

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6128386号
(P6128386)

(45) 発行日 平成29年5月17日(2017.5.17)

(24) 登録日 平成29年4月21日(2017.4.21)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 15/20 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 15/20
G02B 13/18

請求項の数 14 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2013-146208 (P2013-146208)
 (22) 出願日 平成25年7月12日 (2013.7.12)
 (65) 公開番号 特開2015-18155 (P2015-18155A)
 (43) 公開日 平成27年1月29日 (2015.1.29)
 審査請求日 平成27年11月13日 (2015.11.13)

(73) 特許権者 306037311
 富士フィルム株式会社
 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 遠山 信明
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 富士フィルム株式会社内
 審査官 濑戸 息吹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズおよび撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、変倍時固定で正の屈折力を有する第1レンズ群、3つの変倍群からなる第2レンズ群、絞り、および変倍時固定で正の屈折力を有する第3レンズ群からなり、広角端から望遠端に変倍する際に、前記変倍群のそれぞれが光軸に沿って移動し、前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面に入射する近軸主光線の傾角をu、前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面から射出する近軸主光線の傾角をuとしたとき、下記条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$u / u < 0 . 4 \dots (1-1)$$

【請求項 2】

前記第1レンズ群の最も物体側には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズが配置され、該第111レンズの像側直後には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズが配置され、前記第111レンズの物体側の面が非球面である請求項1記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第1レンズ群の最も物体側には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズが配置され、該第111レンズの像側直後には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズが配置され、前記第112レンズの物体側の面が非球面である請求項1または2記載のズームレンズ。

【請求項 4】

10

20

前記第1レンズ群の最も像側のレンズが、物体側の面が凸形状の正の屈折力を有するレンズからなる請求項1から3のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記第1レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第11レンズ群、正の屈折力を有する第12レンズ群、および正の屈折力を有する第13レンズ群から構成され、無限遠から至近に合焦する際に、前記第12レンズ群のみが像側に移動する請求項1から4のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項6】

前記第11レンズ群は、負の屈折力を有する3枚以上のレンズを含む5枚以上のレンズから構成される請求項5記載のズームレンズ。

10

【請求項7】

前記第12レンズ群は、物体側から順に、少なくとも、正の屈折力を有するレンズ、および負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとの接合レンズから構成される請求項5または6項記載のズームレンズ。

【請求項8】

前記第12レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズ、負の屈折力を有するレンズ、および負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとの接合レンズから構成される請求項5から7のいずれか1項記載のズームレンズ。

20

【請求項9】

前記第13レンズ群は、物体側から順に、少なくとも正の屈折力を有する2枚のレンズから構成される請求項5から8のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項10】

前記第2レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第21レンズ群、正の屈折力を有する第22レンズ群、および負の屈折力を有する第23レンズ群から構成され、該第21レンズ群、該第22レンズ群および該第23レンズ群の互いの間隔を変化させて変倍を行う請求項1から9のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項11】

画角が110度を超える請求項1から10のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項12】

前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面に入射する近軸主光線の傾角をu、前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面から射出する近軸主光線の傾角をuとしたとき、下記条件式を満足する請求項1から11のいずれか1項記載のズームレンズ。

30

$$0.15 < u / u < 0.5 \dots (1-2)$$

【請求項13】

前記第1レンズ群の最も物体側のレンズ面に入射する近軸主光線の傾角をu、前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面から射出する近軸主光線の傾角をuとしたとき、下記条件式を満足する請求項1から12のいずれか1項記載のズームレンズ。

$$0.15 < u / u < 0.4 \dots (1-3)$$

【請求項14】

請求項1から13のいずれか1項記載のズームレンズを搭載した撮像装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタルカメラ、ビデオカメラ、放送用カメラ、シネマ用カメラおよび監視用カメラ等の電子カメラに用いられるズームレンズ、およびこのズームレンズを搭載した撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラ、ビデオカメラ、放送用カメラ、シネマ用カメラおよび監視用カメラ等の電子カメラには、ズームレンズが搭載されることが多い。とくに放送用カメラ、シネマ

50

用カメラ等の電子カメラにおいては、超広角のズームレンズが望まれている。このため、第1から第4の4つのレンズ群からなるズームレンズにおいて、諸収差を補正しつつ、広角化を図ったものが提案されている（特許文献1，2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平6-242378号公報

【特許文献2】特開平10-62686号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

しかしながら、放送用カメラ、シネマ用カメラ等の電子カメラにおいては、上記特許文献1，2に記載されたものよりもさらなる広角化が望まれている。

【0005】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、さらなる諸収差を良好に補正しつつ、広角化を達成できるズームレンズ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】

【0006】

本発明によるズームレンズは、物体側から順に、変倍時固定で正の屈折力を有する第1レンズ群、3つの変倍群からなる第2レンズ群、絞り、および変倍時固定で正の屈折力を有する第3レンズ群からなり、

20

広角端から望遠端に変倍する際に、変倍群のそれぞれが光軸に沿って移動し、

第1レンズ群の最も物体側のレンズ面に入射する近軸主光線の傾角をu、第1レンズ群の最も像側のレンズ面から射出する近軸主光線の傾角をuとしたとき、下記条件式を満足することを特徴とするものである。

【0007】

$$u / u < 0.4 \dots (1-1)$$

本発明のズームレンズは、第1レンズ群、2以上の変倍群からなる第2レンズ群、絞り、および第3レンズ群からなるものであるが、これらのレンズ群以外に、実質的にパワーを持たないレンズ、カバーガラス等のレンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズバレル、撮像素子、手ぶれ補正機構等の機構部分等を持つものも含むものであってもよい。

30

【0008】

また、本発明においては、凸面、凹面、平面、両凹、メニスカス、両凸、平凸および平凹等といったレンズの面形状、正および負といったレンズの屈折力の符号は、非球面が含まれているものについてはとくに断りのない限り近軸領域で考えるものとする。また、本発明においては、曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸面を向けた場合を正、像側に凸面を向けた場合を負とすることにする。

【0009】

なお、本発明によるズームレンズにおいては、第1レンズ群の最も物体側には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズが配置され、第111レンズの像側直後には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズが配置され、第111レンズの物体側の面が非球面であることが好ましい。

40

【0010】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第1レンズ群の最も物体側には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズが配置され、第111レンズの像側直後には少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズが配置され、第112レンズの物体側の面が非球面であることが好ましい。

【0011】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第1レンズ群の最も像側のレンズが、物体側の面が凸形状の正の屈折力を有するレンズからなることが好ましい。

50

【0012】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第1レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第11レンズ群、正の屈折力を有する第12レンズ群、および正の屈折力を有する第13レンズ群から構成され、無限遠から至近に合焦する際に、第12レンズ群のみが像側に移動することが好ましい。

【0013】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第11レンズ群は、負の屈折力を有する3枚以上のレンズを含む5枚以上のレンズから構成されることが好ましい。

【0014】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第12レンズ群は、物体側から順に、少なくとも、正の屈折力を有するレンズ、および負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとの接合レンズから構成されることが好ましい。 10

【0015】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第12レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有するレンズ、負の屈折力を有するレンズ、および負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとの接合レンズから構成されることが好ましい。

【0016】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第13レンズ群は、物体側から順に、少なくとも正の屈折力を有する2枚のレンズから構成されることが好ましい。

【0017】

また、本発明によるズームレンズにおいては、第2レンズ群は、物体側から順に、負の屈折力を有する第21レンズ群、正の屈折力を有する第22レンズ群、および負の屈折力を有する第23レンズ群から構成され、第21レンズ群、第22レンズ群および第23レンズ群の互いの間隔を変化させて変倍を行うことが好ましい。 20

【0018】

また、本発明によるズームレンズにおいては、画角が110度を超えることが好ましい。

【0019】

また、本発明によるズームレンズにおいては、下記条件式(1-2)～(1-3)を満足することが好ましい。 30

【0020】

$$0.15 < u / u < 0.5 \dots (1-2)$$

$$0.15 < u / u < 0.4 \dots (1-3)$$

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明のズームレンズを搭載したことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、変倍時固定で正の屈折力を有する第1レンズ群、3つの変倍群からなる第2レンズ群、絞り、および変倍時固定で正の屈折力を有する第3レンズ群からなり、広角端から望遠端に変倍する際に、変倍群のそれぞれが光軸に沿って移動するようにし、条件式(1-1)を満足するようにしたため、放送用カメラ、およびシネマ用カメラ等の電子カメラにおいて、画角110度を超える超広角ズームレンズとすることができる。また、ズーム全域においてレンズ全長およびF値を一定とすることができ、かつ合焦時の画角変動を抑制することができ、さらには、入射瞳が前方に移動するため、径方向の小型化および軽量化を図ることができる。とくに条件式(1-1)を満足することで、超広角ズームレンズであっても、変倍による収差変動を少なくすることができる。 40

【0022】

本発明の撮像装置によれば、本発明のズームレンズを備えているため、小型で高性能に構成でき、撮像素子を用いて良好な像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の一実施形態に係るズームレンズの第1の構成例を示すものであり、実施例1に対応するレンズ断面図である。

【図2】ズームレンズの第2の構成例を示すものであり、実施例2に対応するレンズ断面図である。

【図3】ズームレンズの第3の構成例を示すものであり、実施例3に対応するレンズ断面図である。

【図4】ズームレンズの第4の構成例を示すものであり、実施例4に対応するレンズ断面図である。

【図5】ズームレンズの第5の構成例を示すものであり、実施例5に対応するレンズ断面図である。 10

【図6】ズームレンズの第6の構成例を示すものであり、実施例6に対応するレンズ断面図である。

【図7】ズームレンズの第7の構成例を示すものであり、実施例7に対応するレンズ断面図である。

【図8】ズームレンズの第8の構成例を示すものであり、実施例8に対応するレンズ断面図である。

【図9】近軸主光線の傾角を説明するための図である。

【図10】実施例1に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。 20

【図11】実施例1に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図12】実施例2に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図13】実施例2に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。 30

【図14】実施例3に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図15】実施例3に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図16】実施例4に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図17】実施例4に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。 40

【図18】実施例5に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図19】実施例5に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図20】実施例6に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。 50

示す。

【図21】実施例6に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図22】実施例7に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図23】実施例7に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図24】実施例8に係るズームレンズの広角端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図25】実施例8に係るズームレンズの望遠端における諸収差図であり、(A)は球面収差、(B)は正弦条件、(C)は非点収差、(D)は歪曲収差、(E)は倍率色収差を示す。

【図26】本発明の一実施形態に係る撮像装置の概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

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(A), (B)は、本発明の一実施形態に係るズームレンズの第1の構成例を示している。この構成例は、後述の実施例1のレンズ構成に対応している。なお、図1(A)は広角端(最短焦点距離状態)での光学系配置、図1(B)は望遠端(最長焦点距離状態)での光学系配置に対応している。同様にして、後述の実施例2～8のレンズ構成に対応する第2から第8の構成例を、図2(A), (B)～図8(A), (B)に示す。図1(A), (B)～図8(A), (B)において、符号D_iは、i番目の面とi+1番目の面との光軸Z上の面間隔を示す。なお符号D_iについては、撮影倍率の変化に伴って変化する部分の面間隔(図1においてはD₂₂, D₂₆, D₂₈, D₃₁)のみ符号を付す。

【0025】

このズームレンズは、光軸Zに沿って物体側から順に、変倍時固定で正の屈折力を有する第1レンズ群G1、2以上の変倍群からなる第2レンズ群G2、および変倍時固定で正の屈折力を有する第3レンズ群G3から構成される。光学的な開口絞りS_tは、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間で、第3レンズ群G3の物体側近傍に配設されていることが好ましい。

【0026】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、負の屈折力を有する第11レンズ群G11、正の屈折力を有する第12レンズ群G12、および正の屈折力を有する第13レンズ群G13から構成され、無限遠物体から有限距離物体への合焦の際に、第12レンズ群G12が光軸に沿って移動してフォーカシングを行う。

【0027】

第11レンズ群G11は、負の屈折力を有する3枚以上のレンズを含む5枚以上のレンズから構成される。また、本実施形態においては、第11レンズ群G11は、物体側から順に、少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズ、および少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズから構成され、第1レンズ群G1の最も像側のレンズは、物体側の面が凸形状の正の屈折力を有するレンズとなっている。本実施形態においては、第11レンズ群G11は、物体側から順に、両凹形状を有する第111レンズL111、像側の面が凹面の負のメニスカス形状を有する第112レンズL112、両凹レンズL113と物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL114との接合レンズ、物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL115、および両凸レンズL116から構成される。なお、第111レンズL111お

10

20

30

40

50

および第112レンズL112の物体側の面は非球面とされている。

【0028】

第12レンズ群G12は、少なくとも、正の屈折力を有するレンズ、および負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとの接合レンズから構成される。なお、第12レンズ群G12は、正の屈折力を有するレンズ、負の屈折力を有するレンズ、および負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとの接合レンズから構成されることが好ましい。本実施形態においては、第12レンズ群G12は、物体側から順に、両凸レンズL121、像側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL122、および物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL123と両凸レンズL124との接合レンズから構成される。

10

【0029】

第13レンズ群G13は、物体側から順に、少なくとも正の屈折力を有する2枚のレンズから構成される。本実施形態においては、第13レンズ群G13は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL131、および両凸レンズL132から構成される。

【0030】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、負の屈折力を有する第21レンズ群G21、正の屈折力を有する第22レンズ群G22、および負の屈折力を有する第23レンズ群G23の3つの変倍群から構成される。

20

【0031】

第21レンズ群G21は、物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL211、および両凹レンズL212から構成される。なお、レンズL211の物体側の面は非球面とされている。

【0032】

第22レンズ群G22は、1枚の両凸レンズL221から構成される。

【0033】

第23レンズ群G23は、両凹レンズL231と、両凸レンズL232との接合レンズから構成される。

【0034】

第3レンズ群G3は、両凸レンズL31、物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL32、両凸レンズL33と像側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL34との接合レンズ、両凸レンズL35、両凸レンズL36と両凹レンズL37との接合レンズ、両凸レンズL38と両凹レンズL39との接合レンズ、および両凸レンズL40から構成される。

30

【0035】

本実施形態のズームレンズは、例えばシネマ用カメラ、ミラーレス一眼カメラ等の撮影機器に装着可能である。このズームレンズを搭載したカメラの結像面（撮像面）には、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子100が配置される。撮像素子100は、本実施形態のズームレンズによって形成された光学像に応じた撮像信号を出力するものである。少なくとも、このズームレンズと撮像素子100とで、本実施形態における撮像装置が構成される。第3レンズ群G3と撮像素子100との間には、レンズを装着するカメラ側の構成に応じて、種々の光学部材GCが配置されていてもよい。例えば撮像面保護用のカバーガラスや赤外線カットフィルタ等の平板状の光学部材が配置されていてもよい。なお、図1(A), (B)～図8(A), (B)には、撮像素子100および光学部材GCも併せて示している。

40

【0036】

このズームレンズは、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3は変倍時において固定されており、第21レンズ群G21、第22レンズ群G22および第23レンズ群G23を光軸Zに沿って移動させて、各群間隔を変化させることにより変倍を行うように構成されている。すなわち、広角端から望遠端へと変倍させるに従い、第21レンズ群G21、

50

第22レンズ群G22および第23レンズ群G23は、例えば図1(A)の状態から図1(B)の状態へと、図に実線で示した軌跡を描くように移動する。

【0037】

より詳しくは、広角端状態から望遠端状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第21レンズ群G21との間隔が増大し、第21レンズ群G21と第22レンズ群G22との間隔が減少し、第22レンズ群G22と第23レンズ群G23との間隔が減少し、第23レンズ群L23と第3レンズ群G3との間隔が減少するように移動する。このように各レンズ群を移動することで、各レンズ群で効果的に変倍を行うことができる。

【0038】

本実施形態のズームレンズは、第1レンズ群G1の最も物体側のレンズ面に入射する近軸主光線の傾角をu、第1レンズ群G1の最も像側のレンズ面から射出する近軸主光線の傾角をuとしたとき、下記条件式を満足する。

【0039】

$$u / u < 0.5 \dots (1)$$

ここで、近軸領域について説明する。近軸領域とはレンズ面に入射する光線の入射角が十分小さい領域である。説明のために、レンズの屈折面の頂点から光線に下した垂線の長さをM、光線が光軸となす角度をUとした場合、光軸上または光軸にきわめて近い物点から発した子午光線が、レンズの最終面kを通過した後、光軸と交わる位置skは、

$$sk = M k / \sin U$$
 で表される。なお、「」は屈折後のものであることを示す。レンズへの入射高Yが小さくなれば、 $M k / \sin U$ は0/0となるが、交点はその極限値として存在する。このような領域を近軸領域という(「レンズ設計光学、中川治平、東海大学出版会、pp.8~pp.15、1986年8月31日」)。なお、近軸追跡式は同文献による。

【0040】

図9は近軸領域におけるレンズの主光線の光路を示す図である。図9に示すように、近軸主光線20は、近軸領域を通過する光束の主光線である。本実施形態においては、第1レンズ群G1の最も物体側のレンズはレンズL111、最も像側のレンズはレンズL132である。図9に示すように、傾角uはレンズL111に入射する近軸主光線20が光軸Zとなす角度であり、傾角uはレンズL132から射出した近軸主光線20が光軸Zとなす角度である。

【0041】

本実施形態のズームレンズではこのような構成を採用することにより、放送用カメラ、およびデジタルシネマカメラ等の電子カメラにおいて、画角110度を超える超広角ズームレンズとすることができます。また、ズーム全域においてレンズ全長およびF値を一定とすることことができ、かつ合焦時の画角変動を抑制することができ、さらには、入射瞳が前方に移動するため、径方向の小型化および軽量化を図ることができる。

【0042】

また、条件式(1)を満足することで、超広角ズームレンズであっても、変倍による収差変動を少なくすることができる。

【0043】

また、第1レンズ群G1を、物体側から順に、少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズL111、および少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズL112から構成し、第111レンズL111の物体側の面を非球面形状とすることで、画角110度を超える超広角ズームレンズで発生するコマ収差、像面湾曲、および歪曲収差を低減することができる。

【0044】

また、第1レンズ群G1を、物体側から順に、少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズL111、および少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズL112から構成し、第112レンズL112の物体側の面を非球面形状とすることで、画角110度を超える超広角ズームレンズで発生するコマ収差、像

10

20

30

40

50

面湾曲、および歪曲収差を低減することができる。

【0045】

また、第1レンズ群G1の最も像側のレンズL116を、物体側の面が凸形状の正の屈折力を有するレンズとすることにより、コマ収差、像面湾曲、および球面収差を低減することができる。

【0046】

また、第1レンズ群G1を、物体側から順に、負の屈折力を有する第11レンズ群G11、正の屈折力を有する第12レンズ群G12、および正の屈折力を有する第13レンズ群G13から構成し、無限遠から至近に合焦する際に、第12レンズ群G12のみが像側に移動するものとすることにより、放送用カメラおよびデジタルシネマカメラ等で求められる、合焦時の画角変動を抑制することができる。

10

【0047】

また、第11レンズ群G11を、負の屈折力を有する3枚以上のレンズを含む5枚以上のレンズから構成することにより、画角110度を超える超広角ズームレンズで発生するコマ収差、像面湾曲および歪曲収差を低減することができる。

【0048】

また、第12レンズ群G12を、少なくとも、正の屈折力を有するレンズ、および負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとの接合レンズから構成することにより、合焦時の像面湾曲および倍率色収差の変動を低減することができる。

20

【0049】

また、第13レンズ群G13を、物体側から順に、少なくとも正の屈折力を有する2枚のレンズから構成することにより、球面収差を低減することができる。

【0050】

また、第2レンズ群G2を、物体側から順に、負の屈折力を有する第21レンズ群G21、正の屈折力を有する第22レンズ群G22、および負の屈折力を有する第23レンズ群G23から構成し、第21レンズ群G21、第22レンズ群G22および第23レンズ群G23を移動させて変倍を行うことにより、変倍時のコマ収差および像面湾曲を低減することができる。

【0051】

なお、条件式(1)に関し、変倍による収差変動をさらに少なくするためには、下記条件式(1-1)を満足することが好ましい。また、条件式(1)に下限を設けることが好ましく、下限は0.15とすることが好ましい。下限を満足することにより、第1レンズ群G1のレンズ構成が複雑となることを防止し、径方向の小型化が容易となる。この場合、下記条件式(1-2)を満足することがより好ましく、下記条件式(1-3)を満足することがさらに好ましい。

30

【0052】

$$\begin{aligned} u / u < 0.4 & \dots (1-1) \\ 0.15 < u / u < 0.5 & \dots (1-2) \\ 0.15 < u / u < 0.4 & \dots (1-3) \end{aligned}$$

【撮像装置への適用例】

40

次に、本発明の実施形態に係る撮像装置について説明する。図26に、本発明の実施形態の撮像装置の一例として、本発明の実施形態のズームレンズを用いた撮像装置の概略構成図を示す。撮像装置としては、例えば、CCDやCMOS等の撮像素子を用いたデジタルカメラ、ビデオカメラ、放送用カメラ、シネマ用カメラおよび監視用カメラ等を挙げることができる。

【0053】

図26に示す撮像装置10は、ズームレンズ1と、ズームレンズ1の像側に配置されたフィルタ2と、ズームレンズ1によって結像される被写体の像を撮像する撮像素子3と、撮像素子3からの出力信号を演算処理する信号処理部4と、ズームレンズ1の変倍とその変倍によるフォーカス調整を行うためのズーム制御部5とを備える。

50

【0054】

ズームレンズ1は、変倍時に固定されている正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、2以上の変倍群からなる第2レンズ群G2と、開口絞りStと、変倍時に固定されている正の屈折力を有する第3レンズ群G3とを有するものである。図26では各レンズ群を概略的に示している。撮像素子3は、ズームレンズ1により形成される光学像を電気信号に変換するものであり、その撮像面はズームレンズ1の像面に一致するように配置される。撮像素子3としては例えばCCDやCMOS等を用いることができる。

【0055】

このような撮像装置におけるズームレンズ1として、本実施形態によるズームレンズを用いることで、高解像の撮像信号が得られる。

10

【実施例】

【0056】

次に、本発明のズームレンズの実施例について、とくに数値実施例を主に詳しく説明する。

【0057】

<実施例1>

実施例1のズームレンズのレンズ群の配置を図1に示す。なお、図1の構成におけるレンズ群および各レンズの詳細な説明は上述した通りであるので、以下ではとくに必要なない限り重複した説明は省略する。

【0058】

20

表1、表2および表3は、図1(A)、(B)に示したズームレンズの構成に対応する具体的なレンズデータを示している。表1にはその基本的なレンズデータを示し、表2にはその他のデータを示し、表3には非球面データを示す。表1に示したレンズデータにおける面番号Siの欄には、実施例1に係るズームレンズについて、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付したi番目(i=1~51)の面の番号を示している。なお、ここでは、光学部材GCも含めて示している。曲率半径Riの欄には、物体側からi番目の面の曲率半径の値(mm)を示す。面間隔Diの欄についても、同様に物体側からi番目の面Siとi+1番目の面Si+1との光軸上の間隔(mm)を示す。ndjの欄には、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587.6nm)に対する屈折率を示し、djの欄には、j番目の光学要素のd線に対するアッペ数を示す。また、この基本レンズデータには、開口絞りStも含めて示しており、開口絞りStに相当する面の曲率半径の欄には、と記載している。

30

【0059】

表2には、その他のデータとして、広角端および望遠端での無限遠合焦状態における全系のズーム倍率、近軸焦点距離f(mm)、バックフォーカスBf、F値(FNo.)および画角(2)の値についても示す。

【0060】

実施例1に係るズームレンズは、変倍に伴って第1レンズ群G1と第21レンズ群G21との間隔D22、第21レンズ群G21と第22レンズ群G22との間隔D26、第22レンズ群G22と第23レンズ群G23との間隔D28、および第23レンズ群L23と第3レンズ群G3との間隔D31が変化するため、これらの間隔D22, D26, D28, D31は可変となっている。また、無限遠物体から有限距離物体への合焦の際に、第12レンズ群G12が光軸に沿って移動してフォーカシングを行うため、第11レンズ群G11と第12レンズ群G12との間隔D11、および第12レンズ群G12と第13レンズ群G13との間隔D18との間隔は可変となっている。表2には、面間隔D11, D18, D22, D26, D28, D31の変倍時のデータとして、広角端および望遠端での無限遠合焦状態におけるズーム間隔(mm)を示す。なお、面間隔D11, D18は変倍時には変化しない。

40

【0061】

50

表1のレンズデータにおいて、面番号の左側に付された記号「*」は、そのレンズ面が非球面形状であることを示す。表1の基本レンズデータには、これらの非球面の曲率半径として、近軸の曲率半径の数値を示している。

【0062】

表3には実施例1に係るズームレンズにおける非球面データを示す。非球面データとして示した数値において、記号“E”は、その次に続く数値が10を底とした“べき指数”であることを示し、その10を底とした指数関数で表される数値が“E”の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「1.0E-02」であれば、「 1.0×10^{-2} 」であることを示す。

【0063】

また表3には、実施例1に係るズームレンズの非球面データを示す。ここでは、非球面の面番号と、その非球面に関する非球面係数を示す。ここで非球面係数の数値の「E-n」(n:整数)は、「 $\times 10^{-n}$ 」を意味する。なお非球面係数は、下記非球面式における各係数KA、Amの値である。

【0064】

$$Zd = C \cdot h^2 / \{ 1 + (1 - KA \cdot C^2 \cdot h^2)^{1/2} \} + Am \cdot h^m$$

ただし、

Zd: 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

KA、Am: 非球面係数

実施例1に係るズームレンズの非球面は、上記非球面式に基づき、非球面係数AmについてはA3~A20までの次数を有効に用いて表している。

【0065】

以上述べた表1~表3の記載の仕方は、後述する表4~24においても同様である。

【0066】

以下に記載する表では全て、上述したように長さの単位としてmmを用い、角度の単位として度(°)を用いているが、光学系は比例拡大または比例縮小して使用することができるため、他の適当な単位を用いることもできる。

10

20

30

【表1】

実施例1・レンズデータ

Si	Ri	Di	n dj	νdj
*1	-5602.7274	5.000	1.77601	50.40
2	40.4848	16.205		
*3	67.2691	3.000	1.77600	50.40
4	34.5909	19.904		
5	-76.7892	1.200	1.86165	33.60
6	70.5763	5.115	1.84661	23.78
7	167.1611	2.222		
8	822.9730	10.153	1.58795	66.47
9	176.2727	0.150		
10	148.3890	14.049	1.83649	44.35
11	-76.0777	1.000		
12	263.4512	14.276	1.52000	51.25
13	-59.8683	0.150		
14	-59.3451	1.200	1.88000	33.75
15	-172.9761	0.150		
16	128.7144	2.141	1.88300	40.76
17	60.0184	12.809	1.53185	63.50
18	-803.1206	8.330		
19	-803.1625	10.856	1.43875	94.93
20	-63.8762	0.150		
21	203.7122	6.289	1.43875	94.93
22	-208.6602	DD[22]		
*23	52.6051	1.200	1.45559	86.83
24	26.2262	8.148		
25	-137.3792	1.200	1.71266	51.20
26	48.3461	DD[26]		
27	89.9601	3.182	1.88000	38.30
28	-403.7189	DD[28]		
29	-41.6774	1.200	1.60849	56.10
30	69.7333	3.629	1.88000	39.53
31	-123.1276	DD[31]		
32(絞り)	∞	0.150		
33	170.3581	2.548	1.43500	90.00
34	-119.2921	0.150		
35	87.7077	2.051	1.72679	28.66
36	315.3829	14.270		
37	124.4745	5.781	1.56453	70.07
38	-27.2970	1.200	1.76492	51.51
39	-270.7130	13.585		
40	68.7960	5.250	1.58441	59.67
41	-41.1022	0.150		
42	42.0689	6.860	1.68243	57.38
43	-24.5520	1.200	1.88000	40.00
44	22.4208	1.660		
45	42.0909	7.883	1.48265	71.47
46	-16.2387	1.200	1.87999	40.00
47	1448.9000	2.456		
48	167.9587	8.610	1.49815	80.28
49	-21.6331	0.000		
50	∞	3.700	1.51633	64.14
51	∞	29.510		

10

20

30

40

【表2】

実施例1・その他のデータ		
	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.1
f'	10.35	22.04
Bf'	31.95	31.95
FNo.	2.66	2.66
2ω[°]	116.0	69.8
DD[11]	1.00	1.00
DD[18]	8.33	8.33
DD[22]	1.50	49.01
DD[26]	11.85	10.18
DD[28]	31.13	7.15
DD[31]	23.41	1.56

10

【表3】

実施例1・非球面データ			
面番号	1	3	23
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	4.2557094E-06	-3.8138334E-06	2.1966624E-06
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-2.0937132E-09	-1.4330918E-09	1.8606952E-09
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	9.6447110E-13	2.8045407E-12	-4.0575053E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-2.5448289E-16	-1.4784549E-15	1.0574082E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	3.2618475E-20	2.9142297E-19	-7.8732439E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0067】

[実施例2]

図2(A), (B)は、本発明の実施例2に係るズームレンズの構成を示す図である。実施例2に係るズームレンズは、実施例1に係るズームレンズと略同様の構成とされているが、第11レンズ群G11の第111レンズL111が、物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有する点において相違している。表4に実施例2のズームレンズの基本レンズデータを、表5に実施例2のズームレンズのその他のデータを、表6に実施例2のズームレンズの非球面データを示す。

40

【表4】

実施例2・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
*1	470.9983	4.000	1.80000	48.00
2	41.0589	16.094		
*3	62.9792	3.000	1.77600	50.40
4	31.0924	20.179		
5	-73.6227	1.252	1.84458	36.04
6	82.0299	4.685	1.88000	21.00
7	143.1938	2.274		
8	763.0652	11.508	1.71089	55.96
9	140.4752	0.798		
10	132.9438	13.678	1.84275	43.73
11	-72.7950	1.000		
12	253.8910	13.179	1.43500	67.21
13	-53.1753	0.150		
14	-52.8532	1.200	1.88000	32.17
15	-116.7888	0.150		
16	118.3431	6.071	1.88000	40.00
17	56.2979	11.362	1.53101	52.25
18	-648.8113	9.610		
19	-171.1832	7.742	1.44404	88.61
20	-57.1931	0.150		
21	210.5396	6.067	1.46646	85.16
22	-150.0970	DD[22]		
*23	54.3153	1.200	1.59383	65.57
24	28.1405	5.854		
25	-207.0111	1.200	1.75207	52.79
26	48.3708	DD[26]		
27	83.8563	2.824	1.88000	38.77
28	-562.6506	DD[28]		
29	-40.7044	1.200	1.54852	62.82
30	72.9617	3.402	1.88000	40.00
31	-158.1955	DD[31]		
32(絞り)	∞	0.150		
33	239.6311	2.535	1.48512	82.29
34	-129.7054	0.401		
35	97.7861	2.060	1.72230	28.89
36	407.6609	16.026		
37	111.6274	4.896	1.50065	79.90
38	-28.9338	1.200	1.66944	48.47
39	-148.9545	17.316		
40	55.8637	4.799	1.57443	68.55
41	-43.2330	0.150		
42	44.2412	6.159	1.59816	64.85
43	-24.1805	1.200	1.88000	40.00
44	22.8790	1.526		
45	43.0650	7.480	1.48644	57.54
46	-16.2750	1.200	1.88000	40.00
47	655.6435	2.710		
48	177.0823	8.628	1.56751	69.61
49	-22.1327	0.000		
50	∞	3.700	1.51633	64.14
51	∞	29.510		

10

20

30

40

【表5】

実施例2・その他のデータ

	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.1
f'	10.35	22.04
Bf'	31.95	31.95
FNo.	2.66	2.66
$2\omega[^{\circ}]$	115.8	69.8
DD[11]	1.00	1.00
DD[18]	9.61	9.61
DD[22]	1.50	48.62
DD[26]	12.41	10.43
DD[28]	29.51	4.92
DD[31]	22.12	1.57

10

【表6】

実施例2・非球面データ

面番号	1	3	23
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	4.2962670E-06	-4.0589178E-06	1.4059522E-06
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-2.2219080E-09	-4.4212017E-10	1.6091609E-09
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	1.1780648E-12	1.9297163E-12	-4.6706923E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-3.4984459E-16	-1.0397768E-15	1.0485605E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	5.2002804E-20	1.9212938E-19	-7.9038595E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0068】

[実施例3]

図3(A), (B)は、本発明の実施例3に係るズームレンズの構成を示す図である。実施例3に係るズームレンズは、実施例1に係るズームレンズと略同様の構成とされているが、第12レンズ群G12の両凸レンズL121、および像側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL122に代えて、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL121、および両凸レンズL122から構成されている点において相違している。

40

【0069】

表7に実施例3のズームレンズの基本レンズデータを、表8に実施例3のズームレンズのその他のデータを、表9に実施例3のズームレンズの非球面データを示す。

【表7】

実施例3・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
*1	-2374.3052	5.437	1.77293	50.71
2	40.2353	17.040		
*3	66.1297	3.125	1.77601	47.74
4	33.8729	19.438		
5	-79.0491	1.200	1.87002	36.81
6	71.2540	4.711	1.84661	23.78
7	169.9200	1.896		
8	705.7980	8.632	1.59522	64.68
9	197.7096	1.013		
10	133.6683	12.947	1.74576	53.21
11	-80.7878	1.000		
12	165.7051	1.269	1.84455	32.50
13	61.6360	0.215		
14	62.7071	14.854	1.47546	62.49
15	-298.4136	1.047		
16	120.6982	2.287	1.88300	40.76
17	63.2924	13.688	1.59067	56.02
18	-1194.0623	9.800		
19	-924.0384	11.824	1.43875	94.93
20	-65.3246	0.277		
21	197.9700	5.786	1.43875	94.93
22	-219.4695	DD[22]		
*23	51.4164	1.200	1.43500	90.00
24	26.4867	7.089		
25	-134.0658	1.200	1.73626	50.76
26	48.6287	DD[26]		
27	87.4019	2.954	1.86811	37.93
28	-400.6474	DD[28]		
29	-41.2864	1.200	1.61675	56.04
30	69.6918	3.651	1.88000	38.68
31	-125.3908	DD[31]		
32(絞り)	∞	0.150		
33	166.9805	2.756	1.45684	86.42
34	-118.6083	0.206		
35	86.2647	2.389	1.73914	28.27
36	329.6015	13.751		
37	123.7452	6.548	1.57517	67.06
38	-27.3218	1.449	1.76440	51.56
39	-266.5849	13.277		
40	68.6267	5.863	1.56463	63.16
41	-40.9213	0.571		
42	42.3044	6.627	1.66130	58.44
43	-24.5471	1.201	1.87987	38.69
44	22.4397	1.780		
45	42.1186	8.130	1.48214	71.53
46	-16.2717	1.200	1.87996	38.46
47	1404.9570	2.273		
48	167.3605	8.440	1.50962	78.52
49	-21.5947	0.000		
50	∞	3.700	1.51633	64.14
51	∞	29.500		

10

20

30

40

【表8】

実施例3・その他のデータ

	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.1
f'	10.35	22.04
Bf'	31.94	31.94
FNo.	2.66	2.67
$2\omega[^{\circ}]$	115.6	69.8
DD[11]	1.00	1.00
DD[18]	9.80	9.80
DD[22]	1.52	48.58
DD[26]	10.31	9.29
DD[28]	29.94	4.97
DD[31]	22.61	1.53

10

【表9】

実施例3・非球面データ

面番号	1	3	23
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	4.1901480E-06	-3.9693863E-06	1.9894944E-06
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-2.0607073E-09	-1.4183614E-09	1.7445006E-09
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	9.5545699E-13	2.8040654E-12	-4.0684101E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-2.5439388E-16	-1.4752943E-15	1.0573339E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	3.2502671E-20	2.9401489E-19	-7.8732199E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0070】

[実施例4]

図4(A), (B)は、本発明の実施例4に係るズームレンズの構成を示す図である。実施例4に係るズームレンズは、実施例1に係るズームレンズと略同様の構成とされているが、第11レンズ群G11が、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有する第111レンズL111、像側の面が凹面の負のメニスカス形状を有する第112レンズL112、両凹レンズL113、像側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL114、および両凸レンズL115から構成され、第13レンズ群G13の、像側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL131および両凸レンズL132に代えて、物体側から順に、両凸レンズL131および物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL132から構成され、第22レンズ群G22の両凸レンズL221に代えて、物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL221から構成され、これに伴い、レンズL113より像側にあるレンズの面番号が実施例1とは1ずれ、撮影倍率の変化に伴って変化する部分の面間隔がD21, D25, D27, D30となる点において相違している。

40

【0071】

表10に実施例4のズームレンズの基本レンズデータを、表11に実施例4のズームレンズのその他のデータを、表12に実施例4のズームレンズの非球面データを示す。

50

【表10】

実施例4・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
*1	474.1079	4.074	1.88000	36.02
2	38.1537	15.323		
*3	57.6675	3.000	1.88000	40.00
4	32.3563	15.945		
5	-111.1467	2.400	1.88300	40.76
6	101.7368	8.002		
7	-77.3379	1.200	1.43500	82.06
8	-615.4996	6.691		
9	301.7285	9.614	1.87999	34.48
10	-83.3740	1.200		
11	87.3406	15.951	1.43956	87.94
12	-86.3341	2.983		
13	-69.4525	1.799	1.88000	24.68
14	-82.1391	1.552		
15	205.8050	6.986	1.88001	33.30
16	47.9172	14.886	1.43501	86.05
17	-188.9332	DD[17]		
18	275.6761	11.052	1.56570	69.89
19	-76.4781	0.344		
20	123.8611	2.788	1.44152	89.00
21	240.6510	DD[21]		
*22	67.8102	1.253	1.88000	40.00
23	31.7225	4.241		
24	-484.3459	1.200	1.68126	57.44
25	63.9111	DD[25]		
26	58.2453	2.323	1.79506	25.25
27	158.3898	DD[27]		
28	-47.7543	1.200	1.56867	65.78
29	64.6989	2.929	1.88000	28.37
30	-552.2441	DD[30]		
31(絞り)	∞	0.299		
32	459.5820	2.421	1.43501	89.63
33	-127.7905	0.297		
34	90.0800	2.811	1.74142	27.93
35	-14886.6570	7.817		
36	95.5653	10.193	1.55514	71.35
37	-39.6539	1.694	1.85632	34.30
38	-251.4526	19.723		
39	90.7134	4.468	1.46016	62.61
40	-50.6603	8.208		
41	44.6260	6.151	1.63441	34.69
42	-26.8777	1.200	1.87980	25.58
43	26.3581	1.076		
44	39.0893	7.774	1.52585	50.15
45	-21.5664	1.200	1.87768	40.23
46	-470.8190	3.666		
47	70.5057	8.518	1.46393	85.55
48	-28.0438	0.000		
49	∞	3.700	1.51633	64.14
50	∞	29.510		

10

20

30

40

【表 1 1】

実施例4・その他のデータ

	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.4
f'	15.69	37.66
Bf'	48.45	48.45
FNo.	2.67	2.67
$2\omega[^{\circ}]$	115.8	63.4
DD[10]	1.20	1.20
DD[17]	5.45	5.45
DD[21]	1.50	46.28
DD[25]	7.49	6.72
DD[27]	31.92	4.96
DD[30]	18.57	1.52

10

【表 1 2】

実施例4・非球面データ

面番号	1	3	22
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	5.1888250E-06	-5.1424983E-06	-5.2553245E-07
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-3.2345093E-09	5.1283416E-11	8.3430150E-10
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	1.9874033E-12	1.1415310E-12	-4.9317236E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-6.8358443E-16	-3.4233189E-16	1.0673579E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	1.1455216E-19	-1.1289102E-21	-7.8901295E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0072】

[実施例5]

図5(A), (B)は、本発明の実施例5に係るズームレンズの構成を示す図である。実施例5に係るズームレンズは、実施例1に係るズームレンズと略同様の構成とされているが、第11レンズ群G11の第111レンズL111が、物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有し、第11レンズ群G11の物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL115に代えて、両凹レンズL115から構成され、第12レンズ群G12の両凸レンズL124に代えて、物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL124から構成され、第22レンズ群G22の両凸レンズL221に代えて、物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL221から構成されている点において相違している。

40

【0073】

表13に実施例5のズームレンズの基本レンズデータを、表14に実施例5のズームレンズのその他のデータを、表15に実施例5のズームレンズの非球面データを示す。

【表 1 3】

実施例5・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
*1	267.0650	4.000	1.88000	38.47
2	40.8188	16.169		
*3	57.1949	3.000	1.88000	40.00
4	30.3582	19.373		
5	-73.3039	1.200	1.83378	37.04
6	107.7748	2.140	1.88000	21.00
7	141.2687	2.748		
8	-3187.4185	11.082	1.75906	52.09
9	176.7544	0.888		
10	155.9184	14.922	1.84605	43.39
11	-68.7936	1.000		
12	252.3969	13.649	1.43500	68.66
13	-51.7170	0.150		
14	-51.5124	1.200	1.88000	34.49
15	-101.3790	0.150		
16	116.5514	11.403	1.88000	39.98
17	57.5152	10.196	1.51176	57.92
18	2270.6872	7.160		
19	-150.6477	7.678	1.47234	84.25
20	-55.8512	0.150		
21	362.9012	5.775	1.56840	69.48
22	-133.9193	DD[22]		
*23	58.8701	1.200	1.74162	53.34
24	29.6264	5.178		
25	-570.4583	1.200	1.79321	48.68
26	58.3520	DD[26]		
27	84.6042	2.613	1.88000	31.70
28	51378.9150	DD[28]		
29	-38.5634	1.200	1.49460	77.33
30	65.6509	3.437	1.88000	40.00
31	-209.5285	DD[31]		
32(絞り)	∞	0.150		
33	324.6855	2.252	1.44678	86.42
34	-154.7983	0.150		
35	97.7394	1.986	1.78661	27.45
36	326.0532	17.359		
37	108.8754	4.823	1.53785	74.18
38	-29.3423	1.200	1.75907	41.25
39	-112.2575	16.473		
40	55.7763	4.783	1.60812	63.37
41	-45.7252	0.150		
42	43.7635	6.148	1.58727	66.57
43	-25.0218	1.200	1.88000	40.00
44	23.1268	1.454		
45	41.6929	7.270	1.49393	68.18
46	-17.0870	1.200	1.88000	40.00
47	272.4848	3.574		
48	160.7191	8.704	1.54105	73.69
49	-22.4676	0.000		
50	∞	3.700	1.51633	64.14
51	∞	29.500		

10

20

30

40

【表14】

実施例5・その他のデータ		
	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.2
f'	10.35	22.76
Bf'	31.94	31.94
FNo.	2.66	2.66
2ω[°]	115.8	68.0
DD[11]	1.00	1.00
DD[18]	7.16	7.16
DD[22]	1.50	49.17
DD[26]	14.70	9.84
DD[28]	28.28	5.45
DD[31]	21.59	1.60

10

【表15】

実施例5・非球面データ			
面番号	1	3	23
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	4.3613497E-06	-4.4810772E-06	7.3113775E-07
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-2.3873850E-09	-2.3563937E-10	1.2963986E-09
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	1.4025775E-12	1.6772162E-12	-4.9580412E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-4.5541124E-16	-8.1799892E-16	1.0519931E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	7.4972779E-20	1.2091634E-19	-7.9086052E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0074】

[実施例6]

図6(A),(B)は、本発明の実施例6に係るズームレンズの構成を示す図である。実施例6に係るズームレンズは、実施例1に係るズームレンズと略同様の構成とされている。表16に実施例6のズームレンズの基本レンズデータを、表17に実施例6のズームレンズのその他のデータを、表18に実施例6のズームレンズの非球面データを示す。

【表 1 6】

実施例6・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
*1	-2881.7127	5.000	1.77601	50.40
2	41.0154	16.391		
*3	68.8839	3.000	1.77600	50.40
4	35.8341	19.853		
5	-80.6569	1.200	1.88000	30.24
6	72.0998	5.128	1.84661	23.78
7	168.6367	2.447		
8	1186.4435	10.428	1.55445	71.62
9	178.8809	0.150		
10	152.2708	13.970	1.86323	41.68
11	-80.3257	1.000		
12	223.7125	14.714	1.52000	51.25
13	-62.7251	0.150		
14	-62.1694	1.200	1.88000	36.80
15	-185.0767	0.150		
16	125.9052	2.523	1.88300	40.76
17	59.5392	12.575	1.53164	75.13
18	-2260.3404	8.640		
19	-2260.3759	10.977	1.43875	94.93
20	-66.2660	0.150		
21	203.9415	6.158	1.43875	94.93
22	-217.5835	DD[22]		
*23	52.9652	1.200	1.43500	90.00
24	25.7985	8.426		
25	-118.9549	1.200	1.69022	55.66
26	48.6755	DD[26]		
27	90.4950	3.021	1.88000	40.00
28	-393.6471	DD[28]		
29	-41.7319	1.200	1.61114	55.57
30	70.0636	3.563	1.88000	40.00
31	-122.8635	DD[31]		
32(絞り)	∞	0.150		
33	165.9248	2.509	1.44534	88.41
34	-119.6631	0.150		
35	85.4515	1.971	1.76411	26.99
36	281.7325	13.377		
37	127.0634	5.501	1.57519	68.43
38	-27.1609	1.200	1.78096	49.90
39	-300.2986	13.177		
40	75.8350	4.978	1.61179	55.42
41	-40.9206	0.150		
42	40.1849	6.762	1.67389	57.81
43	-24.5058	1.200	1.88000	40.00
44	22.1725	1.615		
45	41.1846	7.718	1.47495	83.85
46	-16.2486	1.200	1.88000	40.00
47	579.2450	2.262		
48	150.9116	8.600	1.51056	78.38
49	-21.4092	0.000		
50	∞	3.700	1.51633	64.14
51	∞	29.500		

10

20

30

40

【表 1 7】

実施例6・その他のデータ

	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.1
f'	10.35	22.04
Bf'	31.94	31.94
FNo.	2.66	2.66
$2\omega [^\circ]$	116.0	69.8
DD[11]	1.00	1.00
DD[18]	8.64	8.64
DD[22]	1.50	48.92
DD[26]	12.05	10.27
DD[28]	30.38	6.12
DD[31]	22.95	1.56

10

【表 1 8】

実施例6・非球面データ

面番号	1	3	23
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	4.1157919E-06	-3.5540553E-06	2.3229255E-06
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-1.9610931E-09	-1.5381148E-09	1.8862781E-09
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	8.6245912E-13	2.9656692E-12	-4.0159330E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-2.1826605E-16	-1.6143406E-15	1.0606349E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	2.6613495E-20	3.2435081E-19	-7.8546330E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0075】

[実施例7]

図7(A), (B)は、本発明の実施例7に係るズームレンズの構成を示す図である。実施例7に係るズームレンズは、実施例1に係るズームレンズと略同様の構成とされているが、第11レンズ群G11が、物体側から順に、少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズL111、少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズL112、両凹レンズL113と物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL114との接合レンズ、および両凸レンズL115から構成され、第12レンズ群G12が、物体側から順に、両凸レンズL121、および物体側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL122と物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL123との接合レンズから構成され、第13レンズ群G13が、物体側から順に、2枚の両凸レンズL131, L132から構成され、これに伴い、レンズL115より像側にあるレンズの面番号が実施例1とは2ずれ、レンズL123より像側にあるレンズの面番号が実施例1とは4ずれ、撮影倍率の変化に伴って変化する部分の面間隔がD18, D22, D24, D27となる点において相違している。

40

【0076】

表19に実施例7のズームレンズの基本レンズデータを、表20に実施例7のズームレンズのその他のデータを、表21に実施例7のズームレンズの非球面データを示す。

50

【表 19】

実施例7・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
*1	-918.6384	5.753	1.77598	50.40
2	40.4747	18.367		
*3	69.2592	3.000	1.77598	45.18
4	34.6913	17.834		
5	-86.6685	1.200	1.81917	40.98
6	75.3177	4.258	1.84661	23.78
7	151.8277	9.348		
8	158.8519	10.995	1.55578	71.42
9	-88.9918	1.000		
10	427.1860	13.605	1.51999	76.92
11	-115.4242	4.088		
12	175.7585	2.817	1.88300	40.76
13	55.1736	14.356	1.55171	72.04
14	1072.7878	9.750		
15	778.1012	12.155	1.43875	94.93
16	-65.0857	0.697		
17	157.6713	6.951	1.43875	94.93
18	-255.0156	DD[18]		
*19	50.2653	1.777	1.43500	90.00
20	26.6740	7.165		
21	-107.8910	1.200	1.72798	50.09
22	49.5968	DD[22]		
23	83.3361	3.089	1.87006	33.88
24	-373.3859	DD[24]		
25	-41.8771	1.200	1.60355	54.25
26	69.3464	3.668	1.87912	40.09
27	-129.1343	DD[27]		
28(絞り)	∞	0.375		
29	163.2363	2.926	1.45560	86.83
30	-120.3620	0.493		
31	83.6336	2.397	1.78153	28.90
32	284.1255	13.587		
33	128.1813	6.538	1.56576	69.84
34	-27.1261	1.257	1.78629	49.35
35	-300.8706	13.379		
36	76.3254	5.200	1.59769	45.81
37	-40.7296	0.412		
38	40.2437	6.855	1.68237	57.38
39	-24.7054	1.200	1.87828	35.88
40	22.0633	1.776		
41	41.2058	7.824	1.46493	73.55
42	-16.2616	1.200	1.87999	40.00
43	593.4960	1.796		
44	143.4591	8.528	1.50781	78.80
45	-21.2460	0.000		
46	∞	3.700	1.51633	64.14
47	∞	29.500		

10

20

30

40

【表 2 0】

実施例7・その他のデータ		
	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.1
f'	10.35	22.04
Bf'	31.94	31.94
FNo.	2.66	2.66
2ω[°]	115.8	69.6
DD[9]	1.00	1.00
DD[14]	9.75	9.75
DD[18]	1.79	49.61
DD[22]	9.27	7.65
DD[24]	29.85	4.98
DD[27]	22.86	1.53

10

【表 2 1】

実施例7・非球面データ			
面番号	1	3	19
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	4.0922396E-06	-4.0627394E-06	1.9524978E-06
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-1.9855047E-09	-1.5400039E-09	1.8858646E-09
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	8.6950674E-13	2.9895140E-12	-4.0300064E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-2.1835089E-16	-1.5993574E-15	1.0604814E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	2.6127323E-20	3.3588147E-19	-7.8554319E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0077】

[実施例8]

図8(A), (B)は、本発明の実施例8に係るズームレンズの構成を示す図である。実施例8に係るズームレンズは、実施例1に係るズームレンズと略同様の構成とされているが、第11レンズ群G11が、物体側から順に、少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第111レンズL111、少なくとも像側の面が凹形状の負の屈折力を有する第112レンズL112、両凹レンズL113と物体側に凸面を向けた正のメニスカス形状を有するレンズL114との接合レンズ、および両凸レンズL115から構成され、第12レンズ群G12の両凸レンズL121、および像側に凸面を向けた負のメニスカス形状を有するレンズL122が接合レンズとされ、これに伴い、レンズL115より像側にあるレンズの面番号が実施例1とは2ずれ、レンズL122より像側にあるレンズの面番号が実施例1とは3ずれ、撮影倍率の変化に伴って変化する部分の面間隔がD19, D23, D25, D28となる点において相違している。

40

【0078】

表22に実施例8のズームレンズの基本レンズデータを、表23に実施例8のズームレンズのその他のデータを、表24に実施例8のズームレンズの非球面データを示す。

【表 2 2】

実施例8・レンズデータ

Si	Ri	Di	ndj	ν dj
*1	-1079.7109	5.016	1.77600	50.40
2	40.6379	16.812		
*3	70.6003	3.000	1.77600	50.40
4	34.6336	20.248		
5	-75.2088	1.921	1.87269	40.73
6	69.9608	5.663	1.84661	23.78
7	155.0273	4.015		
8	167.2084	15.409	1.77008	50.99
9	-72.4251	1.910		
10	293.3134	15.392	1.55309	45.05
11	-59.3134	1.725	1.86182	32.20
12	-161.2014	0.787		
13	139.4703	1.423	1.88300	40.76
14	57.6342	13.923	1.54039	71.46
15	-733.1409	7.120		
16	-787.2462	11.194	1.43875	94.93
17	-62.2642	0.454		
18	184.9554	6.661	1.43875	94.93
19	-220.7365	DD[19]		
*20	52.5066	1.408	1.44282	88.80
21	26.3343	8.632		
22	-138.3142	1.200	1.69697	56.26
23	48.3182	DD[23]		
24	90.7181	3.196	1.86309	39.54
25	-380.4570	DD[25]		
26	-41.9144	1.305	1.63793	53.62
27	70.7686	3.658	1.85819	40.29
28	-124.5144	DD[28]		
29(絞り)	∞	0.265		
30	169.8921	2.692	1.46555	85.00
31	-120.1611	0.227		
32	86.4249	2.093	1.75980	27.78
33	324.1785	14.055		
34	125.7251	6.365	1.56779	65.21
35	-27.3304	1.232	1.75106	52.89
36	-278.3151	13.633		
37	70.0963	5.428	1.56892	61.56
38	-41.3330	0.187		
39	42.1502	7.343	1.66098	58.45
40	-24.6401	1.200	1.86012	38.23
41	22.3294	1.655		
42	42.1646	7.805	1.46314	71.96
43	-16.1936	1.200	1.86237	40.89
44	1897.9531	2.318		
45	164.8672	8.441	1.49839	80.25
46	-21.6206	0.000		
47	∞	3.700	1.51633	64.14
48	∞	29.500		

10

20

30

40

【表23】

実施例8・その他のデータ

	広角	望遠
ズーム倍率	1.0	2.1
f'	10.35	22.04
Bf'	31.95	31.95
FNo.	2.66	2.66
$2\omega[^{\circ}]$	115.8	70.0
DD[9]	1.91	1.91
DD[15]	7.12	7.12
DD[19]	2.02	48.62
DD[23]	9.55	10.70
DD[25]	29.44	5.25
DD[28]	26.58	3.01

10

【表24】

実施例8・非球面データ

面番号	1	3	20
KA	1.0000000E+00	1.0000000E+00	1.0000000E+00
A3	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A4	4.3035485E-06	-3.8293724E-06	2.1741748E-06
A5	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A6	-2.1387402E-09	-1.4243176E-09	1.7935823E-09
A7	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A8	9.6363820E-13	2.8103137E-12	-4.0611399E-12
A9	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A10	-2.4855294E-16	-1.4856811E-15	1.0576170E-14
A11	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A12	3.0710880E-20	2.9821812E-19	-7.8733976E-18
A13	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A14	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A15	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A16	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A17	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A18	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A19	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00
A20	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00

20

30

【0079】

また、表25に実施例1～8の条件式(1)の対応値を示す。表25から分かるように、条件式(1)について、各実施例の値がその数値範囲内となっている。

【表25】

	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	実施例8
u'/u	0.35	0.34	0.33	0.33	0.34	0.35	0.33	0.35

40

【0080】

[収差性能]

図10(A)～(E)はそれぞれ、実施例1に係るズームレンズにおける広角端での球面収差、正弦条件、非点収差、歪曲収差および倍率色収差を示している。図11(A)～(E)は望遠端における同様の各収差を示している。各収差図には、d線(587.6nm)を基準波長とした収差を示す。球面収差図および倍率色収差図には、波長656.3nm(C線)および波長486.1nm(F線)についての収差も示す。非点収差図において、実線はサジタル方向、2点鎖線はタンジェンシャル方向の収差を示す。FNo.はF値、は半画角を示す。

【0081】

同様に、実施例2～8に係るズームレンズについての諸収差を図12～図25の(A)

50

～(E)に示す。

【0082】

以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について、広角端において115.6～116.0度という、110度を超える超広角が達成され、かつ諸収差が良好に補正され、全体的に小型化の図られたズームレンズが実現できている。

【0083】

なお、本発明は、上記実施形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値等は、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。

【符号の説明】

【0084】

G C 光学部材

G 1 第1レンズ群

G 2 第2レンズ群

G 3 第3レンズ群

S t 開口絞り

R i 物体側から第i番目のレンズ面の曲率半径

D i 物体側から第i番目と第i+1番目のレンズ面との面間隔

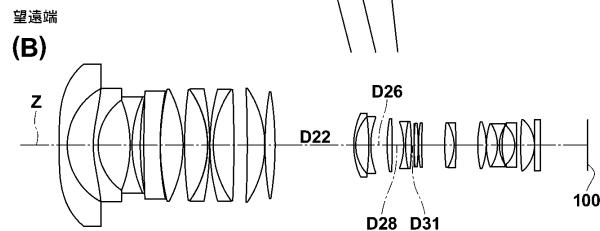
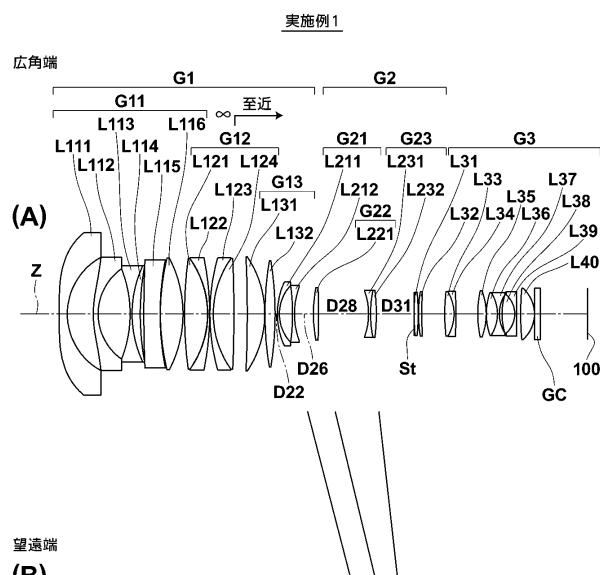
Z 光軸

100 撮像素子

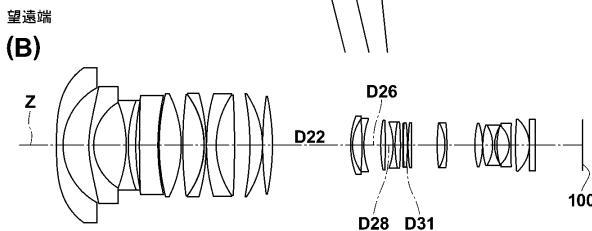
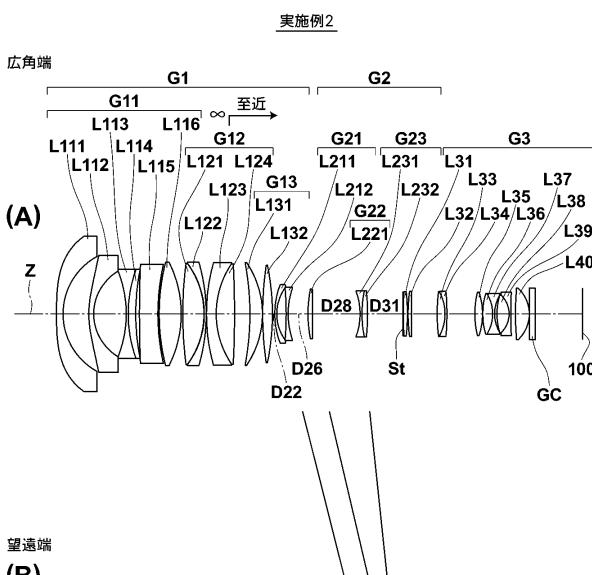
10

20

【図1】



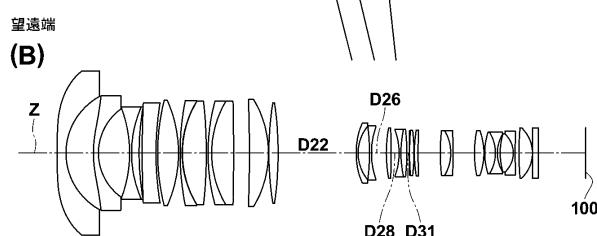
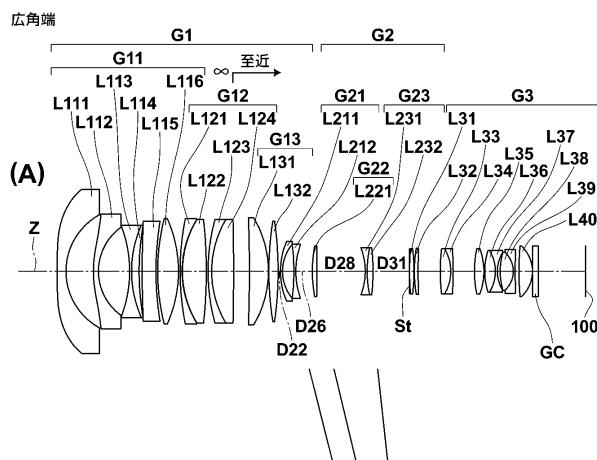
【図2】



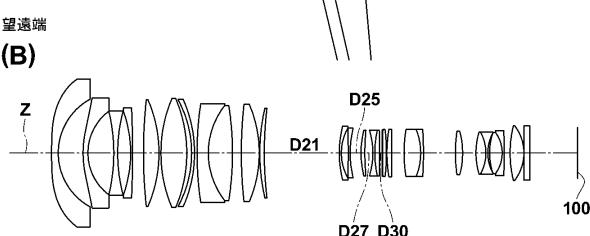
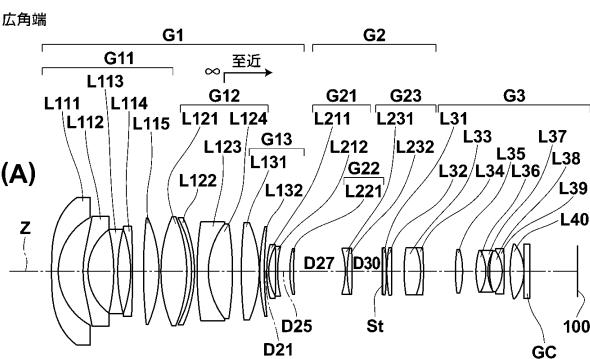
【図3】

【 図 4 】

実施例3



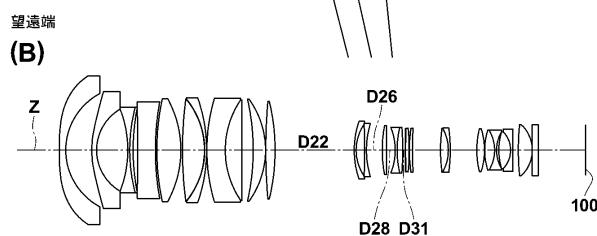
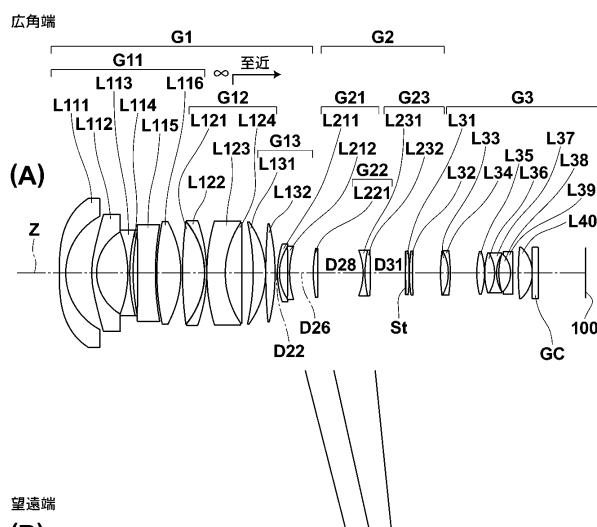
実施例4



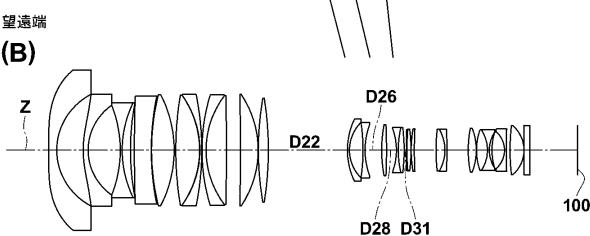
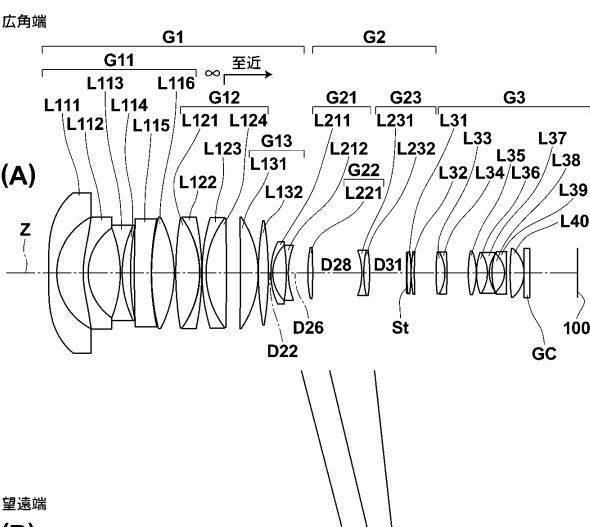
【 図 5 】

【 四 6 】

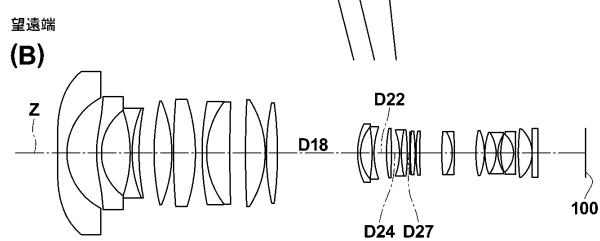
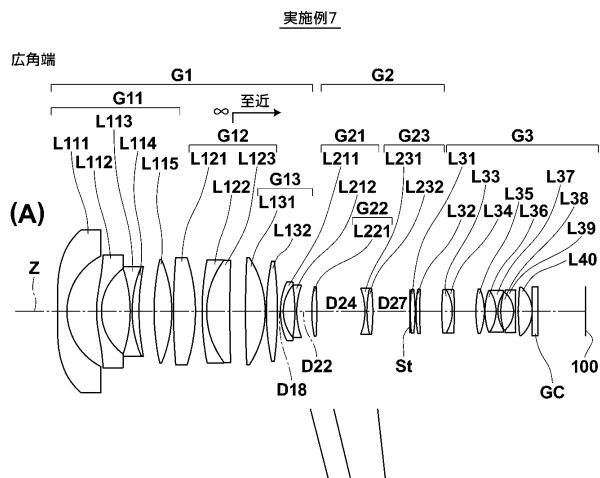
実施例5



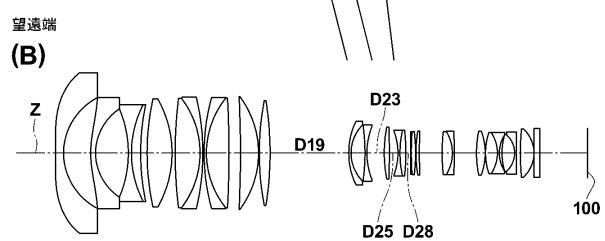
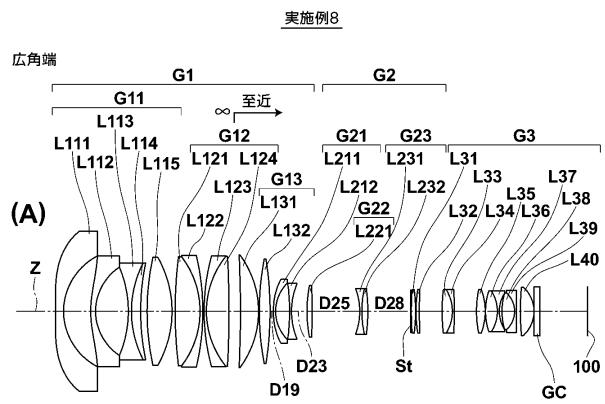
实施例6



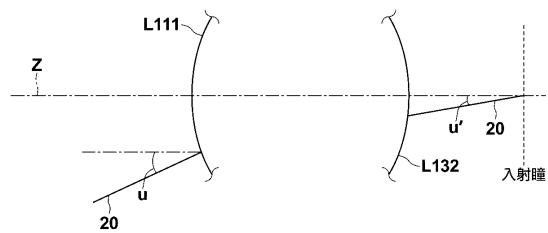
【図7】



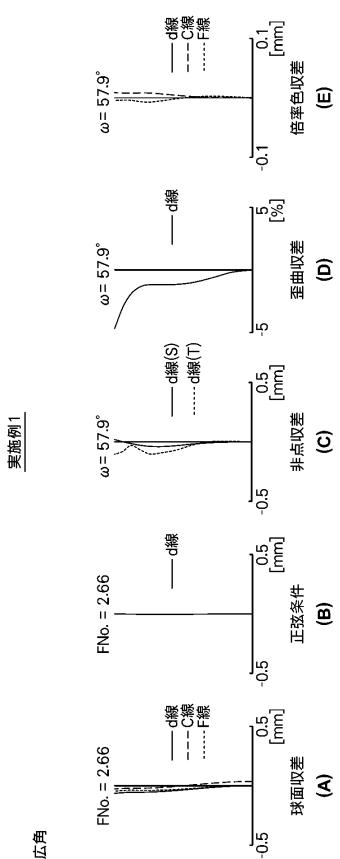
【図8】



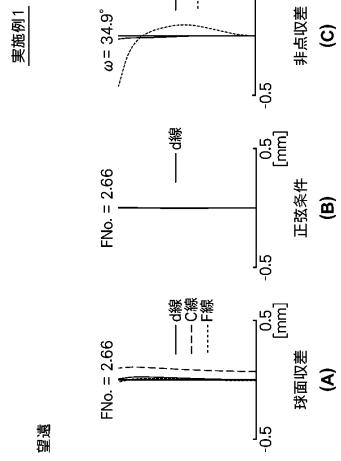
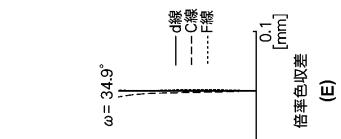
【図9】



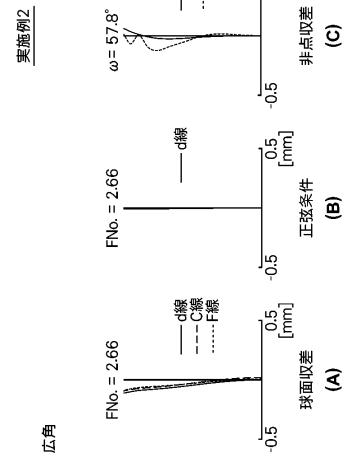
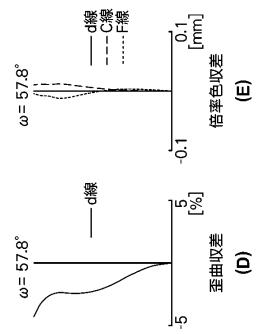
【図10】



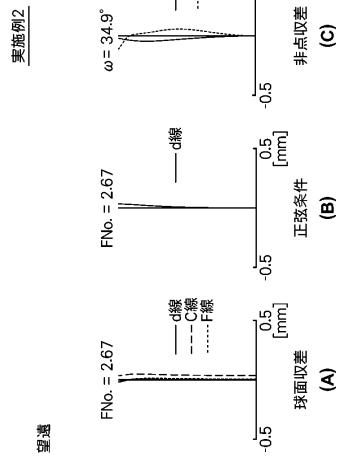
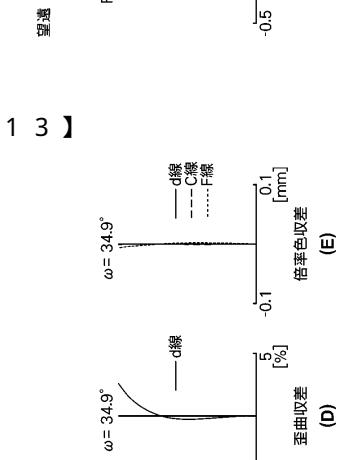
【図 1 1】



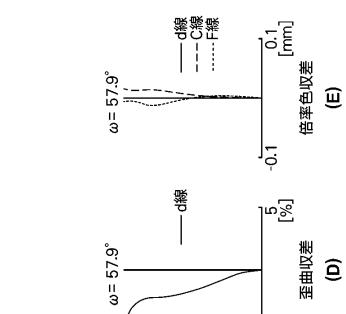
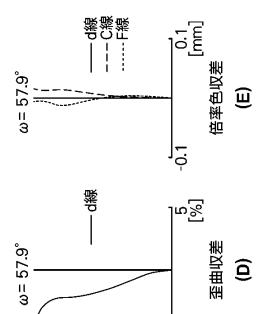
【図 1 2】



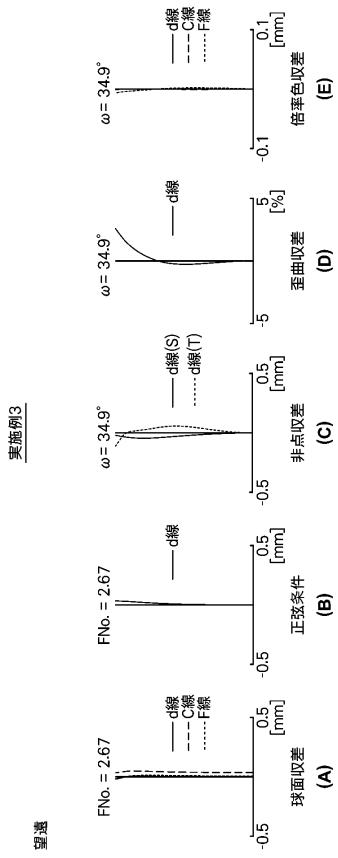
【図 1 3】



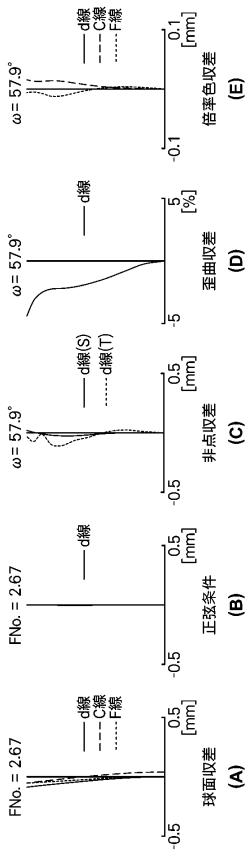
【図 1 4】



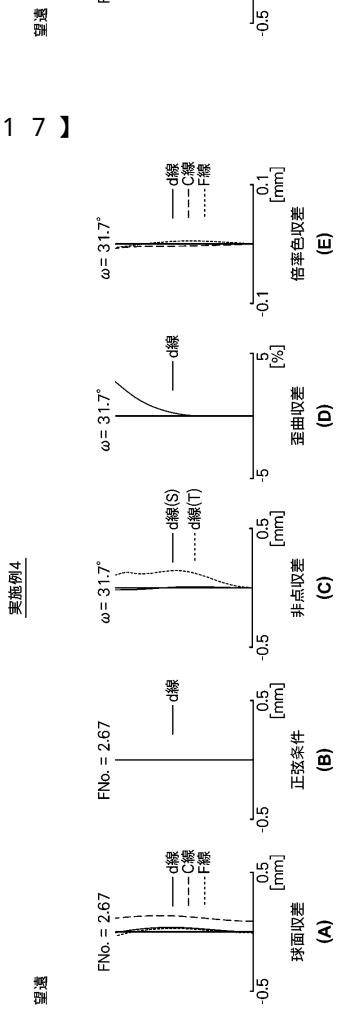
【図 1 5】



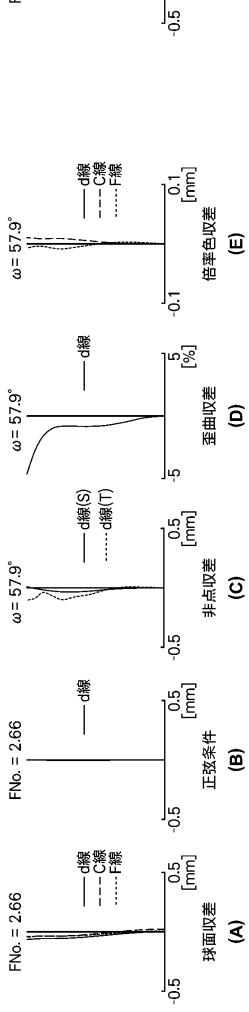
【図 1 6】



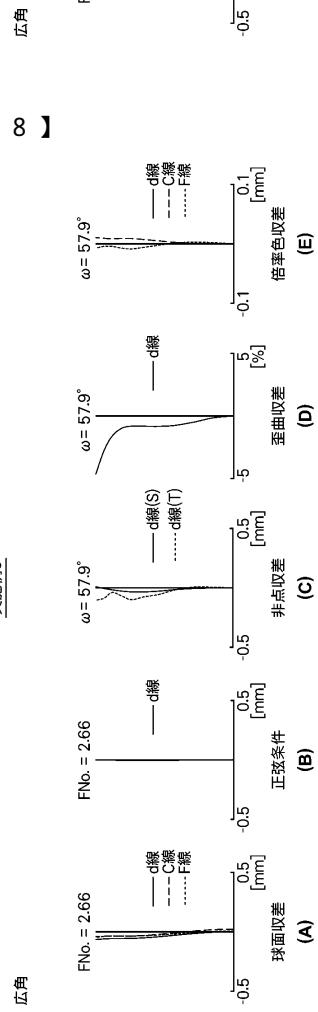
【図 1 7】



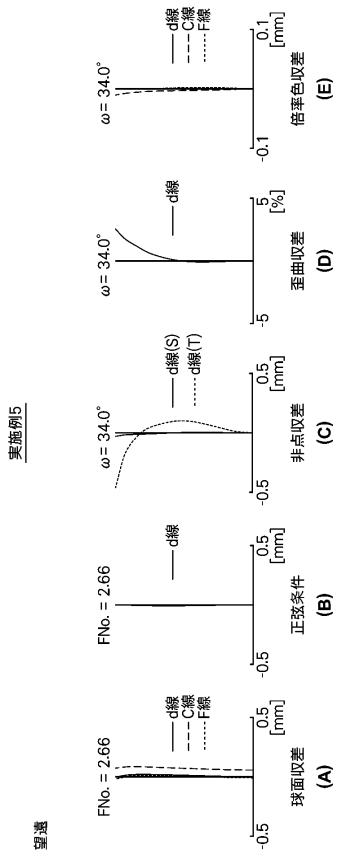
【図 1 8】



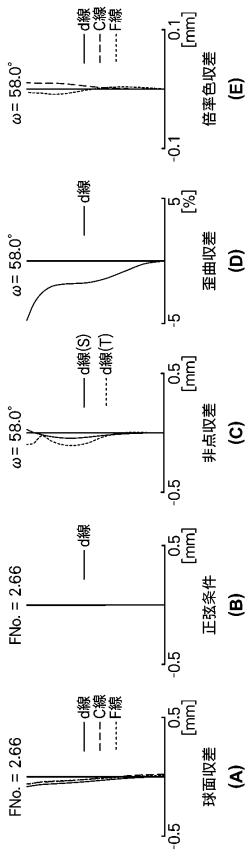
実施例4



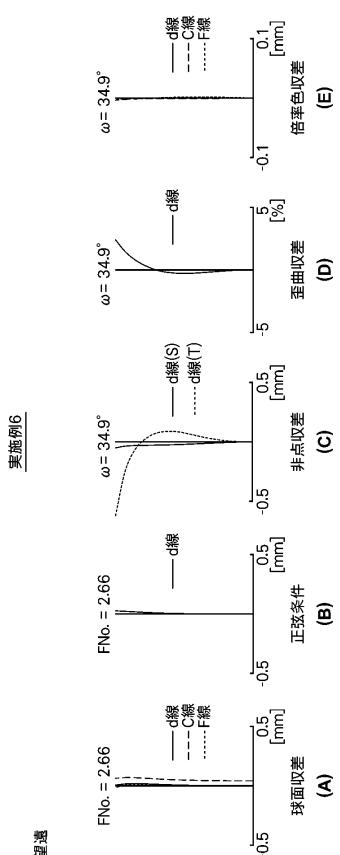
【図19】



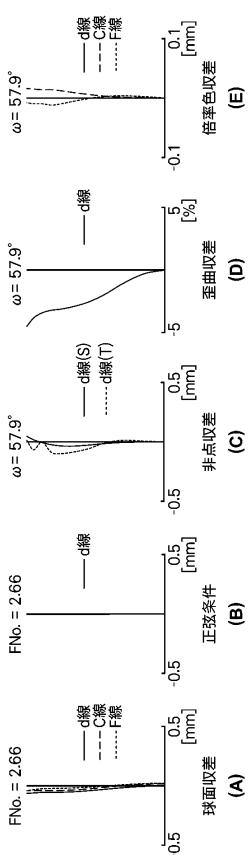
【図20】



【図21】



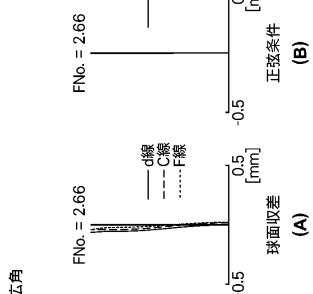
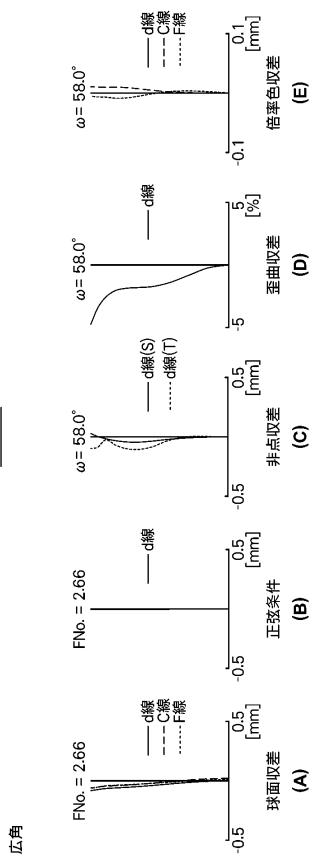
【図22】



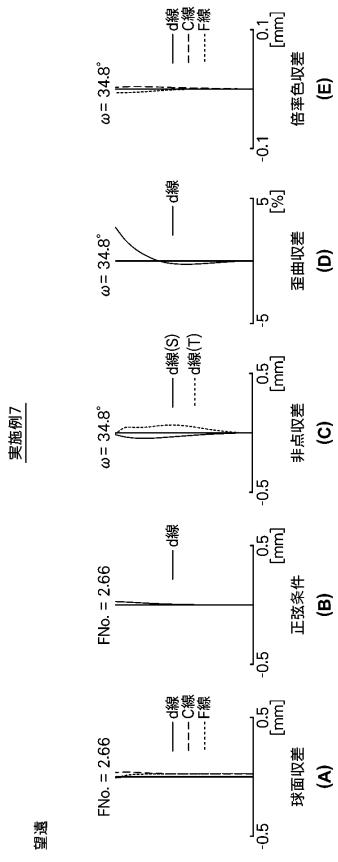
実施例6

広角

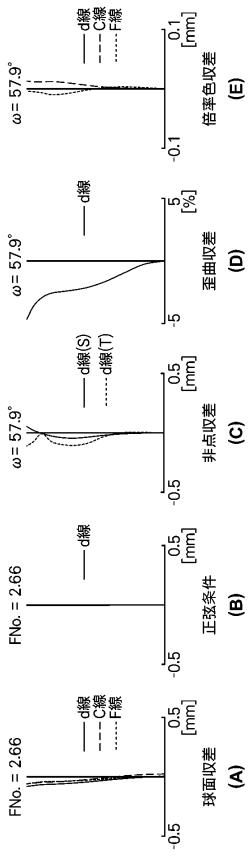
実施例7



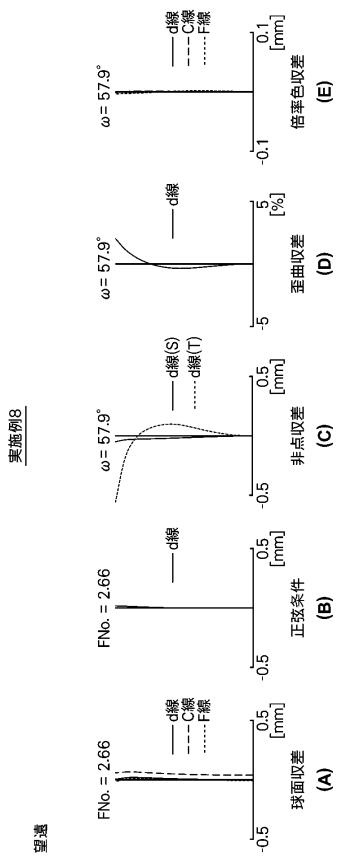
【図23】



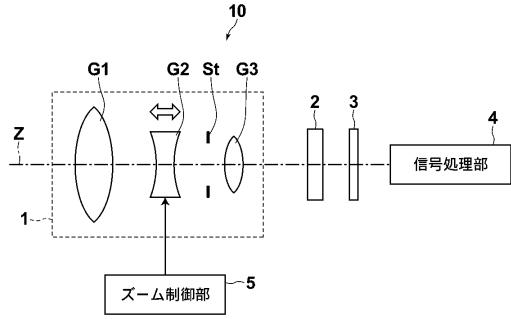
【図24】



【図25】



【図26】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-309761(JP, A)
特開2004-341237(JP, A)
特開2004-341238(JP, A)
米国特許出願公開第2009/0303596(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 02 B 9/00 - 17/08
G 02 B 21/02 - 21/04
G 02 B 25/00 - 25/04