程度からなる単焦点光学系を備えた撮像レンズ装置が一般的に用いられている。

【0003】

しかしながら、単焦点光学系の倍率は目視と同程度であるため、撮影できる対象が撮影者の近くのものに限られる。この点において、撮像素子の高画素化・高機能化が急速に進んでいる現在、高画素撮像素子に対応でき、且つ撮影者から離れた被写体をも撮影可能とする携帯電話機等に搭載できるコンパクトな変倍光学系が要求されている。

10

【0004】

この種の変倍光学系につき、例えば下記特許文献1～4において種々の提案がなされている。特許文献1には、物体側から順に、負の光学的パワーを有する第1レンズ群、正の光学的パワーを有する第2、第3、第4レンズ群を備えてなる、所謂負正正正4成分の変倍光学系において、レンズ系の簡単化を図りつつ、広画角で全変倍範囲において高い光学性能をズームレンズに持たせることを目的として、各レンズ群の屈折力やレンズの材質を設定する旨の記載がある。

【0005】

また、特許文献2には、負正正3成分の変倍光学系において、変倍光学系のコンパクト化を目的として、第2レンズ群の屈折力を設定する旨の記載がある。また、特許文献3には、負正2成分の変倍光学系において、変倍光学系のコンパクト化を目的として、後群の負レンズに少なくとも1つの非球面を備える技術が開示されている。

20

【0006】

さらに、特許文献4には、負正2成分の変倍光学系において、回折の影響を抑えつつ、光学全長の短縮を図ることを目的として、形状が固定された開口絞りと異なる位置に光量調整フィルターを配置する技術が提案されている。

【特許文献1】特開2002-365543号公報

【特許文献2】特開2002-196240号公報

【特許文献3】特開2002-169089号公報

【特許文献4】特開2004-53633号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前記各特許文献1～4においては、それぞれ次のような改良すべき点がある。すなわち、前記特許文献1の変倍光学系においては、レンズの枚数が多くコンパクト性に欠けるため、小型化が要求される携帯電話機や携帯情報端末への搭載は困難である。引用文献2の変倍光学系においては、ある程度の変倍光学系のコンパクト化は達成されているものの、携帯電話機や携帯情報端末に搭載するには更なるコンパクト化が必要であり、更なるコンパクト化を図ろうとすると、引用文献2の変倍光学系では第1レンズ群の偏芯誤差感度が高いため、レンズの製造が困難となる可能性がある。

40

【0008】

引用文献3の変倍光学系においては、残存収差が大きく、特に非点収差の補正が不十分である。また、引用文献4の変倍光学系においては、第2群の誤差感度が極めて高くなっており、レンズ間の調整だけでなく、非球面レンズの製造も非常に困難である。

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、コストアップを抑制しつつ、高い光学性能を有して、携帯電話機や携帯情報端末への搭載可能なコンパクトな変倍光学系、撮像レンズ装置及びその撮像レンズ装置を搭載したデジタル機器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

50

請求項 1 に記載の発明は、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成し、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行う変倍光学系であって、物体側から順に配置される、複数のレンズを備えて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 レンズ群とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が狭められる構成を備えると共に、前記第 1 レンズ群は少なくとも 1 つの非球面を有し、且つ下記条件式をすべて満たすことを特徴とするものである。

【0011】

$$\begin{aligned} N_{1 \max} & 0.35 \\ 0.7 < f_2 / f_w < 2 \\ L_b / f_w < 1 \end{aligned}$$

10

ただし、 $N_{1 \max}$ ：第 1 レンズ群内のレンズのうち 2 つのレンズの組合せを全て考えた場合において、各組合せにおける 2 つのレンズの屈折率の差の絶対値をそれぞれ算出したとき、それらの絶対値のうちの最大値

f_2 ：第 2 レンズ群の合成焦点距離

f_w ：広角端での全光学系の合成焦点距離

L_b ：望遠端において、最も撮像素子側に位置するパワーを有するレンズ面の面頂点から撮像素子面までの光軸上の距離（前記レンズ面から撮像素子面までの領域に存在する媒質が空気であるとして換算した距離）

【0012】

20

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の変倍光学系において、前記第 1 レンズ群は、正の光学的パワーを有する物体側に凸のメニスカスレンズを有し、前記メニスカスレンズは、少なくとも 1 つの非球面を有することを特徴とするものである。

【0013】

請求項 3 に記載の発明は、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成し、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行う変倍光学系であって、物体側から順に配置される、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 レンズ群とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が狭められる構成を備えると共に、下記条件式をすべて満たすことを特徴とするものである。

30

【0014】

$$\begin{aligned} N_{\max} & 1.9 \\ 0.7 < f_2 / f_w < 2 \end{aligned}$$

ただし、 N_{\max} ：変倍光学系におけるレンズのうち、最も屈折率の高いレンズの屈折率

f_2 ：第 2 レンズ群の合成焦点距離

f_w ：広角端での全光学系の合成焦点距離

【0015】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の変倍光学系において、前記第 1 レンズ群は、正の光学的パワーを有する物体側に凸のメニスカスレンズを有し、前記メニスカスレンズは、屈折率が 1.9 以上であることを特徴とするものである。

40

【0016】

請求項 5 に記載の発明は、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成し、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることにより変倍を行う変倍光学系であって、物体側から順に配置される、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 レンズ群とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が狭められる構成を備えると共に、前記第 1 レンズ群は、少なくとも 1 つの非球面を備えた正の光学的パワーを有する物体側に凸のメニスカスレンズを備えており、下記条件式をすべて満たすことを特徴とするものである。

【0017】

$$N_{asp} 1.85$$

50

$$0.7 < f_2 / f_w < 2$$

ただし、 N_{asp} ：非球面を有するレンズのうち、最も屈折率の高いレンズの屈折率

f_2 ：第2レンズ群の合成焦点距離

f_w ：広角端での全光学系の合成焦点距離

【0018】

請求項6に記載の発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の変倍光学系において、前記第1レンズ群は、負の光学的パワーを有する負レンズと正の光学的パワーを有する正レンズとをそれぞれ少なくとも1枚ずつ有してなり、下記条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0019】

$$1_{max} > 2.5$$

ただし、 1_{max} ：第1レンズ群内のレンズのうち正レンズと負レンズとのアッベ数差の絶対値のうち最大の

【0020】

請求項7に記載の発明は、請求項1ないし6のいずれかに記載の変倍光学系において、前記第1レンズ群は、正の光学的パワーを有する正レンズを1枚だけ備え、この正レンズは屈折率が1.85以上であり、下記条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0021】

$$1 < |f_{1p} / f_1| < 3$$

ただし、 f_{1p} ：第1レンズ群中の正レンズの焦点距離

f_1 ：第1レンズ群の合成焦点距離

【0022】

請求項8に記載の発明は、請求項1ないし7のいずれかに記載の変倍光学系において、前記第2レンズ群の像面側に正の光学的パワーを有する第3レンズ群を備えることを特徴とする。

【0023】

請求項9に記載の発明は、請求項1ないし8のいずれかに記載の変倍光学系において、前記第3レンズ群の像面側に負の光学的パワーを有する第4レンズ群を備えることを特徴とするものである。

【0024】

請求項10に記載の発明は、請求項8または9に記載の変倍光学系において、前記第3レンズ群は、1又は2枚のレンズから構成されており、前記第3レンズ群を光軸方向物体側に移動させることにより、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行うことを特徴とするものである。

【0025】

請求項11に記載の発明は、請求項8ないし10のいずれかに記載の変倍光学系において、変倍を行うとき、3つ以上のレンズ群が光軸方向に移動可能に構成されていることを特徴とするものである。

【0026】

請求項12に記載の発明は、請求項1ないし11のいずれかに記載の変倍光学系において、前記第1レンズ群は、接合レンズを含むことを特徴とするものである。

【0027】

請求項13に記載の発明は、請求項1ないし12のいずれかに記載の変倍光学系を備え、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成することを特徴とする撮像レンズ装置である。

【0028】

請求項14に記載の発明は、請求項13に記載の撮像レンズ装置と、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子とを含み、前記物体側の被写体の静止画撮影及び動画撮影の少なくとも一方の撮影を実行する機能部とを含むことを特徴とするデジタル機器である。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【0029】

請求項1に記載の発明によれば、変倍光学系を、最も物体側に位置する第1レンズ群が負の光学的パワーを持つ所謂負リードの構成としたので、物体側からレンズ面に対して大きな角度で入射する光線を、この第1レンズ群の負の光学的パワーによりいち早く緩める（大きく屈折させる）ことができ、前玉径のサイズを小さくすることが可能となる。また、負リードの構成では、光軸方向の光学系の全長を短くすることも可能となるので、正リードの構成に比して全体的にコンパクト化ができるとともに、サイズを小さくしても偏芯誤差感度の上昇を抑制し得る。

【0030】

また、この第1レンズ群に少なくとも1つの非球面を備えたので、光軸方向のコンパクト化を図るために第1レンズ群の負の光学的パワーを増大させたときに発生する非点収差と歪曲収差とを補正し得る。そして、 $N1_{max} = 0.35$ に設定したことにより、ペッツバル和を小さくして、非点収差と像面湾曲とを十分に補正することができる。

10

【0031】

また、 $0.7 < f2 / fw < 2$ に設定したので、第2レンズ群に生じる偏芯誤差感度や第2レンズ群のレンズの製造難易度の増大を抑制しつつ、変倍光学系のコンパクト性を維持した状態で所望の変倍比を得ることができる。さらに、 $Lb / fw < 1$ に設定したので、バックフォーカスを短くしコンパクト化を図ることができる。

【0032】

請求項2に記載の発明によれば、第1レンズ群に、正の屈折力を有する物体側に凸のメニスカスレンズを備え、このメニスカスレンズに少なくとも1つの非球面を形成したので、非点収差と歪曲収差とをより一層補正することができる。

20

【0033】

請求項3に記載の発明によれば、変倍光学系を、最も物体側に位置する第1レンズ群が負の光学的パワーを持つ所謂負リードの構成としたので、物体側からレンズ面に対して大きな角度で入射する光線を、この第1レンズ群の負の光学的パワーによりいち早く緩める（大きく屈折させる）ことができる。さらに、負リードの構成にあっては、サイズを小さくしても誤差感度の上昇を抑制し得る。

【0034】

また、 $N_{max} = 1.9$ に設定したので、レンズの曲率半径を小さくすることで同程度の光学的パワーを得る場合に比して、発生する収差やレンズの製造難易度の増大を抑制することができる。さらに、 $0.7 < f2 / fw < 2$ に設定したので、第2レンズ群に生じる偏芯誤差感度や第2レンズ群のレンズの製造難易度の増大を抑制しつつ、変倍光学系のコンパクト性を維持した状態で所望の変倍比を得ることができる。

30

【0035】

請求項4に記載の発明によれば、第1レンズ群に、正の屈折力を有する物体側に凸のメニスカスレンズを備え、このメニスカスレンズの屈折率を1.9以上に設定したので、ペッツバル和の増大を最小限に抑制し、非点収差と像面湾曲とを十分に補正することができる。

【0036】

請求項5に記載の発明によれば、最も物体側に位置する第1レンズ群が負の光学的パワーを持つ所謂負リードの構成としたので、物体側からレンズ面に対して大きな角度で入射する光線を、この第1レンズ群の負の光学的パワーによりいち早く緩める（大きく屈折させる）ことができる。さらに、負リードの構成にあっては、サイズを小さくしても誤差感度の上昇を抑制し得る。

40

【0037】

また、第1レンズ群に、正の屈折力を有する物体側に凸のメニスカスレンズを備えたので、非点収差の補正効果があり、このメニスカスレンズに少なくとも1つの非球面を備えたので、その補正効果をさらに高めることができる。

【0038】

50

また、 $N_{asp} = 1.85$ に設定したので、ペッツバル和の増大を抑制し、像面湾曲・非点収差の補正を容易に行い得る。また、 $0.7 < f_2 / f_w < 2$ に設定したので、第2レンズ群に生じる偏芯誤差感度や第2レンズ群のレンズの製造難易度の増大を抑制しつつ、変倍光学系のコンパクト性を維持した状態で所望の変倍比を得ることができる。

【0039】

請求項6に記載の発明によれば、第1レンズ群に、負の屈折力を有する負レンズと正の屈折力を有する正レンズとをそれぞれ少なくとも1枚ずつ備えたので、倍率色収差を良好に補正することができる。また、 $1_{max} > 2.5$ に設定したので、 1_{max} が2.5を下回った場合に倍率色収差の補正が不十分となり画面周辺部でのコントラストが低下するのを回避又は抑制することができる。

10

【0040】

請求項7に記載の発明によれば、第1レンズ群に備えられる正レンズの屈折率を1.85以上に設定したので、ペッツバル和の増大を抑制し、像面湾曲や非点収差を十分に補正することができる。その結果、第1レンズ群に備えられる正レンズの枚数を1枚とすることができ、これにより、コンパクト化のみならず、レンズの駆動系に係る負荷を小さくすることもできる。

【0041】

また、 $1 < |f_{1p} / f_1| < 3$ を満たすようにしたので、ペッツバル和が増大し、像面湾曲・非点収差の補正が不十分となったり、第1レンズ群全体の負の光学的パワーが弱まってバックフォーカスを確保することが困難となったりするのを防止または抑制することができる。

20

【0042】

請求項8に記載の発明によれば、第2レンズ群の像面側に正の光学的パワーを有する第3レンズ群を備えたので、負正の変倍光学系に比して第2レンズ群の移動量が少なく済むとともに、第3レンズ群により、受光面への軸外光線の入射角度をテレセントリックに近づけることができ、撮像面への光量を確保することができる。

【0043】

請求項9に記載の発明によれば、第3レンズ群の像面側に負の光学的パワーを有する第4レンズ群を備えたので、近距離に位置する物体に対する光学性能を改善することができる。また、望遠端での射出瞳位置を、撮像面より物体側に配置することができ、広角端での受光面への光線の入射角度と、望遠端での受光面への光線の入射角度との差を小さくすることができる。

30

【0044】

請求項10に記載の発明によれば、第3レンズ群を1又は2のレンズで構成し、この第3レンズ群を光軸方向物体側に移動させることにより、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行うように構成したので、繰り出しによる前玉レンズ径の増大を招来することなく、近距離物体についても鮮明な画像を得ることができる。なお、第3レンズ群の主たる役割は、変倍の補助作用と撮像素子への光の入射角の調整であり、他のレンズ群に比して負担が小さいため、第3レンズ群を構成するレンズの枚数は1枚又は2枚で十分である。

40

【0045】

請求項11に記載の発明によれば、変倍を行うとき、3つ以上のレンズ群を光軸方向に移動可能に構成したので、変倍光学系のコンパクト化を図る場合に、移動量が制約される第2レンズ群の移動だけでは十分な変倍比が得られないという不具合を解消することができる。

【0046】

請求項12に記載の発明によれば、光軸方向のコンパクト化を図ると、第1レンズ群内の偏芯誤差感度が上昇し、第1レンズ群内でレンズ間の調整が必要となるが、この第1レンズ群が接合レンズを含むようにしたので、第1レンズ群内の各レンズ面の偏芯誤差感度を大幅に低減することができ、仮に前述のレンズ間の調整が必要となっても、感度バラ

50

スを良好に保つことができる。また、対向するレンズ面間で反射する不要な光の発生を抑制することができる。

【0047】

請求項13に記載の発明によれば、請求項1ないし12のいずれかに記載の変倍光学系を備え、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成するようにしたので、携帯電話機や携帯情報端末等に搭載可能なコンパクトで、高精細な撮像レンズ装置において、所望の倍率での（例えば2～3倍程度の）変倍を行わせることが可能となる。

【0048】

請求項14に記載の発明によれば、請求項13に記載の撮像レンズ装置と、撮像素子とを含み、前記物体側の被写体の静止画撮影及び動画撮影の少なくとも一方の撮影を実行する機能部とを含むので、携帯電話機や携帯情報端末等のデジタル機器において、高精細を保ったままで変倍を実現し得る。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0049】

図18は、本発明に係る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。なお、本発明において、デジタル機器としては、携帯情報端末（PDA：Personal Digital Assistant）、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、又はこれらの周辺機器を含むものとする。デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラは、被写体の映像を光学的に取り込んだ後、その映像を半導体素子を使って電気信号に変換し、デジタルデータとしてフラッシュメモリ等の記憶媒体に記憶する撮像レンズ装置である。更に本発明では、被写体の静止又は動きのある映像を光学的に取り込む、コンパクトな撮像レンズ装置を内蔵する仕様を備えた携帯電話機、携帯情報端末、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、又はこれらの周辺機器も含んでいる。

20

【0050】

図18(a)は、携帯電話機の操作面を、図18(b)は、操作面の裏面、つまり背面を示している。携帯電話機本体200には、上部にアンテナ201、操作面にはディスプレイ202、画像撮影モードの起動及び静止画と動画撮影の切り替えを行う画像切替ボタン203、本発明に係る変倍（ズーム）を制御する変倍ボタン204、シャッターボタン205、そしてダイヤルボタン206が備えられている。変倍ボタン204は、その上端部分に望遠端を表す「T」の印字が、下端部分に広角端を表す「W」の印字がなされており、印字位置が押下されることで、それぞれの変倍動作が指示可能な2接点式のスイッチ等で構成されている。さらに、携帯電話機本体200には、本発明に係る変倍光学系によって構成された撮像レンズ装置（カメラ）207が内装され、撮影レンズが背面に露出している。

30

【0051】

静止画を撮影するときは、まず、画像切替ボタン203を押すことで、画像撮影モードを起動する。ここでは、画像切替ボタン203を一度押すことで、動画撮影モードに切り替わるとする。静止画撮影モードが起動すると、撮像レンズ装置207を通して被写体の像がCCD等の撮像素子で周期的に繰り返し撮像され、表示用メモリに転送された後に、ディスプレイ202に導かれる。ディスプレイ202を覗くことで、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できる。この状態でシャッターボタン205を押すことで、静止画像を得ることができる。すなわち、静止画用のメモリに画像データが格納される。

40

【0052】

このとき、被写体が撮影者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ときには、変倍ボタン204の上端「T」の印字部分を押し、その状態が検出され、押している時間に応じて変倍のためのレンズ駆動が実行されて、連続的にズームが行われる。また、ズームし過ぎた場合など、等倍の方向へ被写体の拡大率を下げたい場合には、変倍ボタン204の下端「W」の印字部分を押し、そ

50

の状態が検出され、押している時間に応じて連続的に、等倍までの変倍が行われる。このようにして、撮影者から離れた被写体であっても、変倍ボタン203を用いてその拡大率を調節することができる。そして、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、シャッターボタン205を押すことで、拡大された静止画像を得ることができる。

【0053】

また、動画撮影を行う場合には、画像切替ボタン203を一度押すことで静止画撮影モードを起動した後、もう一度画像切替ボタン203を押して動画撮影モードに切り替える。後は静止画撮影のときと同様にして、ディスプレイ202を覗き、撮像レンズ装置207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。このとき、変倍ボタン204を用いて被写体像の拡大率を調節することができる。この状態でシャッターボタン205を押すことで、動画撮影が開始される。この撮影中、変倍ボタン204により、被写体の拡大率を随時変えることも可能である。ここで、もう一度シャッターボタン205を押すことで、動画撮影は終了する。動画像は、ディスプレイ202のための表示メモリに導かれると共に、動画像用のメモリに導かれて格納される。

10

【0054】

本発明に係る変倍ボタン204は、この実施形態に限られることなく、既設のダイヤルボタン206を利用するようにしてもよいし、また、ダイヤルボタン設置面に回転軸を持つ回転式のダイヤル等、拡大と縮小の2方向の変倍を可能とする機能を備える態様としたものでもよい。

20

【0055】

また、本発明は携帯電話機に制限されることなく、それ以外のデジタル機器、例えばデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯情報端末、パーソナルコンピュータ、モバイルコンピュータ、又はこれらの周辺機器にも適用することができる。

【0056】

図18(b)に示した、本発明に係る撮像レンズ装置207は、背面側から、すなわち、物体(被写体)側から順に、物体の光学像を形成するレンズ系と、光学的ローパスフィルタ等に相当する平行平板と、レンズ系によって形成された光学像を電気的な信号に変換する撮像素子とを備えて構成される。ここで、前記レンズ系としては、撮影者から離れた被写体も撮影可能とするために、ズミングが可能で、高性能且つコンパクトな変倍光学系への要求が強い。変倍光学系においては、複数のレンズ群が前記レンズ系を構成しており、光軸方向に各レンズ群の間隔を変えることにより、変倍又はフォーカシングを行う仕組みになっている。本発明は、この変倍光学系、そしてその変倍光学系を用い、光学像を電気的な信号に変換する撮像素子の受光面上に被写体の光学像を形成する撮像レンズ装置、さらには、その撮像レンズ装置と、撮像素子とを含み、静止画又は動画の撮影を実行する機能を有するデジタル機器に関するものである。

30

【0057】

以下、図18(b)に示したカメラ付携帯電話機の撮像レンズ装置207を構成する、本発明に係る変倍光学系を、図面を参照しつつ説明する。

【0058】

[実施形態1]

図1は、実施形態1の変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す、光軸(Ax)を縦断した断面図である。図1及び図2~図7においては、広角端でのレンズ配置を示している。なお、以下にいう光学的パワーは、レンズ面の両側の媒質が空気である場合のパワーと定義する。

【0059】

本実施形態の変倍光学系は、物体側(図1における左側)から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群(Gr1)、光量を調節するための光学絞り(ST)、全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群(Gr2)及び正の光学的パワーを持つ第3レンズ群(Gr3)を有して構成されている。本実施形態では、変倍時に、これらはす

50

べて光軸方向に移動可能に構成されている。第3レンズ群 (Gr3) に対し第2レンズ群 (Gr2) と反対側の位置には、平行平板 (PL) 及び撮像素子 (SR) が配置されている。

【0060】

以下、本明細書においては、レンズの形状について、「凸」、「凹」及び「メニスカス」という術語を用いるが、これらの光軸近傍 (レンズの中心付近) でのレンズ形状を現しているものであり、レンズ全体又はレンズの端部付近の形状を表しているのではない。このことは、球面レンズでは問題にならないが、非球面レンズでは一般に、レンズの中心付近と端部付近での形状が異なるので注意が必要である。非球面レンズとは、放物面、楕円面、双曲面、4次曲面等の面を有するレンズである。

10

【0061】

前記第1レンズ群 (Gr1) は、物体側から順に、負の光学的パワーを持つ両凹レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズ (正の光学的パワーを持つレンズ) とからなり、前記第2レンズ群 (Gr2) は、物体側から順に、正の光学的パワーを持つ両凸レンズ及び負の光学的パワーを持つ両凹レンズが配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第3レンズ群 (Gr3) は、正の光学的パワーを持つ両凸レンズからなる。

【0062】

図1に示す番号 r_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) は、物体側から数えたときの i 番目のレンズ面 (ただし、レンズの接合面は1つの面として数えている) であり、 r_i に * が付された面は非球面である。第1~第3レンズ群 (Gr1~Gr3) の各レンズを物体側から順に第1~第5レンズというものとすると、第1レンズ及び第5レンズが、樹脂で形成された両面非球面レンズであり、第3レンズ及び第4レンズが片面非球面レンズである。

20

【0063】

このような構成の下で、図の物体側から入射した光線は、順に、第1、第2そして第3レンズ群 (Gr1, Gr2, Gr3) を通過し、そこで物体の光学像を形成する。そして、このレンズ群で形成された光学像は、第3レンズ群 (Gr3) に隣り合って配置された平行平板 (PL) を通過する。このとき、光学像は、撮像素子 (SR) において電気的な信号に変換される際に発生する所謂折り返しノイズが最小化されるように修正される。この平行平板 (PL) は、光学的ローパスフィルター、赤外カットフィルター、撮像素子のカバーガラス等に相当するものである。最後に、撮像素子 (SR) において、平行平板 (PL) において修正された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や画像圧縮処理等が施されて、デジタル映像信号として携帯電話機や携帯情報端末等のメモリに記録されたり、有線あるいは無線により他のデジタル機器に伝送されたりする。

30

【0064】

図10は、これらレンズ群の変倍時における移動のさせ方を表した模式図である。この図10においてもこれまでと同様、左側が物体側であり、その物体側から第1レンズ群 (Gr1)、第2レンズ群 (Gr2)、第3レンズ群 (Gr3) の順に並んで配置されている。この図において、符号 W は焦点距離が最も短い、すなわち画角が最も大きい広角端の状態を示しており、符号 T は焦点距離が最も長い、すなわち画角が最も小さい望遠端の状態を示している。また、符号 M は焦点距離が広角端 (W) と望遠端 (T) との真中 (以下、中間点という) の状態を示している。また、この図10には、実施例1のみならず、後述する実施例2以降の各レンズ群の移動の仕方も同時に示している。

40

【0065】

本実施例のような光学的パワーが負正正の3成分から構成される変倍光学系においては、変倍を担うのはほとんどが第2レンズ群 (Gr2) である。そのため、主に第2レンズ群 (Gr2) が光学的パワーを持つことになる。しかしながら、本発明に係るコンパクトな変倍光学系においては、第2レンズ群 (Gr2) の移動だけでは2~3倍程度の変倍比を確保することが困難となる。そのため、第2レンズ群 (Gr2) 以外のレンズ群にも変

50

倍を担わせる構成としている。図1に示すようなレンズ構成の実施形態1では、変倍時に第1レンズ群 (Gr1)、第2レンズ群 (Gr2)、第3レンズ群 (Gr3) が全て移動し、それらが変倍・収差補正・像点調整を担うことになる。

【0066】

以下、図を参照しながら、実施形態1と同様にして、実施形態2から実施形態7までのレンズ構成を順に説明していく。このとき、図2から図7までの図中の符号の意味は、図1と同様とする。

【0067】

[実施形態2]

図2は、実施形態2の変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す、光軸 (AX) を縦断した断面図である。この実施形態2の変倍光学系は、各レンズ群が物体側から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群 (Gr1)、光量を調節するための光学絞り (ST)、全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群 (Gr2) 及び正の光学的パワーを持つ第3レンズ群 (Gr3) を有して構成されている。本実施形態では、光学絞り (ST)、第2レンズ群 (Gr2) 及び第3レンズ群 (Gr3) は変倍時に光軸方向に移動可能に構成されている一方、第1レンズ群 (Gr1) は、光軸方向に固定されている。

10

【0068】

前記第1レンズ群 (Gr1) は、物体側から順に、負の光学的パワーを持つ両凹レンズ及び物体側に凸の正メニスカスレンズ (正の光学的パワーを持つレンズ) が配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第2レンズ群 (Gr2) は、物体側から順に、正の光学的パワーを持つ両凸レンズと、負の光学的パワーを持つ両凹レンズとからなり、第3レンズ群 (Gr3) は、像側に凸の正メニスカスレンズからなる。

20

【0069】

第1～第3レンズ群 (Gr1～Gr3) の各レンズを物体側から順に第1～第5レンズというものとする、第1～第4レンズが片面非球面レンズであり、第5レンズが両面非球面レンズである。図2に示すようなレンズ構成の実施形態2では、変倍時に第1レンズ群 (Gr1) は固定され、第2レンズ群 (Gr2)、第3レンズ群 (Gr3) が移動し、第2レンズ群 (Gr2)、第3レンズ群 (Gr3) が変倍を担うことになる。

【0070】

[実施形態3]

図3は、実施形態3の変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す、光軸 (AX) を縦断した断面図である。この実施形態3の変倍光学系は、各レンズ群が物体側から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群 (Gr1)、光量を調節するための光学絞り (ST)、全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群 (Gr2)、正の光学的パワーを持つ第3レンズ群 (Gr3)、負の光学的パワーを持つ第4レンズ群 (Gr4) を有して構成されている。本実施形態では、第1レンズ群 (Gr1)、光学絞り (ST)、第2レンズ群 (Gr2) 及び第3レンズ群 (Gr3) は変倍時に光軸方向に移動可能に構成されている一方、第4レンズ群 (Gr4) は、光軸方向に固定されている。

30

【0071】

前記第1レンズ群 (Gr1) は、物体側から順に、両凹の負レンズ及び物体側に凸の正メニスカスレンズが配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第2レンズ群 (Gr2) は、物体側から順に、正の光学的パワーを持つ両凸レンズ及び負の光学的パワーを持つ両凹レンズが配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第3レンズ群 (Gr3) は、像側に凸の正メニスカスレンズからなり、第4レンズ群は、像側に凸の負メニスカスレンズからなる。

40

【0072】

第1～第3レンズ群 (Gr1～Gr3) の各レンズを物体側から順に第1～第6レンズというものとする、第1～第5レンズが片面非球面レンズであり、第6レンズが両面非球面レンズである。図3に示すようなレンズ構成の実施形態3では、変倍時に第1レンズ群 (Gr1)、第2レンズ群 (Gr2)、第3レンズ群 (Gr3) が移動し、これらが変

50

倍・収差補正・像点調整を行うことになる。

【0073】

[実施形態4]

図4は、実施形態4の変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す、光軸(A X)を縦断した断面図である。この実施形態4の変倍光学系は、各レンズ群が物体側から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群(G r 1)、光量を調節するための光学絞り(S T)、全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群(G r 2)及び正の光学的パワーを持つ第3レンズ群(G r 3)を有して構成されている。本実施形態では、第1レンズ群(G r 1)、光学絞り(S T)、第2レンズ群(G r 2)及び第3レンズ群(G r 3)は変倍時に光軸方向に移動可能に構成されている。

10

【0074】

前記第1レンズ群(G r 1)は、物体側から順に、両凹の負レンズ及び物体側に凸の正メニスカスレンズが配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第2レンズ群(G r 2)は、物体側から順に、正の光学的パワーを持つ両凸レンズ及び負の光学的パワーを持つ両凹レンズが配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第3レンズ群(G r 3)は、像側に凸の正メニスカスレンズからなる。

【0075】

第1～第3レンズ群(G r 1～G r 3)の各レンズを物体側から順に第1～第5レンズというものとする、第1～第4レンズが片面非球面レンズであり、第5レンズが両面非球面レンズである。

20

【0076】

さらに、第1レンズ群(G r 1)における正メニスカスレンズは、ガラスの球面レンズを基材とし、その表面(図4においては像面側の面)に薄い樹脂層を塗布し、その樹脂表面を金型で非球面に成型してなる複合非球面レンズである。なお、この樹脂部分は、単独の光学部材としては取り扱わず、樹脂部分を含めた正メニスカスレンズ全体を1枚のレンズとみなす。また、この正メニスカスレンズの屈折率については、基板となっているガラス部分(樹脂部分を除く部分)の屈折率とする。

【0077】

図4に示すようなレンズ構成の実施形態4では、変倍時に第1レンズ群(G r 1)、第2レンズ群(G r 2)、第3レンズ群(G r 3)が全て移動し、これらで変倍・収差補正・像点調整を行うことになる。

30

【0078】

[実施形態5]

図5は、実施形態5の変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す、光軸(A X)を縦断した断面図である。この実施形態5の変倍光学系は、各レンズ群が物体側から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群(G r 1)、光量を調節するための光学絞り(S T)、全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群(G r 2)及び正の光学的パワーを持つ第3レンズ群(G r 3)を有して構成されている。本実施形態では、第1レンズ群(G r 1)、光学絞り(S T)、第2レンズ群(G r 2)及び第3レンズ群(G r 3)は変倍時に光軸方向に移動可能に構成されている。

40

【0079】

前記第1レンズ群(G r 1)は、物体側から順に、物体側に凸の正メニスカスレンズ(正の光学的パワーを持つレンズ)と物体側に凸の負メニスカスレンズ(負の光学的パワーを持つレンズ)とからなり、前記第2レンズ群(G r 2)は、物体側から順に、正の光学的パワーを持つ両凸レンズと負の光学的パワーを持つ両凹レンズとからなり、前記第3レンズ群(G r 3)は、正の光学的パワーを持つ両凸レンズからなる。

【0080】

第1～第3レンズ群(G r 1～G r 3)のレンズは、すべて両面非球面レンズである。図5に示すようなレンズ構成の実施形態5では、変倍時に第1レンズ群(G r 1)、第2レンズ群(G r 2)、第3レンズ群(G r 3)が全て移動し、これらで変倍・収差補正・

50

像点調整を行うことになる。

【0081】

[実施形態6]

図6は、実施形態6の変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す、光軸(A X)を縦断した断面図である。この実施形態6の変倍光学系は、各レンズ群が物体側から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群(G r 1)、光量を調節するための光学絞り(S T)及び全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群(G r 2)を有して構成されている。本実施形態では、第1レンズ群(G r 1)、光学絞り(S T)及び第2レンズ群(G r 2)は変倍時に光軸方向に移動可能に構成されている。

【0082】

前記第1レンズ群(G r 1)は、物体側から順に、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズとからなり、前記第2レンズ群(G r 2)は、物体側から順に、正の光学的パワーを持つ両凸レンズと像側に凸の負メニスカスレンズからなる。

【0083】

第1,第2レンズ群のレンズは、すべて両面非球面レンズである。図6に示すようなレンズ構成の実施形態6では、変倍時に第1レンズ群(G r 1),第2レンズ群(G r 2)が全て移動し、これらで変倍・収差補正・像点調整を担うことになる。

【0084】

[実施形態7]

図7は、実施形態7の変倍光学系におけるレンズ群の配列を示す、光軸(A X)を縦断した断面図である。この実施形態7の変倍光学系は、各レンズ群が物体側から順に、全体として負の光学的パワーを持つ第1レンズ群(G r 1)、光量を調節するための光学絞り(S T)、全体として正の光学的パワーを持つ第2レンズ群(G r 2)及び正の光学的パワーを持つ第3レンズ群(G r 3)を有して構成されている。本実施形態では、第1レンズ群(G r 1)、光学絞り(S T)、第2レンズ群(G r 2)及び第3レンズ群(G r 3)は変倍時に光軸方向に移動可能に構成されている。

【0085】

前記第1レンズ群(G r 1)は、物体側から順に、両凹の負レンズ及び物体側に凸の正メニスカスレンズ(正の光学的パワーを持つレンズ)が配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第2レンズ群(G r 2)は、物体側から順に、正の光学的パワーを持つ両凸レンズ及び負の光学的パワーを持つ両凹レンズが配置され、それらが接合されてなる接合レンズとされており、前記第3レンズ群(G r 3)は、像側に凸の正メニスカスレンズからなる。

【0086】

第1~第3レンズ群(G r 1~G r 3)の各レンズを物体側から順に第1~第5レンズというものとすると、第1~第4レンズが片面非球面レンズであり、第5レンズが両面非球面レンズである。図7に示すようなレンズ構成の実施形態7では、変倍時に第1レンズ群(G r 1),第2レンズ群(G r 2),第3レンズ群(G r 3)が全て移動し、これらで変倍・収差補正・像点調整を行うことになる。

【0087】

以下、本発明に係る変倍光学系を構成するレンズ系に求められる光学特性の条件又は条件式を列挙し、その条件の根拠又は数値範囲の根拠について説明する。

【0088】

前記各実施形態のように、物体側から順に、複数のレンズからなり負の光学的パワーを持つ第1レンズ群(G r 1)と正の光学的パワーを持つ第2レンズ群(G r 2)とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第1レンズ群(G r 1)と前記第2レンズ群(G r 2)との間隔が狭められ、前記第1群に少なくとも1つの非球面が備えられている変倍光学系においては、以下の条件式(1)~(3)をすべて満たすことが望ましい。

【0089】

$$N1 \max \quad 0.35 \quad \dots (1)$$

10

20

30

40

50

$$0.7 < f_2 / f_w < 2 \quad \dots (2)$$

$$L_b / f_w < 1 \quad \dots (3)$$

ただし、 $N_{1\max}$ ：第1レンズ群（Gr1）内のレンズのうち2つのレンズの組合せを全て考えた場合において、各組合せにおける2つのレンズの屈折率の差の絶対値をそれぞれ算出したとき、それらの絶対値のうちの最大値

f_2 ：第2レンズ群（Gr2）の合成焦点距離

f_w ：広角端での全光学系の合成焦点距離

L_b ：望遠端において、最も撮像素子側に位置するパワーを有するレンズ面の面頂点から撮像素子面までの光軸上の距離（前記レンズ面から撮像素子面までの領域に存在する媒質が空気であるとして換算した距離）

10

【0090】

これは、条件式（1）の下限を下回ると、ベッツバール和を小さくすることができず、像面湾曲・非点収差の補正が不十分となるからである。また、条件式（2）の上限を上回ると、第2レンズ群（Gr2）の光学的パワーが弱すぎ、コンパクト性を維持した状態で2～3倍程度の変倍比を得ることが困難であるからである。また、条件式（2）の下限を下回ると、第2レンズ群（Gr2）の偏芯誤差感度が非常に高くなり、レンズの製造が困難となるからである。さらに、条件式（3）の上限を上回ると、長いバックフォーカスを確保するために第1レンズ群（Gr1）の負の光学的パワーを強める必要が生じ、第1レンズ群（Gr1）の負のレンズの曲率が大きくなって（曲率半径が小さくなって）、レンズの製造が困難となるからである。

20

【0091】

さらに、 $N_{1\max}$ は、以下の条件式（1'）を満たすことが望ましい。

【0092】

$$N_{1\max} < 0.4 \quad \dots (1')$$

これは、前記条件式（1'）を満たすことで、像面湾曲・非点収差の補正効果がより顕著になり、結果として更なるコンパクト化を図ることができるからである。

【0093】

さらに、前記合成焦点距離 f_2 、 f_w は、以下の条件式（2'）を満たすことが望ましい。

【0094】

$$1 < f_2 / f_w < 1.5 \quad \dots (2')$$

30

【0095】

これは、条件式（2'）の上限を上回ると、第2レンズ群（Gr2）の光学的パワーが弱いため、変倍時に必要な第2レンズ群（Gr2）の移動量が増加し、光学全長が長くなるためである。また、条件式（2'）の下限を下回ると、第2レンズ群（Gr2）の偏芯誤差感度が高くなり、第2レンズ群（Gr2）のレンズ間の調整や他のレンズ群間との調整が必要となり、コストアップを招来するからである。

【0096】

さらに、前記合成焦点距離 f_w 及び光軸上の距離 L_b は、以下の条件式（3'）を満たすことが望ましい。

40

【0097】

$$L_b / f_w < 0.5 \quad \dots (3')$$

【0098】

これは、条件式（3'）の上限を上回ると、第1レンズ群（Gr1）の負の光学的パワーを強めるために、第1レンズ群（Gr1）内の偏芯誤差感度が大きくなり、変倍光学系を構成する各部品の組み立てに要するコストの増大を招来するからである。

【0099】

また、第1群に少なくとも1つの非球面を備える場合、第1レンズ群（Gr1）内に設けられる物体側に凸の正メニスカスレンズについて、少なくとも1つの非球面を備えるのが望ましい。これは、非点収差や歪曲収差を良好に補正することができるからである。

50

【0100】

また、物体側から順に、負の光学的パワーを持つ第1レンズ群（Gr1）と正の光学的パワーを持つ第2レンズ群（Gr2）とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第1レンズ群（Gr1）と前記第2レンズ群（Gr2）との間隔が狭められる変倍光学系においては、以下の条件式（2）、（4）をすべて満たすことが望ましい。

【0101】

$$N_{\max} \geq 1.9 \quad \dots (4)$$

$$0.7 < f_2 / f_w < 2 \quad \dots (2)$$

ただし、 N_{\max} ：変倍光学系におけるレンズのうち、最も屈折率の高いレンズの屈折率
条件式（2）は、前記条件式（2）と同一

10

【0102】

これは、条件式（4）の下限を下回ると、コンパクト性を維持するために同程度の光学的パワーを得ようとする、レンズの曲率半径が小さくなり、発生する収差が大きくなるとともに、レンズの製造も難しくなるからである。また、これらを回避しようとする、変倍光学系がサイズアップすることとなる。条件式（2）については、前記と同様の理由である。

【0103】

また、屈折率を最も高く設定するレンズは、第1レンズ群（Gr1）内に設けられる物体側に凸の正メニスカスレンズとするのが望ましい。これは、ペッツバール和の増大を抑制し、像面湾曲・非点収差を良好に補正することができるからである。

20

【0104】

また、物体側から順に、負の光学的パワーを持つ第1レンズ群（Gr1）と正の光学的パワーを持つ第2レンズ群（Gr2）とを含み、広角端から望遠端への変倍時に前記第1レンズ群（Gr1）と前記第2レンズ群（Gr2）との間隔が狭められ、少なくとも1つの非球面が備えられている変倍光学系においては、以下の条件式（2）、（5）をすべて満たすことが望ましい。

【0105】

$$N_{\text{asp}} \geq 1.85 \quad \dots (5)$$

$$0.7 < f_2 / f_w < 2 \quad \dots (2)$$

ただし、 N_{asp} ：非球面を有するレンズのうち、最も屈折率の高いレンズの屈折率
条件式（2）は、前記条件式（2）と同一

30

【0106】

これは、高屈折率の非球面レンズを用いると、コンパクト化に伴う光学的パワーの増大時に発生する諸収差の補正が可能となるからである。条件式（2）については、前記と同様の理由である。

【0107】

また、条件式（5）の下限を下回ると、ペッツバール和が増大し、像面湾曲や非点収差の補正が困難となるからである。

【0108】

さらに、前記屈折率 N_{asp} は、以下の条件式（5'）を満たすことが望ましい。

40

【0109】

$$N_{\text{asp}} \geq 1.9 \quad \dots (5')$$

【0110】

条件式（5'）の下限を下回ると、非球面のローカル曲率（部分的な曲率）が大きくなり、製造が難しくなるからである。

【0111】

また、変倍光学系に少なくとも1つの非球面を備える場合、第1レンズ群（Gr1）内に設けられる物体側に凸の正メニスカスレンズについて、少なくとも1つの非球面を備えるのが望ましい。これは、像面湾曲・非点収差・歪曲収差を良好に補正することができるからである。

50

【0112】

また、前記変倍光学系において、前記第1レンズ群（Gr1）が負レンズと正レンズとをそれぞれ少なくとも1枚ずつ有しているとき、以下の条件式（6）を満たすことが望ましい。

【0113】

$$1 \max > 2.5 \quad \dots (6)$$

ただし、 $1 \max$ ：第1レンズ群（Gr1）内のレンズのうち正レンズと負レンズとのアッペ数差の絶対値のうちの最大値

【0114】

これは、条件式（6）を下回ると、倍率色収差の補正が不十分となり、画像周辺部でのコントラストの低下の原因となるからである。 10

【0115】

前記変倍光学系において、前記第1レンズ群（Gr1）中に備える正レンズの屈折率を1.85以上とするのが望ましい。これは、ベッツパール和の増大を最小限に抑制し、像面湾曲・非点収差を良好に補正することができるからである。また、このようにすることで、正レンズが1枚で済み、これにより、レンズの駆動系にかかる負担を軽減することができる。特に、第1レンズ群（Gr1）のレンズはレンズ径及び重量が大きいいため、特に効果が大きい。

【0116】

また、このとき、以下の条件式（7）を満たすことが望ましい。 20

【0117】

$$1 < |f_{1p} / f_1| < 3 \quad \dots (7)$$

ただし、 f_{1p} ：第1レンズ群（Gr1）中の正レンズの焦点距離

f_1 ：第1レンズ群（Gr1）の合成焦点距離

【0118】

これは、条件式（7）の上限を上回ると、ベッツパール和が増大し、像面湾曲や非点収差の補正が不十分となるからである。また、条件式（7）の下限を下回ると、第1レンズ群（Gr1）全体の負の光学的パワーが弱まり、バックフォーカスの確保が困難となるからである。

【0119】

また、前記変倍光学系において、第1レンズ群（Gr1）は、下記条件式（8）、（9）を満たすことが望ましい。 30

【0120】

$$1 < |f_1 / f_w| < 4 \quad \dots (8)$$

$$0.3 < |f_1 / f_t| < 2 \quad \dots (9)$$

f_t ：望遠端での全光学系の合成焦点距離

【0121】

これは、条件式（8）、（9）の上限を上回ると、特に広角端での非点収差や歪曲収差の補正が不十分となるからである。また、条件式（8）、（9）の下限を下回ると、第1レンズ群（Gr1）を構成する各レンズに要求される光学的パワーが非常に高くなり、製造が困難となるとともに、発生する倍率色収差を補正することができなくなる。 40

【0122】

さらに、第1レンズ群（Gr1）の合成焦点距離 f_1 、望遠端での全光学系の合成焦点距離 f_t は、下記条件式（8'）、（9'）を満たすことが望ましい。

【0123】

$$1.5 < |f_1 / f_w| < 3.5 \quad \dots (8')$$

$$0.5 < |f_1 / f_t| < 1.3 \quad \dots (9')$$

【0124】

これは、条件式（8'）、（9'）の上限を上回ると、第1レンズ群（Gr1）の負の光学的パワーが弱くなり前玉径の増大を招来し、条件式（8'）、（9'）の下限を下回 50

ると、特に望遠端での第1レンズ群 (Gr1) の誤差感度が上昇し、レンズ間の調整作業が必要となるからである。

【0125】

ところで、第1レンズ群 (Gr1) は、物体側から順に負レンズ、正レンズを配置し、この2枚で構成するのが望ましい。この順で負レンズ、正レンズを配置することで、広角端でのバックフォーカスの確保が容易となるとともに、広画角な軸外光の非点収差や倍率色収差を良好に補正することができるからである。

【0126】

この場合、下記条件式 (10) を満たすことが望ましい。

【0127】

$$0.2 < |f_{1n} / f_{1p}| < 0.7 \quad \dots (10)$$

ただし、 f_{1n} : 第1レンズ群 (Gr1) 中の負レンズの焦点距離

【0128】

これは、条件式 (10) の上限を上回ると、特に広角端での非点収差や歪曲収差の補正が不十分となり、条件式 (10) の下限を下回ると、第1レンズ群 (Gr1) を構成する各レンズに要求される光学的パワーが非常に高くなり、レンズの製造が困難となるからである。

【0129】

第1レンズ群 (Gr1) は、接合レンズのみから構成されることが望ましい。光軸方向のコンパクト化を図ると、第1レンズ群 (Gr1) 内の偏芯誤差感度が上昇し、第1レンズ群 (Gr1) 内でレンズ間調整が必要となるが、第1レンズ群 (Gr1) を接合レンズとすることにより、第1レンズ群 (Gr1) 内の各レンズ面の偏芯誤差感度を大幅に低減することができる。仮にレンズ間調整が必要な場合でも感度バランスを良好に保つことができる。

【0130】

また、第1レンズ群 (Gr1) を支持する図略の鏡筒の構成も簡略となり、その結果、光学的に不利でも機械的な制約のために広げざるを得なかったスペースを効率的に活用することができる。更なるコンパクト化をはかることができるとともに、レンズ同士を接合することで、対向するレンズ面間で反射する不要な光の発生を抑制することができる。

【0131】

さらに、この場合、第1レンズ群 (Gr1) 内の負レンズの両面を凹形状とし、条件式 (6) で表される条件についてはさらに下記条件式 (6') を満たすことが望ましい。

【0132】

$$1_{max} > 3.5 \quad \dots (6')$$

これは、第1レンズ群 (Gr1) を接合レンズで構成した場合、各レンズの実質的な光学的パワーが小さくなるので、第1レンズ群 (Gr1) 内の負レンズは所望の負の光学的パワーを得るためにレンズの両面を凹形状とするのが望ましいこと、及び、接合レンズの場合に条件式 (6') の下限を下回ると、倍率色収差の補正が不十分となるからである。

【0133】

また、第1レンズ群 (Gr1) を接合レンズのみで構成する場合、第3レンズ群 (Gr3) が1枚の正レンズで構成し、下記条件式 (11) を満たすことが望ましい。

【0134】

$$N_{3p} > 1.75 \quad \dots (11)$$

【0135】

これは、条件式 (11) の下限を下回ると、変倍時における第3レンズ群 (Gr3) の移動量が増加し、光学全長が長くなるからである。

【0136】

第2レンズ群 (Gr2) は、少なくとも1面の非球面を備えることが望ましい。これにより球面収差を良好に補正することができる。また、第2レンズ群 (Gr2) は、正レンズと負レンズとをそれぞれ少なくとも1枚ずつ備えることが望ましい。これにより、球面

10

20

30

40

50

収差と軸上色収差の補正を行うことができる。

【0137】

第2レンズ群 (Gr2) は、下記条件式 (12) を満たすことが望ましい。

【0138】

$$0.3 < f_2 / f_t < 0.9 \quad \dots (12)$$

【0139】

これは、条件式 (12) の上限を上回ると、第2レンズ群 (Gr2) の光学的パワーが弱すぎ、2~3倍程度の変倍比を得ることが困難であり、条件式 (12) の下限を下回ると、第2レンズ群 (Gr2) の偏芯誤差感度が非常に高くなり、レンズの製造が困難となるからである。

10

【0140】

さらに、第2レンズ群 (Gr2) の合成焦点距離 f_2 、望遠端での全光学系の合成焦点距離 f_t は、下記条件式 (12') を満たすことがより望ましい。

【0141】

$$0.4 < f_2 / f_t < 0.8 \quad \dots (12')$$

【0142】

これは、条件式 (12') の上限を上回ると、第2レンズ群 (Gr2) の光学的パワーが弱いために、第2レンズ群 (Gr2) の変倍に必要な移動量が増加して光学全長が長くなり、条件式 (12') の下限を下回ると、第2レンズ群 (Gr2) の偏芯誤差感度が高く、レンズ間の調整作業が必要となるからである。

20

【0143】

第2レンズ群 (Gr2) は、下記条件式 (13) を満たすことが望ましい。

【0144】

$$2_{\max} > 1.0 \quad \dots (13)$$

ただし、 2_{\max} ：第2レンズ群 (Gr2) 内のレンズのうち正レンズと負レンズとのアッペ数差の絶対値のうちの最大値

【0145】

これは、条件式 (13) の下限を下回ると、軸上色収差の補正が不十分となり、軸上のコントラストの低下を招来するからである。

【0146】

第2レンズ群 (Gr2) は、物体側から順に正レンズと負レンズとの2枚で構成されることが望ましい。この順で配置することで、第2レンズ群 (Gr2) の主点位置が第1レンズ群 (Gr1) 側に近づき、変倍作用を保ったまま第2レンズ群 (Gr2) の実質的な光学的パワーを軽減することができ、偏芯誤差感度の低減を図ることができる。

30

【0147】

さらにこの場合においては、下記条件式 (14)、(15) を満たすことが望ましい。

【0148】

$$0.9 < |f_{2n} / f_{2p}| < 1.8 \quad \dots (14)$$

$$N_{2p} > 1.75 \quad \dots (15)$$

f_{2p} ：第2レンズ群 (Gr2) 内の正レンズの焦点距離

f_{2n} ：第2レンズ群 (Gr2) 内の負レンズの焦点距離

N_{2p} ：第2レンズ群 (Gr2) 内の正レンズの屈折率

40

【0149】

これは、条件式 (14) の上限を上回ると、球面収差の補正が不足し、条件式 (14) の下限を下回ると、第2レンズ群 (Gr2) における各レンズの光学的パワーが強くなるため、偏芯誤差感度が高くなり、レンズの生産性が悪化するからである。また、条件式 (15) の下限を下回ると、変倍に必要な光学的パワーを得ようとする、第2レンズ群 (Gr2) における正レンズの曲率半径が小さくなり、そのレンズの製造が難しくなるからである。

【0150】

50

第2レンズ群 (Gr2) 及び第3レンズ群 (Gr3) は、下記条件式 (16) を満たすことが望ましい。

【0151】

$$0.4 < f_2 / f_3 < 1 \quad \dots (16)$$

f_3 : 第3レンズ群 (Gr3) の合成焦点距離

【0152】

これは、条件式 (16) の上限を上回ると、第2レンズ群 (Gr2) の光学的パワーが弱いために第2レンズ群 (Gr2) の移動量が増加し、条件式 (16) の下限を下回ると、第3レンズ群 (Gr3) の光学的パワーが弱いために第3レンズ群 (Gr3) の移動量が増加する結果、いずれの場合も光学全長が増加するからである。

10

【0153】

前記変倍光学系においては、撮像面への入射光線のうち、有効像円径での主光線の入射角度 ω が下記条件式 (17) を満たすようにすることが望ましい。

【0154】

$$\omega > 0 \quad \dots (17)$$

ω : 広角端において前記主光線の像面に立てた垂線に対する角度 (deg)

【0155】

ここで、この像面入射角は、図8に示す方向を正の方向と定義する。つまり、図8の左側を物体側、右側を像面側として、射出瞳位置から広がる有効像円径での主光線に対し、像面に立てた垂線から反時計周りに測った角度が ω である。この条件式 (17) を満たすことにより、広画角を確保しつつ、コンパクト化を図ることが可能となる。

20

【0156】

また、上記変倍光学系において、撮像面への入射光線のうち、有効像円径での主光線の入射角度 ω は、下記条件式 (18) を満たすことが望ましい。

【0157】

$$|\omega - t| < 30 \quad \dots (18)$$

t : 望遠端において、撮像面への入射光線のうち有効像円径での主光線の、像面に立てた垂線に対する角度 (deg)

【0158】

これは、条件式 (18) の上限を上回ると、撮像面の手前にレンズアレイを配置しても、周辺照度の低下を抑えることが困難となるからである。なお、図8に示すように、 t も ω と同じく像面に立てた垂線を基準とし、反時計周りを正の方向と定義している。

30

【0159】

さらに、前記変倍光学系は、下記条件式 (19) を満たすことが望ましい。

【0160】

$$0.1 < Y' / TL < 0.5 \quad \dots (19)$$

Y' : 有効像円半径

TL : 変倍域全域において、最も物体側面の面頂点から像面までの光軸上距離の最大値

【0161】

これは、条件式 (19) の上限を上回ると、変倍を行う第2レンズ群 (Gr2) の移動量が小さくなるため、光学的パワーが強くなりすぎて、第2レンズ群 (Gr2) の各レンズに要求される曲率半径等の製造要件を満たすことが困難となるからである。また、条件式 (19) の下限を下回ると、変倍光学系のサイズの点から携帯端末等への搭載が困難となる。

40

【0162】

さらに、前記変倍光学系は、下記条件式 (19') を満たすことがより望ましい。

【0163】

$$0.13 < Y' / TL < 0.3 \quad \dots (19')$$

【0164】

これは、条件式 (19') の上限を上回ると、第2レンズ群 (Gr2) の光学的パワー

50

が強くなり、第2レンズ群 (Gr2) の偏芯誤差感度の上昇を招来するからである。また、条件式 (19') の下限を下回ると、変倍光学系のサイズアップだけでなく、変倍時の移動量の増加に伴う駆動系の負荷も大きくなり、この駆動系が大型化するからである。

【0165】

また、前記変倍光学系は、下記条件式 (20) を満たすことが望ましい。

【0166】

$$0.15 < f_w / T_w < 0.4 \quad \dots (20)$$

T_w : 広角端において、最も物体側面の面頂点から像面までの光軸上距離

【0167】

これは、条件式 (20) の上限を上回ると、非点収差等の補正不足により光学性能を確保することが難しくなり、条件式 (20) の下限を下回ると、サイズ面から携帯端末等への搭載が難しくなるからである。

【0168】

また、前記変倍光学系は、下記条件式 (21) を満たすことが望ましい。

【0169】

$$0.4 < f_t < T_t < 1 \quad \dots (21)$$

T_t : 望遠端において、最も物体側面の面頂点から像面までの光軸上距離

【0170】

これは、条件式 (21) の上限を上回ると、第2レンズ群 (Gr2) の移動量が小さすぎて2~3倍程度の変倍比を得ることが困難となり、条件式 (21) の下限を下回ると、変倍光学系のサイズの点から携帯端末等への搭載が難しくなるからである。

【0171】

前記変倍光学系は、第2レンズ群 (Gr2) 又は第2レンズ群 (Gr2) より像側のレンズ群を単独又は複数群動かすことによりフォーカシングすることが望ましい。これは、第1レンズ群 (Gr1) を繰り出すことによりフォーカシングを行うようにすると、光学全長の観点から不利だからである。また、第1レンズ群 (Gr1) にてフォーカシングすると、周辺光量を確保するために前玉径の増大を招来することになり望ましくない。

【0172】

前記変倍光学系は、2枚以上のレンズを樹脂 (プラスチック) 材料にて構成しても構わない。プラスチックレンズは、多数個取りが可能であり、金型も長寿命であるため、コストや生産性の観点で優れている。

【0173】

さらに、第1レンズ群 (Gr1) 内の負レンズと第3レンズ群 (Gr3) 内の正レンズを樹脂 (プラスチック) 材料にて構成することが望ましい。これは、環境温度の変化に伴って発生するバックフォーカスの変動を小さく抑えることができるからである。

【0174】

また、前記変倍光学系において、全てのレンズ群を単レンズ又は接合レンズで構成することが望ましい。これにより、鏡筒の構成が大幅に簡略化でき、コストダウンを図ることができる。また、このように鏡筒の構成を簡略化できると、これまで光学的には不利でも機械的な制約のために広げざるを得なかったスペースを効率的に活用することができ、結果として更なる変倍光学系のコンパクト化を図ることができる。さらに、接合レンズを用いた場合には、対向するレンズ面間で反射する不要な光の発生を抑制することもできる。

【0175】

また、前記変倍光学系は、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望ましい。これにより、コンパクト化と高画質化との両立を図ることが可能となる。

【0176】

さらに、前記変倍光学系は、物体側から順に、負レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズから成る第1レンズ群 (Gr1)、両凸レンズ、負レンズから成る第2レンズ群 (Gr2)、正レンズから成る第3レンズ群 (Gr3) の構成とすることが望ましい。第1レンズ群 (Gr1) を負正の順とするのは、広角端でのバックフォーカスの確保と広画角な

光線の軸外収差の補正のためであり、物体側に凸の正メニスカスレンズを配置したのは、非点収差を良好に補正することができるからである。第2レンズ群 (Gr2) を正負の順とするのは、第2レンズ群 (Gr2) の主点位置を第1レンズ群 (Gr1) 側に近付けることにより、変倍作用は保ったままで第2レンズ群 (Gr2) の実質的な光学的パワーを軽減し、偏芯誤差感度の低減を行うためであり、両凸レンズを配置したのは、第2レンズ群 (Gr2) のパワーを強め、変倍時の移動量を減らすためである。また、前記実施形態6を除く各実施形態において、前記第2レンズ群 (Gr2) の像面側に、正の光学的パワーを有する第3レンズ群 (Gr3) を備えたことにより、第1レンズ群 (Gr1) 及び第2レンズ群 (Gr2) しか備えられていない場合に比して、第2レンズ群 (Gr2) の移動量が少なく済むとともに、第3レンズ群 (Gr3) により撮像素子受光面への軸外光線の入射角度をテレセントリックに近づけることができる。

10

【0177】

前記各実施形態に共通して、第1レンズ群 (Gr1) に少なくとも1つの非球面を備えたので、非点収差と歪曲収差を良好に補正することができる。また、前記実施形態3, 4においては、負の光学的パワーを有する第4レンズ群も備えたことにより、近距離物体に対する光学性能を大幅に向上することができるとともに、望遠端での射出瞳位置を、撮像面より物体側に配置することができ、その結果、広角端及び望遠端での撮像面光線の入射角度の差を小さくすることができる。

【0178】

第3レンズ群 (Gr3) を備える変倍光学系において、該第3レンズ群 (Gr3) を1又は2枚のレンズで構成し、この第3レンズ群 (Gr3) を物体側に移動させることでフォーカシングを行う構成とすることにより、繰り出しによる前玉レンズ径の増大を招来することなく、近距離物体まで鮮明な画像を得ることができる。なお、第3レンズ群 (Gr3) は、変倍の補助作用と撮像素子への入射角度の調整が主たる役割となる。なお、第3レンズ群の主たる役割は、変倍の補助作用と撮像素子への光の入射角の調整であり、他のレンズ群に比して負担が小さいため、第3レンズ群を構成するレンズの枚数は1枚又は2枚で十分であることから、第3レンズ群 (Gr3) を1又は2枚のレンズで構成している。

20

【0179】

3つ以上のレンズ群を備える変倍光学系においては、3つ以上のレンズ群が光軸方向に可動できるようにするのが望ましい。これは、第2レンズ群 (Gr2) の移動量の制約から2つのレンズ群の移動だけでは変倍比を確保することが困難となるからである。

30

【0180】

次に、本発明に係る変倍光学系を組み込んだ撮像レンズ装置の具体的な実施形態の一例を図を参照しながら説明する。

【0181】

図9は、撮像レンズ装置10の内部構成の一例を示す斜視図である。ただし、ここでは、変倍光学系を構成するレンズ群及びレンズ群の駆動装置等を合わせた撮像レンズ装置の他に、図略の撮像素子を含めた形で示している。この実施例では、変倍光学系は3つのレンズ群から構成されるものとしている。さらに、変倍の際に、第1レンズ群101及び第2レンズ群102を移動させ、変倍及びフォーカシングを行い、第3レンズ群103の位置は固定することを想定している。

40

【0182】

この図に示すように、撮像レンズ装置10は、被写体 (物体) 側から第1レンズ群101、第2レンズ群102及び第3レンズ群103が、各々の光軸を一致させた状態で配列して構成されている。そして、第1～第3レンズ群101～103は、それぞれ支持部材104～106に支持されている。図略の平行平板及び撮像素子は、固定部材107に支持されて、その固定部材107の中心部分に固定されている。第3レンズ群103及びその支持部材106は、撮像素子を支持する固定部材107に固定されており、この固定部材107は、図略の携帯電話機本体部に固設されている。第1及び第2レンズ群の支持

50

部材 104, 105 には、棒状のガイド部材 108 が貫通されているとともに、係合部 104a, 105a が適所に設けられている。

【0183】

また、第2レンズ群 102 を支持する支持部材 105 には、例えばインパクト型アクチュエータからなる駆動ユニット 20 が取り付けられており、第2レンズ群 102 は、この駆動ユニット 20 を含む駆動装置により、支持部材 105 を介して光軸方向に駆動される。駆動ユニット 20 は、より具体的には、支持部材 1、圧電素子 22、駆動部材 23 及び係合部材 24 を備えて構成されている。支持部材 21 は、図略の携帯電話機本体部に固定され、圧電素子 22 及び駆動部材 23 を保持するものである。圧電素子 22 は、その分極方向である伸縮方向を支持部材 21 の軸方向と一致させて設定されている。そして、駆動部材 23 の一端は、圧電素子 22 に、他端は係合部材 24 の側面に固着されている。

10

【0184】

以上のような構成で、図略の駆動手段により圧電素子 22 に電圧が印加されると、圧電素子 22 はその電圧の向きにより、光軸方向に伸張又は収縮する。そして、その伸び又は縮みは、駆動部材 23 を介して接合されている係合部材 24 に伝えられる。この係合部材 24 は、第2レンズ群の支持部材 105 に接合されているので、これにより第1レンズ群 101 と第2レンズ群 102 を移動させることが可能になる。このとき、第1、第2レンズ群 101, 102 の係合部 104a, 105a を、図略のカム部材等にそれぞれ係合させることで、レンズ群に、変倍及びフォーカシング等に必要な所望の動きをさせることが可能となる。また、第3レンズ群の支持部材 106 に、第1及び第2レンズ群の係合部 104a, 105a と同様の係合部を設けることにより、3つのレンズ群を同時に駆動させ、変倍及びフォーカシングを行わせることも可能である。さらに、同様の構成により、4つ以上のレンズ群を設け、それぞれを独立に又は相関を持たせて駆動させ、変倍及びフォーカシングを行わせることも可能である。

20

【0185】

このような撮像レンズ装置において、被写体側から入射した光線は、順に、第1、第2そして第3レンズ群 101 ~ 103 を通過する。そして、第3レンズ群 103 に隣り合って配置された図略の平行平板を通過する。このとき、光学像は、撮像素子において電気的な信号に変換される際に発生する、いわゆる折り返しノイズが最小化されるように修正される。この平行平板は、光学的ローパスフィルター、赤外カットフィルター、撮像素子のカバーガラス等に相当するものである。最後に、図略の撮像素子受光面に物体の光学像が形成され、その後、光学像は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や画像圧縮処理等が施されて、デジタル映像信号として携帯電話機や携帯情報端末等のメモリに記録されたり、有線あるいは無線により他のデジタル機器に伝送されたりする。

30

【0186】

なお、各レンズ群や光学絞り (ST) を駆動させるには、ステッピングモータ等を用いてもよい。あるいは、移動量が小さい場合やレンズ群の重量が軽い場合には、超小型の圧電アクチュエータを各レンズ群に独立に用いてもよい。これにより、各レンズ群を独立に駆動することが可能になるばかりでなく、駆動部の体積や電力消費の増加を抑えつつ、撮像レンズ装置全体の更なるコンパクト化を図ることができる。

40

【0187】

以下、本発明に係る変倍光学系の実施例を、コンストラクション(構成)データ、収差図等を挙げて、さらに具体的に説明する。

【実施例1】

【0188】

実施形態 1 (実施例 1) における、各レンズのコンストラクションデータを表 1 に示す。

【0189】

【表 1】

| レンズ面 | 曲率半径(mm) | 軸上面間隔(mm) | | | 屈折率 | アッペ数 |
|------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| | | W | M | T | | |
| r1* | -16.695 | 0.800 | | | 1.53048 | 55.72 |
| r2* | 5.030 | 0.877 | | | 1.99378 | 28.04 |
| r3 | 6.374 | 1.621 | 3.174 | 1.400 | | |
| r4 | 9.359 | 8.461 | | | | |
| r5 | ∞ | 0.100 | | | | |
| r6* | 3.231 | 1.318 | | | 1.83864 | 41.02 |
| r7 | -5.926 | 1.114 | | | 1.71520 | 25.80 |
| r8* | 3.201 | 1.400 | 6.530 | 9.714 | | |
| r9* | 13.051 | 2.057 | | | 1.53048 | 55.72 |
| r10* | -5.547 | 2.253 | 1.505 | 1.000 | | |
| r11 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r12 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r13 | ∞ | | | | 1.51680 | 64.20 |

| レンズ面 | 円錐係数 | 非球面係数 | | | |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| r1 | 0 | 7.21E-04 | -1.07E-05 | 6.65E-09 | 2.11E-09 |
| r2 | 0 | -1.54E-04 | 3.26E-05 | -2.46E-06 | 2.14E-08 |
| r6 | 0 | -3.56E-04 | -4.71E-04 | 3.54E-04 | -1.21E-04 |
| r8 | 0 | 1.06E-02 | 1.03E-03 | 4.26E-04 | -9.35E-05 |
| r9 | 0 | 2.45E-04 | 5.20E-05 | -4.01E-07 | 5.04E-08 |
| r10 | 0 | 4.80E-03 | -3.42E-04 | 2.97E-05 | -8.57E-07 |

10

20

30

40

50

【0190】

ここに示したものは、表の左から順に、各レンズ面の番号、各面の曲率半径（単位はmm）、広角端（W）、中間点（M）そして望遠端（T）における光軸上での各レンズ面の間隔（軸上面間隔、単位はmm）、各レンズの屈折率mそしてアッペ数である、軸上面間隔M、Tの空欄は、左のW欄の値と同じであることを表している。ここで、各レンズ面の番号 r_i ($i = 1, 2, 3, \dots$)は、図1にも示したように、物体側から数えて i 番目のレンズ面であり、 r_i に*が付された面は非球面である。なお、非球面係数について、例えば「E-05」は、 10^{-5} を表す。

【0191】

また、光学絞り（ST）、平行平板（PL）の両面、そして撮像素子（SR）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 である。

【0192】

レンズの非球面形状は、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、以下の数1により定義する。

【0193】

【数1】

$$Z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10}$$

10

【0194】

ただし、z：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 / 曲率半径）

A, B, C, D：それぞれ4, 6, 8, 10次の非球面係数

k：円錐係数

である。この数1から分かるように、表1に示した非球面レンズに対する曲率半径は、レンズの中心付近の値を示している。

20

【0195】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、本実施例1の全光学系の球面収差（LONGITUDINAL SPHERICAL ABERRATION）、非点収差（ASTIGMATISM）そして歪曲収差（DISTORTION）を、図11の左側から順に示す。この図において、上段は広角端（W）、中段は中間点（M）、下段は望遠端（T）における各収差を表している。また、球面収差と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、歪曲収差の横軸は歪量を全体に対する%で表している。球面収差の縦軸は、入射高で規格化した値で示してあるが、非点収差と歪曲収差の縦軸は像の高さ（像高、単位mm）で表している。さらに球面収差の図には、破線で赤色（波長656.28nm）、実践で黄色（いわゆるd線；波長587.56nm）、そして二点鎖線で青色（波長435.84nm）と、波長の異なる3つの光を用いた場合の収差がそれぞれ示してある。また、非点収差の図中、符号SとTとはそれぞれサジタル（ラディアル）面、タンジェンタル（メリディオナル）面における結果を表している。さらに、非点収差及び歪曲収差の図は、上記黄線（d線）を用いた場合の結果である。この図11から分かるように、本実施例1のレンズ群は、広角端（W）、中間点（M）、望遠端（T）のいずれにおいても、色収差、非点収差がほぼ0.1mm以内、歪曲収差もほぼ5%以内と優れた光学特性を示している。また、この実施例1における広角端（W）、中間点（M）、そして望遠端（T）における焦点距離（単位mm）及びF値を、表8及び表9にそれぞれ示す。これらの表から、本発明では、短焦点で、明るい光学系が実現できていることがわかる。

30

【実施例2】

40

【0196】

次に、実施形態2（実施例2）における、各レンズのコンストラクションデータを表2に示す。

【0197】

【表 2】

| レンズ面 | 曲率半径(mm) | 軸上面間隔(mm) | | | 屈折率 | アッベ数 |
|------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| | | W | M | T | | |
| r1* | -53.091 | 0.500 | | | 1.48740 | 70.44 |
| r2 | 4.282 | 0.776 | | | 2.00330 | 28.30 |
| r3* | 4.967 | 3.472 | 1.629 | 0.500 | | |
| r4 | ∞ | 0.100 | | | | |
| r5* | 3.011 | 1.341 | | | 1.84003 | 40.90 |
| r6 | -2.614 | 0.957 | | | 1.69718 | 26.74 |
| r7* | 3.261 | 1.216 | 4.065 | 5.964 | | |
| r8* | -19.420 | 0.862 | | | 2.00330 | 28.30 |
| r9* | -6.076 | 2.275 | 1.270 | 0.500 | | |
| r10 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r11 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r12 | ∞ | 0.500 | | | 1.51680 | 64.20 |

| レンズ面 | 円錐係数 | 非球面係数 | | | |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| r1 | 0 | -2.85E-03 | 2.67E-04 | -6.27E-06 | -2.23E-07 |
| r3 | 0 | -2.69E-03 | 3.03E-04 | -1.34E-08 | -1.94E-06 |
| r5 | 0 | -2.84E-03 | -8.34E-04 | 2.27E-04 | -8.24E-05 |
| r7 | 0 | 1.47E-02 | 2.08E-04 | 8.80E-04 | -1.40E-04 |
| r8 | 0 | 3.14E-03 | -5.37E-04 | 1.46E-05 | 1.28E-06 |
| r9 | 0 | 4.11E-03 | -1.76E-04 | -4.59E-05 | 3.77E-06 |

10

20

30

40

【実施例 3】

【0198】

次に、実施形態 3（実施例 3）における、各レンズのコンストラクションデータを表 3 に示す。

【0199】

【表 3】

| レンズ面 | 曲率半径(mm) | 軸上面間隔(mm) | | | 屈折率 | アッベ数 |
|------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| | | W | M | T | | |
| r1* | -8.224 | 0.709 | | | 1.55846 | 56.94 |
| r2 | 8.180 | 0.945 | | | 1.92286 | 20.88 |
| r3* | 13.738 | 6.592 | 2.063 | 0.500 | | |
| r4 | ∞ | 0.186 | | | | |
| r5* | 2.700 | 1.654 | | | 1.76134 | 50.41 |
| r6 | -13.138 | 1.079 | | | 1.78847 | 24.83 |
| r7* | 4.113 | 1.064 | 4.926 | 7.408 | | |
| r8* | -107.035 | 1.426 | | | 1.75661 | 51.20 |
| r9 | -5.106 | 1.331 | 0.772 | 0.501 | | |
| r10* | -3.084 | 0.700 | | | 1.50105 | 68.52 |
| r11* | -3.547 | 0.515 | | | | |
| r12 | ∞ | 0.300 | | | | |
| r13 | ∞ | 0.500 | | | 1.51680 | 64.20 |
| r14 | ∞ | | | | | |

| レンズ面 | 円錐係数 | 非球面係数 | | | |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| r1 | 0 | 5.85E-04 | 6.54E-05 | 3.70E-06 | -3.52E-07 |
| r3 | 0 | 2.07E-04 | -1.40E-04 | 5.19E-05 | -3.51E-06 |
| r5 | 0 | -3.13E-05 | -7.76E-04 | 6.46E-04 | -2.06E-04 |
| r7 | 0 | 2.08E-02 | 3.34E-04 | 3.63E-03 | -7.37E-04 |
| r8 | 0 | -1.86E-03 | 2.98E-04 | -3.68E-05 | 1.59E-06 |
| r10 | 0 | 2.17E-02 | 2.47E-03 | -5.45E-04 | 2.83E-05 |
| r11 | 0 | 2.88E-02 | -1.32E-03 | 6.35E-04 | -7.61E-05 |

10

20

30

40

【実施例 4】

【0200】

次に、実施形態 4（実施例 4）における、各レンズのコンストラクションデータを表 4 に示す。

【0201】

【表 4】

| レンズ面 | 曲率半径(mm) | 軸上面間隔(mm) | | | 屈折率 | アッベ数 |
|------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| | | W | M | T | | |
| r1* | 50.100 | 0.500 | | | 1.49208 | 67.04 |
| r2 | 6.578 | 0.800 | | | 1.92286 | 20.88 |
| r3 | 8.776 | 0.050 | | | 1.51790 | 52.31 |
| r4* | 4.409 | 5.679 | 1.742 | 0.500 | | |
| r5 | ∞ | 0.100 | | | | |
| r6* | 3.395 | 1.163 | | | 1.85000 | 40.04 |
| r7 | -5.113 | 2.158 | | | 1.76175 | 23.82 |
| r8* | 4.316 | 0.961 | 5.371 | 8.063 | | |
| r9* | -13.113 | 1.006 | | | 1.84941 | 35.75 |
| r10* | -4.815 | 2.423 | 1.348 | 0.500 | | |
| r11 | ∞ | 0.500 | | | 1.51680 | 64.20 |
| r12 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r13 | ∞ | 0.500 | | | | |

| レンズ面 | 円錐係数 | 非球面係数 | | | |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| r1 | 0 | -5.16E-03 | 4.04E-04 | -1.55E-05 | 2.30E-07 |
| r4 | 0 | -8.39E-03 | 5.76E-04 | -1.86E-05 | -4.43E-07 |
| r6 | 0 | -1.16E-03 | -3.66E-04 | 2.27E-04 | -6.70E-05 |
| r8 | 0 | 1.15E-02 | 4.02E-04 | 5.60E-04 | -4.44E-05 |
| r9 | 0 | -9.17E-04 | 5.42E-04 | -3.89E-05 | 1.69E-06 |
| r10 | 0 | 1.64E-03 | 3.29E-04 | -2.30E-05 | 1.43E-06 |

10

20

30

40

【実施例 5】

【0202】

次に、実施形態 5（実施例 5）における、各レンズのコンストラクションデータを表 5 に示す。

【0203】

【表 5】

| レンズ面 | 曲率半径(mm) | 軸上面間隔(mm) | | | 屈折率 | アッベ数 |
|------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| | | W | M | T | | |
| r1* | 19.985 | 0.500 | | | 1.76995 | 49.05 |
| r2* | 2.381 | 0.927 | | | 1.92286 | 20.88 |
| r3* | 4.108 | 0.802 | 1.197 | 0.500 | | |
| r4* | 6.334 | 3.283 | | | | |
| r5 | ∞ | 0.100 | | | | |
| r6* | 2.409 | 1.168 | | | 1.75450 | 51.57 |
| r7* | -7.608 | 0.172 | | | 1.79850 | 22.60 |
| r8* | -5.473 | 1.345 | | | 1.60703 | 42.03 |
| r9* | 6.822 | 0.933 | 5.827 | 9.114 | 1.51680 | 64.20 |
| r10* | 9.902 | 1.697 | | | | |
| r11* | -16.631 | 1.867 | 1.058 | 0.674 | | |
| r12 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r13 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r14 | ∞ | 0.500 | | | | |

| レンズ面 | 円錐係数 | 非球面係数 | | | |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| r1 | 0 | -9.02E-05 | 2.27E-04 | -5.07E-05 | 3.13E-06 |
| r2 | 0 | -7.80E-03 | 1.48E-03 | -4.32E-05 | -8.16E-05 |
| r3 | 0 | -5.90E-03 | 1.91E-03 | -4.09E-05 | -3.96E-05 |
| r4 | 0 | -6.31E-03 | 1.85E-03 | -1.48E-04 | -3.23E-05 |
| r6 | 0 | -9.99E-04 | 2.10E-03 | -3.59E-04 | 2.38E-04 |
| r7 | 0 | 1.28E-02 | 2.14E-03 | -8.63E-04 | -8.47E-04 |
| r8 | 0 | 1.67E-02 | -3.71E-03 | -7.30E-04 | -1.67E-03 |
| r9 | 0 | 2.81E-02 | 4.53E-03 | -1.64E-03 | 8.44E-04 |
| r10 | 0 | 1.67E-03 | 4.01E-05 | -4.21E-06 | 2.66E-07 |
| r11 | 0 | 5.62E-03 | -3.84E-04 | 2.56E-05 | -7.88E-07 |

10

20

30

40

【実施例 6】

【0204】

次に、実施形態 6（実施例 6）における、各レンズのコンストラクションデータを表 6 に示す。

【0205】

【表 6】

| レンズ面 | 曲率半径(mm) | 軸上面間隔(mm) | | | 屈折率 | アッベ数 |
|------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| | | W | M | T | | |
| r1* | 16.050 | 0.500 | | | 1.75450 | 51.57 |
| r2* | 2.965 | 1.838 | | | | |
| r3* | 8.312 | 1.067 | | | 1.92286 | 20.88 |
| r4* | 15.081 | 5.683 | 2.227 | 0.500 | | |
| r5 | ∞ | 0.100 | | | | |
| r6* | 2.623 | 1.529 | | | 1.66559 | 55.17 |
| r7* | -5.551 | 0.237 | | | | |
| r8* | -3.476 | 2.105 | | | 1.80025 | 22.65 |
| r9* | -34.558 | 3.940 | 5.158 | 6.392 | | |
| r10 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r11 | ∞ | 0.500 | | | 1.51680 | 64.20 |
| r12 | ∞ | 0.500 | | | | |

| レンズ面 | 円錐係数 | 非球面係数 | | | |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| r1 | 0 | 3.08E-04 | 2.10E-04 | -2.52E-05 | 8.39E-07 |
| r2 | 0 | -1.25E-03 | -4.06E-06 | 1.32E-04 | -2.19E-05 |
| r3 | 0 | -1.92E-03 | 2.39E-04 | -2.61E-05 | -4.50E-06 |
| r4 | 0 | -2.59E-03 | 2.51E-04 | -9.73E-05 | 4.27E-06 |
| r6 | 0 | 1.41E-03 | 1.19E-03 | 2.22E-04 | -5.77E-05 |
| r7 | 0 | 2.48E-02 | 1.97E-03 | -1.44E-03 | -9.76E-04 |
| r8 | 0 | 2.87E-02 | -4.53E-03 | -6.12E-04 | -1.44E-03 |
| r9 | 0 | 1.80E-02 | 1.08E-03 | -3.35E-04 | 8.42E-05 |

10

20

30

40

【実施例 7】

【0206】

次に、実施形態 7（実施例 7）における、各レンズのコンストラクションデータを表 7 に示す。

【0207】

【表 7】

| レンズ面 | 曲率半径(mm) | 軸上面間隔(mm) | | | 屈折率 | アッベ数 |
|------|----------|-----------|-------|-------|---------|-------|
| | | W | M | T | | |
| r1* | -14.833 | 0.700 | | | 1.49934 | 68.75 |
| r2 | 6.466 | 0.761 | | | 1.92286 | 20.88 |
| r3* | 7.851 | 5.646 | 1.751 | 0.500 | | |
| r4 | ∞ | 0.100 | | | | |
| r5* | 3.501 | 1.130 | | | 1.88300 | 40.80 |
| r6 | -5.623 | 2.366 | | | 1.79373 | 24.42 |
| r7* | 4.299 | 0.874 | 5.270 | 7.929 | | |
| r8* | -15.793 | 1.015 | | | 1.88300 | 40.80 |
| r9* | -5.130 | 2.355 | 1.297 | 0.500 | | |
| r10 | ∞ | 0.500 | | | | |
| r11 | ∞ | 0.500 | | | 1.51680 | 64.20 |
| r12 | ∞ | 0.500 | | | | |

| レンズ面 | 円錐係数 | 非球面係数 | | | |
|------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| r1 | 0 | -9.31E-04 | 1.49E-04 | -6.36E-06 | 8.67E-08 |
| r3 | 0 | -1.21E-03 | 1.58E-04 | -4.18E-06 | -2.06E-07 |
| r5 | 0 | -1.09E-03 | -3.85E-04 | 2.87E-04 | -8.40E-05 |
| r7 | 0 | 1.11E-02 | 2.80E-04 | 6.24E-04 | -5.85E-05 |
| r8 | 0 | -1.14E-03 | 5.64E-04 | -3.95E-05 | 1.64E-06 |
| r9 | 0 | 1.35E-03 | 3.10E-04 | -1.85E-05 | 1.13E-06 |

10

20

30

40

【0208】

以上のようなレンズ配置、構成のもとでの、本実施例 2 ~ 7 の全光学系の球面収差、非点収差そして歪曲収差を、図 12 ~ 図 17 の左側から順に示す。いずれの実施例におけるレンズ群も、広角端 (W)、中間点 (M)、望遠端 (T) のいずれにおいても、色収差、非点収差ともほぼ 0.1 mm 以内、歪曲収差もほぼ 5% 以内と優れた光学特性を示している。また、この実施例 2 ~ 7 における広角端 (W)、中間点 (M)、そして望遠端 (T) における焦点距離 (単位 mm) 及び F 値を、表 8 及び表 9 にそれぞれ示す。これらの表から、実施例 1 同様、短焦点で、明るい光学系が実現できていることがわかる。

【0209】

さらに、これら実施例 1 ~ 7 において得られた前記式 (1) ~ (21) の値を表 10 に

50

示す。本実施例はいずれの条件式においても、前述した望ましい値が得られていることが分かる。

【0210】

【表8】

焦点距離 (mm)

| | W | M | T |
|------|-----|-----|------|
| 実施例1 | 3.9 | 7.8 | 11.1 |
| 実施例2 | 4.7 | 7.1 | 9.4 |
| 実施例3 | 4.0 | 7.9 | 11.2 |
| 実施例4 | 4.6 | 9.2 | 13.0 |
| 実施例5 | 3.5 | 6.9 | 9.8 |
| 実施例6 | 3.5 | 5.3 | 7.0 |
| 実施例7 | 4.4 | 8.8 | 12.6 |

10

【0211】

【表9】

F値

| | W | M | T |
|------|-----|-----|-----|
| 実施例1 | 3.0 | 4.6 | 5.9 |
| 実施例2 | 2.8 | 3.7 | 4.5 |
| 実施例3 | 2.9 | 4.3 | 5.4 |
| 実施例4 | 2.8 | 4.3 | 5.6 |
| 実施例5 | 2.8 | 4.5 | 5.8 |
| 実施例6 | 3.5 | 4.1 | 4.7 |
| 実施例7 | 2.8 | 4.4 | 5.6 |

30

【0212】

【表 10】

☆条件式数值表

| | 実施例1 | 実施例2 | 実施例3 | 実施例4 | 実施例5 | 実施例6 | 実施例7 |
|---------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 条件式(1) | $\angle N1_{max}$ | 0.46 | 0.52 | 0.36 | 0.43 | 0.15 | 0.42 |
| 条件式(2) | $f2/fw$ | 1.91 | 1.11 | 1.47 | 1.26 | 1.28 | 1.30 |
| 条件式(3) | Lb/fw | 0.47 | 0.28 | 0.31 | 0.29 | 0.44 | 0.30 |
| 条件式(4) | N_{max} | 1.99378 | 2.00330 | 1.92286 | 1.92286 | 1.92286 | 1.92286 |
| 条件式(5) | N_{asp} | — | 2.00330 | 1.92286 | 1.92286 | 1.92286 | 1.92286 |
| 条件式(6) | $\angle \nu 1_{max}$ | 27.7 | 42.1 | 36.1 | 46.2 | 28.2 | 47.9 |
| 条件式(7) | $f1p/f1$ | 1.25 | 1.62 | 1.86 | 2.00 | 1.97 | 2.67 |
| 条件式(8) | $f1/fw$ | 3.26 | 2.57 | 2.75 | 2.63 | 1.59 | 2.66 |
| 条件式(9) | $f1/ft$ | 1.14 | 1.29 | 0.97 | 0.93 | 0.56 | 0.94 |
| 条件式(10) | $f1n/f1p$ | 0.45 | 0.41 | 0.36 | 0.64 | 0.33 | 0.28 |
| 条件式(11) | $N3p$ | 1.53048 | 2.00330 | 1.75661 | 1.84941 | 1.60703 | 1.88300 |
| 条件式(12) | $f2/ft$ | 0.67 | 0.55 | 0.52 | 0.44 | 0.45 | 0.46 |
| 条件式(13) | $\angle \nu 2_{max}$ | 15.2 | 14.2 | 25.6 | 16.2 | 29.0 | 16.4 |
| 条件式(14) | $f2/f2p$ | 1.04 | 1.04 | 1.25 | 1.09 | 1.42 | 1.07 |
| 条件式(15) | $N2p$ | 1.83864 | 1.84003 | 1.76134 | 1.85000 | 1.75450 | 1.88300 |
| 条件式(16) | $f2/f3$ | 0.97 | 0.61 | 0.83 | 0.68 | 0.42 | 0.70 |
| 条件式(17) | αw | 16.9 | 23.5 | 22.2 | 22.4 | 25.0 | 23.1 |
| 条件式(18) | $\alpha w - \alpha t$ | 21.8 | 17.8 | 13.0 | 21.8 | 28.2 | 23.1 |
| 条件式(19) | Y/TL | 0.14 | 0.26 | 0.15 | 0.20 | 0.18 | 0.20 |
| 条件式(20) | fw/Tw | 0.18 | 0.38 | 0.23 | 0.29 | 0.25 | 0.28 |
| 条件式(21) | ft/Tt | 0.53 | 0.75 | 0.68 | 0.82 | 0.55 | 0.79 |

10

20

30

40

【0213】

以上説明したように、本発明に係る変倍光学系を組み込んだ撮像レンズ装置は、小型・軽量であるため、携帯電話機等のデジタル機器に搭載することが可能であり、これにより、静止画又は動画撮影を所望の拡大率で行うことができる。さらに、高画素の撮像素子（200万画素クラス以上の撮像素子）にも対応可能な高い光学性能を有しているため、補

50

間を必要とする電子ズーム方式に対しても高い優位性を有する。

【0214】

なお、本発明は、前記実施形態に加えて、あるいは前記実施形態に代えて次の形態(1)~(3)に説明する変形形態も採用可能である。

【0215】

(1)前記各実施例の変倍光学系において、非球面を有するレンズは、モールドで成形しても構わないし、或いはガラス材料と樹脂材料との複合型のレンズとしても構わない。モールドタイプは硝材が限定されるが、大量生産ができる。一方、前記複合型のレンズは、基板と成り得るガラス材料が非常に多く、設計の自由度が高い。特に本発明のような高屈折材料を用いた非球面レンズは、一般的にはモールドによる成形が比較的難しいので、複合型の利点を最大限活用することができる。

10

【0216】

(2)前記各実施例の変倍光学系において、光学絞り(ST)として、撮像素子に対して遮光を行う機能を有するメカニカルシャッターを配置しても良い。メカニカルシャッターを備えた場合には、例えば撮像素子としてCCD方式を用いた場合のスミアの発生を防止することができる。

【0217】

(3)前記各実施例の変倍光学系は、各レンズ群や絞り、あるいはシャッターの駆動にあたり、従来通りカムやステッピングモータを用いても良いし、あるいは、移動量が少ない場合や駆動対象のレンズ群が比較的軽量である場合には、超小型の圧電アクチュエータを用いることで、駆動部のサイズや電力消費の増加を抑えつつ、各レンズ群を独立に駆動させることも可能となり、装置の更なるコンパクト化を図ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0218】

【図1】本発明に係る変倍光学系の実施形態1における光軸を縦断した断面図である。

【図2】本発明に係る変倍光学系の実施形態2における光軸を縦断した断面図である。

【図3】本発明に係る変倍光学系の実施形態3における光軸を縦断した断面図である。

【図4】本発明に係る変倍光学系の実施形態4における光軸を縦断した断面図である。

【図5】本発明に係る変倍光学系の実施形態5における光軸を縦断した断面図である。

【図6】本発明に係る変倍光学系の実施形態6における光軸を縦断した断面図である。

30

【図7】本発明に係る変倍光学系の実施形態7における光軸を縦断した断面図である。

【図8】主光線の像面入射角の定義を示す模式図である。

【図9】本発明に係る変倍光学系と撮像素子とを備えた撮像レンズ装置の内部構成の一例を示す斜視図である。

【図10】実施例1~7の変倍光学系におけるレンズ群の移動のさせ方を示す模式図である。

【図11】実施例1の変倍光学系におけるレンズ群の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す収差図である。

【図12】実施例2の変倍光学系におけるレンズ群の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す収差図である。

40

【図13】実施例3の変倍光学系におけるレンズ群の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す収差図である。

【図14】実施例4の変倍光学系におけるレンズ群の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す収差図である。

【図15】実施例5の変倍光学系におけるレンズ群の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す収差図である。

【図16】実施例6の変倍光学系におけるレンズ群の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す収差図である。

【図17】実施例7の変倍光学系におけるレンズ群の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す収差図である。

50

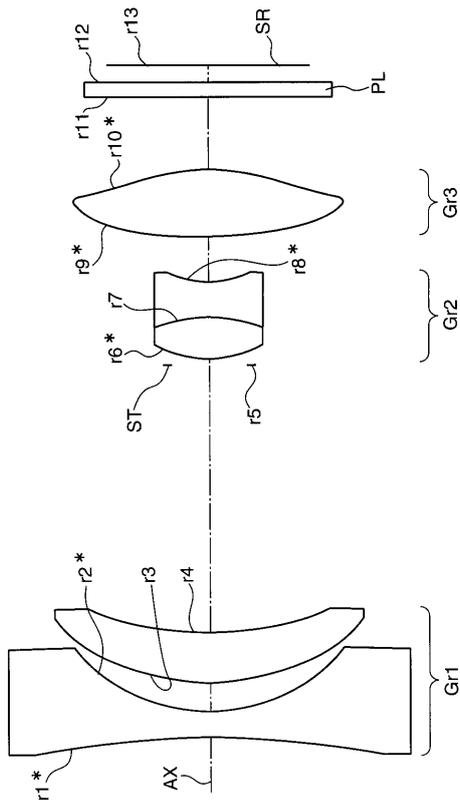
【図18】(a)は、本発明に係る変倍光学系を搭載したカメラ付携帯電話機の操作面を示す外観構成図、(b)は、本発明に係る変倍光学系を搭載したカメラ付携帯電話機の操作面の裏面を示す外観構成図である。

【符号の説明】

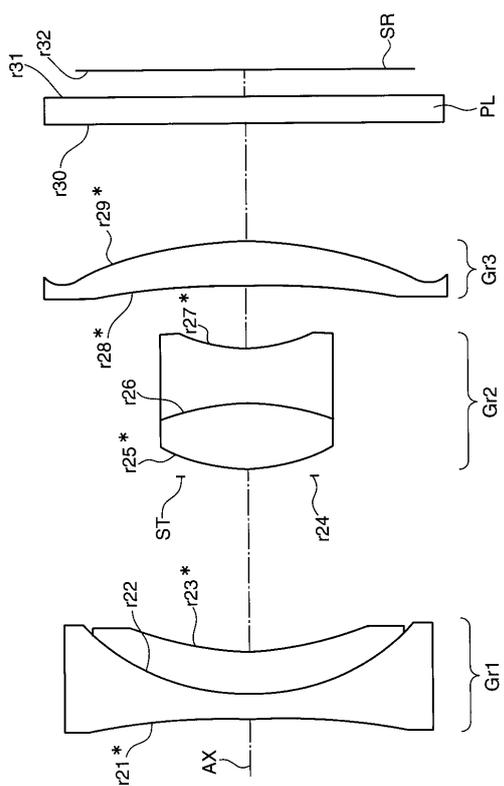
【0219】

- Gr1 第1レンズ群
- Gr2 第2レンズ群
- Gr3 第3レンズ群
- Gr4 第4レンズ群
- ST 光学絞り
- PL 平行平板
- SR 撮像素子
- AX 光軸
- 10 撮像レンズ装置
- 101 第1レンズ群
- 102 第2レンズ群
- 103 第3レンズ群
- 204 変倍ボタン
- 207 撮像レンズ装置(カメラ)

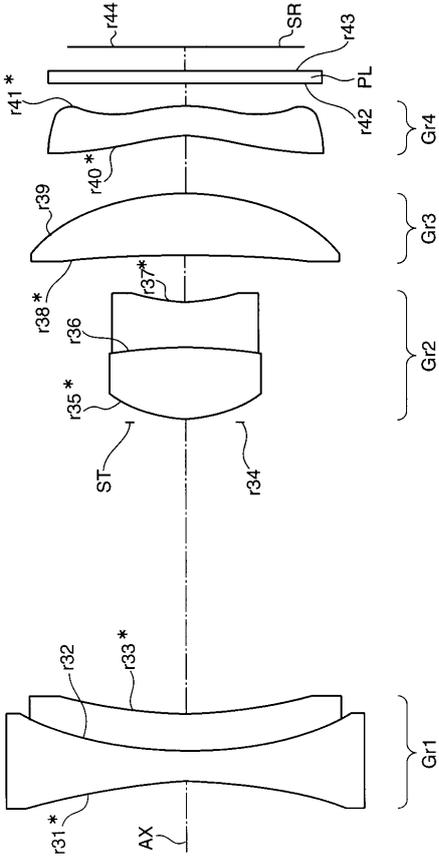
【図1】



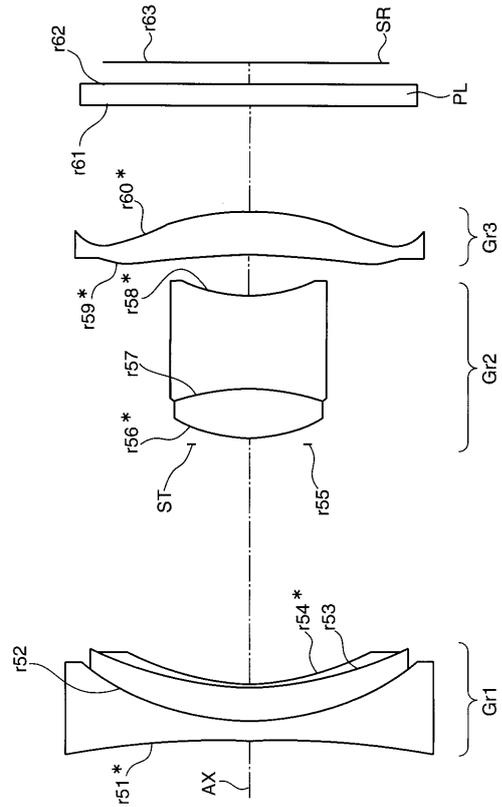
【図2】



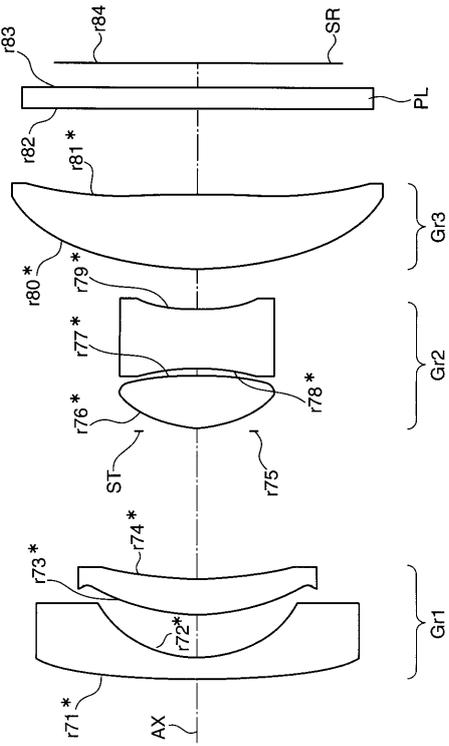
【 図 3 】



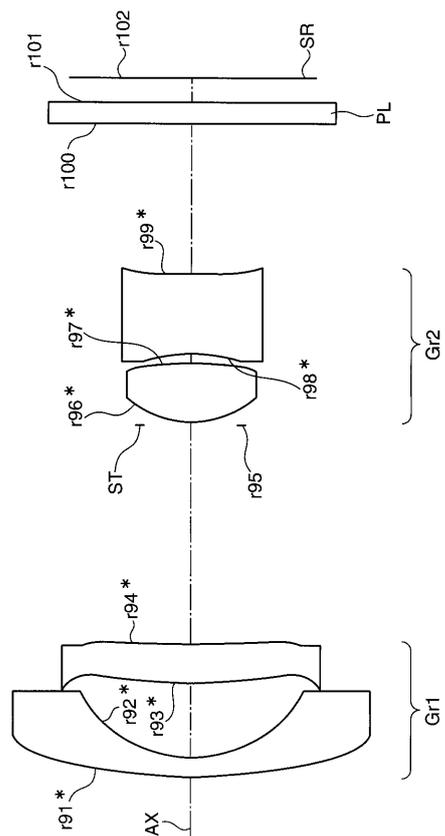
【 図 4 】



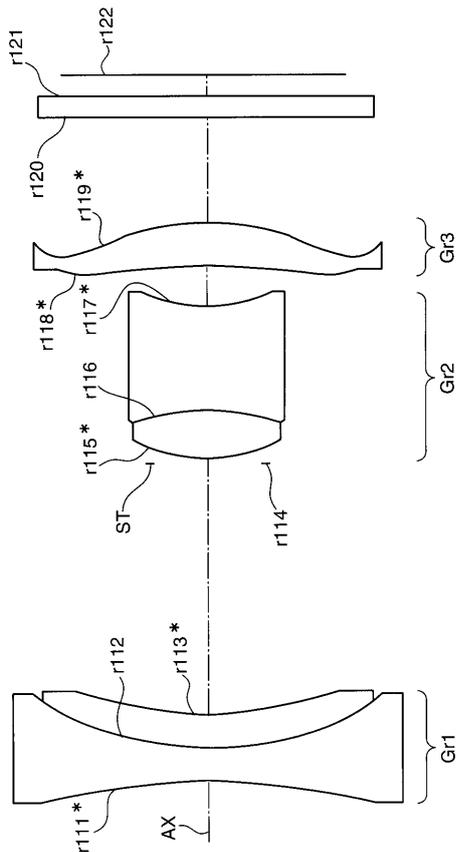
【 図 5 】



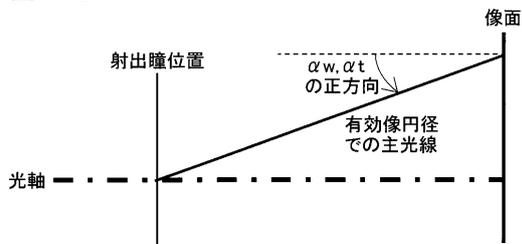
【 図 6 】



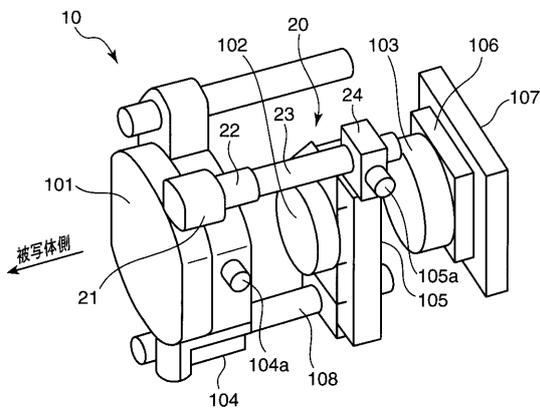
【 図 7 】



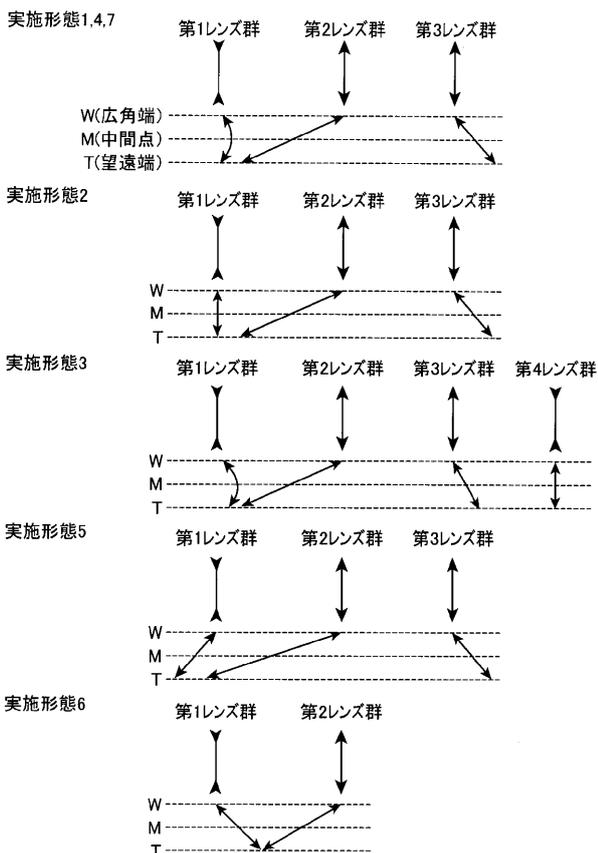
【 図 8 】



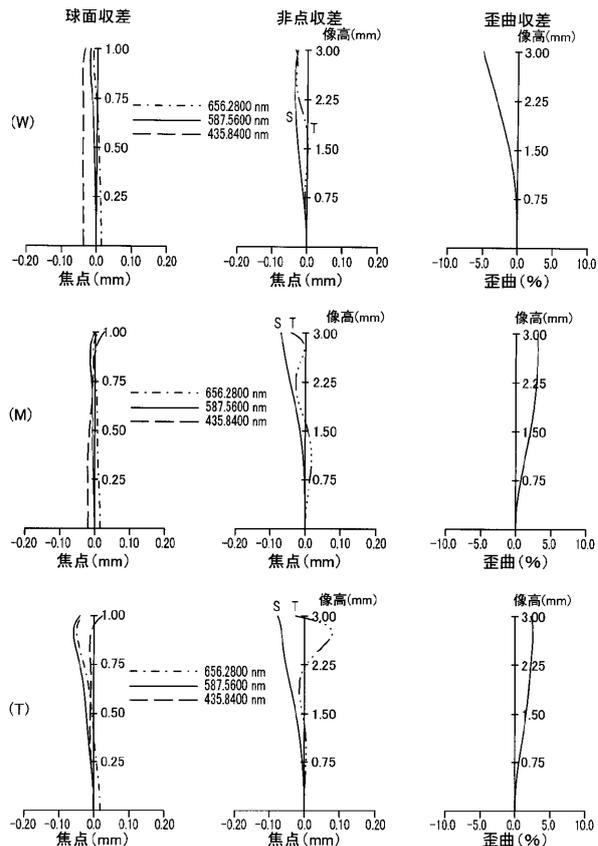
【 図 9 】



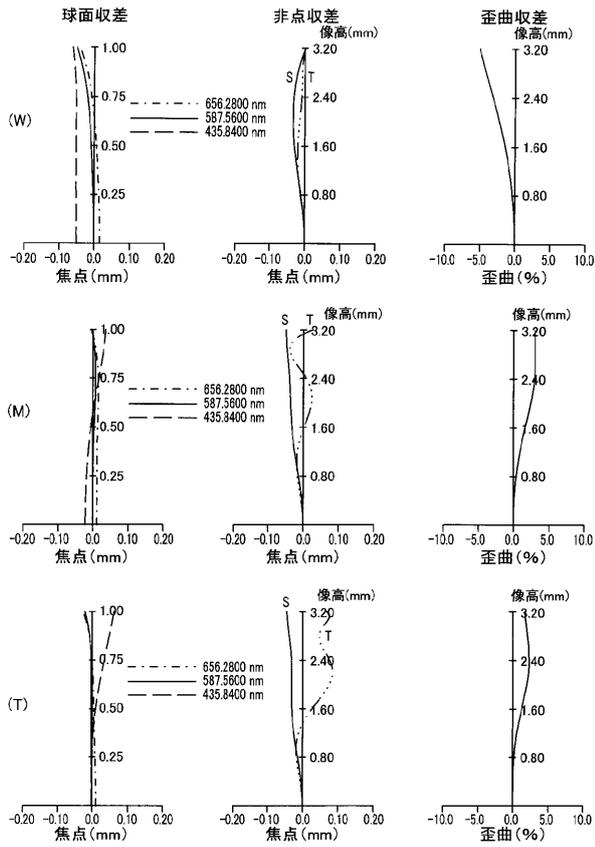
【 図 10 】



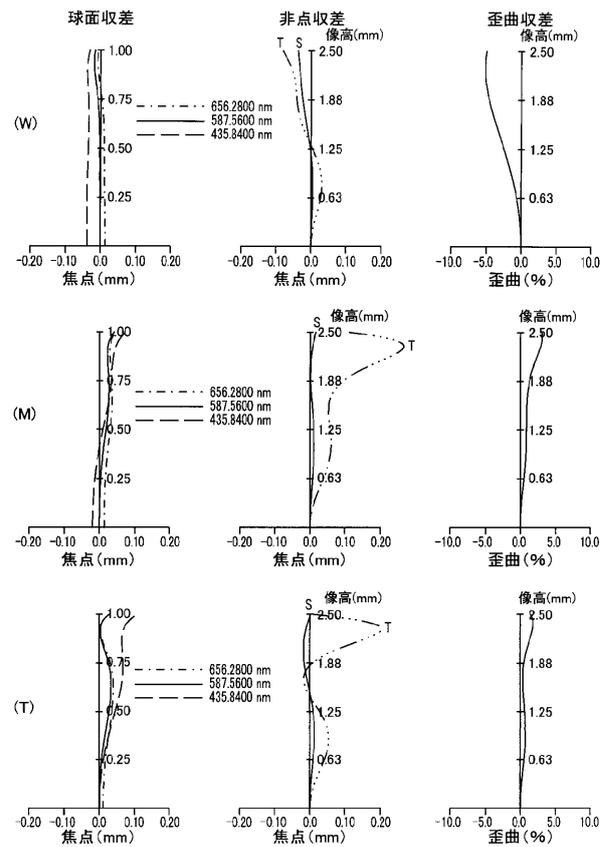
【 図 11 】



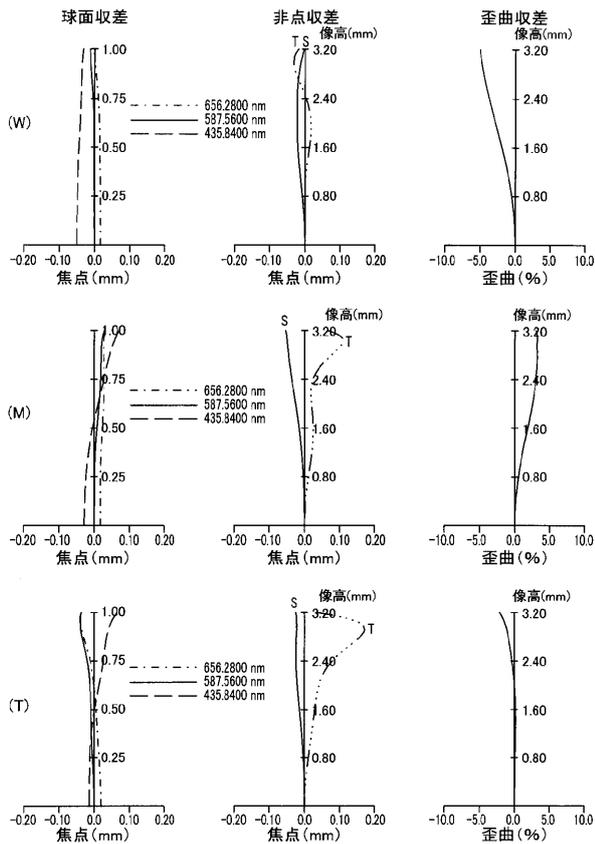
【图 1 2】



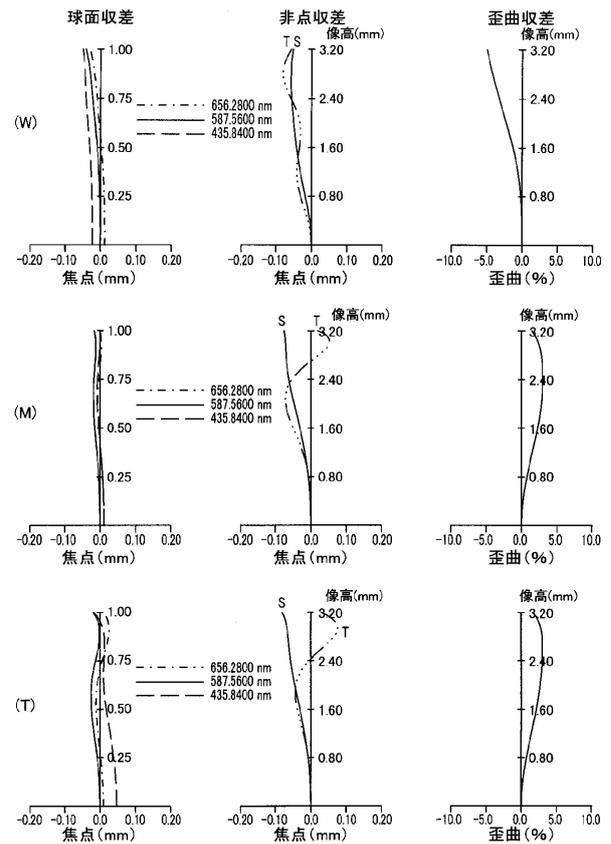
【图 1 3】



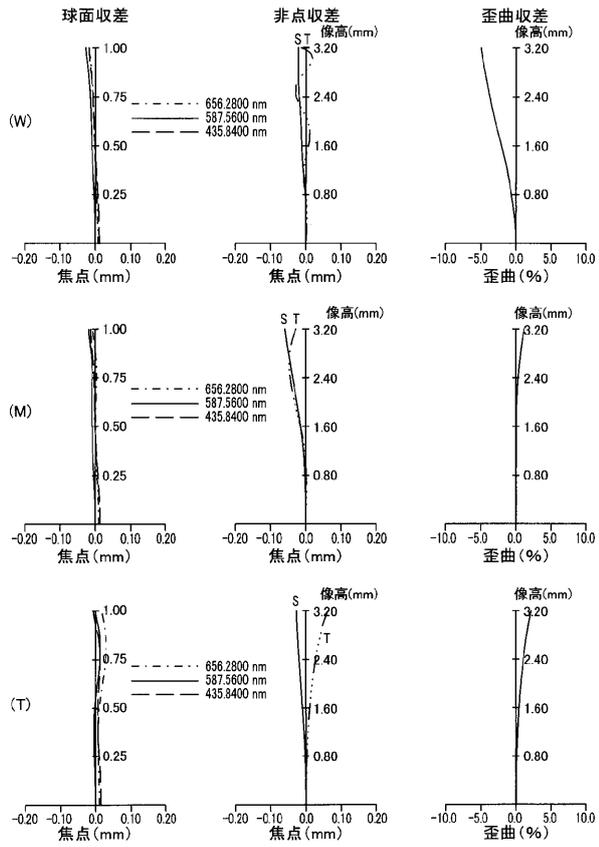
【图 1 4】



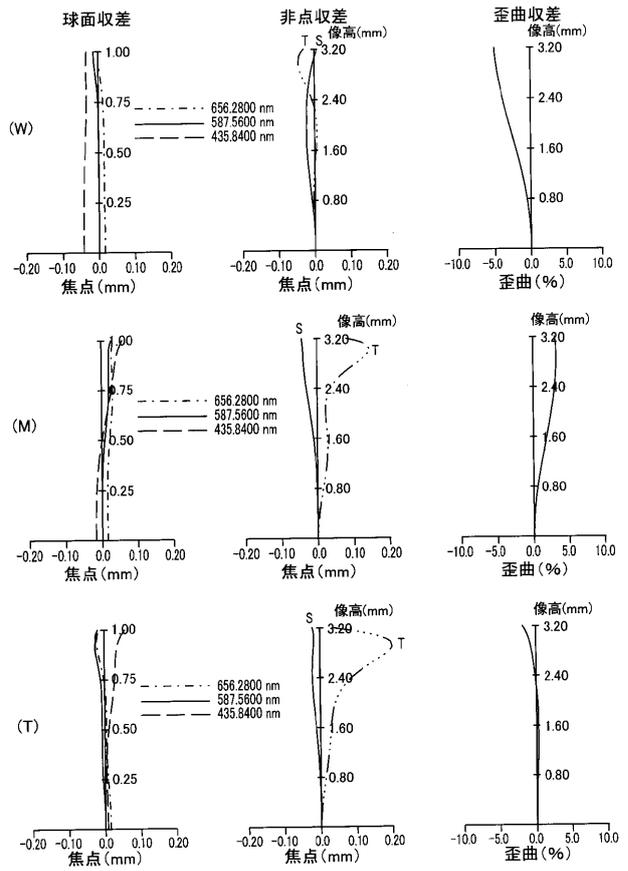
【图 1 5】



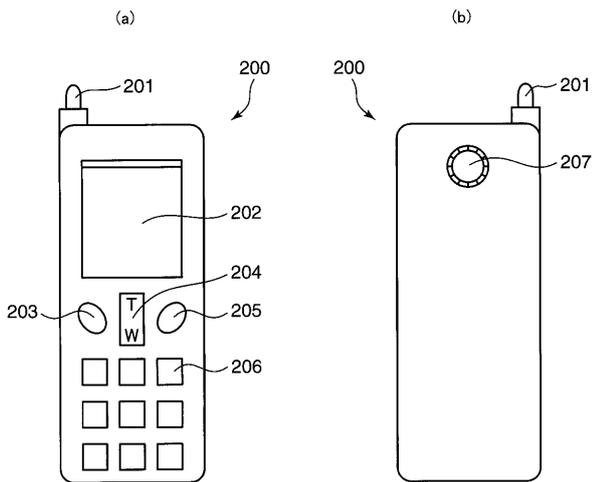
【图 16】



【图 17】



【图 18】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA02 KA03 PA03 PA04 PA05 PA17 PA19 PB04 PB05 PB06
QA02 QA03 QA07 QA17 QA19 QA21 QA25 QA26 QA32 QA34
QA37 QA41 QA42 QA45 QA46 RA04 RA05 RA12 RA13 RA42
RA44 SA07 SA09 SA14 SA16 SA19 SA24 SA26 SA29 SA33
SA62 SA63 SA64 SA72 SA75 SB03 SB04 SB13 SB22 SB32