

(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2011-112908

(P2011-112908A)

(43) 公開日 平成23年6月9日(2011.6.9)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/16 (2006.01) G 0 2 B 15/16 2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2009-269915 (P2009-269915)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成21年11月27日(2009.11.27)	(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	遠山 信明 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
		Fターム(参考)	2H087 KA01 MA12 PA07 PA08 PA18 PB08 PB09 QA02 QA06 QA17 QA21 QA22 QA25 QA26 QA32 QA42 QA45 RA05 RA12 RA13 RA32 RA42 SA07 SA09 SA62 SA63 SB04 SB05 SB16

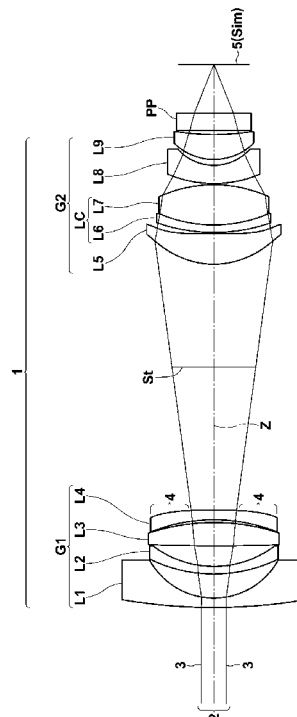
(54) 【発明の名称】 変倍光学系および撮像装置

(57) 【要約】

【課題】変倍光学系において、大口径比とコンパクト性を維持しながら、近年の高画素化に対応可能な高い光学性能を有する。

【解決手段】変倍光学系1は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、絞りと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2とを備える。第1レンズ群G1の最も物体側には像側に凹面を向けた負レンズが配置され、第1レンズ群G1の最も像側には物体側に凹面を向けるとともに像側の面が非球面である非球面レンズが配置され、該非球面レンズの物体側直前には像側に凸面を向けた正レンズが配置される。第1レンズ群G1の最も像側の非球面レンズの像側の面は、軸上光束2の最外光線3が通る位置より外側で、光軸近傍に比べて正のパワーが強い部分を有する。

【選択図】 図1



【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 レンズ群とが配されてなり、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の光軸方向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 レンズ群を光軸方向に移動させることにより行うように構成された変倍光学系であって、

前記第 1 レンズ群の最も物体側には像側に凹面を向けた負レンズが配置され、前記第 1 レンズ群の最も像側には物体側に凹面を向けるとともに像側の面が非球面である非球面レンズが配置され、該非球面レンズの物体側直前には像側に凸面を向けた正レンズが配置され、

前記非球面レンズの像側の面が、軸上光束の最外光線が通る位置より外側で、光軸近傍に比べて正のパワーが強い部分を有することを特徴とする変倍光学系。

【請求項 2】

前記第 1 レンズ群の前記非球面レンズの e 線における屈折率を N_{e4} としたとき、下記条件式 (1) を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の変倍光学系。

$$N_{e4} > 1.75 \quad (1)$$

【請求項 3】

前記第 1 レンズ群が、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズと、像側に凹面を向けた負レンズと、像側に凸面を向けた正レンズと、物体側に凹面を向けるとともに像側の面が非球面である非球面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 または 2 に記載の変倍光学系。

【請求項 4】

前記絞りが変倍時に固定されているもので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。

【請求項 5】

前記第 1 レンズ群の前記正レンズの像側の面の近軸曲率半径を R_a とし、前記第 1 レンズ群の前記非球面レンズの物体側の面の近軸曲率半径を R_b 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 から 4 のいずれか 1 項に記載の変倍光学系。

$$(R_a + R_b) / (R_a - R_b) > 4.5 \quad (2)$$

【請求項 6】

前記第 1 レンズ群の前記非球面レンズの像側のレンズ面に関して、下記条件式 (3)、(4) を満たす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。

$$s_{ag10} - s_{ag7} < 0 \quad (3)$$

$$s_{ag10} / s_{ag7} > 2.5 \quad (4)$$

ただし、

s_{ag10} : 前記変倍光学系が広角端に設定されているときの前記レンズ面の有効径における点と、該レンズ面と光軸との交点を通り光軸に垂直な面との光軸方向の距離

s_{ag7} : 前記変倍光学系が広角端に設定されているときの前記レンズ面の有効径の 7 割の径における点と、該レンズ面と光軸との交点を通り光軸に垂直な面との光軸方向の距離

【請求項 7】

請求項 1 から 6 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、変倍光学系および撮像装置に関し、より詳しくは、ビデオカメラや電子スチルカメラ等に使用可能で、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】

10

20

30

40

50

従来、防犯や記録等の目的で監視カメラが用いられている。このような監視カメラ用の光学系としては、小型かつ安価に構成可能で、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であり、高い光学性能を有することが要求される。また、近年では変倍機能付きの監視カメラの需要が高まっていることから、変倍光学系が主流になりつつある。監視カメラに使用可能な変倍光学系としては、例えば、下記特許文献1、2に記載されているような、負の屈折力を有する第1レンズ群と正の屈折力を有する第2レンズ群により構成される2群ズームの光学系が知られている。特許文献1、2には、第1レンズ群が全て球面レンズで構成された、全体として6枚構成または8枚構成の変倍光学系が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2006-251437号公報

【特許文献2】特開2006-91643号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記分野のカメラの多くにはCCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子が搭載されている。近年では撮像素子の高画素化が進み、これに伴い、監視カメラ用途においてもより高画質な映像が望まれるようになってきている。特に100万画素以上の撮像素子に対応可能な高性能の変倍光学系を望む声が高まっている。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とコンパクト性を維持しつつ、近年の高画素化に対応可能なより高性能の光学系を実現することは困難であった。

【0005】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、大口径比とコンパクト性を維持しながら、近年の高画素化に対応可能な高い光学性能を有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】

【0006】

本発明の変倍光学系は、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レンズ群とが配されてなり、第1レンズ群と第2レンズ群の光軸方向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レンズ群を光軸方向に移動させることにより行うように構成された変倍光学系であって、第1レンズ群の最も物体側には像側に凹面を向けた負レンズが配置され、第1レンズ群の最も像側には物体側に凹面を向けるとともに像側の面が非球面である非球面レンズが配置され、該非球面レンズの物体側直前には像側に凸面を向けた正レンズが配置され、前記非球面レンズの像側の面が、軸上光束の最外光線が通る位置より外側で、光軸近傍に比べて正のパワーが強い部分を有することを特徴とするものである。

【0007】

なお、上記の「非球面レンズの物体側直前には像側に凸面を向けた正レンズが配置され」とは、当該の非球面レンズと像側に凸面を向けた正レンズとの間に光学要素が無いことを意味する。

【0008】

なお、上記の「像側に凹面を向けた負レンズ」、「物体側に凹面を向ける」、「像側に凸面を向けた正レンズ」は、当該レンズが非球面レンズの場合は近軸領域におけるものとする。

【0009】

なお、上記「軸上光束」は、仕様に基づいた最大径まで光束を入射させたときのもので

10

20

30

40

50

ある。また、上記「軸上光束の最外光線」とは、軸上光束に含まれる光線のうち、光軸に垂直な方向において光軸から最も離れた光線のことである。

【0010】

なお、面のある点におけるパワーとは、ある点における該面の法線と光軸との交点を取り、該交点と上記ある点とを結ぶ線分の長さを曲率半径としてRとおき、面の物体側の屈折率をN1とし、像側の屈折率をN2としたとき、 $(N2 - N1) / R$ で表されることができると考えることができる。その際に、曲率半径Rの符号は、上記交点が面の像側にあるときを正とし、面の物体側にあるときを負とすることにする。

【0011】

なお、上記の「光軸近傍より正のパワーが強い」とは、光軸近傍で正のパワーを持ち軸上光束の最外光線が通る位置より外側でそれより強い正のパワーを持つ場合に限らず、光軸近傍で負またはゼロのパワーを持ち軸上光束の最外光線が通る位置より外側で正のパワーを持つ場合も含むものとする。

10

【0012】

なお、上記の「軸上光束の最外光線が通る位置より外側」は有効径の範囲内におけるものであり、有効径の範囲より外側は含まれないものとする。

【0013】

本発明において、ある面の「有効径」とは、仕様に基づいて最大径まで軸上光束および軸外光束を入射させたとき、これら光束に含まれる光線の中で最も外側の光線の光線高で決まる径である。なお、仕様は、F値、画角、像高等であり、所定の光線を遮光する絞りの径も含むものとする。

20

【0014】

本発明の変倍光学系においては、第1レンズ群の前記非球面レンズのe線における屈折率をNe4としたとき、下記条件式(1)を満たすことが好ましい。

$$Ne4 > 1.75 \quad (1)$$

【0015】

本発明の変倍光学系においては、第1レンズ群は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズと、像側に凹面を向けた負レンズと、像側に凸面を向けた正レンズと、物体側に凹面を向けるとともに像側の面が非球面である非球面レンズとが配されてなる4枚構成とすることが好ましい。

30

【0016】

本発明の変倍光学系においては、絞りが変倍時に固定されているものであることが好ましい。

【0017】

本発明の変倍光学系においては、第1レンズ群の前記正レンズの像側の面の近軸曲率半径をRaとし、第1レンズ群の前記非球面レンズの物体側の面の近軸曲率半径をRbとしたとき、下記条件式(2)を満たすことが好ましい。なお、Ra、Rbの符号は、物体側に凸の面形状の場合を正、像側に凸の面形状の場合を負とするものとする。

$$(Ra + Rb) / (Ra - Rb) > 4.5 \quad (2)$$

【0018】

本発明の変倍光学系においては、第1レンズ群の前記非球面レンズの像側のレンズ面に関して、下記条件式(3)、(4)を満たすことが好ましい。

$$sag10 - sag7 < 0 \quad (3)$$

$$sag10 / sag7 > 2.5 \quad (4)$$

40

ただし、

sag10：変倍光学系が広角端に設定されているときのレンズ面の有効径における点と、該レンズ面と光軸との交点を通り光軸に垂直な面との光軸方向の距離

sag7：変倍光学系が広角端に設定されているときのレンズ面の有効径の7割の径における点と、該レンズ面と光軸との交点を通り光軸に垂直な面との光軸方向の距離

なお、sag10、sag7の符号は、それぞれ有効径の点、有効径の7割の径におけ

50

る点が、レンズ面と光軸との交点を通り光軸に垂直な面より像側にある場合を正とし、物体側にある場合を負とするものとする。

【0019】

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明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】

【0020】

本発明によれば、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レンズ群とを備え、第1レンズ群と第2レンズ群の光軸方向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レンズ群を光軸方向に移動させることにより行うように構成した変倍光学系において、第1レンズ群の構成を好適に設定し、特に第1レンズ群の最も像側に非球面レンズを配置してこの非球面レンズの形状を好適に設定しているため、コンパクト性と大口径比を維持しながら、近年の高画素化に対応可能な高い光学性能を保持する変倍光学系を実現することができる。

【0021】

また、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、コンパクト性に優れ、低照度での撮影が可能であり、高画質の映像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の一実施形態にかかる変倍光学系の構成と軸上光束の光路を示す断面図

【図2】条件式(3)、(4)を説明するための部分拡大図

【図3】光学機能面の例を示す図

【図4】本発明の実施例1の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2の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3の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4の変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図8】本発明の実施例5の変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図9】本発明の実施例6の変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図10】本発明の実施例7の変倍光学系のレンズ構成を示す断面図

【図11】図11(A)～図11(F)は本発明の実施例1の変倍光学系の縦収差図

【図12】図12(A)～図12(I)は本発明の実施例1の変倍光学系の広角端における横収差図

【図13】図13(A)～図13(I)は本発明の実施例1の変倍光学系の望遠端における横収差図

【図14】図14(A)～図14(F)は本発明の実施例2の変倍光学系の縦収差図

【図15】図15(A)～図15(I)は本発明の実施例2の変倍光学系の広角端における横収差図

【図16】図16(A)～図16(I)は本発明の実施例2の変倍光学系の望遠端における横収差図

【図17】図17(A)～図17(F)は本発明の実施例3の変倍光学系の縦収差図

【図18】図18(A)～図18(I)は本発明の実施例3の変倍光学系の広角端における横収差図

【図19】図19(A)～図19(I)は本発明の実施例3の変倍光学系の望遠端における横収差図

【図20】図20(A)～図20(F)は本発明の実施例4の変倍光学系の縦収差図

【図21】図21(A)～図21(I)は本発明の実施例4の変倍光学系の広角端における横収差図

【図22】図22(A)～図22(I)は本発明の実施例4の変倍光学系の望遠端における横収差図

【図23】図23(A)～図23(F)は本発明の実施例5の変倍光学系の縦収差図

10

20

30

40

50

【図 2 4】図 2 4 (A) ~ 図 2 4 (I) は本発明の実施例 5 の変倍光学系の広角端における横収差図

【図 2 5】図 2 5 (A) ~ 図 2 5 (I) は本発明の実施例 5 の変倍光学系の望遠端における横収差図

【図 2 6】図 2 6 (A) ~ 図 2 6 (F) は本発明の実施例 6 の変倍光学系の縦収差図

【図 2 7】図 2 7 (A) ~ 図 2 7 (I) は本発明の実施例 6 の変倍光学系の広角端における横収差図

【図 2 8】図 2 8 (A) ~ 図 2 8 (I) は本発明の実施例 6 の変倍光学系の望遠端における横収差図

【図 2 9】図 2 9 (A) ~ 図 2 9 (F) は本発明の実施例 7 の変倍光学系の縦収差図

10

【図 3 0】図 3 0 (A) ~ 図 3 0 (I) は本発明の実施例 7 の変倍光学系の広角端における横収差図

【図 3 1】図 3 1 (A) ~ 図 3 1 (I) は本発明の実施例 7 の変倍光学系の望遠端における横収差図

【図 3 2】本発明の実施形態にかかる撮像装置の概略構成を示す斜視図

【発明を実施するための形態】

【0023】

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。図 1 は、本発明の一実施形態にかかる変倍光学系 1 の構成例を示す断面図であり、後述の実施例 1 の変倍光学系に対応している。図 1 においては、左側が物体側、右側が像側であり、無限遠の距離にある物体からの軸上光束 2 も合わせて示してある。

20

【0024】

変倍光学系 1 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 G 1 と、開口絞り S t と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とを備え、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の光軸方向の間隔を変化させることにより広角端から望遠端への変倍を行い、その変倍に伴う像面位置の補正を第 1 レンズ群 G 1 を光軸方向に移動させることにより行うように構成されている。図 1 に示す例では開口絞り S t は変倍時に固定されている。なお、図 1 に示す開口絞り S t 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。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。

30

【0025】

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 S i m に配置される撮像素子 5 も図示している。また、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、光学系と結像面の間にカバーガラス、プリズム、赤外線カットフィルタやローパスフィルタなどの各種フィルタを配置することが好ましいため、図 1 では、これらを想定した平行平板状の光学部材 P P を第 2 レンズ群 G 2 と撮像素子 5 との間に配置した例を示している。

【0026】

変倍光学系 1 の第 1 レンズ群 G 1 は、最も物体側には像側に凹面を向けた負レンズが配置され、最も像側には物体側に凹面を向け、像側の面が非球面の非球面レンズが配置され、該非球面レンズの物体側直前には像側に凸面を向けた正レンズが配置されるように構成される。第 1 レンズ群 G 1 を少なくとも上記 3 枚のレンズを有する構成とすることで、小型化を図りながら、コマ収差および像面湾曲を低減して高性能な変倍光学系を実現することができる。小型化を重視する場合は、第 1 レンズ群 G 1 を上記 3 枚のレンズで構成することが好ましい。

40

【0027】

しかし、光学系のさらなる高解像化を図る場合には、第 1 レンズ群 G 1 は 3 枚よりも多いレンズ枚数で構成するようにしてもよい。例えば図 1 に示す例の第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、像側の面が凹面である負のレンズ L 1 と、像側の面が凹面である負のレンズ L 2 と、像側の面が凸面である正のレンズ L 3 と、物体側の面が凹面であり像側の面

50

が非球面である負のレンズL4とが配された4枚構成である。第1レンズ群G1をこのような4枚構成とすれば、上述した3枚構成のものに比べ、コマ収差および像面湾曲をより抑制することができ、高画素化した撮像素子に対応可能な高解像で高性能の変倍光学系を実現することができる。

【0028】

より詳しくは図1に示す例の第1レンズ群G1は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL1、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL2、両凸形状の正のレンズL3、近軸領域で像側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL4の4枚からなる。このように、第1レンズ群G1の最も物体側に2枚の負レンズを配置することで、第1レンズ群G1を上記3枚構成にしたものと比較して、第1レンズ群G1に必要な負のパワーを分散することができ、また、これら2枚の負レンズをメニスカス形状とすることでコマ収差および像面湾曲の収差補正に有利となる。

10

【0029】

変倍光学系1の第1レンズ群G1の最も像側に配置される非球面レンズのレンズL4については、このレンズのe線における屈折率を N_{e4} としたとき、下記条件式(1)を満たすことが好ましい。

$$N_{e4} > 1.75 \quad (1)$$

【0030】

条件式(1)を満たすことで高屈折率の材料を選択でき、高屈折率の材料を選択しない場合に比べてレンズL4の曲率半径の絶対値を大きくすることができるため、よりいっそうコマ収差を抑制することができる。

20

【0031】

変倍光学系1の第1レンズ群G1の像側から1番目には物体側に凹面を向けたレンズL4が配置され、2番目には像側に凸面を向けたレンズL3が配置される。これらレンズL3、L4は、図1に示す例のように近接配置して、その間に像側に凸面を向けたメニスカス形状の空気レンズを構成することが好ましい。

【0032】

そして、レンズL3の像側の面の近軸曲率半径を R_a とし、レンズL4の物体側の近軸曲率半径を R_b 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)を満たすことにより、コマ収差および像面湾曲を良好に補正することが可能となり、解像度の高い高性能の光学系を実現することが容易となる。

30

$$(R_a + R_b) / (R_a - R_b) > 4.5 \quad (2)$$

【0033】

さらに、条件式(2)に代えて下記条件式(2-2)を満たすことがより好ましい。条件式(2-2)を満たすことで、条件式(2)を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

$$(R_a + R_b) / (R_a - R_b) > 4.8 \quad (2-2)$$

【0034】

また、変倍光学系1では、レンズL4の像側の面は、軸上光束2の最外光線3が通る位置より外側(光軸から離れる方向の側)の領域4において、光軸近傍よりも正のパワーが強い部分を有するように構成される。これにより、軸外収差、特にコマ収差を良好に補正することが可能となり、小型で解像度の高い高性能の光学系を実現することが容易となる。

40

【0035】

レンズL4の像側の面形状としては例えば、光軸から周辺に向かうに従い、正のパワーが強くなるように構成してもよく、あるいは、領域4内の一部分のみで光軸近傍よりも強い正のパワーを持つようにしてもよい。

【0036】

また、レンズL4の像側のレンズ面に関して、下記条件式(3)、(4)を満たすように構成することが好ましい。

50

$$s a g 1 0 - s a g 7 < 0 \quad (3)$$

$$s a g 1 0 / s a g 7 > 2 . 5 \quad (4)$$

ただし、

s a g 1 0 : 変倍光学系 1 が広角端に設定されているときのレンズ L 4 の像側のレンズ面の有効径における点 P 1 0 と、該レンズ面と光軸 Z との交点 O を通り光軸 Z に垂直な面 H との光軸方向の距離

s a g 7 : 変倍光学系が広角端に設定されているときのレンズ L 4 の像側のレンズ面の有効径の 7 割の径における点 P 7 と、該レンズ面と光軸 Z との交点 O を通り光軸 Z に垂直な面 H との光軸方向の距離

【 0 0 3 7 】

図 2 に、上記 s a g 1 0、s a g 7、点 O、点 P 1 0、点 P 7 を例示する。図 2 は、レンズ L 4 の断面の光軸 Z より下側を示す部分拡大図である。光軸 Z に垂直な方向における光軸 Z から点 P 7 までの距離は、光軸 Z から点 P 1 0 までの距離の 7 割である。なお、条件式 (3)、(4) における s a g 1 0、s a g 7 それぞれの値の符号は、点 P 1 0、点 P 7 それぞれが点 O より像側にある場合を正とし、物体側にある場合を負とすることにする。

10

【 0 0 3 8 】

条件式 (3)、(4) を満たすことにより、軸外収差、特にコマ収差を良好に補正することが可能となり、小型で解像度の高い高性能の光学系を実現することが容易となる。

【 0 0 3 9 】

より好ましくは、条件式 (3) に代えて下記条件式 (3 - 2) を満たすことである。

$$s a g 1 0 - s a g 7 < - 1 . 5 \quad (3 - 2)$$

また、より好ましくは、条件式 (4) に代えて下記条件式 (4 - 2) を満たすことである。

$$s a g 1 0 / s a g 7 > 2 . 8 \quad (4 - 2)$$

また、さらにより好ましくは、条件式 (4 - 2) に代えて下記条件式 (4 - 3) を満たすことである。

$$s a g 1 0 / s a g 7 > 3 . 5 \quad (4 - 3)$$

上記条件式 (3 - 2)、(4 - 2)、(4 - 3) を満たすことで、条件式 (3)、(4) を満たすことにより得られる効果をさらに高めることができる。

20

30

【 0 0 4 0 】

なお、条件式 (3)、(4) で有効径を用いているが、仮に有効径が不明の場合は、光学素子としての機能を果たす範囲である光学機能面の径を代用することが考えられる。

【 0 0 4 1 】

図 3 (A) ~ 図 3 (C) に光学機能面の例を示す。図 3 (A) ~ 図 3 (C) は、外形形状の異なるレンズ L 4 1、L 4 2、L 4 3 の光軸 (不図示) を含む断面図であり、各レンズの右側の面について光学機能面の範囲 K K を例示するものである。図 3 (A) のレンズ L 4 1 では右側の面全面が光学機能面である。図 3 (B) のレンズ L 4 2 は周辺近傍に取り付けのための段差が形成されており、レンズ L 4 2 ではこの段差より内側の領域が光学機能面である。図 3 (C) のレンズ L 4 3 は周辺部で面取りがなされており、この面取りより内側の領域が光学機能面である。

40

【 0 0 4 2 】

なお、上記ではレンズ L 4 の像側の面について説明したが、レンズ L 4 は物体側の面も非球面としてもよく、この場合には、より高性能化を図ることができる。

【 0 0 4 3 】

次に、変倍光学系 1 の第 2 レンズ群 G 2 の構成について説明する。この第 2 レンズ群 G 2 は、例えば図 1 に示すように、物体側から順に、物体側の面が非球面であるレンズ L 5 と、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズの 2 枚のレンズを接合してなる接合レンズ L C と、像側の面が凹面である負のレンズ L 8 と、物体側の面が凸面である正のレンズ L 9 とを備えるように構成することができる。第 2 レンズ群 G 2 を上述したレンズ L 5、接

50

合レンズL C、レンズL 8、レンズL 9を含むように構成することにより、球面収差、コマ収差、像面湾曲を抑制することができ、コンパクト性と大口径比を維持しながら、近年の高画素化に対応可能な高い光学性能を実現することができる。

【0044】

なお、図1に示す例の第2レンズ群G 2の接合レンズL Cは、物体側から順に、負のレンズL 6および正のレンズL 7を配置したものであるが、負レンズと正レンズの順番を逆にして接合レンズL Cを構成してもよい。また、小型化を重視する場合は、第2レンズ群G 2は図1に示す例のように5枚のレンズからなることが好ましいが、上記5枚以外のレンズを備える構成も可能である。

【0045】

より詳しくは図1に示す例の第2レンズ群G 2は、近軸領域で物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正のレンズL 5、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL 6および両凸形状の正のレンズL 7の接合レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL 8、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正のレンズL 9の5枚からなる。なお、第2レンズ群G 2の最も物体側に配置されるレンズL 5は、図1に示す形状に限定されず、例えば近軸領域で両凸形状であってもよい。また、レンズL 5は像側の面も非球面としてもよい。

【0046】

この第2レンズ群G 2の最も物体側に配置されるレンズL 5の物体側の非球面は、中心部から周辺に向かうに従い正のパワーが弱くなる形状、または、中心部から周辺の間に変曲点をもち、中心部から変曲点の間では中心部から離れるに従い正のパワーが弱くなり、変曲点から周辺の間では周辺に向かうに従い負のパワーが強くなる形状とすることが好ましい。第2レンズ群G 2の最も物体側に非球面のレンズL 5を配置して、その物体側の面形状を上記のような形状とすることにより、球面収差を低減して監視カメラ等に必要とされる例えばF値が1.3程度の大きい口径比を確保できるとともに、小型に構成しながら高性能化を実現することができる。

【0047】

変倍光学系1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料、すなわち耐水性、耐候性、耐酸性、耐薬品性等が高い材料を用いることが好ましく、さらには強く、割れにくい材料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料としては、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。

【0048】

変倍光学系1が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限らず、他のレンズもガラス材料からなるようにしてもよい。また、変倍光学系1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を施すようにしてもよい。

【0049】

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。

【0050】

次に、本発明の変倍光学系の数値実施例について説明する。実施例1～7の変倍光学系のレンズ断面図をそれぞれ図4～図10に示す。図4～図10において、左側が物体側、右側が像側であり、上段に広角端におけるレンズ配置を示し、下段に望遠端におけるレンズ配置を示し、光学部材PPも合わせて示してある。図4～図10に図示されている開口絞り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

10

20

30

40

50

。

【 0 0 5 1 】

実施例 1 の変倍光学系のレンズデータを表 1 に、各種データを表 2 に、非球面データを表 3 に示す。同様に、実施例 2 ~ 7 の変倍光学系のレンズデータ、各種データ、非球面データを表 4 ~ 表 2 1 に示す。以下では、表中の記号の意味について、実施例 1 のものを例にとり説明するが、実施例 2 ~ 7 のものについても基本的に同様である。

【 0 0 5 2 】

表 1 のレンズデータにおいて、 S_i の欄に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 ($i = 1, 2, 3, \dots$) の面番号を示し、 R_i の欄には i 番目の面の曲率半径を示し、 D_i の欄には 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_{e_j} の欄には最も物体側の光学要素を 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する j 番目 ($j = 1, 2, 3, \dots$) の光学要素の e 線 (波長 546.07 nm) に対する屈折率を示し、 d_j の欄には j 番目の光学要素の d 線 (波長 587.6 nm) に対するアッペ数を示している。なお、曲率半径の符号は、物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。レンズデータには、開口絞り S_t および光学部材 P_P も含めて示しており、開口絞り S_t に相当する面の曲率半径の欄に (開口絞り) という語句を記載している。

10

【 0 0 5 3 】

表 1 のレンズデータにおいて、変倍時に間隔が変化する面間隔の欄にはそれぞれ可変 1、可変 2 と記載している。可変 1 は第 1 レンズ群 G_1 と開口絞り S_t との間隔であり、可変 2 は開口絞り S_t と第 2 レンズ群 G_2 との間隔である。

20

【 0 0 5 4 】

表 2 の各種データに、広角端と望遠端における、e 線に対する全系の焦点距離、F 値、全画角、可変 1、可変 2 の値を示す。レンズデータおよび各種データにおける角度の単位としては度を用い、長さの単位としては mm 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、他の適当な単位を用いることもできる。

【 0 0 5 5 】

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 3 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。表 3 の非球面データの数値の「E - n」(n : 整数) は「 $\times 10^{-n}$ 」を意味し、「E + n」は「 $\times 10^n$ 」を意味する。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_A 、 B_m ($m = 3, 4, 5, \dots$) の値である。

$$Z_d = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - K_A \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + B_m \cdot h^m \dots \quad (A)$$

ただし、

30

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_A 、 B_m : 非球面係数 ($m = 3, 4, 5, \dots, 20$)

【 0 0 5 6 】

40

【表 1】

実施例1 レンズデータ

Si	Ri	Di	Nej	ν dj
1	47.0929	0.800	1.90560	38.0
2	6.2760	2.073		
3	12.5001	0.650	1.80229	48.2
4	8.6209	1.768		
5	151.2792	2.006	1.93432	18.9
6	-17.7033	0.241		
7	-14.4769	0.850	1.80449	40.9
*8	-41.9282	可変1		
9	(開口絞り)	可変2		
*10	7.0176	2.624	1.49846	81.5
*11	6453919.0151	0.100		
12	14.7308	0.650	1.93432	18.9
13	11.7872	3.456	1.49846	81.5
14	-11.2642	0.100		
15	10.0745	1.572	2.00069	28.7
16	4.1639	0.504		
17	4.8593	2.135	1.49205	56.9
18	20.8075	0.348		
19	∞	1.500	1.51825	64.1
20	∞			

10

20

【 0 0 5 7 】

【表 2】

実施例1 各種データ

	焦点距離	F値	全画角	可変1	可変2
広角端	2.874	1.35	126.2	12.288	8.848
望遠端	9.916	2.94	34.4	1.800	0.900

【 0 0 5 8 】

【表 3】

実施例1 非球面データ

	8面	10面	11面
B3	1.2067383E-05	1.7707621E-04	2.8842698E-04
B4	-2.4320377E-04	-2.0971001E-04	4.5153822E-04
B5	-3.7789518E-07	1.8548181E-05	6.6677248E-05
B6	6.8022831E-08	3.0698762E-06	-5.6620853E-08
B7	-2.3710792E-07	9.7190423E-08	-2.6293824E-07
B8	-5.0941783E-08	-4.0536057E-08	3.5106042E-08
B9	-5.8087748E-09	-6.1975824E-09	1.6891578E-08
B10	-2.9541735E-10	-3.6129000E-10	3.0123217E-09
B11	3.8096977E-11	1.2543484E-10	2.8019972E-10
B12	1.2839730E-11	4.0251974E-11	-1.2282592E-11
B13	1.9661300E-12	6.2154816E-12	-1.1956598E-11
B14	1.4884826E-13	3.0806093E-13	-3.1971390E-12
B15	-1.4624686E-14	-1.5426828E-13	-6.1485188E-13
B16	-8.8126512E-15	-6.2152780E-14	-9.3359640E-14
B17	-2.1300954E-15	-1.4858893E-14	-1.0478601E-14
B18	-3.5595283E-16	-2.3290885E-15	-3.9842790E-16
B19	-3.7205040E-17	-1.3067428E-16	2.0939499E-16
B20	2.2795526E-18	8.1647194E-17	8.4731262E-17
KA	1.5503276E+00	7.1670789E-01	6.0558533E-01

30

40

【 0 0 5 9 】

【表4】

実施例2 レンズデータ

Si	Ri	Di	Nej	ν_{dj}
1	47.5818	0.800	1.90645	37.1
2	6.2895	2.073		
3	12.5021	0.650	1.88814	40.8
4	8.5837	1.739		
5	103.3253	2.055	1.93432	18.9
6	-17.7598	0.196		
7	-15.1752	0.850	1.81080	40.7
*8	-45.6866	可変1		
9	(開口絞り)	可変2		
*10	6.8462	2.661	1.49846	81.5
*11	-7294643.3399	0.100		
12	16.3974	0.650	1.81643	22.8
13	12.4123	3.382	1.49846	81.5
14	-11.1591	0.100		
15	9.6105	1.532	2.01167	28.3
16	4.1291	0.501		
17	4.8141	2.103	1.48915	70.2
18	18.8936	0.368		
19	∞	1.500	1.51825	64.1
20	∞	4.200		

10

20

【0060】

【表5】

実施例2 各種データ

	焦点距離	F値	全画角	可変1	可変2
広角端	2.874	1.35	125.4	12.500	8.772
望遠端	9.916	2.93	34.4	1.774	0.900

【0061】

【表6】

実施例2 非球面データ

	8面	10面	11面
B3	4.8439448E-05	1.7749491E-04	2.8315754E-04
B4	-2.7382292E-04	-2.1486195E-04	4.6438892E-04
B5	5.1301423E-06	1.7264642E-05	7.0267122E-05
B6	1.2143360E-07	3.2114921E-06	-4.2587194E-08
B7	-3.3574218E-07	1.5709260E-07	-2.9495949E-07
B8	-6.4909837E-08	-3.1655090E-08	3.4121871E-08
B9	-6.2864249E-09	-5.7485192E-09	1.8156698E-08
B10	-1.1707856E-10	-4.6819406E-10	3.4267772E-09
B11	8.4494141E-11	9.5219673E-11	3.6475834E-10
B12	1.9135401E-11	3.7425822E-11	6.5571050E-13
B13	2.3616508E-12	6.6835460E-12	-1.0493530E-11
B14	8.4340916E-14	5.8196483E-13	-3.1146542E-12
B15	-4.3026141E-14	-8.2016961E-14	-6.2866362E-13
B16	-1.5076199E-14	-4.8318605E-14	-9.9403838E-14
B17	-3.0858736E-15	-1.2980041E-14	-1.1829106E-14
B18	-4.3921179E-16	-2.2369849E-15	-6.2195340E-16
B19	-2.6755270E-17	-1.8162637E-16	1.8334935E-16
B20	9.8835833E-18	5.7271040E-17	8.4165383E-17
KA	1.5991271E+00	7.0078904E-01	6.0558080E-01

30

40

【0062】

【表 7】

実施例3 レンズデータ

Si	Ri	Di	Nej	ν dj
1	51.5145	0.800	1.90562	38.0
2	6.1157	2.056		
3	12.5013	0.650	1.85266	43.2
4	8.8125	1.727		
5	1339.4377	1.961	1.93432	18.9
6	-16.5923	0.218		
7	-13.9852	0.850	1.80414	46.0
*8	-33.2305	可変1		
9	(開口絞り)	可変2		
*10	7.0353	3.153	1.49846	81.5
*11	-21.0511	0.100		
12	18.1893	0.650	1.81643	22.8
13	12.3100	3.278	1.49846	81.5
14	-11.8558	0.100		
15	13.3133	1.300	1.96454	32.2
16	4.2991	0.574		
17	5.1157	2.114	1.49204	56.9
18	27.2289	0.292		
19	∞	1.500	1.51825	64.1
20	∞	4.200		

10

20

【 0 0 6 3 】

【表 8】

実施例3 各種データ

	焦点距離	F値	全画角	可変1	可変2
広角端	2.874	1.36	126.6	12.137	9.051
望遠端	9.916	2.99	34.4	1.835	0.900

【 0 0 6 4 】

【表 9】

実施例3 非球面データ

	8面	10面	11面
B3	2.3239557E-05	1.0304841E-04	1.6837244E-04
B4	-2.5907356E-04	-2.0944146E-04	3.4084789E-04
B5	9.2225086E-07	1.6169838E-05	5.0456886E-05
B6	-3.0359746E-09	2.7868348E-06	-2.2948006E-06
B7	-2.7650108E-07	9.4730761E-08	-5.5866666E-07
B8	-5.5395030E-08	-3.6815631E-08	2.7932756E-11
B9	-5.8926754E-09	-5.7044358E-09	1.3567230E-08
B10	-2.4746333E-10	-3.8153430E-10	2.8559958E-09
B11	4.4864180E-11	1.0423193E-10	3.0958678E-10
B12	1.2239865E-11	3.5021067E-11	-6.6784082E-13
B13	1.4718502E-12	5.3701715E-12	-9.3332487E-12
B14	8.0570046E-15	2.2036095E-13	-2.7065192E-12
B15	-4.4338392E-14	-1.5421196E-13	-5.3189539E-13
B16	-1.3821778E-14	-5.9143110E-14	-8.0170660E-14
B17	-2.7959057E-15	-1.3832509E-14	-8.4601629E-15
B18	-4.0774380E-16	-2.0758989E-15	-9.4985789E-17
B19	-3.0690400E-17	-7.6598876E-17	2.5515746E-16
B20	6.7089356E-18	9.2301671E-17	9.1770600E-17
KA	1.5631440E+00	1.2767423E-01	2.9109721E-01

30

40

【 0 0 6 5 】

【表 1 0】

実施例4 レンズデータ

Si	Ri	Di	Nej	ν_{dj}
1	48.3515	0.800	1.89975	38.6
2	6.0827	2.360		
3	16.4333	0.650	1.75475	52.9
4	9.4910	1.262		
5	35.6326	2.017	1.93432	18.9
6	-24.2894	0.146		
*7	-21.4603	0.850	1.81080	40.7
*8	-2499.7791	可変1		
9	(開口絞り)	可変2		
*10	7.7837	2.998	1.49846	81.5
*11	-25.4451	0.100		
12	17.2012	0.650	1.81643	22.8
13	12.2085	3.663	1.49846	81.5
14	-10.0738	0.278		
15	11.0421	0.772	1.96706	32.0
16	4.5569	0.804		
17	5.4586	2.238	1.49186	62.5
18	16.0601	0.478		
19	∞	1.500	1.51825	64.1
20	∞	4.335		

10

20

【 0 0 6 6 】

【表 1 1】

実施例4 各種データ

	焦点距離	F値	全画角	可変1	可変2
広角端	2.874	1.32	128.8	11.309	9.650
望遠端	9.916	3.03	34.6	2.430	0.900

【 0 0 6 7 】

【表 1 2】

実施例4 非球面データ

	7面	8面	10面	11面
B3	-8.1652311E-04	-7.1033038E-04	1.0029642E-04	1.7826390E-04
B4	2.2084187E-05	-2.7351706E-04	-2.0573362E-04	3.6596126E-04
B5	4.0411292E-06	1.4483095E-05	1.6033635E-05	4.9673696E-05
B6	6.2039583E-07	1.3442234E-06	1.5708379E-06	-1.5699670E-06
B7	8.3548175E-08	-3.0591542E-07	-4.8195015E-08	-4.9239102E-07
B8	3.5622984E-09	-8.2278588E-08	-4.4319193E-08	-1.4913480E-08
B9	-1.2815675E-09	-1.0776594E-08	-7.2289737E-09	7.9514258E-09
B10	-4.0775822E-10	-8.2842072E-10	-1.0892820E-09	1.7652607E-09
B11	-7.2226369E-11	5.6041275E-12	-9.0083795E-11	1.4289580E-10
B12	-9.6013072E-12	1.5458115E-11	-2.9794503E-12	-2.4252727E-11
B13	-9.1371268E-13	3.4275793E-12	-2.4345160E-13	-1.2802163E-11
B14	-2.5760937E-14	5.0901576E-13	-3.8339358E-13	-3.2605590E-12
B15	1.3972768E-14	5.3609102E-14	-1.8649875E-13	-6.2427232E-13
B16	5.0917385E-15	1.9498712E-15	-5.5321453E-14	-9.4783555E-14
B17	1.2091668E-15	-8.6058196E-16	-1.2776243E-14	-1.0315433E-14
B18	2.4811258E-16	-3.1887010E-16	-2.1122181E-15	-2.0053004E-16
B19	5.0421542E-17	-7.5847477E-17	-1.7444518E-16	2.9392421E-16
B20	9.8865955E-18	-1.4616360E-17	4.9800578E-17	1.1193859E-16
KA	-9.4429183E-02	1.5523542E+00	1.1397710E-01	1.2488763E-01

30

40

【 0 0 6 8 】

【表 1 3】

実施例5 レンズデータ

Si	Ri	Di	Nej	ν dj
1	38.3396	0.800	1.88814	40.8
2	6.4735	2.156		
3	12.5013	0.650	1.73234	54.7
4	8.5254	1.680		
5	49.0921	2.229	1.93432	18.9
6	-21.4836	0.296		
*7	-16.5320	0.850	1.80800	40.4
*8	-832.5905	可変1		
9	(開口絞り)	可変2		
*10	7.4544	3.239	1.49664	82.0
*11	-26.1043	0.100		
12	19.6757	0.650	1.81643	22.8
13	13.1377	3.620	1.49846	81.5
14	-9.7973	0.100		
15	10.0941	0.693	2.01167	28.3
16	4.5737	0.730		
17	5.4557	2.150	1.57046	42.8
18	13.7309	0.546		
19	∞	1.500	1.51825	64.1
20	∞	4.335		

10

20

【0 0 6 9】

【表 1 4】

実施例5 各種データ

	焦点距離	F値	全画角	可変1	可変2
広角端	2.874	1.35	127.8	11.405	9.131
望遠端	9.916	2.96	34.4	1.741	0.900

【0 0 7 0】

【表 1 5】

実施例5 非球面データ

	7面	8面	10面	11面
B3	-4.9893316E-04	-3.9612372E-04	1.7090295E-04	1.9770986E-04
B4	-2.0736256E-05	-2.7950072E-04	-2.0761598E-04	3.8371219E-04
B5	6.6513454E-06	1.0703903E-05	2.8840419E-05	4.3454281E-05
B6	9.5092416E-07	1.2175101E-06	1.5315006E-06	-7.2219480E-07
B7	4.7989832E-08	-2.0077996E-07	-2.0578203E-07	-2.7002512E-07
B8	-6.9866686E-09	-5.2782858E-08	-5.9782353E-08	-6.0183797E-09
B9	-2.0513866E-09	-6.0759397E-09	-7.1861016E-09	3.5060534E-09
B10	-2.9401976E-10	-3.4303034E-10	-9.4148844E-10	4.4670028E-10
B11	-2.4720566E-11	1.9051779E-11	-9.3156347E-11	-8.5391293E-11
B12	-8.9986418E-13	7.2081087E-12	-1.2321486E-11	-5.2457969E-11
B13	-3.9261224E-14	7.6317550E-13	-3.1440738E-12	-1.4931194E-11
B14	-3.7866310E-14	-2.2247482E-14	-9.8327547E-13	-3.1730676E-12
B15	-2.0975511E-14	-3.1427601E-14	-2.7747945E-13	-5.5024158E-13
B16	-5.8995189E-15	-8.8892854E-15	-6.5517188E-14	-7.6405953E-14
B17	-1.2727351E-15	-1.7020398E-15	-1.2886444E-14	-6.9069805E-15
B18	-2.2291804E-16	-2.5307227E-16	-1.7813804E-15	3.2498277E-16
B19	-2.8351876E-17	-2.3601243E-17	-5.1441083E-17	3.5712195E-16
B20	-1.3337970E-18	9.4104913E-19	8.3063552E-17	1.1692547E-16
KA	1.1938821E+00	1.5486182E+00	-9.6667664E-02	5.0517392E-02

30

40

【0 0 7 1】

【表 1 6】

実施例6 レンズデータ

Si	Ri	Di	Nej	ν dj
1	34.1032	0.800	1.88814	40.8
2	6.8935	2.101		
3	12.5494	0.650	1.69979	55.5
4	8.0386	1.807		
5	39.4907	2.301	1.93432	18.9
6	-22.0923	0.455		
*7	-14.7447	0.900	1.80800	40.4
*8	249.9763	可変1		
9	(開口絞り)	可変2		
*10	7.6696	3.314	1.49664	82.0
*11	-25.7571	0.100		
12	15.1813	0.652	1.79192	25.7
13	10.7120	3.477	1.49846	81.5
14	-10.7120	0.100		
15	12.9790	1.147	2.01167	28.3
16	4.7397	0.764		
17	5.8011	2.622	1.57046	42.8
18	25.5394	0.344		
19	∞	1.000	1.51825	64.1
20	∞	4.249		

10

20

【 0 0 7 2 】

【表 1 7】

実施例6 各種データ

	焦点距離	F値	全画角	可変1	可変2
広角端	2.874	1.35	137.2	10.601	9.213
望遠端	9.914	3.05	36.2	2.000	0.814

【 0 0 7 3 】

【表 1 8】

実施例6 非球面データ

	7面	8面	10面	11面
B3	-2.5994267E-04	-1.8033497E-04	1.6098038E-04	1.2497029E-04
B4	-9.6382102E-05	-4.2686040E-04	-2.1211870E-04	3.6556884E-04
B5	4.2258546E-05	3.9961388E-05	3.7949279E-05	2.6138171E-05
B6	1.5066338E-06	1.8180323E-06	2.4904898E-07	-1.1907632E-07
B7	-4.2416096E-07	-6.1376045E-07	-3.3356436E-07	1.6519442E-07
B8	-7.3826839E-08	-9.6263451E-08	-2.7543028E-08	1.5657995E-08
B9	-3.0703135E-09	-4.2253853E-09	5.1537016E-10	-4.1637572E-09
B10	1.0769024E-09	7.8897190E-10	-4.9006034E-10	-1.3760271E-09
B11	3.2048715E-10	1.7907106E-10	-2.0114544E-10	-2.4481626E-10
B12	4.6444053E-11	1.7797617E-11	-4.3775500E-11	-3.1562951E-11
B13	2.8096237E-12	-2.1603721E-13	-6.2937508E-12	-4.2181035E-12
B14	-6.0045231E-13	-4.0861413E-13	-5.1244974E-13	-6.4908449E-13
B15	-2.6429298E-13	-8.5921033E-14	-1.6129329E-16	-1.2729705E-13
B16	-5.9648795E-14	-1.1508281E-14	6.9575472E-15	-2.5491076E-14
B17	-9.3991857E-15	-7.3739746E-16	1.4999522E-16	-3.9304654E-15
B18	-8.2471684E-16	4.9549404E-17	-4.0050590E-16	-2.4403800E-16
B19	1.0397884E-16	6.8376124E-18	-1.2117753E-16	5.6186253E-17
B20	7.6996025E-17	-7.2786590E-18	-1.5600082E-17	3.7522350E-17
KA	3.5116905E+00	1.5299986E+00	-2.1862327E-01	1.0557304E-01

30

40

【 0 0 7 4 】

【表 19】

実施例7 レンズデータ

Si	Ri	Di	Nej	ν dj
1	29.3461	0.800	1.88814	40.8
2	5.9285	3.993		
3	-30.5157	3.136	1.93432	18.9
4	-11.3636	0.144		
*5	-11.3635	1.372	1.80800	40.4
*6	-171.5789	可変1		
7	(開口絞り)	可変2		
*8	8.5240	2.988	1.71673	54.4
*9	-35.3327	0.100		
10	17.4274	0.650	1.81265	25.4
11	10.5768	3.513	1.49846	81.5
12	-10.5768	0.100		
13	14.3025	0.650	2.01167	28.3
14	4.6357	1.200		
15	6.0722	2.472	1.53348	49.2
16	26.2236	0.322		
17	∞	1.000	1.51825	64.1
18	∞			

10

【0075】

20

【表 20】

実施例7 各種データ

	焦点距離	F値	全画角	可変1	可変2
広角端	2.874	1.38	128.8	10.411	9.699
望遠端	9.916	3.26	34.6	2.138	0.840

【0076】

【表 21】

実施例7 非球面データ

	5面	6面	8面	9面
B3	-4.6556583E-04	-3.6823765E-04	1.1781552E-04	8.9397121E-05
B4	-1.4283790E-04	-4.0159499E-04	-2.1132669E-04	3.1157482E-04
B5	4.2823763E-05	4.3496421E-05	3.4426858E-05	2.2013774E-05
B6	2.5562934E-06	2.1496003E-06	-1.0658560E-07	-3.8820799E-07
B7	-2.0807402E-07	-5.6767880E-07	-3.2545234E-07	1.4307968E-07
B8	-4.3028901E-08	-8.6488343E-08	-1.8620120E-08	1.3432877E-08
B9	5.4321528E-10	-2.2034139E-09	2.4903000E-09	-4.3836446E-09
B10	1.4540979E-09	1.1498674E-09	-1.7535585E-10	-1.3950009E-09
B11	3.5941743E-10	2.3501773E-10	-1.6092353E-10	-2.4644517E-10
B12	5.1240124E-11	2.5422003E-11	-3.9823351E-11	-3.1779749E-11
B13	3.6183332E-12	7.0449027E-13	-6.1149639E-12	-4.2634274E-12
B14	-4.3867602E-13	-3.1298704E-13	-5.5252985E-13	-6.6054915E-13
B15	-2.3169060E-13	-7.7554205E-14	-1.5226273E-14	-1.3011406E-13
B16	-5.3323883E-14	-1.0873350E-14	3.6852179E-15	-2.6153910E-14
B17	-8.2727908E-15	-6.5739701E-16	-3.8345401E-16	-4.0776833E-15
B18	-6.3930072E-16	7.4044142E-17	-4.6601808E-16	-2.7673224E-16
B19	1.3102182E-16	1.5499588E-17	-1.2375041E-16	4.8821397E-17
B20	8.0416218E-17	-4.6949855E-18	-1.4070357E-17	3.5906182E-17
KA	2.7468485E+00	1.5082882E+00	1.9865621E-01	2.7302926E-01

30

40

【0077】

実施例1の変倍光学系の概略構成は以下のとおりである。実施例1の変倍光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1が、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL1、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL2、両凸形状の正のレンズL

50

3、近軸領域で像側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL4の4枚構成であり、第2レンズ群G2が、近軸領域で物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正のレンズL5、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL6および両凸形状の正のレンズL7の接合レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL8、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正のレンズL9の5枚構成であり、非球面はレンズL4の像側の面およびレンズL5の両側の面に施されている。

【0078】

実施例2、3の変倍光学系の概略構成は、レンズL5が近軸領域で両凸形状である点の実施例1のものと同様であり、その他は実施例1のものと同様である。実施例4、5の変倍光学系の概略構成は、レンズL5が近軸領域で両凸形状である点、非球面がレンズL4の両側の面およびレンズL5の両側の面に施されている点の実施例1のものと同様であり、その他は実施例1のものと同様である。実施例6の変倍光学系の概略構成は、レンズL4が近軸領域で両凹形状である点、レンズL5が近軸領域で両凸形状である点、非球面がレンズL4の両側の面およびレンズL5の両側の面に施されている点の実施例1のものと同様であり、その他は実施例1のものと同様である。実施例7の変倍光学系の概略構成は、第1レンズ群G1が物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL12、像側に凸面を向けたメニスカス形状の正のレンズL3、近軸領域で像側に凸面を向けたメニスカス形状の負のレンズL4の3枚構成である点、レンズL5が近軸領域で両凸形状である点、非球面がレンズL4の両側の面およびレンズL5の両側の面に施されている点の実施例1のものと同様であり、その他は実施例1のものと同様である。

【0079】

実施例1の変倍光学系の縦収差図を図11(A)~図11(F)に示し、横収差図を図12(A)~図12(I)、図13(A)~図13(I)に示す。図11(A)~図11(C)はそれぞれ、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)の各収差を示し、図11(D)~図11(F)はそれぞれ、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を示す。図12(A)~図12(E)は広角端における各画角でのタンジェンシャル方向の横収差を示し、図12(F)~図12(I)は広角端における各画角でのサジタル方向の横収差を示す。図13(A)~図13(E)は望遠端における各画角でのタンジェンシャル方向の横収差を示し、図13(F)~図13(I)は望遠端における各画角でのサジタル方向の横収差を示す。球面収差図では、e線に関しては実線で、波長460nmに関しては破線で、波長615nmに関しては一点鎖線で、波長880nmに関しては二点鎖線で示している。非点収差図では、サジタル方向については実線で、タンジェンシャル方向については点線で示している。その他の収差図では、e線に関する収差を示している。球面収差図のFno.はF値を意味し、その他の収差図の θ は半画角を意味する。球面収差図および非点収差図の横軸の目盛りの単位、横収差図の縦軸の目盛りの単位としてここではmmを用いているが、図面ではその記載を省略している。

【0080】

実施例2~7の変倍光学系の収差図についても同様に添付図面に示す。実施例2の変倍光学系の縦収差図を図14(A)~図14(F)に示し、広角端における横収差図を図15(A)~図15(I)に示し、望遠端における横収差図を図16(A)~図16(I)に示す。実施例3の変倍光学系の縦収差図を図17(A)~図17(F)に示し、広角端における横収差図を図18(A)~図18(I)に示し、望遠端における横収差図を図19(A)~図19(I)に示す。実施例4の変倍光学系の縦収差図を図20(A)~図20(F)に示し、広角端における横収差図を図21(A)~図21(I)に示し、望遠端における横収差図を図22(A)~図22(I)に示す。実施例5の変倍光学系の縦収差図を図23(A)~図23(F)に示し、広角端における横収差図を図24(A)~図24(I)に示し、望遠端における横収差図を図25(A)~図25(I)に示す。実施例6の変倍光学系の縦収差図を図26(A)~図26(F)に示し、広角端における横収差図を図27(A)~図27(I)に示し、望遠端における横収差図を図28(A)~図2

8 (I) に示す。実施例 7 の変倍光学系の縦収差図を図 2 9 (A) ~ 図 2 9 (F) に示し、広角端における横収差図を図 3 0 (A) ~ 図 3 0 (I) に示し、望遠端における横収差図を図 3 1 (A) ~ 図 3 1 (I) に示す。ただし、実施例 7 の球面収差図は、e 線、波長 4 6 0 n m、波長 6 1 5 n m に関する収差を表している。

【 0 0 8 1 】

実施例 1 ~ 7 の変倍光学系における条件式 (1) ~ (4) に対応する値を表 2 2 に示す。なお、表 2 2 に示す値は、基準波長を e 線とし、上記した各仕様データに基づいて光束を入射させたときのものである。

【表 2 2】

	条件式対応値			
	(1) Ne4	(2) (Ra+Rb)/(Ra-Rb)	(3) sag10-sag7	(4) sag10/sag7
実施例1	1.80449	9.97	-0.479	2.976
実施例2	1.81080	12.74	-0.541	3.198
実施例3	1.80414	11.73	-0.536	2.874
実施例4	1.81080	16.17	-0.262	4.200
実施例5	1.80800	7.68	-0.250	4.199
実施例6	1.80800	5.01	-0.169	5.785
実施例7	1.80800	227271.00	-0.175	2.884

【 0 0 8 2 】

以上のデータから、実施例 1 ~ 7 の変倍光学系は全て、条件式 (1) ~ (4) を満たし、コンパクトな構成で、広角端での F 値が 1 . 3 程度の大口径比を維持しつつ、広角端での全画角が 1 2 5 ° ~ 1 3 7 ° と比較的広角であり、各収差が良好に補正され、広角端および望遠端ともに高い光学性能を有することがわかる。また、実施例 1 ~ 6 の変倍光学系では、可視域だけでなく、近赤外域でも良好に収差補正されている。

【 0 0 8 3 】

図 3 2 に、本発明の撮像装置の一実施形態として、監視カメラの概略構成図を示す。図 3 2 に示す監視カメラ 1 0 は、略円筒状の鏡筒の内部に配置された本発明の実施形態にかかる変倍光学系 1 と、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 とを備える。撮像素子 5 の具体例としては、変倍光学系 1 により形成される光学像を電気信号に変換する CCD や CMOS 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 の像面に一致するように配置される。鏡筒の上方には、開口絞り S t の絞り径を変更するための絞りツマミ 1 2 が設けられている。鏡筒の下方には、変倍光学系 1 の倍率を変更するためのズームツマミ 1 3 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 4 が設けられている。

【 0 0 8 4 】

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、コンパクト性に優れ、低照度の条件下でも良好に撮影可能で、近年の高画素化した撮像素子を用いて高画質の映像を得ることができる。

【 0 0 8 5 】

以上、実施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、アッペ数、非球面係数等の値は、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。

【 0 0 8 6 】

また、撮像装置の実施形態では、本発明を監視カメラに適用した例について図を示して説明したが、本発明はこの用途に限定されるものではなく、例えば、ビデオカメラや電子スチルカメラ等にも適用可能である。

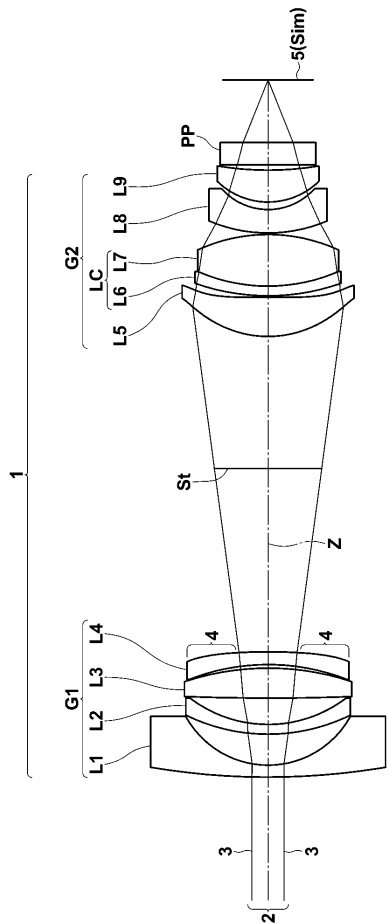
【符号の説明】

【 0 0 8 7 】

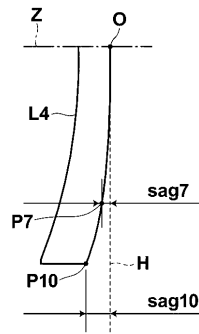
- 1 変倍光学系
- 2 軸上光束

- 3 最外光線
- 4 領域
- 5 撮像素子
- 10 監視カメラ
- 12 絞りツマミ
- 13 ズームツマミ
- 14 フォーカスツマミ
- G1 第1レンズ群
- G2 第2レンズ群
- L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7、L8、L9、L12 レンズ
- LC 接合レンズ
- PP 光学部材
- St 開口絞り
- Z 光軸

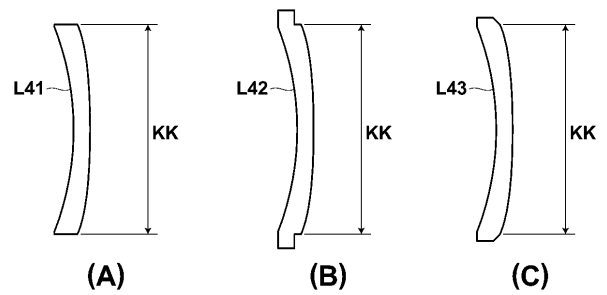
【図1】



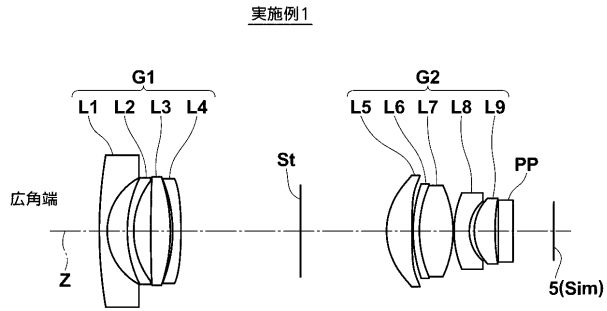
【図2】



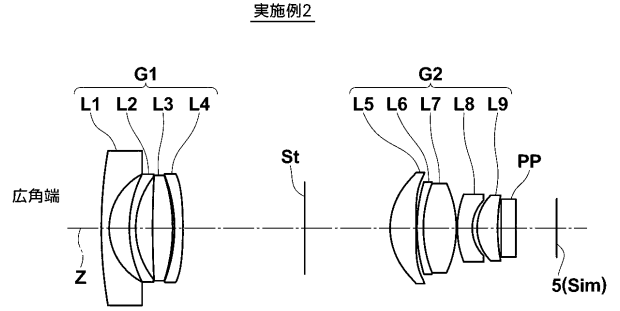
【図3】



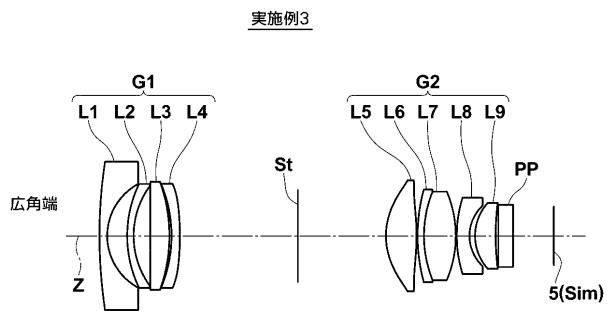
【 図 4 】



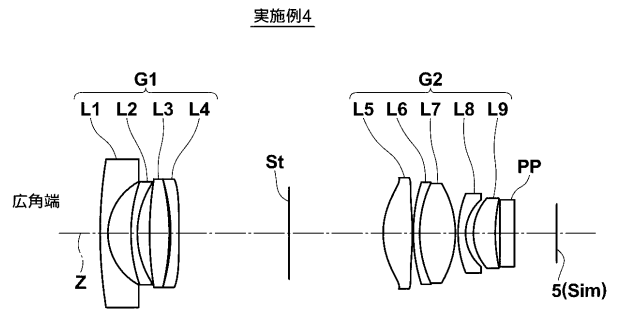
【 図 5 】



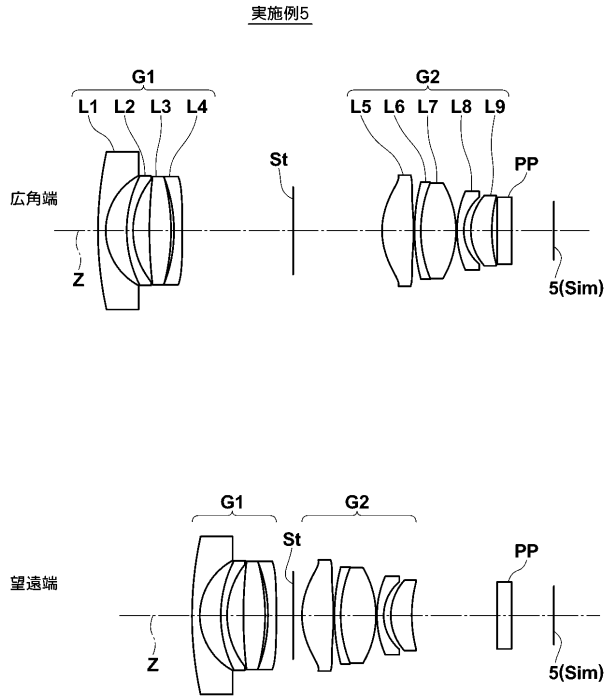
【 図 6 】



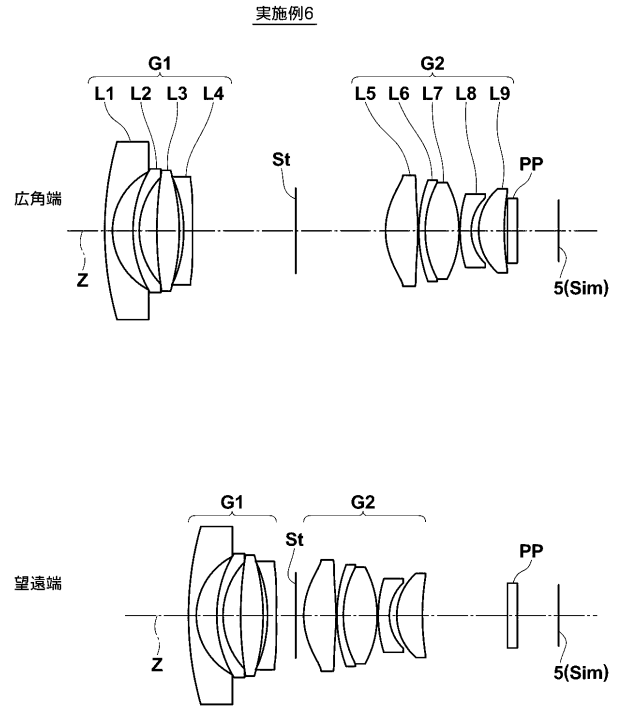
【 図 7 】



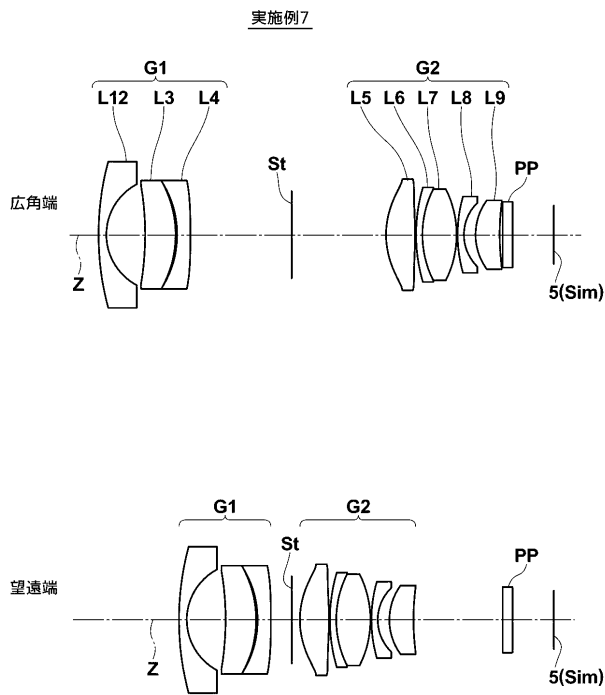
【 図 8 】



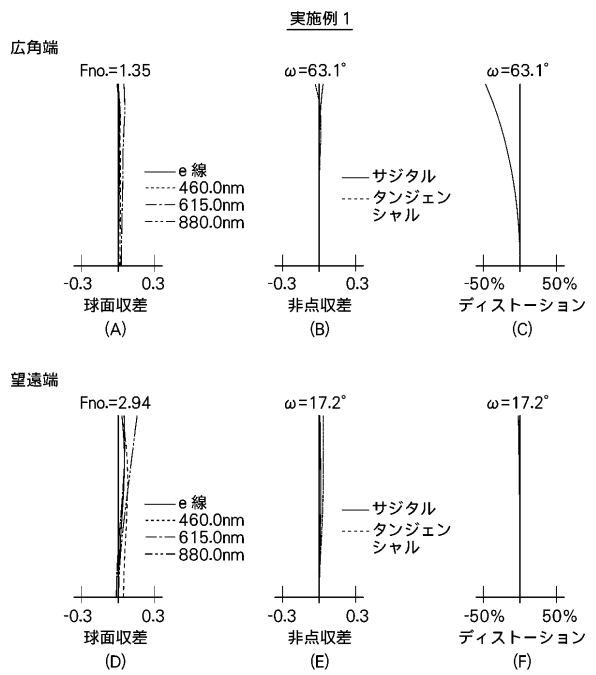
【 図 9 】



【 図 10 】

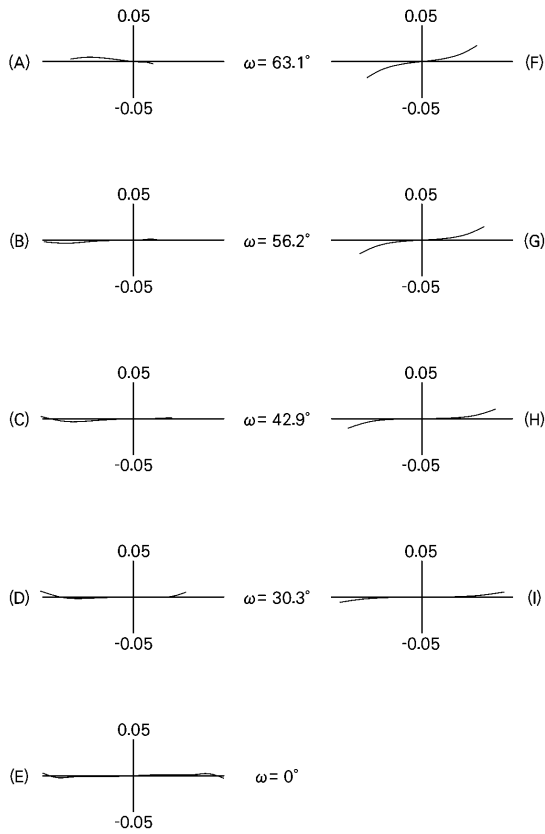


【 図 11 】



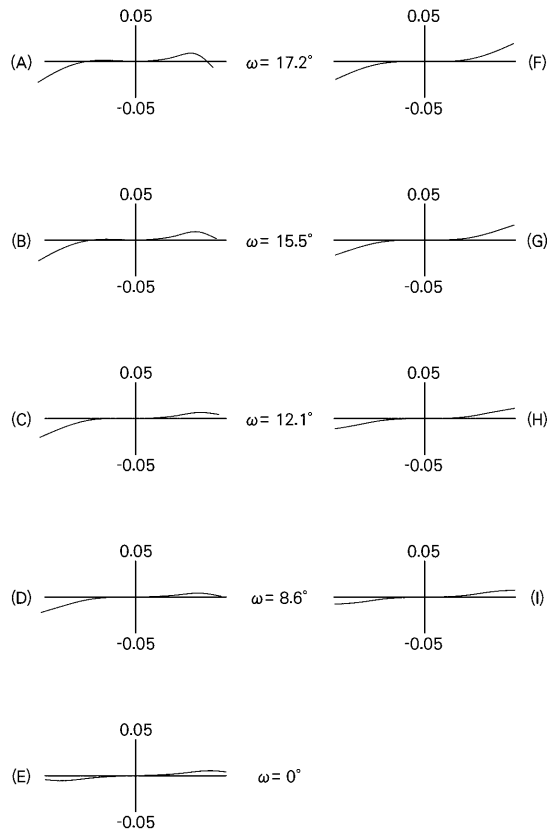
【 図 1 2 】

実施例 1 (広角端)



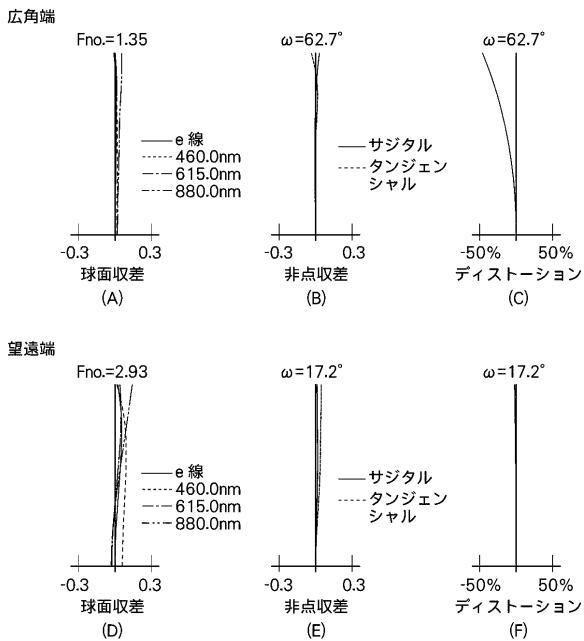
【 図 1 3 】

実施例 1 (望遠端)



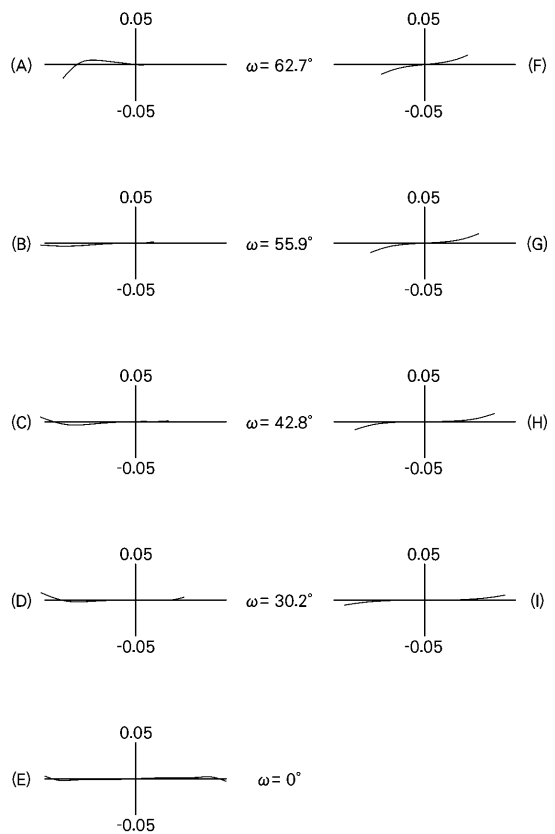
【 図 1 4 】

実施例 2

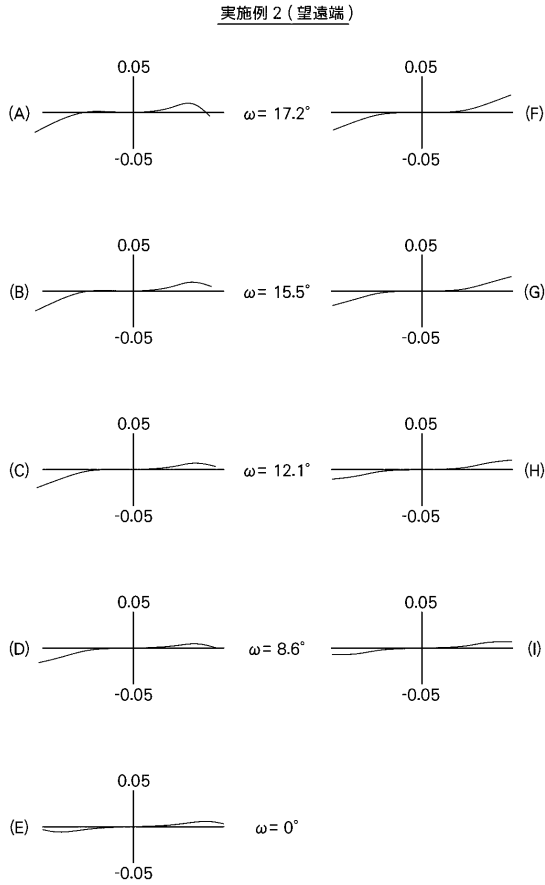


【 図 1 5 】

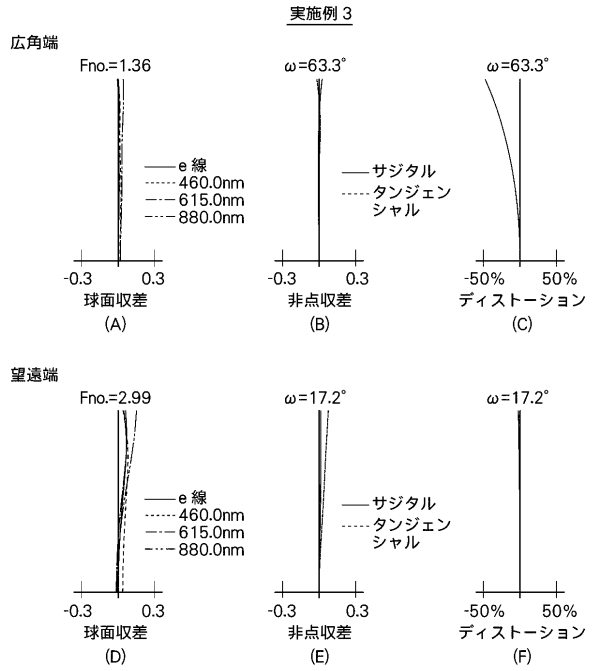
実施例 2 (広角端)



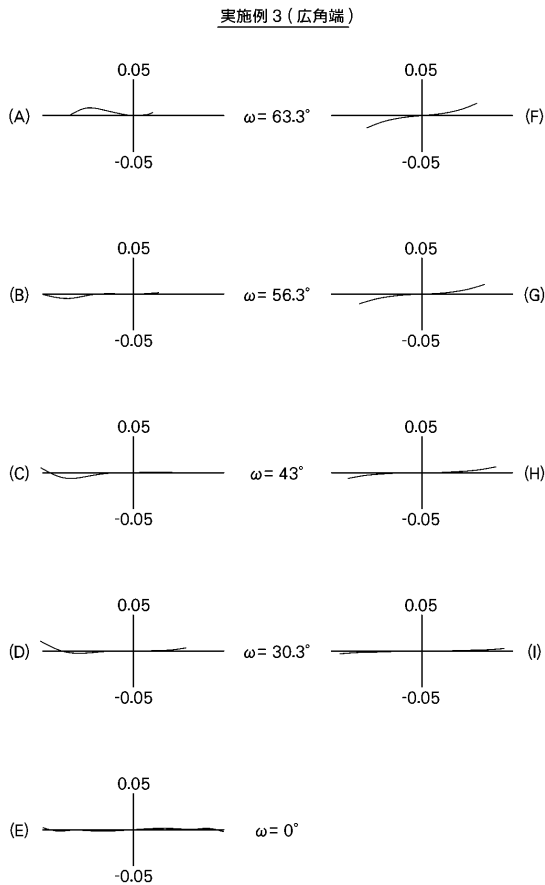
【 図 1 6 】



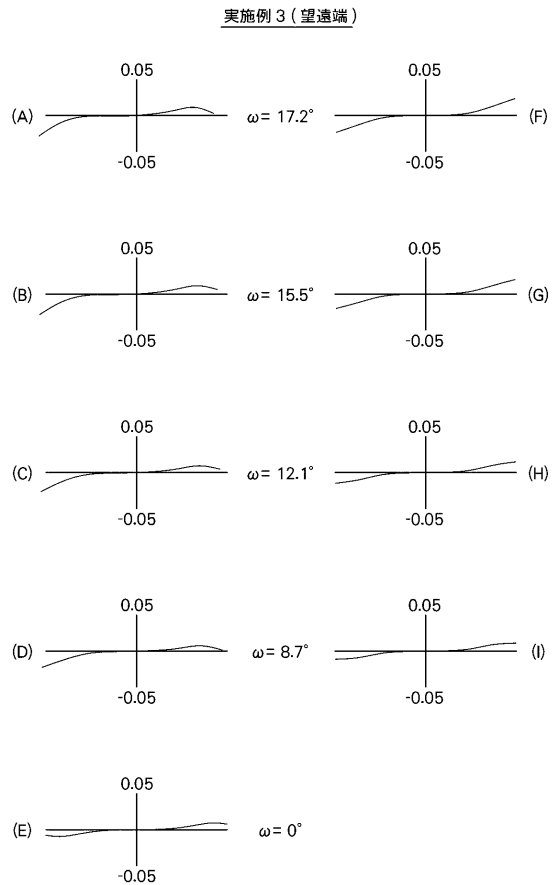
【 図 1 7 】



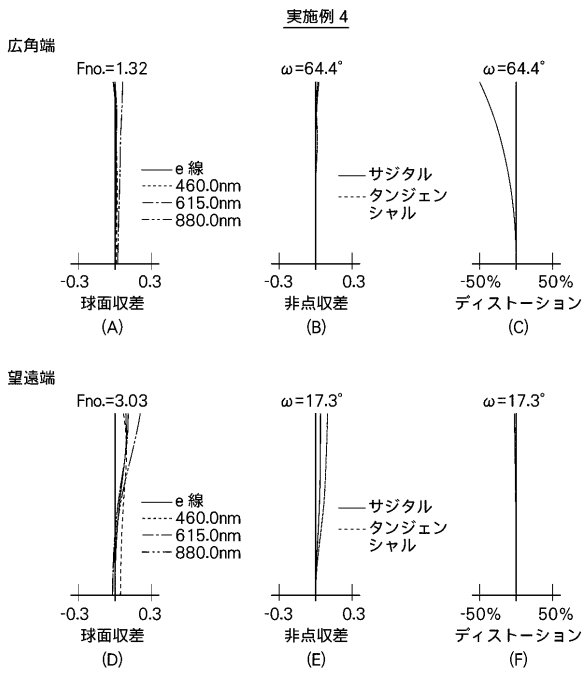
【 図 1 8 】



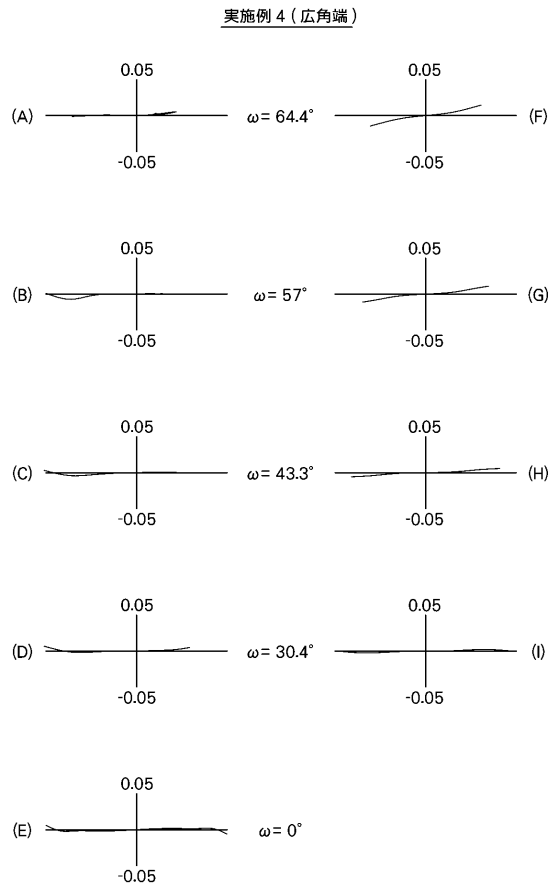
【 図 1 9 】



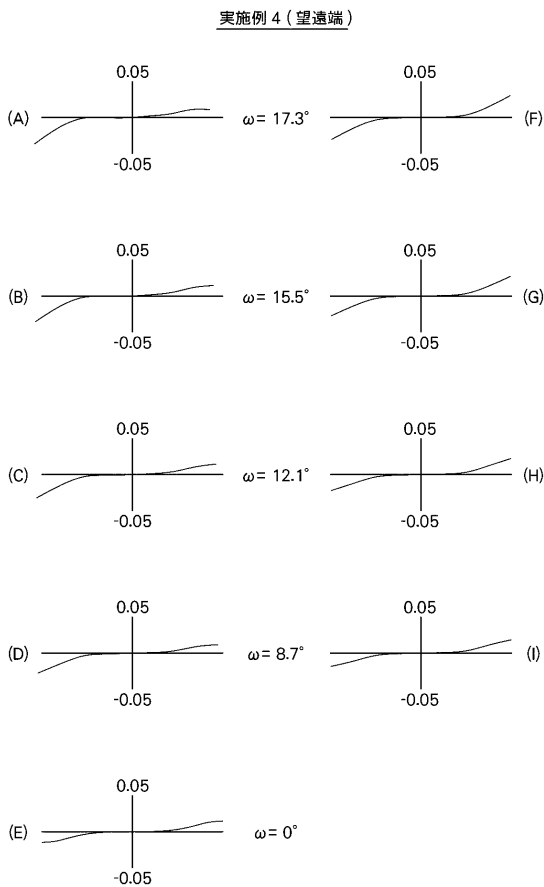
【 図 2 0 】



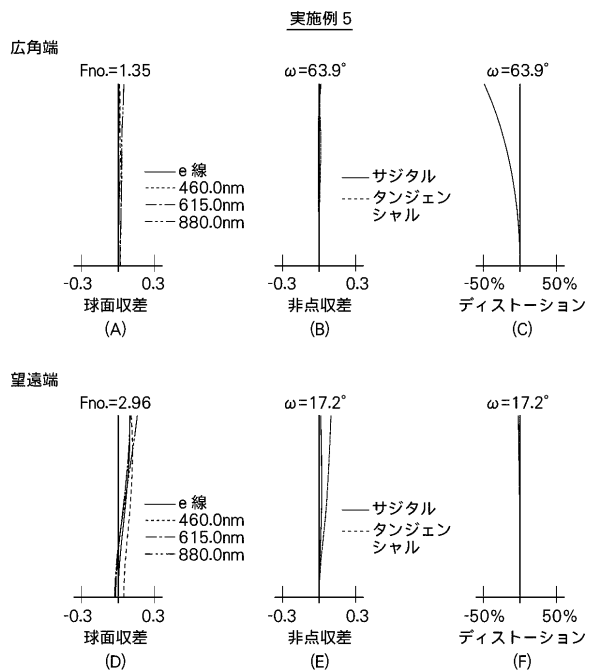
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】

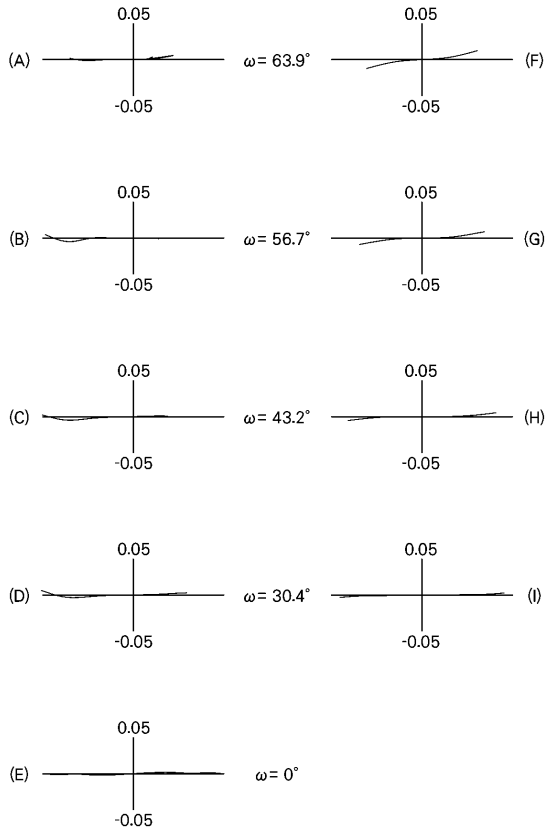


【 図 2 3 】



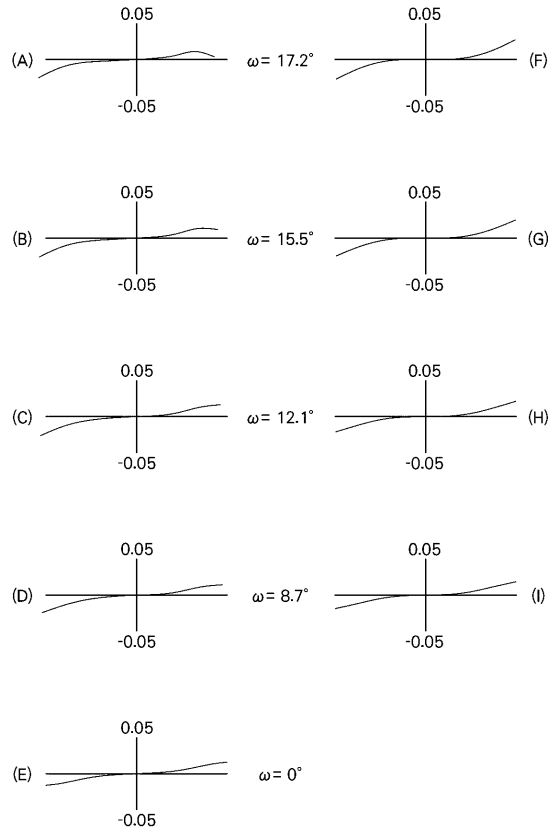
【 図 2 4 】

実施例 5 (広角端)



【 図 2 5 】

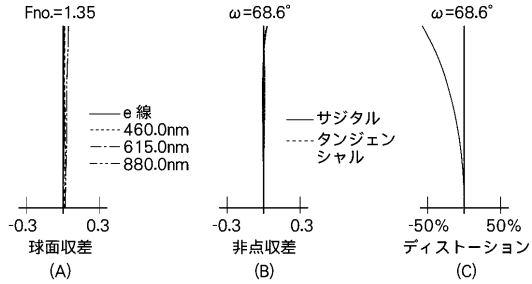
実施例 5 (望遠端)



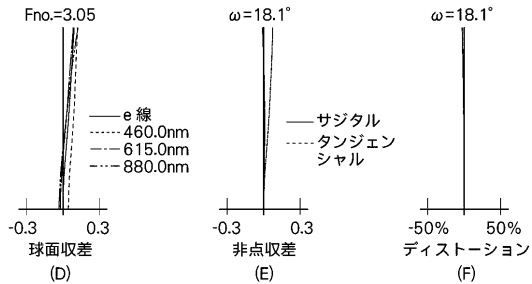
【 図 2 6 】

実施例 6

広角端

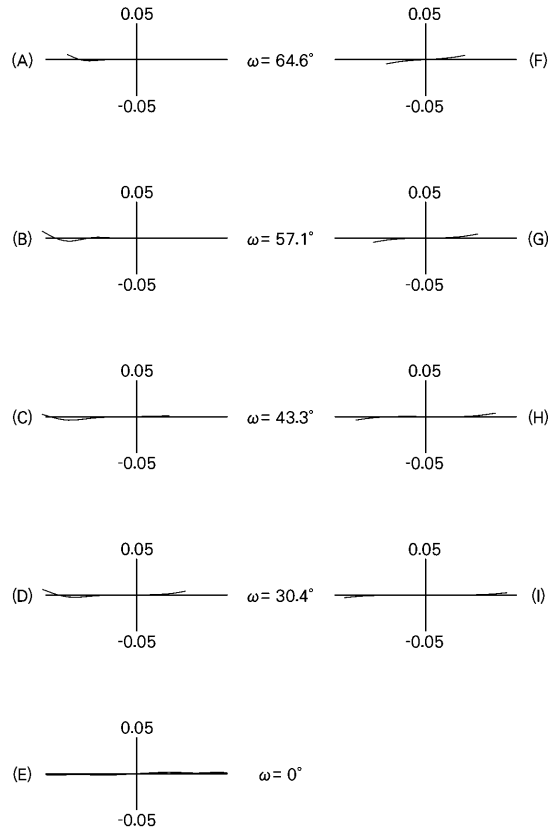


望遠端

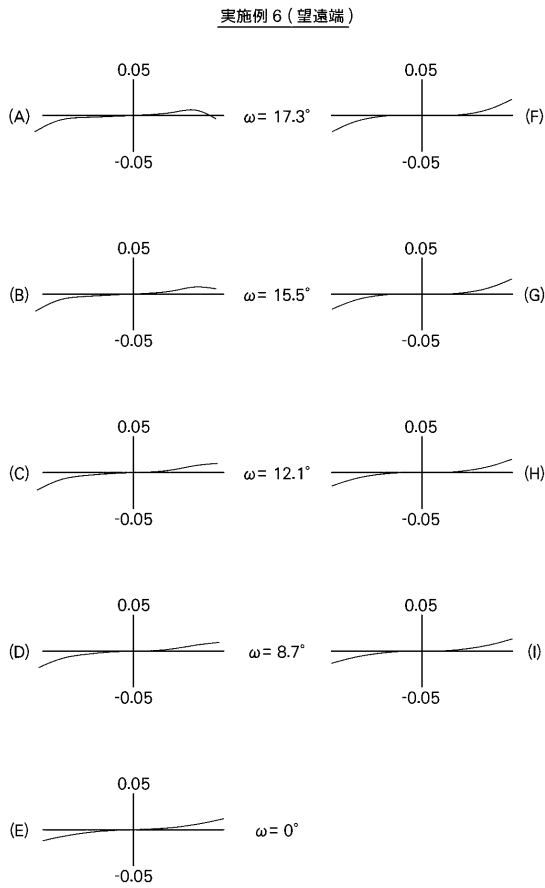


【 図 2 7 】

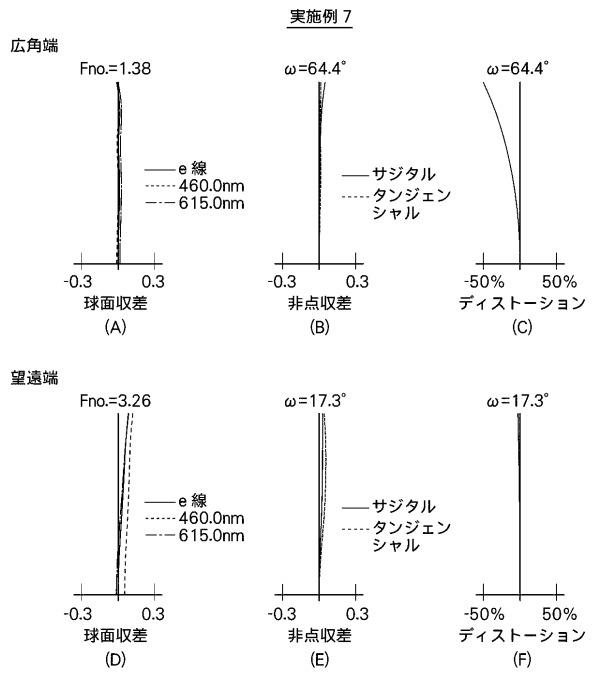
実施例 6 (広角端)



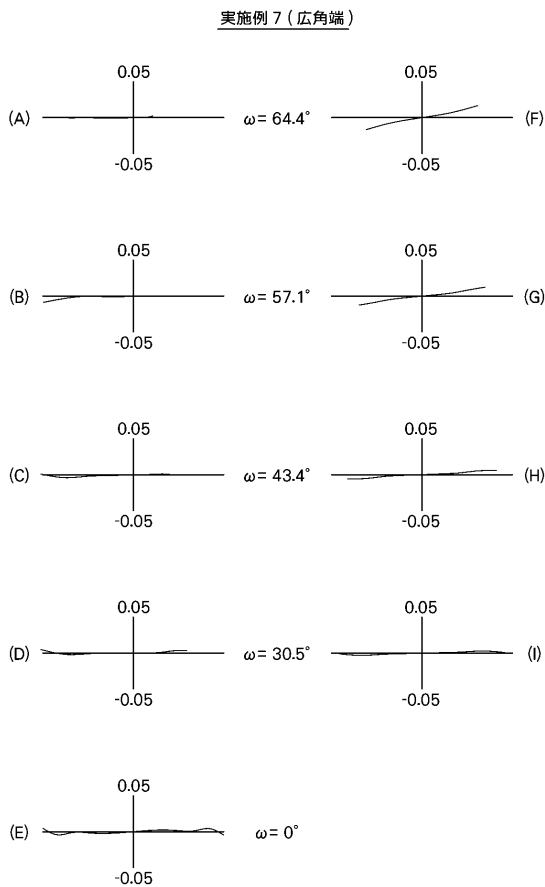
【 図 2 8 】



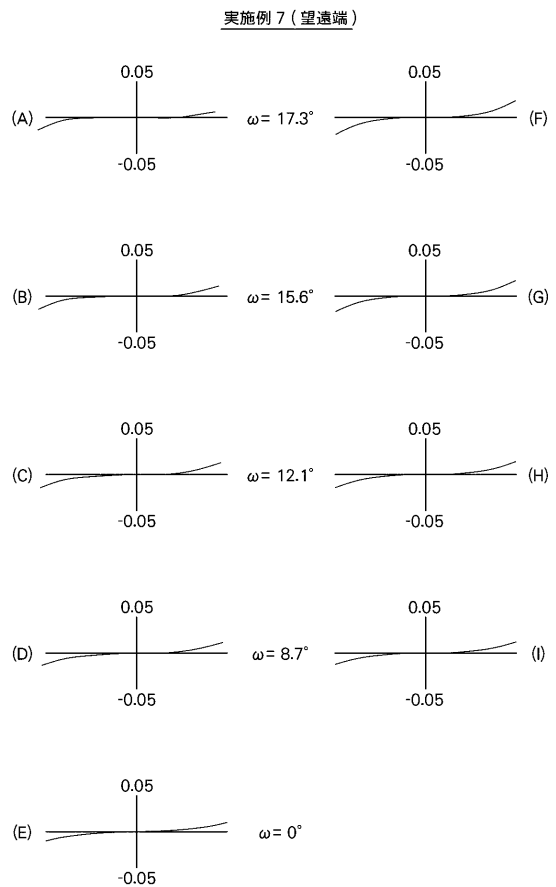
【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



【 図 3 1 】



【 図 3 2 】

