

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4672755号
(P4672755)

(45) 発行日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)

(24) 登録日 平成23年1月28日 (2011. 1. 28)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 2 B 15/16 (2006. 01)

G O 2 B 15/16

G O 2 B 15/163 (2006. 01)

G O 2 B 15/163

G O 2 B 13/18 (2006. 01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2008-170863 (P2008-170863)
(22) 出願日 平成20年6月30日 (2008. 6. 30)
(65) 公開番号 特開2010-8917 (P2010-8917A)
(43) 公開日 平成22年1月14日 (2010. 1. 14)
審査請求日 平成22年6月7日 (2010. 6. 7)

(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 富岡 右恭
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 森内 正明

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】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第2レンズ群とから構成され、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の光軸上の間隔を変化させることにより変倍を行い、該変倍に伴う像面位置の補正を前記第1レンズ群を光軸に沿って移動させることにより行う変倍光学系であって、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、3枚の負メニスカスレンズを含む第1サブレンズ群と、両凹レンズおよび正レンズを含む第2サブレンズ群とが配されてなり、

前記第2レンズ群は、最も物体側に配置された少なくとも1面が非球面の第1の正レンズと、該第1の正レンズの像側の直後に配置された第2の正レンズとを含み、

前記第1レンズ群の焦点距離の絶対値を $|f_1|$ とし、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、下記条件式(1)を満たすことを特徴とする変倍光学系。

$$1.9 < |f_1| / f_w < 3.6 \quad \dots \quad (1)$$

【請求項 2】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群とから構成され、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群の光軸上の間隔を変化させることにより変倍を行い、該変倍に伴う像面位置の補正を前記第1レンズ群を光軸に沿って移動させることにより行い、前記第3レンズ群は変倍時に固定されている変倍光学系であって、

10

20

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、3 枚の負メニスカスレンズを含む第 1 サブレンズ群と、両凹レンズおよび正レンズを含む第 2 サブレンズ群とが配されてなり、

前記第 2 レンズ群は、最も物体側に配置された少なくとも 1 面が非球面の第 1 の正レンズと、該第 1 の正レンズの像側の直後に配置された第 2 の正レンズとを含み、

前記第 1 レンズ群の焦点距離の絶対値を $|f_1|$ とし、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、下記条件式 (1) を満たすことを特徴とする変倍光学系。

$$1.9 < |f_1| / f_w < 3.6 \quad \dots \quad (1)$$

【請求項 3】

前記第 1 サブレンズ群に含まれる全ての負メニスカスレンズの d 線における屈折率の平均を N_{1m} としたとき、下記条件式 (2) を満たす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。

$$N_{1m} > 1.70 \quad \dots \quad (2)$$

【請求項 4】

前記第 2 サブレンズ群に含まれる正レンズの d 線におけるアッペ数を $2p$ としたとき、下記条件式 (3) を満たす正レンズが少なくとも 1 つあることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

$$2p < 20.0 \quad \dots \quad (3)$$

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群が、物体側から順に、負メニスカスレンズと、負メニスカスレンズと、負メニスカスレンズと、両凹レンズと、正レンズの 5 枚の単レンズが配されてなることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群が、物体側から順に、両凸レンズである前記第 1 の正レンズと、両凸レンズである前記第 2 の正レンズと、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、両凸レンズとが配されてなる 4 枚構成であることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群の前記負メニスカスレンズの d 線における屈折率を N_{23} としたとき、下記条件式 (4) を満たすことを特徴とする請求項 6 に記載の変倍光学系。

$$N_{23} > 1.95 \quad \dots \quad (4)$$

【請求項 8】

前記第 2 レンズ群の像側に、変倍時に固定されている負の屈折力を有する第 3 レンズ群をさらに備えていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 9】

前記第 1 サブレンズ群に含まれる少なくとも 1 つの負メニスカスレンズが少なくとも 1 面の非球面を有することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系を備えたことを特徴とする撮像装置

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ビデオカメラや電子スチルカメラ等に用いられる変倍光学系および撮像装置に関し、特に監視カメラ用途として好適に使用可能な変倍光学系および該変倍光学系を備えた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、無人の施設を稼働させるために監視カメラが用いられているが、近年ではその需

10

20

30

40

50

要が増大しており、中でも変倍可能なものが求められている。このような監視カメラ用の変倍光学系としては、低照度の撮影条件下でも被写体を特定できるように大口径比の明るい光学系であることが要求される。また、監視カメラに適用する光学系としては、コンパクトで良好な光学性能を有するものが求められている。

【 0 0 0 3 】

大口径比でありながら、小型で良好な光学性能を有し、監視カメラに搭載可能な変倍光学系としては、例えば、下記特許文献 1、2 に記載のものが知られている。特許文献 1 には、物体側から順に、負の第 1 群と、絞りと、正の第 2 群とを有し、第 1 群が負、負、正の 3 枚の単レンズからなる光学系が記載されている。特許文献 2 には、物体側から順に、負の第 1 群と、正の第 2 群とを有し、第 2 群は群中に絞りを含み、第 2 群の最も物体側に

10

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 1 1 9 5 7 4 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 9 4 1 7 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

ところで、監視カメラ用途の光学系には、広い範囲まで監視可能なように、さらなる広角化が要望されている。また、近年では、監視カメラ用途でも、より高画質な映像を望む声が高まってきており、そのため 1 0 0 万画素以上の撮像素子を有するカメラに対応可能な変倍光学系への要望が高まっている。しかしながら、従来の光学系では、監視カメラ用途に必要な大口径比を維持しつつ、広角化を図りながら、近年の高画素化に対応可能な光学性能を実現することは困難であった。

20

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、小型かつ大口径比でありながら、さらなる広角化を図り、高画質の画像を取得可能な高い光学性能を保持する変倍光学系および該変倍光学系を備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の第 1 の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第 2 レンズ群とから構成され、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の光軸上の間隔を変化させることにより変倍を行い、該変倍に伴う像面位置の補正を第 1 レンズ群を光軸に沿って移動させることにより行う変倍光学系であって、第 1 レンズ群は、物体側から順に、3 枚の負メニスカスレンズを含む第 1 サブレンズ群と、両凹レンズおよび正レンズを含む第 2 サブレンズ群とが配されてなり、第 2 レンズ群は、最も物体側に配置された少なくとも 1 面が非球面の第 1 の正レンズと、該第 1 の正レンズの像側の直後に配置された第 2 の正レンズとを含み、第 1 レンズ群の焦点距離の絶対値を $|f_1|$ とし、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、下記条件式 (1) を満たすことを特徴とするものである。

30

$$1.9 < |f_1| / f_w < 3.6 \quad \dots \quad (1)$$

本発明の第 2 の変倍光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群とから構成され、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の光軸上の間隔を変化させることにより変倍を行い、該変倍に伴う像面位置の補正を第 1 レンズ群を光軸に沿って移動させることにより行い、第 3 レンズ群は変倍時に固定されている変倍光学系であって、第 1 レンズ群は、物体側から順に、3 枚の負メニスカスレンズを含む第 1 サブレンズ群と、両凹レンズおよび正レンズを含む第 2 サブレンズ群とが配されてなり、第 2 レンズ群は、最も物体側に配置された少なくとも 1 面が非球面の第 1 の正レンズと、該第 1 の正レンズの像側の直後に配置された第 2 の正レンズとを含み、第 1 レンズ群の焦点距離の絶対値を $|f_1|$ とし、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、下記条件式 (1) を満たすことを特徴とするものである。

40

50

$$1.9 < |f_1| / f_w < 3.6 \quad \dots \quad (1)$$

【0007】

なお、「第1の正レンズの像側の直後に配置された第2の正レンズ」とは、第1の正レンズと第2の正レンズの間の距離的なものを意味するのではなく、第1の正レンズと第2の正レンズの間にパワーを有する光学要素がないという意味である。

【0008】

本発明の変倍光学系は、物体側に少なくとも3枚の負メニスカスレンズを有する第1サブレンズ群を配置することで、歪曲収差を抑えつつ広角化を達成することが可能となる。また、第2レンズ群の最も物体側のレンズを非球面レンズとすることで、口径比の増大に伴って増加する傾向にある球面収差の補正が容易となるため、大口径比を実現しやすくなる。さらにこの非球面レンズにより、球面収差以外の収差についても補正が容易となるため、小型化を図りつつ高い光学性能を得ることが容易になる。また、本発明の変倍光学系は、条件式(1)を満たすことで全系に対する第1レンズ群のパワーの比を好適な範囲に保ち、小型化を図りつつ望遠端での球面収差を抑制することが可能となり、大口径比で高画質の画像を取得可能な光学系を実現することができる。

10

【0009】

本発明の変倍光学系においては、第1サブレンズ群に含まれる全ての負メニスカスレンズのd線における屈折率の平均を N_{1m} としたとき、下記条件式(2)を満たすことが好ましい。

$$N_{1m} > 1.70 \quad \dots \quad (2)$$

20

【0010】

また、本発明の変倍光学系においては、第2サブレンズ群に含まれる正レンズのd線におけるアッペ数を $2p$ としたとき、下記条件式(3)を満たす正レンズが少なくとも1つあることが好ましい。

$$2p < 20.0 \quad \dots \quad (3)$$

【0011】

また、本発明の変倍光学系においては、第1レンズ群が、物体側から順に、負メニスカスレンズと、負メニスカスレンズと、負メニスカスレンズと、両凹レンズと、正レンズの5枚の単レンズが配されてなるように構成してもよい。

【0012】

また、本発明の変倍光学系においては、第2レンズ群が、物体側から順に、両凸レンズである前記第1の正レンズと、両凸レンズである前記第2の正レンズと、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、両凸レンズとが配されてなる4枚構成であるように構成してもよい。

30

【0013】

また、本発明の変倍光学系においては、第2レンズ群の前記負メニスカスレンズのd線における屈折率を N_{23} としたとき、下記条件式(4)を満たすことが好ましい。

$$N_{23} > 1.95 \quad \dots \quad (4)$$

【0014】

また、本発明の変倍光学系においては、第2レンズ群の像側に、変倍時に固定されている負の屈折力を有する第3レンズ群をさらに備えているように構成してもよい。

40

【0015】

また、本発明の変倍光学系においては、第1サブレンズ群に含まれる少なくとも1つの負メニスカスレンズが少なくとも1面の非球面を有することが好ましい。

【0016】

本発明の撮像装置は、上記記載の変倍光学系を備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0017】

本発明の変倍光学系によれば、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第2レンズ群とから構成される系、または、物体側から順に

50

、負の屈折力を有する第１レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第２レンズ群と、負の屈折力を有する第３レンズ群とから構成される系において、第１レンズ群の物体側に少なくとも３枚の負メニスカスレンズを有し、第２レンズ群の最も物体側に非球面レンズを配置し、各レンズ群の構成を好適に設定し、条件式（１）を満たすようにしているため、小型かつ大口径比でありながら、広角化が図られ、高画質の画像を取得可能な高い光学性能を保持する光学系を実現することができる。

【００１８】

本発明の撮像装置は、本発明の変倍光学系を備えているため、小型に構成可能であり、広い視野範囲を有し、低照度の撮影条件下においても良好に使用可能で、高画質の映像を得ることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

【００２０】

図１は、本発明の一実施の形態にかかる変倍光学系の構成を示す断面図である。この図１の構成例は、後述の実施例１の変倍光学系に対応している。なお、図１の左側が物体側、右側が像側であり、図１は、広角端における無限遠合焦時のレンズ配置を示したものであり、広角端から望遠端へ変倍するときの各レンズ群の移動軌跡をその下に模式的に矢印で示している。

【００２１】

20

この変倍光学系は、光軸Ｚに沿って、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、開口絞りＳｔと、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２とを備えている。このような負のパワーが先行する構成は、広角化に適し、バックフォーカスの確保も比較的容易であるという特長を有している。

【００２２】

なお、図１に示す開口絞りＳｔは必ずしも大きさや形状を表すものではなく、光軸Ｚ上の位置を示すものである。

【００２３】

図１では、変倍光学系が撮像装置に適用される場合を考慮して、変倍光学系の結像面に配置された撮像素子５も図示している。撮像素子５は、変倍光学系によって結像された被写体の像を撮像するものであり、撮像素子５の撮像面が変倍光学系の結像面に位置するように配置される。

30

【００２４】

変倍光学系を撮像装置に適用する際には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、光学系と結像面（撮像面）の間にカバーガラスや、赤外線カットフィルタ、ローパスフィルタなどの各種フィルタ等を配置することが好ましく、図１では、これらを想定した平行平板状の光学部材ＰＰが第２レンズ群Ｇ２と撮像素子５との間に配置された例を示している。

【００２５】

この変倍光学系は、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２の光軸Ｚ上の間隔を変化させることにより変倍を行い、その変倍に伴う像面位置の補正を第１レンズ群Ｇ１を光軸Ｚに沿って移動させることにより行うように構成されている。第１レンズ群Ｇ１および第２レンズ群Ｇ２は、広角端から望遠端へと変倍させるに従い、図１に実線の矢印で示した軌跡を描くように移動する。また、この変倍光学系は、第１レンズ群Ｇ１を光軸Ｚに沿って移動させることによりフォーカシングを行うものであり、第１レンズ群Ｇ１は、フォーカス群としての機能も兼ねている。

40

【００２６】

第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、少なくとも３枚の負メニスカスレンズを含む第１サブレンズ群Ｇ１１と、物体側から順に両凹レンズと正レンズとを含む第２サブレンズ群Ｇ１２とが配されてなる。

50

【0027】

例えば、第1レンズ群G1は、図1に示す例のように、物体側から順に、3枚の負メニスカスレンズであるレンズL11、L12、L13と、両凹レンズであるレンズL14と、正レンズであるレンズL15の5枚の単レンズからなるように構成することができる。この例では、第1サブレンズ群G11はレンズL11、L12、L13からなり、第2サブレンズ群G12はレンズL14、L15からなる。

【0028】

レンズ系の最も物体側に、負メニスカスレンズを配置することで、望遠端での球面収差の補正がしやすくなるとともに、広角化に有利となる。さらに、本実施形態の変倍光学系は、少なくとも3枚の負メニスカスレンズを含むように構成されている点が特徴であり、以下に述べるような、従来技術では得られない効果を得ることができる。

10

【0029】

特許文献1に記載の従来の光学系も第1レンズ群の最も物体側に負メニスカスレンズを1枚有しているが、1枚だけであるため、系を広角化するに伴って歪曲収差が増大してしまう。これに対して、本実施形態の変倍光学系では、第1レンズ群G1の最も物体側に、負メニスカスレンズを少なくとも3枚配置するようにしているため、歪曲収差を抑えつつ広角化を達成することが可能となる。

【0030】

なお、第1レンズ群G1の第1サブレンズ群G11に含まれる少なくとも1つの負メニスカスレンズが少なくとも1面の非球面を有するように構成してもよく、この場合には、諸収差をより良好に補正することができる。

20

【0031】

第1レンズ群G1の第2サブレンズ群G12は、図1のレンズL14で例示されるように負の両凹レンズを含んでおり、これにより、第1レンズ群G1に必要とされる負のパワーを確保しやすくなり、少ないレンズ枚数で小型化を図りつつ、効率良く収差補正することができる。

【0032】

また、第1レンズ群G1は、図1のレンズL15で例示されるように正レンズを含んでいることから、この正レンズより物体側の発散光束に収束作用を施して正の第2レンズ群G2へ導くことができるとともに、第1レンズ群G1における収差のバランスがとりやすくなる。

30

【0033】

第2レンズ群G2は、最も物体側に配置された少なくとも1面が非球面とされた第1の正レンズと、該第1の正レンズの像側の直後に配置された第2の正レンズとを備えるように構成される。

【0034】

例えば、第2レンズ群G2は、図1に示す例のように、物体側から順に、少なくとも1面が非球面とされた両凸形状の正レンズであるレンズL21と、両凸形状の正レンズであるレンズL22と、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズであるレンズL23と、両凸形状のレンズL24の4枚の単レンズが配されてなるように構成することができる。

40

【0035】

第2レンズ群G2においては、最も物体側のレンズL21を非球面レンズとすることで、レンズ周辺部を通る光線に関する諸収差を補正しやすくなる。特に、大口径比に伴って発生する球面収差の補正をしやすくなり、大口径比を確保しやすくなる。仮に、レンズL21が球面レンズで構成されている場合には、光軸から離れて周辺に向かうに従い、正のパワーが強くなり、周辺部ほど球面収差が補正過剰となる虞がある。これに対して、本実施形態のように、レンズL21を非球面レンズとして、図1に示す例のように、レンズL21の形状を光軸近傍から周辺に向かうに従い正のパワーが弱くなるように構成すれば、球面収差が補正過剰となるのを防止し、球面収差の発生量を抑制することができるため、大口径比を実現するのが容易となる。

50

【 0 0 3 6 】

さらに、レンズ L 2 1 を非球面レンズとすることで、球面収差以外の諸収差の補正もしやすくなり、小型化を図りつつ高い光学性能を確保することが容易になる。特に、図 1 に示す例のように、物体側の面 S 1 2 および像側の面 S 1 3 の両面が非球面とされた両凸レンズとすることにより、小型化を図りつつより高い収差補正効果を得ることができる。ここで、このレンズ L 2 1 の両凸形状は、物体側は光束を集束させていくために強い曲率の凸形状が適していることから、また像側は色収差補正を良好とするために凸形状が適していることから決定されている。

【 0 0 3 7 】

また、図 1 に示す例のように、第 2 レンズ群 G 2 に含まれる正のレンズを全て両凸レンズで構成した場合には、第 1 レンズ群 G 1 により発散された光束を収束させるために必要とされる正パワーを確保しやすくなり、少ないレンズ枚数で小型化を図りつつ、効率良く収差補正することができる。

【 0 0 3 8 】

本変倍光学系では、上述した構成を採用することにより、広角化を図り、大口径比を維持しつつ、コンパクトな構成で高画質の画像を取得可能な高い光学性能を実現することが容易となる。例えば、図 1 に示す変倍光学系は、5 枚の第 1 レンズ群 G 1 と 4 枚の第 2 レンズ群 G 2 からなる全体として 9 枚構成の系であり、変倍光学系としてはコンパクトに構成されている。

【 0 0 3 9 】

しかし、本発明の変倍光学系は、図 1 に示す例のレンズ枚数やレンズ形状に限定されず、各種の態様をとることができる。例えば、本発明の変倍光学系は、第 2 レンズ群 G 2 の像側に、変倍時に固定されている負の屈折力を有する第 3 レンズ群をさらに備えるようにしてもよい。この第 3 レンズ群を追加することにより、像サイズを変えることが可能になり、撮像素子のサイズ変更に対応可能となる。具体的には、撮像素子として、6 mm サイズの C C D を 8 mm サイズの C C D に変更する場合等に対応可能である。

【 0 0 4 0 】

本発明の変倍光学系は、上記構成に加え、さらに以下の好ましい態様を採用することにより、さらに良好な光学性能を得ることができる。

【 0 0 4 1 】

本変倍光学系は、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離の絶対値を $|f_1|$ とし、広角端における全系の焦点距離を f_w としたとき、下記条件式 (1) を満たすことが好ましい。

$$1.9 < |f_1| / f_w < 3.6 \quad \dots \quad (1)$$

【 0 0 4 2 】

条件式 (1) は、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離と広角端における全系の焦点距離の比に関するものであり、いわば、全系に対する第 1 レンズ群 G 1 のパワー比に関するものである。条件式 (1) の上限を上回ると、第 1 レンズ群 G 1 の負の屈折力が弱まり、変倍に伴う第 1 レンズ群 G 1 の移動量が増大し、光学系の大型化を招いてしまう。また、条件式 (1) の下限を下回ると、第 1 レンズ群 G 1 の負の屈折力が強まり、望遠端において球面収差が補正不足となってしまう。

【 0 0 4 3 】

なお、特許文献 2 に記載の実施例 1 ~ 4 はいずれも条件式 (1) を満たしておらず、条件式 (1) の下限より小さな値をとる。これに対して、本実施形態の変倍光学系では条件式 (1) を満たすことにより、光学系の小型化とともに、望遠端における球面収差の増大を抑えて高い光学性能を達成することができる。

【 0 0 4 4 】

さらに、本変倍光学系は、より小型化を図りつつ良好な光学性能を得るためには、下記条件式 (1 - 1) を満たすことが好ましい。

$$2.4 < |f_1| / f_w < 3.2 \quad \dots \quad (1-1)$$

【 0 0 4 5 】

また、本変倍光学系は、第 1 サブレンズ群 G 1 1 に含まれる全ての負メニスカスレンズの d 線における屈折率の平均を N_{1m} としたとき、下記条件式 (2) を満たすことが好ましい。条件式 (2) の下限を下回ると、第 1 レンズ群 G 1 の負の屈折力が弱まり、光学系の大型化を招いてしまう。

$$N_{1m} > 1.70 \quad \dots (2)$$

【0046】

さらに、本変倍光学系は、より小型化を図るためには、下記条件式 (2-1) を満たすことが好ましい。

$$N_{1m} > 1.84 \quad \dots (2-1)$$

【0047】

また、本変倍光学系は、第 2 サブレンズ群 G 1 2 に含まれる正レンズの d 線におけるアッペ数を $2p$ としたとき、下記条件式 (3) を満たす正レンズが少なくとも 1 つあることが好ましい。条件式 (3) の上限を上回ると、望遠端において軸上色収差の増大を招いてしまう。

$$2p < 20.0 \quad \dots (3)$$

【0048】

また、本変倍光学系は、第 2 レンズ群 G 2 が像側に凹面を向けた負メニスカスレンズを有する場合、該負メニスカスレンズの d 線における屈折率を N_{23} としたとき、下記条件式 (4) を満たすことが好ましい。条件式 (4) の下限を下回ると、この負メニスカスレンズの像側の凹面の曲率がきつくなり、像面湾曲が増大し、画面中心部から画面周辺部まで高い光学性能を維持することができなくなる。

$$N_{23} > 1.95 \quad \dots (4)$$

【0049】

なお、本変倍光学系が例えば屋外等の厳しい環境において使用される場合には、最も物体側に配置されるレンズには、風雨による表面劣化、直射日光による温度変化に強く、さらには油脂・洗剤等の化学薬品に強い材質、すなわち耐水性、耐候性、耐酸性、耐薬品性等が高い材質を用いることが好ましく、さらには堅く、割れにくい材質を用いることが好ましい。以上のことから最も物体側に配置される材質としては、具体的にはガラスを用いることが好ましく、あるいは透明なセラミックスを用いてもよい。

【0050】

非球面形状が形成されるレンズの材質としては、プラスチックを用いることが好ましく、この場合には、非球面形状を精度良く作製することができるとともに、軽量化および低コスト化を図ることが可能となる。

【0051】

本変倍光学系が、広い温度範囲で使用可能なことが要求される場合には、各レンズの材質としては線膨張係数の小さいものを用いることが好ましい。また、本変倍光学系が厳しい環境において使用される場合には、保護用の多層膜コートが施されることが好ましい。さらに、保護用コート以外にも、使用時のゴースト光低減等のための反射防止コート膜を施すようにしてもよい。

【0052】

図 1 に示す例では、レンズ系と結像面との間に光学部材 PP を配置した例を示したが、ローパスフィルタや特定の波長域をカットするような各種フィルタ等を配置する代わりに、各レンズの間にこれらの各種フィルタを配置してもよく、あるいは、いずれかのレンズのレンズ面に、各種フィルタと同様の作用を有するコートを施してもよい。

【0053】

以上説明したように、本実施形態の変倍光学系によれば、要求される仕様等に応じて、上記した好ましい構成を適宜採用することで、コンパクトな構成と大口径比を維持しつつ、さらなる広角化を図ることができ、100万画素以上の撮像素子を有するカメラに対応した高画質の画像を容易に得ることが可能になる。

【実施例】

【 0 0 5 4 】

次に、本発明にかかる変倍光学系の具体的な数値実施例について説明する。

【 0 0 5 5 】

< 実施例 1 >

実施例 1 のレンズ断面図は、図 1 に示したものである。より詳しくは、実施例 1 の変倍光学系の第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズ L 1 1、L 1 2、L 1 3 と、両凹形状の負のレンズ L 1 4 と、物体側に凸面を向けた平凸形状の正のレンズ L 1 5 とからなる。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、光軸近傍において両凸形状の正のレンズ L 2 1、両凸形状の正のレンズ L 2 2 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズ L 2 3 と、両凸形状の正のレンズ L 2 4 とからなる。実施例 1 の変倍光学系では、レンズ L 2 1 の物体側の面 S 1 2 と像側の面 S 1 3 が非球面である。開口絞り S t は、変倍時に位置は固定されており、絞り径は可変である。

10

【 0 0 5 6 】

実施例 1 にかかる変倍光学系のレンズデータを表 1 に、非球面データを表 2 に、各種データを表 3 に示す。なお、下に述べる表 1 ~ 表 3 中の記号の意味は後述の実施例についても同様である。

【 0 0 5 7 】

表 1 のレンズデータにおいて、S i は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 i 番目 (i = 1、2、3、...) の面番号を示し、R i は i 番目の面の曲率半径を示し、D i は i 番目の面と i + 1 番目の面との光軸 Z 上の面間隔を示している。また、N d j は最も物体側のレンズを 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する j 番目 (j = 1、2、3、...) の光学要素の d 線 (波長 5 8 7 . 6 n m) に対する屈折率を示し、d j は j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数を示している。なお、レンズデータには、開口絞り S t および光学部材 P P も含めて示している。レンズデータの曲率半径は物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。

20

【 0 0 5 8 】

また、表 1 のレンズデータでは、非球面は面番号に * 印を付しており、非球面の曲率半径として近軸の曲率半径の数値を示している。表 2 の非球面データは、これら非球面に関する非球面係数を示すものである。非球面係数は、以下の式 (A) で表される非球面式における各係数 K、B m (m = 3、4、5、...) の値である。

30

$$Z d = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + B m \cdot h^m \quad \dots \quad (A)$$

ただし、

Z d : 非球面深さ (高さ h の非球面上の点から、非球面頂点が接する光軸に垂直な平面に下ろした垂線の長さ)

h : 高さ (光軸からのレンズ面までの距離)

C : 近軸曲率半径の逆数

K、B m : 非球面係数 (m = 3、4、5、... 2 0)

【 0 0 5 9 】

表 1 のレンズデータにおいて、変倍を行うために間隔が変化する、第 1 レンズ群 G 1 と開口絞り S t の間隔、開口絞り S t と第 2 レンズ群 G 2 の間隔、第 2 レンズ群 G 2 と光学部材 P P の間隔に相当する面間隔の欄にはそれぞれ、可変 D 1、可変 D 2、可変 D 3 と記載している。

40

【 0 0 6 0 】

表 3 の各種データに、広角端と望遠端における、全系の焦点距離、F 値 (F n o .)、全画角、可変 D 1、可変 D 2、可変 D 3 の値を示す。レンズデータおよび各種データにおける長さの単位としてはここでは m m を用いているが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、単位は m m に限定されることはなく、他の適当な単位を用いることもできる。

【 0 0 6 1 】

50

【表 1】

実施例 1 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	21.3671	1.10	1.83481	42.7
2	10.6261	2.23		
3	14.9132	0.95	1.88300	40.8
4	8.4452	2.79		
5	19.7316	0.87	1.88300	40.8
6	9.7910	2.93		
7	-38.6003	3.74	1.80400	46.6
8	18.4696	1.37		
9	20.6244	2.92	1.92286	18.9
10	∞	可変D1		
11(開口絞り)	-	可変D2		
12*	13.2894	5.00	1.56883	56.3
13*	-23.0141	0.89		
14	14.0731	3.79	1.49700	81.6
15	-13.9494	0.10		
16	41.3953	0.65	2.00069	25.5
17	7.3588	0.46		
18	10.5646	3.17	1.51633	64.1
19	-20.2979	可変D3		
20	∞	1.50	1.51633	64.1
21	∞			

10

20

【 0 0 6 2 】

【表 2】

実施例 1 非球面データ

S12 (第12面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.08095E-04	-1.92549E-04	1.85737E-05	-1.83773E-06
B7	B8	B9	B10	B11
-1.67736E-07	-9.10310E-09	1.67155E-09	-1.15204E-10	2.49218E-12
B12	B13	B14	B15	B16
6.18458E-13	1.01136E-13	1.41690E-14	5.77915E-16	1.03866E-16
B17	B18	B19	B20	
8.64951E-18	4.26468E-19	3.77745E-20	-2.04645E-20	

30

S13 (第13面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.13402E-04	1.25108E-04	9.31170E-06	9.77685E-07
B7	B8	B9	B10	B11
-6.53401E-07	6.56800E-08	-1.42610E-09	1.16421E-10	1.14149E-11
B12	B13	B14	B15	B16
1.17958E-12	1.16141E-13	2.07224E-14	-2.53220E-16	1.86787E-16
B17	B18	B19	B20	
1.31494E-17	1.36290E-18	1.14002E-19	-7.42899E-21	

40

【 0 0 6 3 】

【表 3】

実施例 1 各種データ

	焦点距離	Fno.	全画角	可変D1	可変D2	可変D3
広角端	2.21	1.33	146.3	14.90	8.24	3.00
望遠端	5.87	2.13	57.7	1.59	1.59	9.65

【0064】

< 実施例 2 >

実施例 2 のレンズ断面図は、図 2 に示したものである。実施例 2 の変倍光学系の基本的なレンズ構成は実施例 1 のものと同じであるが、実施例 1 の平凸形状の L 1 5 に代わり、実施例 2 では物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正のレンズ L 1 5 を用いている点異なる。また、実施例 2 の変倍光学系では、レンズ L 2 1 の物体側の面 S 1 2 と像側の面 S 1 3 が非球面である。

10

【0065】

実施例 2 にかかる変倍光学系のレンズデータを表 4 に、非球面データを表 5 に、各種データを表 6 に示す。

【0066】

【表 4】

実施例 2 レンズデータ

20

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1	18.8544	1.67	1.88300	40.8
2	9.6898	2.70		
3	12.0747	1.07	1.88300	40.8
4	6.6167	3.26		
5	14.7479	1.64	1.81600	46.6
6	9.5646	3.03		
7	-31.7750	3.05	1.79952	42.2
8	11.3138	0.24		
9	10.8296	1.55	1.92286	18.9
10	39.8198	可変D1		
11(開口絞り)	-	可変D2		
12*	13.4759	4.93	1.56384	60.7
13*	-21.7202	0.85		
14	14.0015	3.75	1.49700	81.6
15	-14.6216	0.10		
16	99.6937	0.65	2.00330	28.3
17	7.8269	0.50		
18	9.3574	3.08	1.57135	53
19	-21.9950	可変D3		
20	∞	1.50	1.51633	64.1
21	∞			

30

40

【0067】

【表 5】

実施例 2 非球面データ

S12 (第12面)				
K 0.00000E+00	B3 1.22394E-04	B4 -1.89270E-04	B5 1.88796E-05	B6 -1.80161E-06
B7 -1.62004E-07	B8 -8.18066E-09	B9 1.77722E-09	B10 -1.02954E-10	B11 3.56884E-12
B12 6.97472E-13	B13 1.02216E-13	B14 1.34937E-14	B15 5.02023E-16	B16 6.25009E-17
B17 1.62167E-17	B18 -1.16728E-18	B19 -1.66021E-19	B20 -2.47243E-20	

10

S13 (第13面)				
K 0.00000E+00	B3 6.16264E-05	B4 1.25613E-04	B5 9.02996E-06	B6 9.06119E-07
B7 -6.63016E-07	B8 6.42661E-08	B9 -1.57622E-09	B10 9.94129E-11	B11 9.97829E-12
B12 1.05375E-12	B13 1.09930E-13	B14 2.04023E-14	B15 -3.75122E-16	B16 1.27890E-16
B17 3.29006E-18	B18 1.34527E-18	B19 2.51249E-19	B20 -8.47282E-22	

20

【 0 0 6 8 】

【表 6】

実施例 2 各種データ

	焦点距離	Fno.	全画角	可変D1	可変D2	可変D3
広角端	2.26	1.33	147.8	9.75	9.69	3.00
望遠端	6.02	2.59	56.6	3.76	1.04	11.65

【 0 0 6 9 】

< 実施例 3 >

30

実施例 3 のレンズ断面図は、図 3 に示したものである。実施例 3 の変倍光学系の基本的なレンズ構成は実施例 2 のものと同じである。また、実施例 3 の変倍光学系では、レンズ L 2 1 の物体側の面 S 1 2 と像側の面 S 1 3 が非球面である。

【 0 0 7 0 】

実施例 3 にかかる変倍光学系のレンズデータを表 7 に、非球面データを表 8 に、各種データを表 9 に示す。

【 0 0 7 1 】

【表 7】

実施例 3 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	21.8943	1.26	1.83481	42.7
2	11.7335	2.92		
3	14.6451	1.10	1.88300	40.8
4	10.1764	2.84		
5	16.4676	0.95	1.88300	40.8
6	10.7445	4.17		
7	-35.7810	3.10	1.80400	46.6
8	16.1017	1.81		
9	21.6836	3.10	1.92286	18.9
10	604.6536	可変D1		
11(開口絞り)	-	可変D2		
12*	10.7994	4.24	1.49700	81.6
13*	-93.9686	0.78		
14	10.0028	2.86	1.72916	54.7
15	-32.2976	0.32		
16	36.8848	0.82	2.00069	25.5
17	6.3990	0.67		
18	14.4120	1.58	1.61800	63.4
19	-18.2038	可変D3		
20	∞	1.50	1.51633	64.1
21	∞			

10

20

【 0 0 7 2 】

【表 8】

実施例 3 非球面データ

S12 (第12面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.42339E-04	-1.92648E-04	1.79668E-05	-1.96683E-06
B7	B8	B9	B10	B11
-1.81872E-07	-1.07471E-08	1.52696E-09	-1.29680E-10	1.29811E-12
B12	B13	B14	B15	B16
5.02428E-13	9.27482E-14	1.33641E-14	4.68051E-16	1.75699E-17
B17	B18	B19	B20	
1.52034E-17	6.55289E-19	8.24566E-20	-2.58498E-20	

30

S13 (第13面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.78558E-04	1.25369E-04	9.28153E-06	1.01005E-06
B7	B8	B9	B10	B11
-6.48018E-07	6.65048E-08	-1.33908E-09	1.26638E-10	1.23257E-11
B12	B13	B14	B15	B16
1.27699E-12	1.19744E-13	2.31475E-14	-5.37227E-16	2.52236E-16
B17	B18	B19	B20	
3.02821E-18	1.08655E-18	1.24629E-19	-8.39075E-21	

40

【 0 0 7 3 】

【表 9】

実施例 3 各種データ

	焦点距離	Fno.	全画角	可変D1	可変D2	可変D3
広角端	2.21	1.33	146.2	20.13	7.64	3.00
望遠端	5.87	1.95	57.3	1.40	2.61	8.03

【0074】

< 実施例 4 >

実施例 4 のレンズ断面図は、図 4 に示したものである。実施例 4 の変倍光学系の基本的なレンズ構成は実施例 2 のものと同じである。また、実施例 4 の変倍光学系では、レンズ L 2 1 の物体側の面 S 1 2 と像側の面 S 1 3 が非球面である。

10

【0075】

実施例 4 にかかる変倍光学系のレンズデータを表 1 0 に、非球面データを表 1 1 に、各種データを表 1 2 に示す。

【0076】

【表 1 0】

実施例 4 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1	22.6668	1.10	1.74320	49.3
2	10.5107	2.50		
3	14.2655	1.10	1.72916	54.7
4	8.4469	3.01		
5	20.6186	0.96	1.75500	52.3
6	9.0955	2.97		
7	-39.4534	3.81	1.88300	40.8
8	18.7657	1.56		
9	21.0326	2.94	1.92286	18.9
10	593.0192	可変D1		
11(開口絞り)	-	可変D2		
12*	13.1879	5.00	1.51633	64.1
13*	-22.8785	0.81		
14	12.8396	3.71	1.49700	81.6
15	-15.3298	0.10		
16	38.9170	0.65	2.00330	28.3
17	7.6036	0.54		
18	10.7694	3.18	1.48749	70.2
19	-16.9744	可変D3		
20	∞	1.50	1.51633	64.1
21	∞			

20

30

【0077】

40

【表 1 1】

実施例4 非球面データ

S12 (第12面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.16876E-04	-1.96860E-04	1.82714E-05	-1.84730E-06
B7	B8	B9	B10	B11
-1.66369E-07	-8.74938E-09	1.71948E-09	-1.08203E-10	3.23459E-12
B12	B13	B14	B15	B16
7.10596E-13	1.10558E-13	1.52918E-14	7.10077E-16	9.63697E-17
B17	B18	B19	B20	
8.17578E-18	8.37191E-21	3.43247E-20	-1.87125E-20	

10

S13 (第13面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.25697E-04	1.29797E-04	9.51603E-06	9.77232E-07
B7	B8	B9	B10	B11
-6.55098E-07	6.53666E-08	-1.46105E-09	1.11890E-10	1.09550E-11
B12	B13	B14	B15	B16
1.12103E-12	1.10930E-13	1.97343E-14	-4.55564E-16	1.85969E-16
B17	B18	B19	B20	
1.83389E-17	1.39513E-18	2.26193E-19	-6.26961E-21	

20

【0078】

【表 1 2】

実施例4 各種データ

	焦点距離	Fno.	画角	可変D1	可変D2	可変D3
広角端	2.20	1.33	146.2	14.94	8.26	3.00
望遠端	5.86	2.09	57.8	1.94	1.35	9.91

【0079】

30

< 実施例 5 >

実施例 5 のレンズ断面図は、図 5 に示したものである。実施例 5 の変倍光学系の基本的なレンズ構成は実施例 1 のものと同じであるが、実施例 1 の平凸形状の L 1 5 に代わり、実施例 5 では両凸形状の正のレンズ L 1 5 を用いている点が異なる。また、実施例 5 の変倍光学系では、レンズ L 1 2 の物体側の面 S 3 および像側の面 S 4、レンズ L 2 1 の物体側の面 S 1 2 および像側の面 S 1 3 が非球面である。

【0080】

実施例 5 にかかる変倍光学系のレンズデータを表 1 3 に、非球面データを表 1 4 に、各種データを表 1 5 に示す。

【0081】

40

【表 1 3】

実施例 5 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	20.1765	1.10	1.83481	42.7
2	10.4650	2.28		
3*	14.7312	1.11	1.88300	40.8
4*	8.1241	2.85		
5	19.4521	0.95	1.88300	40.8
6	9.6912	2.92		
7	-39.6839	3.76	1.80400	46.6
8	17.9064	1.34		
9	20.2777	2.93	1.92286	18.9
10	-1980.4893	可変D1		
11(開口絞り)	-	可変D2		
12*	13.7193	5.00	1.56384	60.7
13*	-23.9587	0.92		
14	13.9038	3.80	1.49700	81.6
15	-14.3098	0.10		
16	30.4983	0.65	2.00069	25.5
17	7.3508	0.45		
18	10.6952	3.14	1.48749	70.2
19	-19.6277	可変D3		
20	∞	1.50	1.51633	64.1
21	∞			

10

20

【 0 0 8 2 】

【表 1 4】

実施例5 非球面データ

S3 (第3面)				
K	B3	B4	B5	B6
1.00000E+00	1.25479E-05	2.63261E-06	2.98723E-07	3.51345E-08
B7	B8	B9	B10	B11
2.93760E-09	2.63735E-10	1.59042E-11	8.96750E-13	1.42999E-14
B12	B13	B14	B15	B16
-2.62719E-15	-8.72492E-17	1.15866E-16	1.06375E-18	4.99750E-18
B17	B18	B19	B20	
1.69493E-18	-7.63607E-20	1.88484E-21	-1.76211E-21	

10

S4 (第4面)				
K	B3	B4	B5	B6
1.00000E+00	-5.51292E-06	-1.25074E-06	-1.28714E-07	-1.28303E-08
B7	B8	B9	B10	B11
-8.75487E-10	-5.72206E-11	-9.54933E-13	3.77160E-13	7.47451E-14
B12	B13	B14	B15	B16
1.20874E-14	1.48614E-15	1.75368E-16	1.32086E-17	4.24735E-18
B17	B18	B19	B20	
7.81487E-19	-3.52864E-19	-2.14844E-20	-6.31658E-22	

20

S12 (第12面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.11889E-04	-1.93702E-04	1.84727E-05	-1.84079E-06
B7	B8	B9	B10	B11
-1.67209E-07	-8.96922E-09	1.68936E-09	-1.12686E-10	2.75765E-12
B12	B13	B14	B15	B16
6.50917E-13	1.04257E-13	1.45299E-14	5.90089E-16	1.04034E-16
B17	B18	B19	B20	
8.38415E-18	3.41338E-19	5.36328E-20	-2.00175E-20	

S13 (第13面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.15043E-04	1.26074E-04	9.41671E-06	9.82025E-07
B7	B8	B9	B10	B11
-6.53865E-07	6.55345E-08	-1.44622E-09	1.13618E-10	1.11189E-11
B12	B13	B14	B15	B16
1.14405E-12	1.12814E-13	2.03552E-14	-2.89827E-16	1.78906E-16
B17	B18	B19	B20	
1.33286E-17	1.37166E-18	1.15638E-19	-8.92651E-21	

30

【0083】

【表 1 5】

実施例5 各種データ

40

	焦点距離	Fno.	画角	可変D1	可変D2	可変D3
広角端	2.16	1.33	144.1	14.92	8.23	3.00
望遠端	5.75	2.11	58.6	1.40	1.67	9.56

【0084】

< 実施例 6 >

実施例 6 のレンズ断面図は、図 6 に示したものである。実施例 6 の変倍光学系は、第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S t と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 とからなる。実施例 6 の変倍光学系の第 1 レンズ群 G 1 および第 2 レンズ群 G 2 の基本的なレンズ構成

50

は実施例 2 のものと同じである。実施例 6 の変倍光学系の第 3 レンズ群 G 3 は、変倍時に移動しない負の屈折力を有する固定群であり、両凹形状の負のレンズ L 3 1 と、両凸形状の正のレンズ L 3 2 との 2 枚構成からなる。実施例 6 においては、可変 D 3 は上述の実施例とは異なり、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔になる。実施例 6 の変倍光学系では、レンズ L 2 1 の物体側の面 S 1 2 と像側の面 S 1 3 は非球面である。

【 0 0 8 5 】

実施例 6 にかかる変倍光学系のレンズデータを表 1 6 に、非球面データを表 1 7 に、各種データを表 1 8 に示す。

【 0 0 8 6 】

【表 1 6】

10

実施例 6 レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1	22.3555	1.10	1.77250	49.6
2	10.3707	2.32		
3	13.5408	1.11	1.80610	40.9
4	9.2119	2.84		
5	22.0033	0.95	1.83481	42.7
6	9.8981	2.95		
7	-43.7206	3.74	1.80400	46.6
8	16.8156	1.29		
9	17.5091	2.93	1.92286	18.9
10	119.6821	可変D1		
11(開口絞り)	-	可変D2		
12*	15.5208	4.91	1.62230	53.2
13*	-23.0179	0.73		
14	17.4185	3.65	1.49700	81.6
15	-12.9384	0.10		
16	68.4022	0.66	2.00069	25.5
17	8.7393	0.50		
18	13.1033	3.00	1.48749	70.2
19	-18.1878	可変D3		
20	-39.7756	0.60	1.83400	37.2
21	12.6481	0.58		
22	19.6969	1.94	1.72825	28.5
23	-18.5569	1.00		
24	∞	1.50	1.51633	64.1
25	∞			

20

30

【 0 0 8 7 】

【表 17】

実施例6 非球面データ

S12 (第12面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.27635E-04	-1.91886E-04	1.86163E-05	-1.82308E-06
B7	B8	B9	B10	B11
-1.65910E-07	-8.87062E-09	1.69405E-09	-1.12796E-10	2.73575E-12
B12	B13	B14	B15	B16
6.54279E-13	1.04944E-13	1.48198E-14	7.89654E-16	1.21896E-16
B17	B18	B19	B20	
9.18565E-18	6.70802E-19	9.24759E-20	-2.56006E-20	

10

S13 (第13面)				
K	B3	B4	B5	B6
0.00000E+00	1.12348E-04	1.24777E-04	9.34471E-06	9.78904E-07
B7	B8	B9	B10	B11
-6.54142E-07	6.55343E-08	-1.44394E-09	1.14030E-10	1.11794E-11
B12	B13	B14	B15	B16
1.15291E-12	1.16181E-13	2.02734E-14	-2.69148E-16	2.25854E-16
B17	B18	B19	B20	
1.41335E-17	1.51171E-18	7.19957E-20	4.89494E-22	

20

【0088】

【表 18】

実施例6 各種データ

	焦点距離	Fno.	画角	可変D1	可変D2	可変D3
広角端	2.89	1.78	144.7	14.90	8.21	1.00
望遠端	7.68	2.97	57.6	2.52	1.01	8.20

【0089】

表 19 に、実施例 1 ～ 6 における条件式 (1) ～ (4) に対応する値を示す。表 19 からわかるように、実施例 1 ～ 6 のいずれも、条件式 (1) ～ (4) を満足している。

30

【表 19】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
条件式(1) f1 /fw	2.8	2.1	3.5	2.8	2.9	2.3
条件式(2) N1m	1.87	1.86	1.87	1.74	1.87	1.80
条件式(3) ν2p	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9
条件式(4) N23	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

【0090】

図 7 (A) ～ 図 7 (C) にそれぞれ、実施例 1 にかかる変倍光学系の広角端における球面収差、非点収差、ディストーション (歪曲収差) の各収差図を示し、図 7 (D) ～ 図 7 (F) にそれぞれ、実施例 1 にかかる変倍光学系の望遠端における球面収差、非点収差、ディストーションの各収差図を示す。各収差図には、d 線を基準波長とした収差を示すが、球面収差図には g 線 (波長 436 nm)、C 線 (波長 656.3 nm) についての収差も示す。球面収差図の Fno. は F 値を意味し、非点収差図、歪曲収差図の は半画角を意味する。また同様に、図 8 (A) ～ 図 8 (F)、図 9 (A) ～ 図 9 (F)、図 10 (A) ～ 図 10 (F)、図 11 (A) ～ 図 11 (F)、図 12 (A) ～ 図 12 (F) にそれぞれ、実施例 2、実施例 3、実施例 4、実施例 5、実施例 6 の変倍光学系の各収差図を示す。

40

【0091】

50

以上のデータから、実施例 1 ~ 6 は、変倍比が約 2 . 7 倍の変倍光学系において、小型に構成され、広角端での F 値が 1 . 3 3 ~ 1 . 7 8 と大口径比の明るいレンズ系となっており、また、広角端での全画角が 1 4 4 ° ~ 1 4 8 ° と広い画角を有し、各収差が良好に補正され、広角端および望遠端ともに可視域において高い光学性能を有することがわかる。

【 0 0 9 2 】

図 1 3 に、本発明の撮像装置の一実施形態として、本発明の実施形態にかかる変倍光学系が搭載された監視カメラの概略構成図を示す。図 1 3 に示す監視カメラ 1 0 は、レンズ装置 6 と、カメラ本体 7 とから構成される。レンズ装置 6 の内部には変倍光学系 1 が配置されている。なお、図 1 3 では、第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S t と、第 2 レンズ群 G 2 とを有する変倍光学系 1 を概略的に示している。

10

【 0 0 9 3 】

また、カメラ本体 7 の内部には、変倍光学系 1 によって結像された被写体の像を撮像する撮像素子 5 が配置されている。撮像素子 5 の具体例としては、変倍光学系により形成される光学像を電気信号に変換する C C D (C h a r g e C o u p l e d D e v i c e) や C M O S (C o m p l e m e n t a r y M e t a l O x i d e S e m i c o n d u c t o r) 等を挙げることができる。撮像素子 5 は、その撮像面が、変倍光学系 1 の結像面に一致するように配置される。

【 0 0 9 4 】

レンズ装置 6 の上方には、開口絞り S t の絞り径を変更するための絞り機構 8 が設けられている。レンズ装置 6 の下方には、変倍光学系 1 の倍率を変更するためのズームツマミ 9 と、変倍光学系 1 のフォーカスを調整するためのフォーカスツマミ 1 1 が設けられている。

20

【 0 0 9 5 】

本発明の実施形態にかかる変倍光学系 1 は、前述した長所を有するため、本実施形態の撮像装置は小型に構成可能であり、低照度の撮影条件下においても良好に使用可能であり、広い範囲を撮像可能で高画質の映像を得ることができる。

【 0 0 9 6 】

以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率およびアッペ数の値は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

30

【 0 0 9 7 】

また、上記実施形態では、撮像装置として監視カメラを例にとり説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、テレビカメラ、ビデオカメラ、電子スチルカメラ等の他の撮像装置にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 8 】

【図 1】本発明の実施例 1 にかかる変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図 2】本発明の実施例 2 にかかる変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

40

【図 3】本発明の実施例 3 にかかる変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図 4】本発明の実施例 4 にかかる変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図 5】本発明の実施例 5 にかかる変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図 6】本発明の実施例 6 にかかる変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図 7】本発明の実施例 1 にかかる変倍光学系の各収差図

【図 8】本発明の実施例 2 にかかる変倍光学系の各収差図

【図 9】本発明の実施例 3 にかかる変倍光学系の各収差図

【図 1 0】本発明の実施例 4 にかかる変倍光学系の各収差図

【図 1 1】本発明の実施例 5 にかかる変倍光学系の各収差図

【図 1 2】本発明の実施例 6 にかかる変倍光学系の各収差図

50

【図13】本発明の実施形態にかかる撮像装置の概略断面図

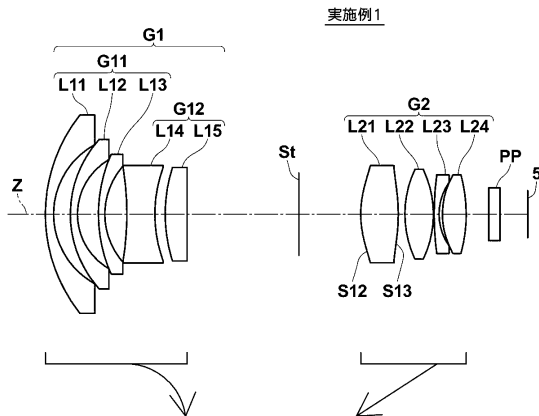
【符号の説明】

【0099】

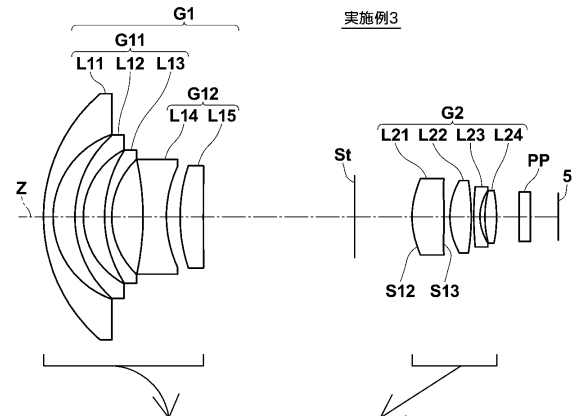
- 1 変倍光学系
- 5 撮像素子
- 6 レンズ装置
- 7 カメラ本体
- 8 絞り機構
- 9 ズームツマミ
- 10 監視カメラ
- 11 フォーカスツマミ
- G1 第1レンズ群
- G11 第1サブレンズ群
- G12 第2サブレンズ群
- G2 第2レンズ群
- St 開口絞り
- Z 光軸

10

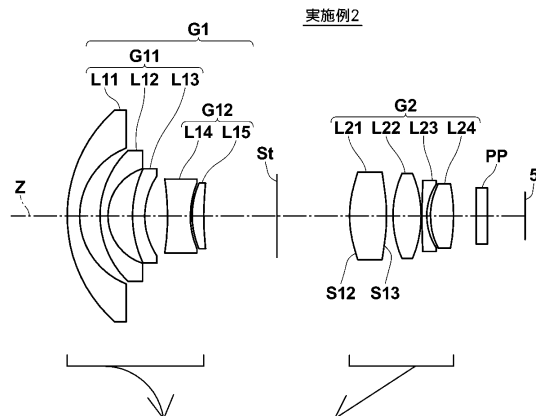
【図1】



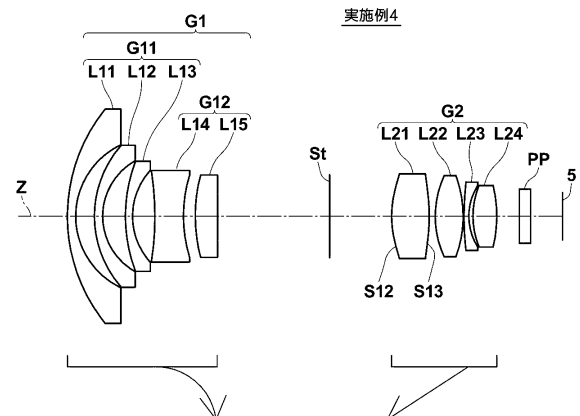
【図3】



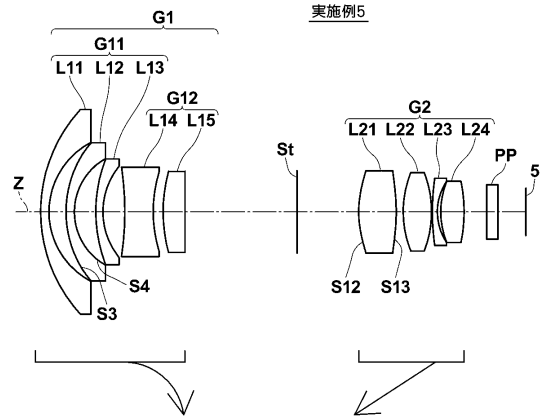
【図2】



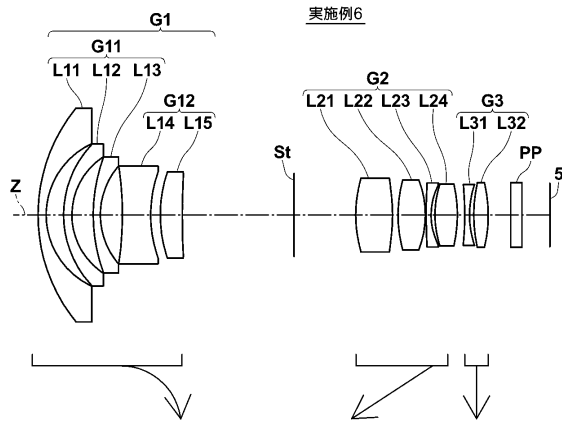
【図4】



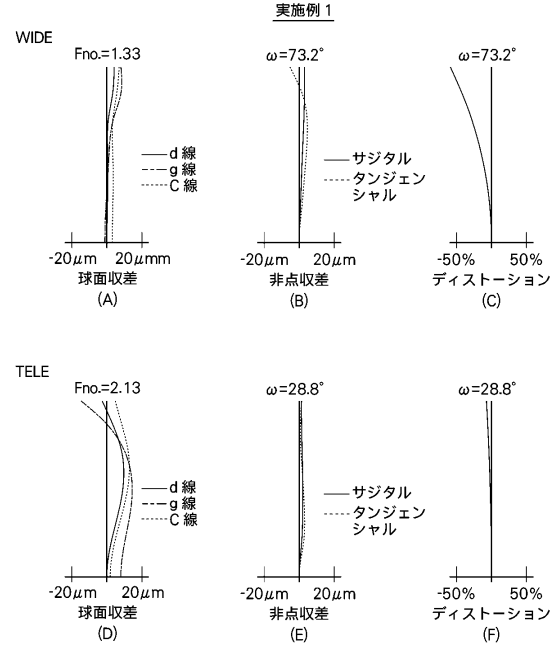
【図 5】



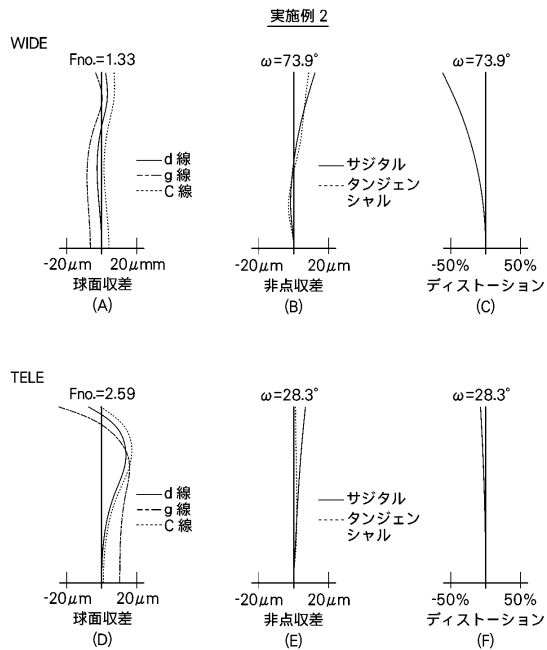
【図 6】



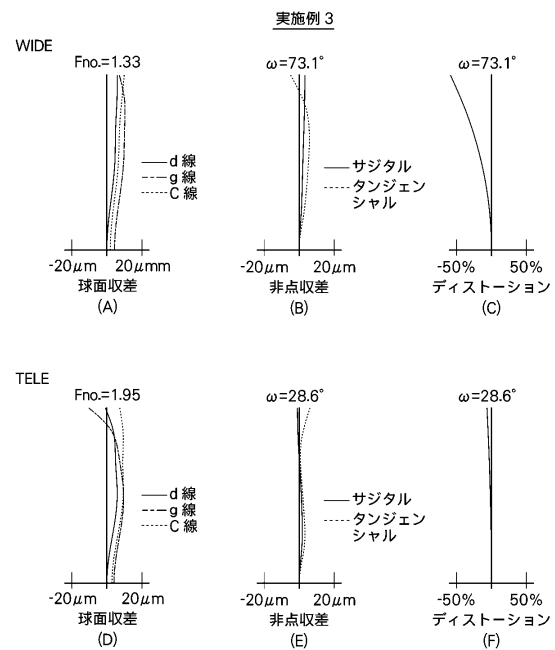
【図 7】



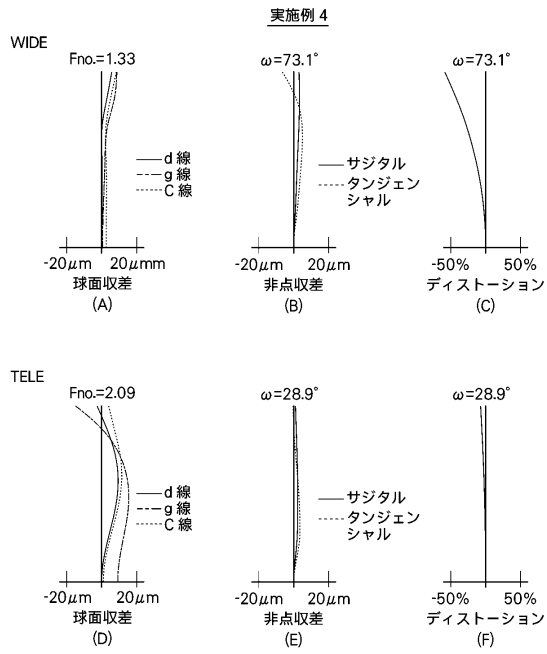
【図 8】



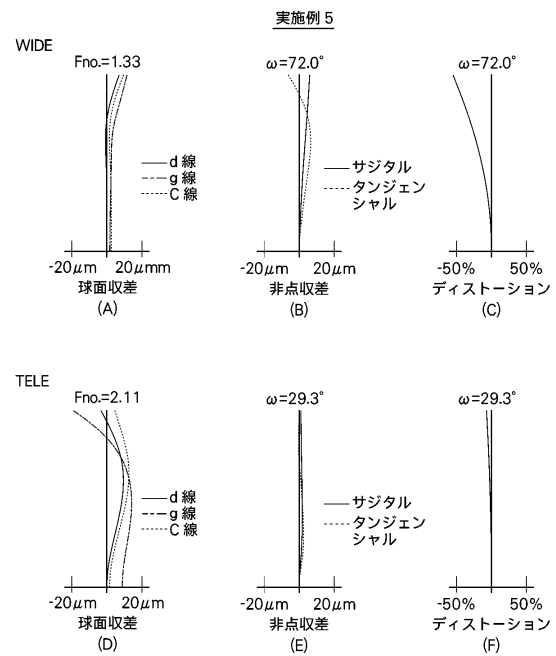
【図 9】



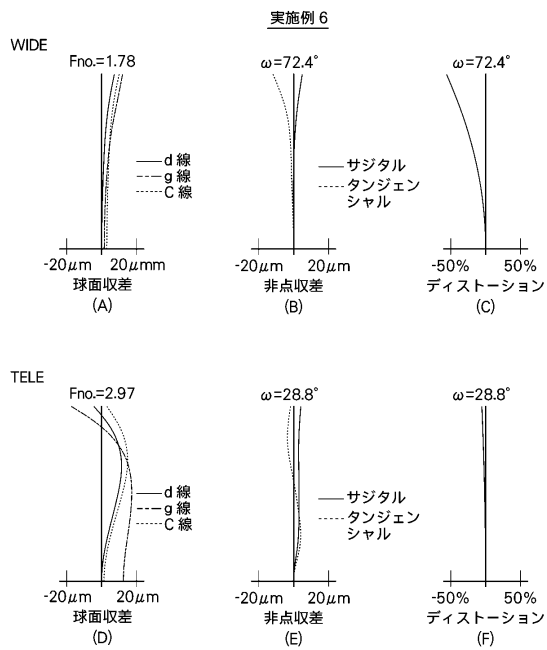
【図 10】



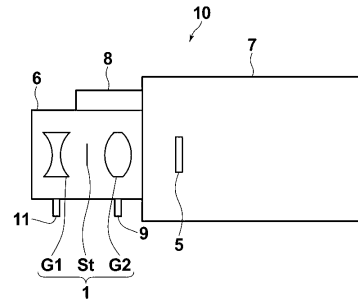
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-99758(JP,A)
特開2005-62770(JP,A)
特開2006-119574(JP,A)
特開2008-65051(JP,A)
特開2006-91643(JP,A)
特開2005-134887(JP,A)
特開2004-317901(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4