

(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2017-68114

(P2017-68114A)

(43) 公開日 平成29年4月6日(2017.4.6)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 15/16 (2006.01)	G02B 15/16	2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04	D
G02B 15/20 (2006.01)	G02B 15/20	

審査請求 未請求 請求項の数 26 O L (全 47 頁)

(21) 出願番号 特願2015-194956 (P2015-194956)
 (22) 出願日 平成27年9月30日 (2015.9.30)

(71) 出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都港区港南二丁目15番3号
 (74) 代理人 100140800
 弁理士 保坂 丈世
 (74) 代理人 100156281
 弁理士 岩崎 敬
 (72) 発明者 三輪 哲史
 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会
 社ニコン内
 (72) 発明者 山本 浩史
 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会
 社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 魚眼ズームレンズ、光学機器及び魚眼ズームレンズの製造方法

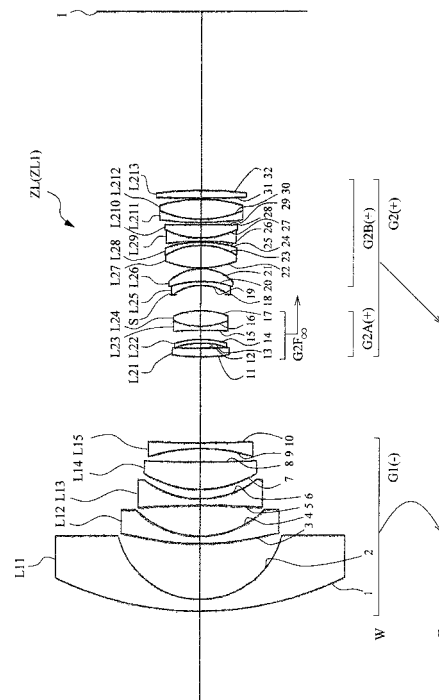
(57) 【要約】

【課題】 光学性能が更に向上した魚眼ズームレンズ、この魚眼ズームレンズを有する光学機器及び魚眼ズームレンズの製造方法を提供する。

【解決手段】

魚眼ズームレンズZL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、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、を有し、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化し、第2レンズ群の一部は合焦レンズ群G2Fであり、合焦時に、この合焦レンズ群G2Fが光軸上を移動する。

【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、
 正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、を有し、
 最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化し、
 前記第 2 レンズ群の一部は合焦レンズ群であり、合焦時に、前記合焦レンズ群が光軸上を移動することを特徴とする魚眼ズームレンズ。

【請求項 2】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の魚眼ズームレンズ。

$$0.50 < Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin(w/2) \} < 2.50$$

但し、

Y_w : 最短焦点距離状態における最大像高
 f_w : 最短焦点距離状態における全系の焦点距離
 w : 最短焦点距離状態における最大撮影半画角

【請求項 3】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の魚眼ズームレンズ。

$$0.50 < Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin(t/2) \} < 2.50$$

但し、

Y_t : 最長焦点距離状態における最大像高
 f_t : 最長焦点距離状態における全系の焦点距離
 t : 最長焦点距離状態における最大撮影半画角

【請求項 4】

最短焦点距離状態と最長焦点距離状態とで異なる大きさの最大像高を有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 5】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$w \leq 50 [^\circ]$$

但し、

w : 最短焦点距離状態における最大撮影半画角

【請求項 6】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$t \leq 50 [^\circ]$$

但し、

t : 最長焦点距離状態における最大撮影半画角

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、
 第 2 A レンズ群と、
 第 2 B レンズ群と、を有し、
 合焦時に、前記第 2 A レンズ群と前記第 2 B レンズ群との間隔が変化するように、前記第 2 A レンズ群の少なくとも像側の一部、または、前記第 2 B レンズ群の物体側の一部が前記合焦レンズ群として光軸上を移動することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 8】

前記合焦レンズ群は、前記第 2 A レンズ群の少なくとも像側の一部であり、無限遠から近距離物体への合焦時に、物体側から像側に移動することを特徴とする請求項 7 に記載の魚眼ズームレンズ。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記合焦レンズ群は、前記第 2 B レンズ群の物体側の一部であり、無限遠から近距離物体への合焦時に、像側から物体側に移動することを特徴とする請求項 7 に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 10】

前記第 2 A レンズ群は、負レンズを少なくとも 1 枚有することを特徴とする請求項 7 ~ 9 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 11】

前記第 2 A レンズ群は正レンズを少なくとも 1 枚有し、
次式の条件を満足することを特徴とする請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$0.01 < nd_{2an1} - nd_{2ap1} < 0.50$$

但し、

nd_{2ap1} : 前記第 2 A レンズ群が有する正レンズの媒質の d 線に対する屈折率の平均値

nd_{2an1} : 前記第 2 A レンズ群が有する負レンズの媒質の d 線に対する屈折率の平均値

【請求項 12】

前記第 2 A レンズ群は正レンズを少なくとも 1 枚有し、
次式の条件を満足することを特徴とする請求項 7 ~ 11 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$-10.0 < d_{2ap1} - d_{2an1} < 30.0$$

但し、

d_{2ap1} : 前記第 2 A レンズ群が有する正レンズの媒質の d 線に対するアッペ数の平均値

d_{2an1} : 前記第 2 A レンズ群が有する負レンズの媒質の d 線に対するアッペ数の平均値

【請求項 13】

前記第 1 レンズ群と前記第 2 B レンズ群との間に開口絞りを有することを特徴とする請求項 7 ~ 12 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 14】

前記第 2 A レンズ群と前記第 2 B レンズ群との間に開口絞りを有することを特徴とする請求項 7 ~ 13 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 15】

前記開口絞りは、変倍時に前記第 2 レンズ群と一体に移動することを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 16】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 7 ~ 15 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$1.00 < |f_{2A1}| / (-f_1) < 25.00$$

但し、

f_{2A1} : 前記第 2 A レンズ群の焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 17】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 7 ~ 16 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$1.00 < |f_{2B1}| / (-f_1) < 7.50$$

但し、

f_{2B1} : 前記第 2 B レンズ群の焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

10

20

30

40

50

【請求項 18】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 17 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$1.80 < f_2 / (-f_1) < 3.20$$

但し、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

【請求項 19】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 18 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$1.00 < |f_2 F| / (-f_1) < 6.00$$

但し、

$f_2 F$: 前記合焦レンズ群の焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

【請求項 20】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 19 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$0.80 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < 2.30$$

但し、

r_1 : 前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズの物体側のレンズ面の曲率半径

r_2 : 前記第 1 レンズ群の最も物体側のレンズの像側のレンズ面の曲率半径

【請求項 21】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 20 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$3.5 < B f_w / f_w < 8.0$$

但し、

$B f_w$: 最短焦点距離状態におけるバックフォーカス

f_w : 最短焦点距離状態における全系の焦点距離

【請求項 22】

光軸が全系に亘って直線状であることを特徴とする請求項 1 ~ 21 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 23】

屈折系でのみ構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 22 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

【請求項 24】

次式の条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 23 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズ。

$$12.0 < T L_w / f_w < 18.0$$

但し、

$T L_w$: 最短焦点距離状態における光学全長

f_w : 最短焦点距離状態における全系の焦点距離

【請求項 25】

請求項 1 ~ 24 のいずれか一項に記載の魚眼ズームレンズを有することを特徴とする光学機器。

【請求項 26】

物体側から順に、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 レンズ群と、を有する魚眼ズームレンズの製造方法であって、

最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍時に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化するように配置し、

前記第 2 レンズ群の一部は合焦レンズ群であり、合焦時に、前記合焦レンズ群が光軸上

10

20

30

40

50

を移動するように配置することを特徴とする魚眼ズームレンズの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、魚眼ズームレンズ、光学機器及び魚眼ズームレンズの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、複数の画面サイズのカメラで170度以上の対角画角が実現可能な魚眼ズームレンズが提案されている（例えば、特許文献1参照）。しかしながら、特許文献1は、さらなる光学性能の向上が要望されているという課題があった。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-022109号公報

【発明の概要】

【0004】

本発明に係る魚眼ズームレンズは、物体側から順に、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レンズ群と、を有し、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化し、第2レンズ群の一部は合焦レンズ群であり、合焦時に、合焦レンズ群が光軸上を移動することを特徴とする。

20

【0005】

また、本発明に係る魚眼ズームレンズの製造方法は、物体側から順に、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レンズ群と、を有する魚眼ズームレンズの製造方法であって、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍時に、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化するように配置し、第2レンズ群の一部は合焦レンズ群であり、合焦時に、合焦レンズ群が光軸上を移動するように配置することを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】第1実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

30

【図3】第1実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

【図4】第2実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図5】第2実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

【図6】第2実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

【図7】第3実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図8】第3実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

40

【図9】第3実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

【図10】第4実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図11】第4実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

【図12】第4実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、(a)は無遠合焦状態を示し、(b)は近距離合焦状態を示す。

【図13】第5実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図14】第5実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、

50

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 1 5】第 5 実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 1 6】第 6 実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図 1 7】第 6 実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 1 8】第 6 実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 1 9】第 7 実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図 2 0】第 7 実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 2 1】第 7 実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 2 2】第 8 実施例に係る魚眼ズームレンズのレンズ構成を示す断面図である。

【図 2 3】第 8 実施例に係る魚眼ズームレンズの最短焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 2 4】第 8 実施例に係る魚眼ズームレンズの最長焦点距離状態の諸収差図であって、

(a) は無限遠合焦状態を示し、(b) は近距離合焦状態を示す。

【図 2 5】上記魚眼ズームレンズを搭載するカメラの断面図である。

【図 2 6】上記魚眼ズームレンズの製造方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。図 1 に示すように、本実施形態に係る魚眼ズームレンズ Z L は、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、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、を有して構成されている。また、この魚眼ズームレンズ Z L は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍時に、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が変化する。また、この魚眼ズームレンズ Z L は、合焦時に、第 2 レンズ群 G 2 の一部が合焦レンズ群 G 2 F として光軸上を移動する。このように構成することにより、最短焦点距離状態でバックフォーカスを確保しつつ、所定の変倍比を得た上で、良好な光学性能を得ることができる。

【0008】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズ Z L は、以下に示す条件式 (1) を満足することが望ましい。

【0009】

$$0.50 < Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin(w/2) \} < 2.50 \quad (1)$$

但し、

Y_w : 最短焦点距離状態における最大像高

f_w : 最短焦点距離状態における全系の焦点距離

w : 最短焦点距離状態における最大撮影半画角

【0010】

条件式 (1) は、最短焦点距離状態における、焦点距離と画角に対する、像の大きさの比率を規定している。この条件式 (1) を満足することで、等立体角射影方式の魚眼ズームレンズを提供することができる。この条件式 (1) の下限値を下回ると、等立体角射影方式に対する歪曲収差がマイナス側に発生するため好ましくない。なお、この条件式 (1) による効果を確実にするために、条件式 (1) の下限値を 0.80 とすることが望ましい。また、この条件式 (1) による効果を更に確実にするために、条件式 (1) の下限値を 0.90 とすることが望ましい。また、この条件式 (1) による効果を更に確実にするために、条件式 (1) の下限値を 0.95 とすることが望ましい。また、条件式 (1) の上限値を上回ると、等立体角射影方式に対する歪曲収差がプラス側に発生するため好ましくない。なお、この条件式 (1) による効果を確実にするために、条件式 (1) の上限値

10

20

30

40

50

を 2.20 とすることが望ましい。また、この条件式 (1) による効果を更に確実にするために、条件式 (1) の上限値を 2.00 とすることが望ましい。また、この条件式 (1) による効果を更に確実にするために、条件式 (1) の上限値を 1.50 とすることが望ましい。また、この条件式 (1) による効果を更に確実にするために、条件式 (1) の上限値を 1.20 とすることが望ましい。

【0011】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズ ZL は、以下に示す条件式 (2) を満足することが望ましい。

【0012】

$$0.50 < Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin(t/2) \} < 2.50 \quad (2)$$

10

但し、

Y_t : 最長焦点距離状態における最大像高

f_t : 最長焦点距離状態における全系の焦点距離

t : 最長焦点距離状態における最大撮影半画角

【0013】

条件式 (2) は、最長焦点距離状態における、焦点距離と画角に対する、像の大きさの比率を規定している。この条件式 (2) を満足することで、等立体角射影方式の魚眼ズームレンズを提供することができる。この条件式 (2) の下限値を下回ると、等立体角射影方式に対する歪曲収差がマイナス側に発生するため好ましくない。なお、この条件式 (2) による効果を確実にするために、条件式 (2) の下限値を 0.80 とすることが望ましい。また、この条件式 (2) による効果を更に確実にするために、条件式 (2) の下限値を 0.90 とすることが望ましい。また、この条件式 (2) による効果を更に確実にするために、条件式 (2) の下限値を 0.95 とすることが望ましい。また、条件式 (2) の上限値を上回ると、等立体角射影方式に対する歪曲収差がプラス側に発生するため好ましくない。なお、この条件式 (2) による効果を確実にするために、条件式 (2) の上限値を 2.20 とすることが望ましい。また、この条件式 (2) による効果を更に確実にするために、条件式 (2) の上限値を 2.00 とすることが望ましい。また、この条件式 (2) による効果を更に確実にするために、条件式 (2) の上限値を 1.50 とすることが望ましい。また、この条件式 (2) による効果を更に確実にするために、条件式 (2) の上限値を 1.20 とすることが望ましい。

20

30

【0014】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズ ZL は、最短焦点距離状態と最長焦点距離状態とで異なる大きさの最大像高を有することが望ましい。このように構成することにより、いわゆる円形魚眼や対角線魚眼の撮影が、様々なフォーマットサイズにおいて可能となる。

【0015】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズ ZL は、以下に示す条件式 (3) を満足することが望ましい。

【0016】

$$w \geq 50 [^\circ] \quad (3)$$

40

但し、

w : 最短焦点距離状態における最大撮影半画角

【0017】

この条件式 (3) を満足することで、いわゆる円形魚眼や対角線魚眼の撮影が、様々なフォーマットサイズにおいて可能となる。なお、この条件式 (3) による効果を確実にするために、条件式 (3) の下限値を 60 [°] とすることが望ましい。また、この条件式 (3) による効果を更に確実にするために、条件式 (3) の下限値を 70 [°] とすることが望ましい。また、この条件式 (3) による効果を更に確実にするために、条件式 (3) の下限値を 80 [°] とすることが望ましい。また、この条件式 (3) による効果を更に確実にするために、条件式 (3) の下限値を 85 [°] とすることが望ましい。

50

【0018】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(4)を満足することが望ましい。

【0019】

$$t < 50 [^\circ] \quad (4)$$

但し、

t：最長焦点距離状態における最大撮影半画角

【0020】

この条件式(4)を満足することで、いわゆる円形魚眼や対角線魚眼の撮影が、様々なフォーマットサイズにおいて可能となる。なお、この条件式(4)による効果を確実にするために、条件式(4)の下限値を60[°]とすることが望ましい。また、この条件式(4)による効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を70[°]とすることが望ましい。また、この条件式(4)による効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を80[°]とすることが望ましい。また、この条件式(4)による効果を更に確実にするために、条件式(4)の下限値を85[°]とすることが望ましい。

10

【0021】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLにおいて、第2レンズ群G2は、物体側から順に、第2Aレンズ群G2Aと、第2Bレンズ群G2Bと、を有し、合焦時に、第2Aレンズ群G2Aと第2Bレンズ群G2Bとの間隔が変化するように、第2Aレンズ群G2Aの少なくとも像側の一部、または、第2Bレンズ群G2Bの物体側の一部が合焦レンズ群G2Fとして光軸上を移動するように構成されることが望ましい。このように構成することにより、小型の合焦レンズ群G2Fでありながら合焦時に良好な光学性能を得ることができる。

20

【0022】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、無限遠から近距離物体への合焦時に、第2Aレンズ群G2Aの少なくとも像側の一部が合焦レンズ群G2Fとして物体側から像側に移動するように構成されていることが望ましい。このように構成することにより、小型の合焦群でありながら、合焦時に良好な光学性能を得ることができる。

【0023】

あるいは、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、無限遠から近距離物体への合焦時に、第2Bレンズ群G2Bの物体側の一部が合焦レンズ群G2Fとして像側から物体側に移動するように構成されていることが望ましい。このように構成することにより、小型の合焦群でありながら、合焦時に良好な光学性能を得ることができる。

30

【0024】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLにおいて、第2Aレンズ群G2Aは、負レンズを少なくとも1枚有していることが望ましい。このように構成することにより、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって、合焦時の球面収差と像面湾曲の収差変動を良好に補正することができる。

【0025】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、第2Aレンズ群G2Aが正レンズを少なくとも1枚有し、以下に示す条件式(5)を満足することが望ましい。

40

【0026】

$$0.01 < n_{d2an1} - n_{dap1} < 0.50 \quad (5)$$

但し、

n_{dap1} ：第2Aレンズ群G2Aが有する正レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値

n_{dan1} ：第2Aレンズ群G2Aが有する負レンズの媒質のd線に対する屈折率の平均値

【0027】

条件式(5)は、第2Aレンズ群G2Aの正レンズと負レンズの媒質のd線に対する屈

50

折率の差を規定している。この条件式(5)の下限値を下回ると、第2Aレンズ群G2A内の像面湾曲の補正が不足し、最長焦点距離状態での合焦時の像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式(5)による効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を0.02とすることが望ましい。また、この条件式(5)による効果を更に確実にするために、条件式(5)の下限値を0.05とすることが望ましい。また、条件式(5)の上限値を上回ると、第2Aレンズ群G2A内の像面湾曲の補正が過剰となり、最長焦点距離状態での無限合焦時の像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式(5)による効果を確実にするために、条件式(5)の上限値を0.30とすることが望ましい。また、この条件式(5)による効果を更に確実にするために、条件式(5)の上限値を0.25とすることが望ましい。

10

【0028】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、第2Aレンズ群G2Aが正レンズを少なくとも1枚有し、以下に示す条件式(6)を満足することが望ましい。

【0029】

$$-10.0 < d2ap1 - d2an1 < 30.0 \quad (6)$$

但し、

$d2ap1$: 第2Aレンズ群G2Aが有する正レンズの媒質のd線に対するアッペ数の平均値

$d2an1$: 第2Aレンズ群G2Aが有する負レンズの媒質のd線に対するアッペ数の平均値

20

【0030】

条件式(6)は、第2Aレンズ群G2Aの正レンズと負レンズの媒質のd線に対するアッペ数の差を規定している。この条件式(6)の下限値を下回ると、第2Aレンズ群G2A内の軸上色収差の補正が不足し、最長焦点距離状態での合焦時の軸上色収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(6)による効果を確実にするために、条件式(6)の下限値を-7.0とすることが望ましい。また、この条件式(6)による効果を更に確実にするために、条件式(6)の下限値を-4.5とすることが望ましい。また、条件式(6)の上限値を上回ると、第2Aレンズ群G2A内の軸上色収差の補正が過剰となり、最長焦点距離状態での無限合焦時の軸上色収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(6)による効果を確実にするために、条件式(6)の上限値を20.0とすることが望ましい。また、この条件式(6)による効果を更に確実にするために、条件式(6)の上限値を18.0とすることが望ましい。また、この条件式(6)による効果を更に確実にするために、条件式(6)の上限値を17.5とすることが望ましい。

30

【0031】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、第1レンズ群G1と第2Bレンズ群G2Bとの間に開口絞りSを有することが望ましい。このように構成することにより、球面収差、コマ収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正できる。

【0032】

あるいは、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、第2Aレンズ群G2Aと第2Bレンズ群G2Bとの間に開口絞りSを有することが望ましい。このように構成することにより、球面収差、コマ収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正できる。

40

【0033】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLにおいて、開口絞りSは、変倍時に第2レンズ群G2と一体に移動するように構成されていることが望ましい。このように構成することにより、球面収差、コマ収差、像面湾曲等の諸収差を良好に補正できる。

【0034】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(7)を満足することが望ましい。

【0035】

$$1.00 < |f2A1| / (-f1) < 25.00 \quad (7)$$

50

但し、

f_{2A1} : 第2Aレンズ群G2Aの焦点距離

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離

【0036】

条件式(7)は、第2Aレンズ群G2Aと第1レンズ群G1との焦点距離の比を規定している。この条件式(7)の下限値を下回ると、第2Aレンズ群G2Aの焦点距離が小さくなり、最長焦点距離状態での合焦時の球面収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(7)による効果を確実にするために、条件式(7)の下限値を1.30とすることが望ましい。また、この条件式(7)による効果を更に確実にするために、条件式(7)の下限値を1.65とすることが望ましい。また、条件式(7)の上限値を上回ると、第2Aレンズ群G2Aの焦点距離が大きくなり、合焦のための合焦レンズ群の移動間隔を確保するために、第1レンズ群G1の焦点距離を小さくしなければならず、その結果、最長焦点距離状態での非点収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(7)による効果を確実にするために、条件式(7)の上限値を22.00とすることが望ましい。また、この条件式(7)による効果を更に確実にするために、条件式(7)の上限値を17.00とすることが望ましい。また、この条件式(7)による効果を更に確実にするために、条件式(7)の上限値を10.00とすることが望ましい。また、この条件式(7)による効果を更に確実にするために、条件式(7)の上限値を7.00とすることが望ましい。また、この条件式(7)による効果を更に確実にするために、条件式(7)の上限値を5.00とすることが望ましい。

10

20

【0037】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(8)を満足することが望ましい。

【0038】

$$1.00 < |f_{2B1}| / (-f_1) < 7.50 \quad (8)$$

但し、

f_{2B1} : 第2Bレンズ群G2Bの焦点距離

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離

【0039】

条件式(8)は、第2Bレンズ群G2Bと第1レンズ群G1との焦点距離の比を規定している。この条件式(8)の下限値を下回ると、第2Bレンズ群G2Bの焦点距離が小さくなり、最長焦点距離状態での像面湾曲収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式(8)による効果を確実にするために、条件式(8)の下限値を1.50とすることが望ましい。また、この条件式(8)による効果を更に確実にするために、条件式(8)の下限値を2.00とすることが望ましい。また、条件式(8)の上限値を上回ると、第2Bレンズ群G2Bの焦点距離が大きくなり、合焦のための合焦レンズ群の移動間隔を確保するために、第1レンズ群G1の焦点距離を小さくしなければならず、その結果、最長焦点距離状態での非点収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(8)による効果を確実にするために、条件式(8)の上限値を6.50とすることが望ましい。また、この条件式(8)による効果を更に確実にするために、条件式(8)の上限値を5.50とすることが望ましい。

30

40

【0040】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(9)を満足することが望ましい。

【0041】

$$1.80 < f_2 / (-f_1) < 3.20 \quad (9)$$

但し、

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群G2の焦点距離

【0042】

50

条件式(9)は、第2レンズ群G2と第1レンズ群G1の焦点距離の比を規定している。この条件式(9)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の焦点距離が小さくなり、最長焦点距離状態での球面収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(9)による効果を確実にするために、条件式(9)の下限値を2.00とすることが望ましい。また、この条件式(9)による効果を更に確実にするために、条件式(9)の下限値を2.40とすることが望ましい。また、条件式(9)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の焦点距離が大きくなり、最長焦点距離状態での像面湾曲収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(9)による効果を確実にするために、条件式(9)の上限値を2.80とすることが望ましい。また、この条件式(9)による効果を更に確実にするために、条件式(9)の上限値を2.60とすることが望ましい。

10

【0043】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(10)を満足することが望ましい。

【0044】

$$1.00 < |f_{2F}| / (-f_1) < 6.00 \quad (10)$$

但し、

f_{2F} : 合焦レンズ群G2Fの焦点距離

f_1 : 第1レンズ群G1の焦点距離

【0045】

条件式(10)は、合焦レンズ群G2Fと第1レンズ群G1の焦点距離の比を規定している。この条件式(10)の範囲内では、球面収差、コマ収差、像面湾曲等の合焦時の収差変動を少なくすることができる。なお、この条件式(10)による効果を確実にするために、条件式(10)の下限値を1.40とすることが望ましい。また、この条件式(10)による効果を更に確実にするために、条件式(10)の下限値を1.70とすることが望ましい。また、この条件式(10)による効果を確実にするために、条件式(10)の上限値を5.50とすることが望ましい。また、この条件式(10)による効果を更に確実にするために、条件式(10)の上限値を5.00とすることが望ましい。また、この条件式(10)による効果を更に確実にするために、条件式(10)の上限値を4.50とすることが望ましい。

20

【0046】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(11)を満足することが望ましい。

30

【0047】

$$0.80 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < 2.30 \quad (11)$$

但し、

r_1 : 第1レンズ群G1の最も物体側のレンズの物体側のレンズ面の曲率半径

r_2 : 第1レンズ群G1の最も物体側のレンズの像側のレンズ面の曲率半径

【0048】

条件式(11)は、第1レンズ群G1の最も物体側のレンズのシェイプファクターを規定するものである。この条件式(11)の下限値を下回ると、最長焦点距離状態での非点収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(11)による効果を確実にするために、条件式(11)の下限値を1.10とすることが望ましい。また、この条件式(11)による効果を更に確実にするために、条件式(11)の下限値を1.30とすることが望ましい。また、条件式(11)の上限値を上回ると、レンズ加工の難易度が高くなり、製造時の最長焦点距離状態での非点収差が大きくなり好ましくない。なお、この条件式(11)による効果を確実にするために、条件式(11)の上限値を2.00とすることが望ましい。また、この条件式(11)による効果を更に確実にするために、条件式(11)の上限値を1.80とすることが望ましい。

40

【0049】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(12)を満足す

50

ることが望ましい。

【0050】

$$3.5 < Bfw / fw < 8.0 \quad (12)$$

但し、

Bfw：最短焦点距離状態におけるバックフォーカス

fw：最短焦点距離状態における全系の焦点距離

【0051】

条件式(12)は、最短焦点距離状態におけるバックフォーカスと焦点距離の比を規定している。この条件式(12)の下限値を下回ると、バックフォーカスが小さくなり、ボディのミラーと干渉するため好ましくない。なお、この条件式(12)による効果を確実にするために、条件式(12)の下限値を4.3とすることが望ましい。また、この条件式(12)による効果を更に確実にするために、条件式(12)の下限値を4.5とすることが望ましい。また、条件式(12)の上限値を上回ると、バックフォーカスが大きく確保するために、第1レンズ群G1の焦点距離を小さくしなければならず、その結果、最長焦点距離状態での非点収差の補正が困難となり好ましくない。なお、この条件式(12)による効果を確実にするために、条件式(12)の上限値を5.2とすることが望ましい。また、この条件式(12)による効果を更に確実にするために、条件式(12)の上限値を5.0とすることが望ましい。

10

【0052】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、光軸が全系に亘って直線状であることが望ましい。このように構成することにより、レンズ保持の機構を簡単にすることができ、製造時のコマ収差を良好に補正することができる。

20

【0053】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、屈折系でのみ構成されていることが望ましい。このように構成することにより、レンズ面の形状誤差の影響を受けにくくなり、製造時の球面収差を良好に補正することができる。

【0054】

また、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLは、以下に示す条件式(13)を満足することが望ましい。

【0055】

$$12.0 < TLw / fw < 18.0 \quad (13)$$

30

但し、

TLw：最短焦点距離状態における光学全長

fw：最短焦点距離状態における全系の焦点距離

【0056】

条件式(13)は、最短焦点距離状態における光学全長と焦点距離の比を規定している。この条件式(13)の下限値を下回ると、光学全長を短くするために第1レンズ群G1のレンズ枚数を減らす必要があり、結果として各レンズの焦点距離が小さくなり、像面湾曲収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、この条件式(13)による効果を確実にするために、条件式(13)の下限値を14.0とすることが望ましい。また、この条件式(13)による効果を更に確実にするために、条件式(13)の下限値を14.5とすることが望ましい。また、条件式(13)の上限値を上回ると、全長を大きく確保するために、第1レンズ群G1の焦点距離を小さくしなければならず、その結果、最長焦点距離状態での非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式(13)による効果を確実にするために、条件式(13)の上限値を17.0とすることが望ましい。また、この条件式(13)による効果を更に確実にするために、条件式(13)の上限値を16.5とすることが望ましい。

40

【0057】

なお、以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、

50

或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

【0058】

次に、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZ Lを備えた光学機器であるカメラを図25に基づいて説明する。このカメラ1は、撮影レンズ2として本実施形態に係る魚眼ズームレンズZ Lを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメラ1において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のO L P F（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたE V F（Electronic view finder：電子ビューファインダ）4に表示される。これにより撮影者は、E V F 4を介して被写体を観察することができる。

10

【0059】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部3により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ1による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る魚眼ズームレンズZ Lを搭載した場合でも、上記カメラ1と同様の効果を奏することができる。

【0060】

なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

20

【0061】

本実施形態では、2群または3群構成の魚眼ズームレンズZ Lを示したが、以上の構成条件等は、4群、5群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像面側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。具体的には、最も像面側に、変倍時又は合焦時に像面に対する位置を固定されたレンズ群を追加した構成が考えられる。また、レンズ群とは、変倍時又は合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。また、本実施形態の魚眼ズームレンズZ Lは、変倍時に各群間の空気間隔が変化するように、第1レンズ群G 1～第2レンズ群G 2（又は第3レンズ群G 3）がそれぞれ光軸に沿って移動する。

30

【0062】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等の）モータ駆動にも適している。特に、第2レンズ群G 2の少なくとも一部を合焦レンズ群とし、その他のレンズは合焦時に像面に対する位置を固定とするのが好ましい。モータにかかる負荷を考慮すると、合焦レンズ群は単レンズから構成するのが好ましい。

【0063】

また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手振れによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としてもよい。特に、上述したように、第2レンズ群G 2の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

40

【0064】

また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面

50

は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

【0065】

開口絞りSは、第2レンズ群G2の近傍または中に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。

【0066】

さらに、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。

【0067】

また、本実施形態の魚眼ズームレンズZLは、変倍比が1.5～5倍程度である。

10

【0068】

以下、本実施形態に係る魚眼ズームレンズZLの製造方法の概略を、図26を参照して説明する。まず、各レンズを配置して第1レンズ群G1及び第2レンズ群G2をそれぞれ準備し（ステップS100）、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍時に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が変化するように配置する（ステップS200）。また、第2レンズ群G2の一部は合焦レンズ群G2Fであり、合焦時に、合焦レンズ群G2Fが光軸上を移動するように配置する（ステップS300）。

【0069】

具体的には、本実施形態では、例えば図1に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ形状の負レンズL12、両凹負レンズL13、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14、及び、両凹負レンズL15を配置して第1レンズ群G1とし、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL21、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22、及び、両凹負レンズL23と両凸正レンズL24とを接合した接合レンズを配置した第2Aレンズ群G2A、並びに、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL26とを接合した接合レンズ、両凸正レンズL27と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL28とを接合した接合レンズ、両凹負レンズL29と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL210とを接合した接合レンズ、物体側に凸面をむけた負メニスカスレンズL211と両凸正レンズL212とを接合した接合レンズ、及び、両凸正レンズL213を配置した第2Bレンズ群G2Bを配置して第2レンズ群G2とする。このとき、第2Aレンズ群G2Aを合焦レンズ群G2Fとする。このように準備した各レンズ群を上述の手順で配置して魚眼ズームレンズZLを製造する。

20

30

【0070】

以上のような構成により、光学性能が更に向上した魚眼ズームレンズZL、この魚眼ズームレンズZLを有する光学機器及び魚眼ズームレンズZLの製造方法を提供することができる。

【実施例】

【0071】

以下、本願の各実施例を、図面に基づいて説明する。なお、図1、図4、図7、図10、図13、図16、図19及び図22は、各実施例に係る魚眼ズームレンズZL（ZL1～ZL8）の構成及び屈折力配分を示す断面図である。また、これらの魚眼ズームレンズZL1～ZL68断面図の下部には、最短焦点距離状態（W）から最長焦点距離状態（T）に変倍する際の各レンズ群G1～G2（またはG3）の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

40

【0072】

各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さをyとし、高さyにおける各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）をS(y)とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）をrとし、円錐定数をKとし、n次の非球面係数をAnとしたとき、以下の式(a)で表される。なお、以降の実施例において、「E-n」は

50

「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

【0073】

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \quad (a)$$

【0074】

なお、各実施例において、2次の非球面係数A2は0である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に*印を付している。

【0075】

[第1実施例]

図1は、第1実施例に係る魚眼ズームレンズZL1の構成を示す図である。この図1に示す魚眼ズームレンズZL1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、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、から構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第2Aレンズ群G2Aと、正の屈折力を有する第2Bレンズ群G2Bとから構成されている。

【0076】

この魚眼ズームレンズZL1において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ形状の負レンズL12、両凹負レンズL13、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14、及び、両凹負レンズL15で構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Aレンズ群G2Aは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL21、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22、及び、両凹負レンズL23と両凸正レンズL24とを接合した接合レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Bレンズ群G2Bは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL26とを接合した接合レンズ、両凸正レンズL27と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL28とを接合した接合レンズ、両凹負レンズL29と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL210とを接合した接合レンズ、物体側に凸面をむけた負メニスカスレンズL211と両凸正レンズL212とを接合した接合レンズ、及び、両凸正レンズL213で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の両凸正レンズL24と負メニスカスレンズL25との間に配置されている。

【0077】

この魚眼ズームレンズZL1は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第2レンズ群G2と一体に移動する。

【0078】

また、この魚眼ズームレンズZL1は、第2Aレンズ群G2Aを合焦レンズ群G2Fとし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レンズ群G2Fを像側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞りSは、合焦時は、像面Iに対して固定されている。

【0079】

以下の表1に、魚眼ズームレンズZL1の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元に示すfは全系の焦点距離、FNOはFナンバー、 θ は半画角(単位は[°])、Yは最大像高、及び、TLは全長を、広角端状態、中間焦点距離状態及び望遠端状態毎に無限遠合焦時の値として表している。ここで、全長TLは、無限合焦時の最も物体側のレンズ面(図1における第1面)から像面Iまでの光軸上の距離を示している。また、レンズデータにおける第1欄mは、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序(面番号)を、第2欄rは、各レンズ面の曲率半径を、第3欄dは、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離(面間隔)を、第4欄d及び第5欄ndは、d線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)に対するアッペ数及び屈折率を示している。また、曲率半径0.0000は平面を示し

10

20

30

40

50

、空気の屈折率1.000000は省略してある。なお、表1に示す面番号1～32は、図1に示す番号1～32に対応している。また、レンズ群焦点距離は第1レンズ群G1及び第2レンズ群G2の各々の始面と焦点距離を示している。

【0080】

ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離f、曲率半径r、面間隔d、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

【0081】

(表1)第1実施例

10

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態
f	= 8.17997	~ 11.84980	~ 15.45007
FNo	= 3.56351	~ 4.12559	~ 4.67681
	= 89.14213	~ 88.84958	~ 87.50077
Y	= 11.20	~ 16.50	~ 21.60
TL	= 129.03610	~ 126.92735	~ 130.10229

[レンズデータ]

m	r	d	d	nd	
物面					
1	69.9791	2.5992	54.61	1.729160	
2	18.1503	11.9964			
3*	59.7861	1.6095	67.05	1.592010	
4	19.6992	6.6980			
5	-180.3004	1.3596	67.90	1.593190	
6	20.0353	1.9994			
7	22.6462	5.9982	25.45	1.805180	
8	318.7364	2.9186			
9	-36.6413	1.1996	67.90	1.593190	30
10	249.8233	D1			
11	42.6063	1.8695	44.81	1.744000	
12	641.2576	1.0000			
13	-16.4939	0.8000	40.66	1.883000	
14	-19.2028	2.0000			
15	-66.7649	0.8000	40.66	1.883000	
16	14.2924	3.4000	47.14	1.670030	
17	-15.7897	D2			
18	0.0000	2.0500			開口絞りS
19	-9.5349	0.8000	40.66	1.883000	40
20	-20.6586	2.7500	58.82	1.518230	
21	-9.9800	0.2000			
22	20.8047	4.8700	38.03	1.603420	
23	-14.8489	0.7000	40.66	1.883000	
24	-24.1607	0.2000			
25	-58.0012	0.7000	40.66	1.883000	
26	17.7676	2.8000	82.57	1.497820	
27	941.9509	0.5000			
28	68.2847	0.7000	40.66	1.883000	
29	23.1398	4.3500	82.57	1.497820	50

30	-29.9823	0.2175		
31	225.0000	1.7000	70.45	1.487490
32	-80.0000	BF		

像面

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-10.91
第2レンズ群	11	27.50
第2Aレンズ群	11	40.00
第2Bレンズ群	19	44.00

10

【 0 0 8 2 】

この魚眼ズームレンズ Z L 1 において、第 3 面は非球面形状に形成されている。次の表 2 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 0 8 3 】

(表 2)

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
第 3 面	1.0000	2.04342E-06	-1.19834E-08	-1.95003E-11	0.00000E+00

20

【 0 0 8 4 】

この魚眼ズームレンズ Z L 1 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群 G 2 F の物体側の間隔 D 1 及び像側の間隔 D 2 は合焦時に変化する。次の表 3 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び最長焦点距離状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。なお、f は全系の焦点距離を示し、は倍率を示し、D 0 は魚眼ズームレンズ Z L 1 の最も物体側の面 (第 1 面) から物体までの距離を示す。また、バックフォーカス B F は、最も像面側のレンズ面 (図 1 における第 3 1 面) から像面 I までの光軸上の距離を示している。以降の実施例においても同様である。

30

【 0 0 8 5 】

(表 3)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	8.17997	11.84980	15.45007			
				-0.03333	-0.03333	-0.03333
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	223.4242	334.4600	442.9260
D 1	18.71674	7.35774	1.45774	19.24919	7.69258	1.71937
D 2	3.48126	3.48126	3.48126	2.94882	3.14643	3.21963
B F	38.05242	47.30267	56.37761	38.05242	47.30267	56.37761

40

【 0 0 8 6 】

次の表 4 に、この魚眼ズームレンズ Z L 1 における各条件式対応値を示す。この表 4 において、Y w は最短焦点距離状態における最大像高を、f w は最短焦点距離状態における全系の焦点距離を、w は最短焦点距離状態における最大撮影半画角 [°] を、Y t は最長焦点距離状態における最大像高を、f t は最長焦点距離状態における全系の焦点距離を、t は最長焦点距離状態における最大撮影半画角 [°] を、n d 2 a p 1 は第 2 A レンズ群 G 2 A が有する正レンズの媒質の d 線に対する屈折率の平均値を、d 2 a p 1 は第 2 A レンズ群 G 2 A が有する正レンズの媒質の d 線に対するアッペ数の平均値を、n d 2 a n 1 は第 2 A レンズ群 G 2 A が有する負レンズの媒質の d 線に対する屈折率の平均値を、d 2 a n 1 は第 2 A レンズ群 G 2 A が有する負レンズの媒質の d 線に対するアッペ数

50

の平均値を、 f_1 は第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を、 f_2 は第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を、 f_{2A1} は第 2 A レンズ群 G 2 A の焦点距離を、 f_{2B1} は第 2 B レンズ群 G 2 B の焦点距離を、 f_{2F} は合焦レンズ群 G 2 F の焦点距離を、 r_1 は第 1 レンズ群 G 1 の最も物体側のレンズの物体側のレンズ面の曲率半径を、 r_2 は第 1 レンズ群 G 1 の最も物体側のレンズの像側のレンズ面の曲率半径を、 Bfw は最短焦点距離状態におけるバックフォーカスを、 TLw は最短焦点距離状態における光学全長を、それぞれ表している。この符号の説明は、以降の実施例においても同様である。

【0087】

(表 4)

$nd_{2ap1} = 1.707$
 $d_{2ap1} = 45.98$
 $nd_{2an1} = 1.883$
 $d_{2an1} = 40.66$
 $f_{2F} = 40.00$

10

[条件式対応値]

(1) $Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin(w/2) \} = 0.98$
 (2) $Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin(t/2) \} = 1.01$
 (3) $w = 89.2$
 (4) $t = 87.6$
 (5) $nd_{2an1} - nd_{2ap1} = 0.18$
 (6) $d_{2ap1} - d_{2an1} = 5.32$
 (7) $|f_{2A1}| / (-f_1) = 3.67$
 (8) $|f_{2B1}| / (-f_1) = 4.03$
 (9) $f_2 / (-f_1) = 2.52$
 (10) $|f_{2F}| / (-f_1) = 3.67$
 (11) $(r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) = 1.70$
 (12) $Bfw / f_w = 4.7$
 (13) $TLw / f_w = 15.8$

20

【0088】

このように、この魚眼ズームレンズ Z L 1 は、上記条件式 (1) ~ (13) を全て満足している。

30

【0089】

この魚眼ズームレンズ Z L 1 の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 2 (a) 及び図 3 (a) に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 2 (b) 及び図 3 (b) に示す。各収差図において、FNO は F ナンバー、NA は開口数、Y は像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応する F ナンバー又は開口数の値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。d は d 線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、g は g 線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。また、以降に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズ Z L 1 は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

40

【0090】

[第 2 実施例]

図 4 は、第 2 実施例に係る魚眼ズームレンズ Z L 2 の構成を示す図である。この図 4 に示す魚眼ズームレンズ Z L 2 は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1

50

と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、から構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第2Aレンズ群G2Aと、正の屈折力を有する第2Bレンズ群G2Bとから構成されている。

【0091】

この魚眼ズームレンズZL2において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面形状が形成された負レンズL21、両凹負レンズL13、両凸正レンズL14、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL15で構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Aレンズ群G2Aは、物体側から順に、両凸正レンズL21、両凹負レンズL22、及び、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL23で構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Bレンズ群G2Bは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL24と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL25とを接合した接合レンズ、両凸正レンズL26と両凹負レンズL27とを接合した接合レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL28、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL29と両凸正レンズL210とを接合した接合レンズ、及び、両凸正レンズL211で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の正メニスカスレンズL23Aと正メニスカスレンズL24との間に配置されている。

10

【0092】

この魚眼ズームレンズZL2は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第2レンズ群G2と一体に移動する。

20

【0093】

また、この魚眼ズームレンズZL2は、第2Aレンズ群G2Aを合焦レンズ群G2Fとし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レンズ群G2Fを像側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞りSは、合焦時は、像面Iに対して固定されている。

【0094】

以下の表5に、魚眼ズームレンズZL2の諸元の値を掲げる。なお、表5に示す面番号1~31は、図4に示す番号1~31に対応している。

30

【0095】

(表5) 第2実施例

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態
f	= 8.18000	~ 10.29999	~ 15.44996
FNo	= 3.54346	~ 3.84461	~ 4.57616
	= 89.16716	~ 88.95953	~ 87.59587
Y	= 11.20	~ 14.25	~ 21.60
TL	= 130.49999	~ 127.04436	~ 128.66084

40

[レンズデータ]

m	r	d	d	nd
物面				
1	67.5793	2.6000	49.62	1.772500
2	18.5261	11.5000		
3*	43.9078	0.1500	36.64	1.560930
4	43.9078	1.6000	55.52	1.696800
5	21.1562	6.7000		
6	-52.5032	1.3600	55.52	1.696800

50

7	60.4041	2.0000			
8	45.2835	6.0000	22.74	1.808090	
9	-72.6380	2.0000			
10	-24.4324	1.2000	66.99	1.593490	
11	-244.4887	D1			
12	26.6126	2.0000	46.78	1.766840	
13	-350.6635	2.2228			
14	-42.2731	0.8000	40.66	1.883000	
15	32.7826	2.0010			
16	-1139.0561	2.0000	46.78	1.766840	10
17	-20.6459	D2			
18	0.0000	1.6508		開口絞り S	
19	-17.7918	2.0000	58.82	1.518230	
20	-10.6996	0.8000	40.66	1.883000	
21	-20.3800	0.2000			
22	25.5572	4.0000	38.03	1.603420	
23	-15.5112	0.7000	40.66	1.883000	
24	77.5773	1.0000			
25	-56.0148	3.0000	82.57	1.497820	
26	-15.6748	0.5000			20
27	67.2833	0.7000	35.73	1.902650	
28	24.0620	5.0000	82.57	1.497820	
29	-31.9458	0.2000			
30	225.0000	2.3000	70.31	1.487490	
31	-80.0000	BF			

像面

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離	
第 1 レンズ群	1	-11.80	30
第 2 レンズ群	12	29.51	
第 2 A レンズ群	12	45.30	
第 2 B レンズ群	19	38.41	

【 0 0 9 6 】

この魚眼ズームレンズ Z L 2 において、第 3 面は非球面形状に形成されている。次の表 6 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 0 9 7 】

(表 6)

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10	
第 3 面	1.0000	4.80543E-06	5.63742E-10	5.22458E-12	0.00000E+00	40

【 0 0 9 8 】

この魚眼ズームレンズ Z L 2 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群 G 2 F の物体側の間隔 D 1 及び像側の間隔 D 2 は合焦時に変化する。次の表 7 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び最長焦点距離状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

【 0 0 9 9 】

(表 7)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	8.18000	10.29999	15.44996			
				-0.03333	-0.03333	-0.03333
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	223.5480	287.7651	443.1073
D 1	21.52217	12.76419	1.50000	22.10765	13.21463	1.82330
D 2	4.69325	4.69325	4.69325	4.10778	4.24281	4.36995
B F	38.09999	43.40234	56.28301	38.09999	43.40234	56.28301

【0100】

次の表8に、この魚眼ズームレンズZL2における各条件式対応値を示す。

10

【0101】

(表8)

$$n d 2 a p 1 = 1.767$$

$$d 2 a p 1 = 46.78$$

$$n d 2 a n 1 = 1.883$$

$$d 2 a n 1 = 40.66$$

$$f 2 F = 45.3$$

[条件式対応値]

$$(1) Y w / \{ 2 \times f w \times \sin (w / 2) \} = 0.98$$

20

$$(2) Y t / \{ 2 \times f t \times \sin (t / 2) \} = 1.01$$

$$(3) w = 89.2$$

$$(4) t = 87.6$$

$$(5) n d 2 a n 1 - n d 2 a p 1 = 0.12$$

$$(6) d 2 a p 1 - d 2 a n 1 = 6.12$$

$$(7) | f 2 A 1 | / (- f 1) = 3.84$$

$$(8) | f 2 B 1 | / (- f 1) = 3.26$$

$$(9) f 2 / (- f 1) = 2.50$$

$$(10) | f 2 F | / (- f 1) = 3.84$$

$$(11) (r 1 + r 2) / (r 1 - r 2) = 1.76$$

30

$$(12) B f w / f w = 4.7$$

$$(13) T L w / f w = 16.0$$

【0102】

このように、この魚眼ズームレンズZL2は、上記条件式(1)~(13)を全て満足している。

【0103】

この魚眼ズームレンズZL2の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図5(a)及び図6(a)に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図5(b)及び図6(b)に示す。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズZL2は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

40

【0104】

[第3実施例]

図7は、第3実施例に係る魚眼ズームレンズZL3の構成を示す図である。この図7に示す魚眼ズームレンズZL3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、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、から構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第2Aレンズ群G2Aと、正の屈折力を有する第2Bレンズ群G2Bとから構成されている。

50

【 0 1 0 5 】

この魚眼ズームレンズZ L 3において、第1レンズ群G 1は、物体側から順に、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ形状の負レンズL 1 1、両凸正レンズL 1 2、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 3、両凹負レンズL 1 4、及び、両凸正レンズL 1 5で構成されている。また、第2レンズ群G 2を構成する第2 Aレンズ群G 2 Aは、物体側から順に、両凸正レンズL 2 1、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 2、及び、両凹負レンズL 2 3と両凸正レンズL 2 4とを接合した接合レンズで構成されている。また、第2レンズ群G 2を構成する第2 Bレンズ群G 2 Bは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL 2 5、両凸正レンズL 2 6と両凹負レンズL 2 7と両凸正レンズL 2 8とを接合した接合レンズ、両凸正レンズL 2 9と両凹負レンズL 2 10とを接合した接合レンズ、及び、両凸正レンズL 2 11で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G 2内の両凸正レンズL 2 4と負メニスカスレンズL 2 5との間に配置されている。

10

【 0 1 0 6 】

この魚眼ズームレンズZ L 3は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第2レンズ群G 2と一体に移動する。

【 0 1 0 7 】

また、この魚眼ズームレンズZ L 3は、第2 Aレンズ群G 2 Aを合焦レンズ群G 2 Fとし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レンズ群G 2 Fを像側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞りSは、合焦時は、像面Iに対して固定されている。

20

【 0 1 0 8 】

以下の表9に、魚眼ズームレンズZ L 3の諸元の値を掲げる。なお、表9に示す面番号1～29は、図7に示す番号1～29に対応している。

【 0 1 0 9 】

(表9) 第3実施例

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態
f	= 8.17936	~ 11.85140	~ 15.45401
F N o	= 3.54346	~ 3.84461	~ 4.57616
	= 89.16716	~ 88.95953	~ 87.59587
Y	= 11.20	~ 16.50	~ 21.60
T L	= 122.94470	~ 120.88332	~ 123.97692

30

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d
物面				
1*	134.2522	2.6000	66.99	1.593490
2	17.7203	14.0000		
3	449.1675	6.0000	58.12	1.622990
4	-372.8103	0.1000		
5	65.8905	1.5000	82.57	1.497820
6	12.5469	8.0000		
7	-19.9607	1.2000	67.90	1.593190
8	107.8129	0.1000		
9	44.4709	3.0000	22.74	1.808090
10	-123.9984	D1		
11	76.4207	1.0000	44.81	1.744000

40

50

12	-45.7782	1.0000		
13	-11.2443	0.8000	40.66	1.883000
14	-11.5293	0.1000		
15	-31.7493	0.8000	40.66	1.883000
16	34.5949	2.2000	47.14	1.670030
17	-19.7594	D2		
18	0.0000	2.0500		開口絞り S
19	-11.6294	1.0000	58.96	1.518230
20	-25.6857	0.2000		
21	14.7336	3.5737	70.45	1.487490
22	-20.1199	0.8000	40.80	1.883000
23	14.8504	4.0000	35.45	1.592700
24	-15.5769	0.1000		
25	-42.8650	0.9300	37.35	1.834000
26	18.2541	4.0000	82.57	1.497820
27	-26.6294	0.1000		
28	42.4808	3.0000	66.99	1.593490
29	-43.6747	BF		

10

像面

20

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-10.91
第 2 レンズ群	11	26.80
第 2 A レンズ群	11	38.51
第 2 B レンズ群	19	40.45

【 0 1 1 0 】

この魚眼ズームレンズ Z L 3 において、第 1 面は非球面形状に形成されている。次の表 1 0 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

30

【 0 1 1 1 】

(表 1 0)

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
第 1 面	3581.9001	1.06441E-05	-9.83205E-09	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 1 1 2 】

この魚眼ズームレンズ Z L 3 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群 G 2 F の物体側の間隔 D 1 及び像側の間隔 D 2 は合焦時に変化する。次の表 1 1 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び最長焦点距離状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

40

【 0 1 1 3 】

(表 1 1)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	8.17936	11.85140	15.45401			
				-0.03333	-0.03333	-0.03333
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	222.9289	334.0568	442.6231
D 1	18.79753	7.71979	1.96753	19.32181	8.05483	2.23182
D 2	3.49385	3.49385	3.49385	2.96957	3.15881	3.22956

50

B F 38.49966 47.51601 56.36187 38.49966 47.51601 56.36187

【0114】

次の表12に、この魚眼ズームレンズZL3における各条件式対応値を示す。

【0115】

(表12)

$n_{d2ap1} = 1.707$

$d_{2ap1} = 45.98$

$n_{d2an1} = 1.883$

$d_{2an1} = 40.66$

$f_{2F} = 38.51$

10

[条件式対応値]

(1) $Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin(w/2) \} = 0.98$

(2) $Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin(t/2) \} = 1.00$

(3) $w = 89.1$

(4) $t = 88.3$

(5) $n_{d2an1} - n_{d2ap1} = 0.18$

(6) $d_{2ap1} - d_{2an1} = 5.32$

(7) $|f_{2A1}| / (-f_1) = 3.53$

(8) $|f_{2B1}| / (-f_1) = 3.71$

20

(9) $f_2 / (-f_1) = 2.46$

(10) $|f_{2F}| / (-f_1) = 3.53$

(11) $(r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) = 1.30$

(12) $B_{fw} / f_w = 4.7$

(13) $TL_w / f_w = 15.0$

【0116】

このように、この魚眼ズームレンズZL3は、上記条件式(1)~(13)を全て満足している。

【0117】

この魚眼ズームレンズZL3の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図8(a)及び図9(a)に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図8(b)及び図9(b)に示す。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズZL3は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

30

【0118】

[第4実施例]

図10は、第4実施例に係る魚眼ズームレンズZL4の構成を示す図である。この図10に示す魚眼ズームレンズZL4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、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、から構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第2Aレンズ群G2Aと、正の屈折力を有する第2Bレンズ群G2Bとから構成されている。

40

【0119】

この魚眼ズームレンズZL4において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ形状の負レンズL12、両凹負レンズL13、両凸正レンズL14、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL15で構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Aレンズ群G2Aは、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL21、及び、両凸正レンズL22で構成さ

50

れている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Bレンズ群G2Bは、物体側から順に、両凹負レンズL23と両凸正レンズL24とを接合した接合レンズ、両凸正レンズL25と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL26とを接合した接合レンズ、及び、両凸正レンズL29で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の両凸正レンズL22と両凹負レンズL23との間に配置されている。

【0120】

この魚眼ズームレンズZL4は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第2レンズ群G2と一体に移動する。

10

【0121】

また、この魚眼ズームレンズZL4は、第2Aレンズ群G2Aを合焦レンズ群G2Fとし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レンズ群G2Fを像側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞りSは、合焦時は、像面Iに対して固定されている。

【0122】

以下の表13に、魚眼ズームレンズZL4の諸元の値を掲げる。なお、表13に示す面番号1~26は、図10に示す番号1~26に対応している。

【0123】

(表13) 第4実施例

20

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態
f	= 8.19920	~ 11.88237	~ 15.49860
FNo	= 4.08383	~ 4.69320	~ 5.29206
	= 89.27824	~ 84.75147	~ 87.33028
Y	= 11.20	~ 16.00	~ 21.60
TL	= 123.15370	~ 120.91399	~ 123.96750

[レンズデータ]

m	r	d	d	nd
物面				
1	69.8735	2.6000	54.62	1.729160
2	18.1503	12.0000		
3*	122.8961	1.6100	67.05	1.592010
4	20.5255	6.7000		
5	-51.6402	1.3600	67.87	1.593190
6	20.2017	2.0000		
7	26.1683	6.0000	25.45	1.805180
8	-1441.0075	2.9186		
9	-31.4447	1.2000	67.87	1.593190
10	-57.4943	D1		
11	-16.9086	1.5000	54.61	1.729160
12	-21.1202	0.1000		
13	59.2584	3.0000	50.84	1.658440
14	-23.5075	D2		
15	0.0000	2.2000		
				開口絞りS
16	-13.6713	0.8000	40.65	1.883000
17	22.6342	2.7500	58.82	1.518230
18	-15.9415	0.2000		
19	15.2283	4.5000	38.05	1.603420

30

40

50

20	-10.8448	0.7000	40.65	1.883000
21	-16.1285	0.5000		
22	-22.9655	0.7000	40.65	1.883000
23	13.3855	5.0000	82.56	1.497820
24	-15.3365	0.2000		
25	74.1235	2.0000	65.44	1.603000
26	-129.2935	BF		

像面

[レンズ群焦点距離]

10

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-11.02
第2レンズ群	11	27.28
第2Aレンズ群	11	30.22
第2Bレンズ群	16	53.10

【 0 1 2 4 】

この魚眼ズームレンズZ L 4において、第3面は非球面形状に形成されている。次の表1 4に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A 4 ~ A 10の値を示す。

【 0 1 2 5 】

(表1 4)

20

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
第3面	1.0000	2.04342E-06	-1.19834E-08	-1.95003E-11	0.00000E+00

【 0 1 2 6 】

この魚眼ズームレンズZ L 4において、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔D 1、及び、バックフォーカスBFは、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群G 2 Fの物体側の間隔D 1及び像側の間隔D 2は合焦時に変化する。次の表1 5に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態(W)、中間焦点距離状態(M)及び最長焦点距離状態(T)の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

【 0 1 2 7 】

30

(表1 5)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	8.19920	11.88237	15.49860			
				-0.03333	-0.03333	-0.03333
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	220.0199	334.8221	444.2525
D 1	18.71670	7.35774	1.45774	19.72745	7.73955	1.72335
D 2	3.48126	3.48126	3.48126	2.47051	3.09945	3.21565
BF	40.41711	49.53636	58.48987	40.41711	49.53636	58.48987

40

【 0 1 2 8 】

次の表1 6に、この魚眼ズームレンズZ L 4における各条件式対応値を示す。

【 0 1 2 9 】

(表1 6)

- nd 2 a p 1 = 1.658
- d 2 a p 1 = 50.84
- nd 2 a n 1 = 1.729
- d 2 a n 1 = 54.61
- f 2 F = 30.22

50

[条件式対応値]

$$(1) Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin(w/2) \} = 0.97$$

$$(2) Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin(t/2) \} = 1.01$$

$$(3) w = 89.3$$

$$(4) t = 87.3$$

$$(5) nd_{2an1} - nd_{2ap1} = 0.07$$

$$(6) d_{2ap1} - d_{2an1} = -3.77$$

$$(7) |f_{2A1}| / (-f_1) = 2.74$$

$$(8) |f_{2B1}| / (-f_1) = 4.82$$

$$(9) f_2 / (-f_1) = 2.48$$

$$(10) |f_{2F}| / (-f_1) = 2.74$$

$$(11) (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) = 1.70$$

$$(12) B_{fw} / f_w = 4.9$$

$$(13) T_{Lw} / f_w = 15.0$$

10

【0130】

このように、この魚眼ズームレンズZL4は、上記条件式(1)～(13)を全て満足している。

【0131】

この魚眼ズームレンズZL4の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図11(a)及び図12(a)に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図11(b)及び図12(b)に示す。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズZL4は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

20

【0132】

[第5実施例]

図13は、第5実施例に係る魚眼ズームレンズZL5の構成を示す図である。この図13に示す魚眼ズームレンズZL5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、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、から構成されている。また、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2Aレンズ群G2Aと、正の屈折力を有する第2Bレンズ群G2Bとから構成されている。

30

【0133】

この魚眼ズームレンズZL5において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ形状の負レンズL12、両凹負レンズL13、両凸正レンズL14、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL15で構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Aレンズ群G2Aは、物体側から順に、両凸正レンズL21、両凹負レンズL22、両凸正レンズL23、及び、両凹負レンズL24と両凸正レンズL25とを接合した接合レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Bレンズ群G2Bは、物体側から順に、両凸正レンズL26、両凸正レンズL27と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL28とを接合した接合レンズ、両凹負レンズL29と両凸正レンズL210とを接合した接合レンズ、及び、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸正レンズ形状の正レンズL211で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の両凸正レンズL23と両凹負レンズL24との間に配置されている。

40

【0134】

この魚眼ズームレンズZL5は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第2レンズ群G2と一体に

50

移動する。

【 0 1 3 5 】

また、この魚眼ズームレンズ Z L 5 は、第 2 A レンズ群 G 2 A の像側の一部（両凹負レンズ L 2 4 と両凸正レンズ L 2 5 とを接合した接合レンズ）を合焦レンズ群 G 2 F とし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レンズ群 G 2 F を物体側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞り S は、合焦時は、像面 I に対して固定されている。

【 0 1 3 6 】

以下の表 1 7 に、魚眼ズームレンズ Z L 5 の諸元の値を掲げる。なお、表 1 7 に示す面番号 1 ~ 3 0 は、図 1 3 に示す番号 1 ~ 3 0 に対応している。

10

【 0 1 3 7 】

(表 1 7) 第 5 実施例

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態
f	= 8.18000	~ 10.30000	~ 15.45003
F N o	= 3.59334	~ 3.88220	~ 4.58448
	= 89.10809	~ 88.94882	~ 87.53164
Y	= 11.20	~ 14.25	~ 21.60
T L	= 131.02131	~ 127.68518	~ 129.30917

20

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d
物面				
1	68.0000	2.6000	49.62	1.772500
2	18.5000	11.5000		
3*	45.9859	1.6000	55.52	1.696800
4	18.2370	7.7000		
5	-45.4954	1.3600	55.52	1.696800
6	314.4427	0.5000		
7	38.7826	6.0000	22.74	1.808090
8	-104.3746	2.0802		
9	-27.6139	1.2000	55.52	1.696800
10	-263.7528	D1		
11	302.7039	3.0000	55.52	1.696800
12	-24.0243	2.1000		
13	-18.8570	0.7000	40.66	1.883000
14	227.2447	2.5000		
15	35.3051	2.5000	47.14	1.670030
16	-31.9816	1.5000		
17	0.0000	D2		
18	-18.8254	0.7000	40.66	1.883000
19	45.7350	1.5000	22.74	1.808090
20	-57.6149	D3		
21	60.6455	3.0000	82.57	1.497820
22	-21.3717	0.2000		
23	44.1934	4.2000	82.57	1.497820
24	-17.3980	0.7000	35.73	1.902650
25	-36.2015	0.2000		
26	-108.6883	0.7000	40.66	1.883000
27	47.2669	3.2000	82.57	1.497820

30

開口絞り S

40

50

28	-35.0235	0.2000		
29*	311.6713	2.3000	70.31	1.487490
30	-85.7503	BF		

像面

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-11.77
第2レンズ群	11	28.73
第2Aレンズ群	11	-176.73
第2Bレンズ群	21	21.85

10

【 0 1 3 8 】

この魚眼ズームレンズ Z L 5 において、第 3 面及び第 2 9 面は非球面形状に形成されている。次の表 1 8 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 1 3 9 】

(表 1 8)

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
第 3 面	1.0000	4.77529E-06	-1.56649E-09	2.48628E-11	-1.20711E-13
第29面	1.0000	-1.88754E-05	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

20

【 0 1 4 0 】

この魚眼ズームレンズ Z L 5 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群 G 2 F の物体側の間隔 D 2 及び像側の間隔 D 3 は合焦時に変化する。次の表 1 9 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び最長焦点距離状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

【 0 1 4 1 】

(表 1 9)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	8.18000	10.30000	15.45003			
				-0.03333	-0.03333	-0.03333
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	224.4249	288.2899	443.2046
D 1	22.68837	14.17784	3.23184	22.68837	14.1778	3.23184
D 2	4.52224	4.52224	4.52224	4.27868	4.32236	4.37601
D 3	1.41850	1.41850	1.41850	1.66206	1.61839	1.56474
B F	38.65197	43.82638	56.39636	38.65197	43.82638	56.39636

30

【 0 1 4 2 】

次の表 2 0 に、この魚眼ズームレンズ Z L 5 における各条件式対応値を示す。

【 0 1 4 3 】

(表 2 0)

- nd 2 a p 1 = 1.725
- d 2 a p 1 = 41.80
- nd 2 a n 1 = 1.883
- d 2 a n 1 = 40.66
- f 2 F = -29.64

40

[条件式対応値]

50

- (1) $Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin(w/2) \} = 0.98$
 (2) $Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin(t/2) \} = 1.01$
 (3) $w = 89.1$
 (4) $t = 87.5$
 (5) $nd_{2an1} - nd_{2ap1} = 0.16$
 (6) $d_{2ap1} - d_{2an1} = 1.14$
 (7) $|f_{2A1}| / (-f_1) = 15.01$
 (8) $|f_{2B1}| / (-f_1) = 1.86$
 (9) $f_2 / (-f_1) = 2.44$
 (10) $|f_{2F}| / (-f_1) = 2.52$
 (11) $(r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) = 1.75$
 (12) $Bfw / fw = 4.7$
 (13) $TLw / fw = 16.0$

10

【0144】

このように、この魚眼ズームレンズZL5は、上記条件式(1)～(13)を全て満足している。

【0145】

この魚眼ズームレンズZL5の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図14(a)及び図15(a)に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図14(b)及び図15(b)に示す。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズZL5は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

20

【0146】

[第6実施例]

図16は、第6実施例に係る魚眼ズームレンズZL6の構成を示す図である。この図16に示す魚眼ズームレンズZL6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、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、から構成されている。また、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2Aレンズ群G2Aと、正の屈折力を有する第2Bレンズ群G2Bとから構成されている。

30

【0147】

この魚眼ズームレンズZL5において、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ形状の負レンズL12、両凹負レンズL13、両凸正レンズL14、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL15で構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Aレンズ群G2Aは、物体側から順に、両凸正レンズL21と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22とを接合した接合レンズ、及び、両凹負レンズL23と両凸正レンズL24とを接合した接合レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2を構成する第2Bレンズ群G2Bは、物体側から順に、両凸正レンズL25、両凸正レンズL26と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL27とを接合した接合レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL28と両凸正レンズL29とを接合した接合レンズ、及び、物体側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸正レンズ形状の正レンズL210で構成されている。また、開口絞りSは、第2レンズ群G2内の負メニスカスレンズL22と両凹負レンズL23との間に配置されている。

40

【0148】

この魚眼ズームレンズZL6は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞りSは第2レンズ群G2と一体に

50

移動する。

【 0 1 4 9 】

また、この魚眼ズームレンズ Z L 6 は、第 2 A レンズ群 G 2 A の像側の一部（両凹負レンズ L 2 3 と両凸正レンズ L 2 4 とを接合した接合レンズ）を合焦レンズ群 G 2 F とし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レンズ群 G 2 F を物体側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞り S は、合焦時は、像面 I に対して固定されている。

【 0 1 5 0 】

以下の表 2 1 に、魚眼ズームレンズ Z L 6 の諸元の値を掲げる。なお、表 2 1 に示す面番号 1 ~ 2 7 は、図 1 6 に示す番号 1 ~ 2 7 に対応している。

10

【 0 1 5 1 】

(表 2 1) 第 6 実施例

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態
f	= 5.23221	~ 10.29999	~ 15.45009
F N o	= 3.23577	~ 3.90752	~ 4.61452
	= 89.02441	~ 88.91460	~ 87.58244
Y	= 7.00	~ 14.25	~ 21.60
T L	= 147.34818	~ 127.56911	~ 129.38254

20

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d
物面				
1	68.0000	2.6000	49.62	1.772500
2	18.5000	11.5000		
3*	60.0000	1.6000	55.52	1.696800
4	17.7450	8.0000		
5	-60.0000	1.3600	67.00	1.593493
6	57.2805	0.5000		
7	32.9480	6.0000	25.64	1.784720
8	-80.2775	2.0802		
9	-28.1866	1.2000	55.52	1.696800
10	-226.5056	D1		
11	26.8466	2.5000	70.32	1.487490
12	-30.2409	0.7000	40.66	1.883000
13	-34.5886	1.5000		
14	0.0000	D2		
15	-18.4423	0.7000	40.66	1.883000
16	29.4508	1.5000	22.74	1.808090
17	-129.3793	D3		
18	95.2550	2.5000	82.57	1.497820
19	-24.5125	0.2000		
20	44.7222	3.5000	82.57	1.497820
21	-21.8057	0.7000	40.66	1.883000
22	-50.5999	0.2000		
23	879.7895	0.7000	35.72	1.902650
24	32.0000	5.0000	82.57	1.497820
25	-26.5122	0.2000		
26*	225.0000	2.3000	70.32	1.487490
27	-80.0000	BF		

開口絞り S

30

40

50

像面

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-11.70
第 2 レンズ群	11	29.62
第 2 A レンズ群	11	-251.62
第 2 B レンズ群	18	21.42

【 0 1 5 2 】

この魚眼ズームレンズ Z L 6 において、第 3 面及び第 2 6 面は非球面形状に形成されている。次の表 2 2 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

【 0 1 5 3 】

(表 2 2)

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
第 3 面	1.0000	-9.39166E-07	1.76857E-08	-7.16338E-11	6.26142E-14
第 26 面	1.0000	-1.28479E-05	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

【 0 1 5 4 】

この魚眼ズームレンズ Z L 6 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群 G 2 F の物体側の間隔 D 2 及び像側の間隔 D 3 は合焦時に変化する。次の表 2 3 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び最長焦点距離状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

【 0 1 5 5 】

(表 2 3)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	5.23221	10.29999	15.45009			
				-0.03333	-0.03333	-0.03333
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	129.3468	287.7536	442.9204
D 1	53.35611	20.75070	9.52944	53.35611	20.75070	9.52944
D 2	4.90043	4.90043	4.90043	3.64427	4.68676	4.76281
D 3	1.01235	1.01235	1.01235	2.26851	1.22602	1.14997
B F	31.03908	43.86543	56.90011	31.03909	43.86544	56.90012

【 0 1 5 6 】

次の表 2 4 に、この魚眼ズームレンズ Z L 6 における各条件式対応値を示す。

【 0 1 5 7 】

(表 2 4)

n_{d2ap1}	= 1.648
d_{2ap1}	= 46.53
n_{d2an1}	= 1.883
d_{2an1}	= 40.66
f_{2F}	= -22.81

[条件式対応値]

(1)	$Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin (w / 2) \} = 0.95$
(2)	$Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin (t / 2) \} = 1.01$
(3)	$w = 89.0$

10

20

30

40

50

- (4) $t = 87.6$
 (5) $n_{d2} a_{n1} - n_{d2} a_{p1} = 0.24$
 (6) $d_{2ap1} - d_{2an1} = 5.87$
 (7) $|f_{2A1}| / (-f_1) = 21.50$
 (8) $|f_{2B1}| / (-f_1) = 1.83$
 (9) $f_2 / (-f_1) = 2.53$
 (10) $|f_{2F}| / (-f_1) = 1.95$
 (11) $(r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) = 1.75$
 (12) $Bfw / fw = 5.9$
 (13) $TLw / fw = 28.2$

10

【 0 1 5 8 】

このように、この魚眼ズームレンズ Z L 6 は、上記条件式 (1) ~ (1 3) を全て満足している。

【 0 1 5 9 】

この魚眼ズームレンズ Z L 6 の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 1 7 (a) 及び図 1 8 (a) に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 1 7 (b) 及び図 1 8 (b) に示す。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズ Z L 6 は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

20

【 0 1 6 0 】

[第 7 実施例]

図 1 9 は、第 7 実施例に係る魚眼ズームレンズ Z L 7 の構成を示す図である。この図 1 9 に示す魚眼ズームレンズ Z L 7 は、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、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、から構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 2 A レンズ群 G 2 A と、正の屈折力を有する第 2 B レンズ群 G 2 B とから構成されている。

【 0 1 6 1 】

この魚眼ズームレンズ Z L 7 において、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負メニスカスレンズ L 1 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面形状が形成された負レンズ L 2 1、両凹負レンズ L 1 3、両凸正レンズ L 1 4、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 で構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 を構成する第 2 A レンズ群 G 2 A は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 1、両凹負レンズ L 2 2、及び、両凸正レンズ L 2 3 で構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 を構成する第 2 B レンズ群 G 2 B は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 4 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 5 とを接合した接合レンズ、両凸正レンズ L 2 6 と両凹負レンズ L 2 7 とを接合した接合レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 8、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 9 と両凸正レンズ L 2 1 0 とを接合した接合レンズ、及び、両凸正レンズ L 2 1 1 で構成されている。また、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 内の両凸正レンズ L 2 3 と正メニスカスレンズ L 2 4 との間に配置されている。

30

40

【 0 1 6 2 】

この魚眼ズームレンズ Z L 7 は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞り S は第 2 レンズ群 G 2 と一体に移動する。

【 0 1 6 3 】

また、この魚眼ズームレンズ Z L 7 は、第 2 A レンズ群 G 2 A の像側の一部 (両凸正レ

50

ンズ L 2 3) を合焦レンズ群 G 2 F とし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レンズ群 G 2 F を像側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞り S は、合焦時は、像面 I に対して固定されている。

【 0 1 6 4 】

以下の表 2 5 に、魚眼ズームレンズ Z L 7 の諸元の値を掲げる。なお、表 2 5 に示す面番号 1 ~ 3 1 は、図 1 9 に示す番号 1 ~ 3 1 に対応している。

【 0 1 6 5 】

(表 2 5) 第 7 実施例

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態	
f	= 8.18000	~ 10.29999	~ 15.44986	10
F N o	= 3.52617	~ 3.81480	~ 4.51614	
	= 89.12889	~ 88.96674	~ 87.58446	
Y	= 11.20	~ 14.25	~ 21.60	
T L	= 130.43790	~ 126.74513	~ 127.92269	

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d	
物面					
1	67.5793	2.6000	49.62	1.772500	20
2	18.5261	11.5000			
3*	43.9078	0.1500	36.64	1.560930	
4	43.9078	1.6000	55.52	1.696800	
5	21.1562	6.7000			
6	-52.5032	1.3600	55.52	1.696800	
7	60.4041	2.0000			
8	44.3921	6.0000	22.74	1.808090	
9	-75.1106	2.0000			
10	-25.4804	1.2000	66.99	1.593490	
11	-275.5450	D1			30
12	26.6489	2.0000	46.78	1.766840	
13	379.7263	2.6152			
14	-70.8234	0.8000	40.66	1.883000	
15	30.8519	D2			
16	351.8795	2.0000	46.78	1.766840	
17	-21.3165	D3			
18	0.0000	1.6508			開口絞り S
19	-16.3376	2.0000	58.82	1.518230	
20	-10.0731	0.8000	40.66	1.883000	
21	-21.6179	0.2000			40
22	24.6482	4.0000	38.03	1.603420	
23	-16.6512	0.7000	40.66	1.883000	
24	57.6897	1.0000			
25	-51.8257	3.0000	82.57	1.497820	
26	-14.6027	0.5000			
27	58.1781	0.7000	35.73	1.902650	
28	24.5283	5.0000	82.57	1.497820	
29	-32.2671	0.2000			
30	225.0000	2.3000	70.31	1.487490	
31	-80.0000	BF			50

像面

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第 1 レンズ群	1	-12.01
第 2 レンズ群	12	29.38
第 2 A レンズ群	12	39.44
第 2 B レンズ群	19	41.74

【 0 1 6 6 】

この魚眼ズームレンズ Z L 7 において、第 3 面は非球面形状に形成されている。次の表 2 6 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。 10

【 0 1 6 7 】

(表 2 6)

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
第 3 面	1.0000	6.57469E-06	-9.54767E-09	5.22458E-12	0.00000E+00

【 0 1 6 8 】

この魚眼ズームレンズ Z L 7 において、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群 G 2 F の物体側の間隔 D 2 及び像側の間隔 D 3 は合焦時に変化する。次の表 2 7 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び最長焦点距離状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。 20

【 0 1 6 9 】

(表 2 7)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	8.18000	10.29999	15.44986			
				-0.03330	-0.03330	-0.03330
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	224.5645	288.5402	443.7249
D 1	21.79491	12.91688	1.49839	21.79491	12.91688	1.49839
D 2	2.41057	2.41057	2.41057	2.63864	2.60315	2.55887
D 3	3.15659	3.15659	3.15659	2.92852	2.96401	3.00829
B F	38.49983	43.68510	56.28115	38.49983	43.68510	56.28115

【 0 1 7 0 】

次の表 2 8 に、この魚眼ズームレンズ Z L 7 における各条件式対応値を示す。

【 0 1 7 1 】

(表 2 8)

$$n d 2 a p 1 = 1.767$$

$$d 2 a p 1 = 46.78$$

$$n d 2 a n 1 = 1.883$$

$$d 2 a n 1 = 40.66$$

$$f 2 F = 26.26$$

[条件式対応値]

$$(1) Y w / \{ 2 \times f w \times \sin (w / 2) \} = 0.98$$

$$(2) Y t / \{ 2 \times f t \times \sin (t / 2) \} = 1.01$$

$$(3) w = 89.1$$

$$(4) t = 87.6$$

$$(5) n d 2 a n 1 - n d 2 a p 1 = 0.12$$

- (6) $d_{2ap1} - d_{2an1} = 6.12$
 (7) $|f_{2A1}| / (-f_1) = 3.28$
 (8) $|f_{2B1}| / (-f_1) = 3.48$
 (9) $f_2 / (-f_1) = 2.45$
 (10) $|f_{2F}| / (-f_1) = 2.19$
 (11) $(r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) = 1.76$
 (12) $Bfw / fw = 4.7$
 (13) $TLw / fw = 15.9$

【 0 1 7 2 】

このように、この魚眼ズームレンズ Z L 7 は、上記条件式 (1) ~ (1 3) を全て満足している。

10

【 0 1 7 3 】

この魚眼ズームレンズ Z L 7 の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 2 0 (a) 及び図 2 1 (a) に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 2 0 (b) 及び図 2 1 (b) に示す。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズ Z L 7 は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

【 0 1 7 4 】

20

[第 8 実施例]

図 2 2 は、第 8 実施例に係る魚眼ズームレンズ Z L 8 の構成を示す図である。この図 2 2 に示す魚眼ズームレンズ Z L 8 は、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、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、から構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 2 A レンズ群 G 2 A と、正の屈折力を有する第 2 B レンズ群 G 2 B とから構成されている。

【 0 1 7 5 】

この魚眼ズームレンズ Z L 8 において、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負メニスカスレンズ L 1 1、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの物体側のレンズ面に樹脂層を設けて非球面形状が形成された負レンズ L 2 1、両凹負レンズ L 1 3、両凸正レンズ L 1 4、及び、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 1 5 で構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 を構成する第 2 A レンズ群 G 2 A は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 1、両凹負レンズ L 2 2、及び、両凸正レンズ L 2 3 で構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 を構成する第 2 B レンズ群 G 2 B は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 2 4 と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズ L 2 5 とを接合した接合レンズから構成されている。また、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 3 1 と両凹負レンズ L 3 2 とを接合した接合レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 3 3、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 4 と両凸正レンズ L 3 5 とを接合した接合レンズ、及び、両凸正レンズ L 3 6 で構成されている。また、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 内の両凸正レンズ L 2 3 と正メニスカスレンズ L 2 4 との間に配置されている。

30

40

【 0 1 7 6 】

この魚眼ズームレンズ Z L 8 は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態への変倍に際し、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との間隔が減少し、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間隔が減少するように、各レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されている。なお、開口絞り S は第 2 レンズ群 G 2 と一体に移動する。

【 0 1 7 7 】

また、この魚眼ズームレンズ Z L 7 は、第 2 A レンズ群 G 2 A の像側の一部 (両凸正レンズ L 2 3) を合焦レンズ群 G 2 F とし、無限遠から近距離物体への合焦は、この合焦レ

50

レンズ群 G 2 F を像側に移動させることにより行うように構成されている。開口絞り S は、合焦時は、像面 I に対して固定されている。

【 0 1 7 8 】

以下の表 2 9 に、魚眼ズームレンズ Z L 8 の諸元の値を掲げる。なお、表 2 9 に示す面番号 1 ~ 3 1 は、図 2 2 に示す番号 1 ~ 3 1 に対応している。

【 0 1 7 9 】

(表 2 9) 第 8 実施例

[全体諸元]

	最短焦点距離状態	中間焦点距離状態	最長焦点距離状態	
f	= 8.18000	~ 10.29999	~ 15.44994	10
F N o	= 3.64834	~ 3.93404	~ 4.65980	
	= 89.12962	~ 89.13802	~ 87.58354	
Y	= 11.20	~ 14.25	~ 21.60	
T L	= 93.47274	~ 84.28306	~ 72.50394	

[レンズデータ]

m	r	d	d	n d	
物面					
1	67.5793	2.6000	49.62	1.772500	
2	18.5261	11.5000			20
3*	43.9078	0.1500	36.64	1.560930	
4	43.9078	1.6000	55.52	1.696800	
5	21.1562	6.7000			
6	-52.5032	1.3600	55.52	1.696800	
7	60.4041	2.0000			
8	38.6922	6.0000	22.74	1.808090	
9	-105.3547	2.0000			
10	-26.8571	1.2000	67.00	1.593493	
11	-233.2485	D1			
12	19.6790	2.0000	46.78	1.766840	30
13	27.1930	1.8638			
14	-302.2340	0.8000	40.66	1.883000	
15	37.1795	D2			
16	96.0440	2.0000	46.78	1.766840	
17	-25.2532	D3			
18	0.0000	1.6508			開口絞り S
19	-16.5086	2.0000	58.82	1.518230	
20	-10.3607	0.8000	40.66	1.883000	
21	-20.1791	D4			
22	21.5497	4.0000	38.03	1.603420	40
23	-20.9580	0.7000	40.66	1.883000	
24	37.7355	1.0000			
25	-271.4365	3.0000	82.57	1.497820	
26	-18.9418	0.5000			
27	72.8898	0.7000	35.72	1.902650	
28	24.1266	5.0000	82.57	1.497820	
29	-29.2582	0.2000			
30	225.0000	2.3000	70.32	1.487490	
31	-80.0000	BF			
像面					50

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	-12.35
第2レンズ群	12	181.02
第2Aレンズ群	12	41.08
第2Bレンズ群	19	-47.12
第3レンズ群	22	28.44

【 0 1 8 0 】

この魚眼ズームレンズ Z L 8 において、第3面は非球面形状に形成されている。次の表 3 0 に、非球面のデータ、すなわち円錐定数 K 及び各非球面定数 A 4 ~ A 10 の値を示す。

10

【 0 1 8 1 】

(表 3 0)

[非球面データ]

	K	A 4	A 6	A 8	A 10
第3面	1.0000	4.92189E-06	-8.01402E-09	5.22458E-12	0.00000E+00

【 0 1 8 2 】

この魚眼ズームレンズ Z L 8 において、第1レンズ群 G 1 と第2レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第2レンズ群 G 2 と第3レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 4、及び、バックフォーカス B F は、上述したように、変倍時に変化する。また、合焦レンズ群 G 2 F の物体側の間隔 D 2 及び像側の間隔 D 3 は合焦時に変化する。次の表 3 1 に、無限遠合焦状態及び至近合焦状態での最短焦点距離状態 (W)、中間焦点距離状態 (M) 及び最長焦点距離状態 (T) の各焦点距離状態における可変間隔を示す。

20

【 0 1 8 3 】

(表 3 1)

[可変間隔データ]

	無限遠			至近		
	W	M	T	W	M	T
f	8.18000	10.29999	15.44994			
				-0.03330	-0.03330	-0.03330
D 0	0.0000	0.0000	0.0000	224.7104	288.6622	443.8374
D 1	21.47751	12.64744	1.50470	21.47751	12.64744	1.50470
D 2	2.67777	2.67777	2.67777	2.88863	2.86216	2.82479
D 3	3.19466	3.19466	3.19466	2.98380	3.01027	3.04764
D 4	2.49821	2.13861	1.50223	2.49821	2.13861	1.50223
B F	38.49914	43.51123	55.64466	38.49914	43.51123	55.64466

30

【 0 1 8 4 】

次の表 3 2 に、この魚眼ズームレンズ Z L 8 における各条件式対応値を示す。

【 0 1 8 5 】

(表 3 2)

n_{d2ap1}	= 1.767
d_{2ap1}	= 46.78
n_{d2an1}	= 1.883
d_{2an1}	= 40.66
f_{2F}	= 26.26

40

[条件式対応値]

- (1) $Y_w / \{ 2 \times f_w \times \sin (w / 2) \} = 0.98$
 (2) $Y_t / \{ 2 \times f_t \times \sin (t / 2) \} = 1.01$
 (3) $w = 89.1$

50

- (4) $t = 87.6$
 (5) $n d 2 a n 1 - n d 2 a p 1 = 0.12$
 (6) $d 2 a p 1 - d 2 a n 1 = 6.12$
 (7) $| f 2 A 1 | / (- f 1) = 3.33$
 (8) $| f 2 B 1 | / (- f 1) = -3.82$
 (9) $f 2 / (- f 1) = 14.66$
 (1 0) $| f 2 F | / (- f 1) = 2.13$
 (1 1) $(r 1 + r 2) / (r 1 - r 2) = 1.76$
 (1 2) $B f w / f w = 4.7$
 (1 3) $T L w / f w = 16.1$

10

【 0 1 8 6 】

このように、この魚眼ズームレンズ Z L 8 は、上記条件式 (1) ~ (1 3) を全て満足している。

【 0 1 8 7 】

この魚眼ズームレンズ Z L 8 の、無限遠合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 2 3 (a) 及び図 2 4 (a) に示し、至近合焦時の最短焦点距離状態及び最長焦点距離状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 2 3 (b) 及び図 2 4 (b) に示す。これらの各収差図より、この魚眼ズームレンズ Z L 8 は、最短焦点距離状態から最長焦点距離状態にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有することがわかる。

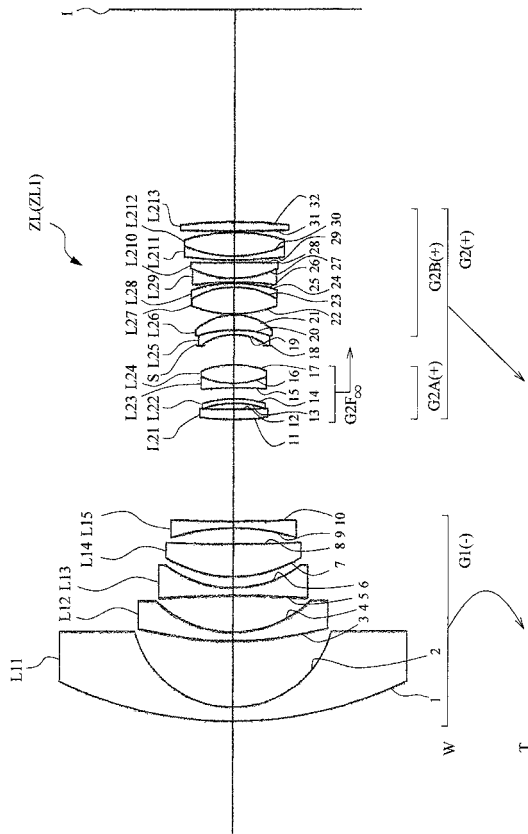
20

【 符号の説明 】

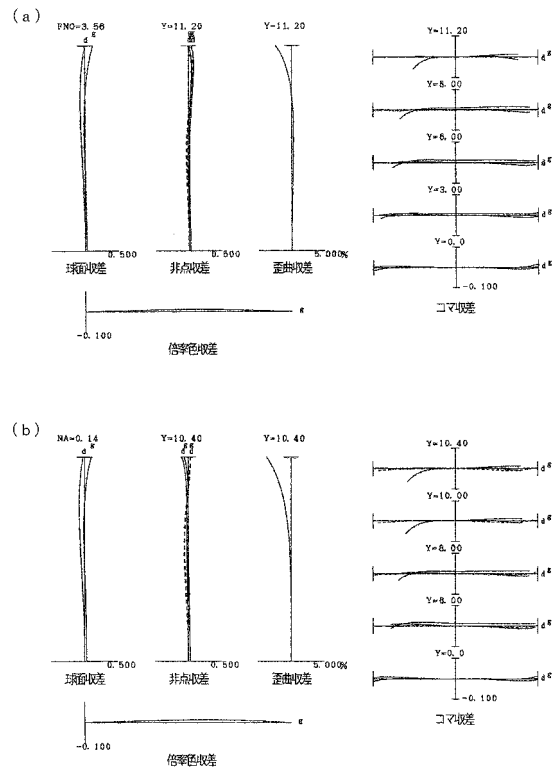
【 0 1 8 8 】

Z L (Z L 1 ~ Z L 8) 魚眼ズームレンズ G 1 第 1 レンズ群
 G 2 第 2 レンズ群 G 2 A 第 2 A レンズ群 G 2 B 第 2 B レンズ群
 G 2 F 合焦レンズ群 1 カメラ (光学機器)

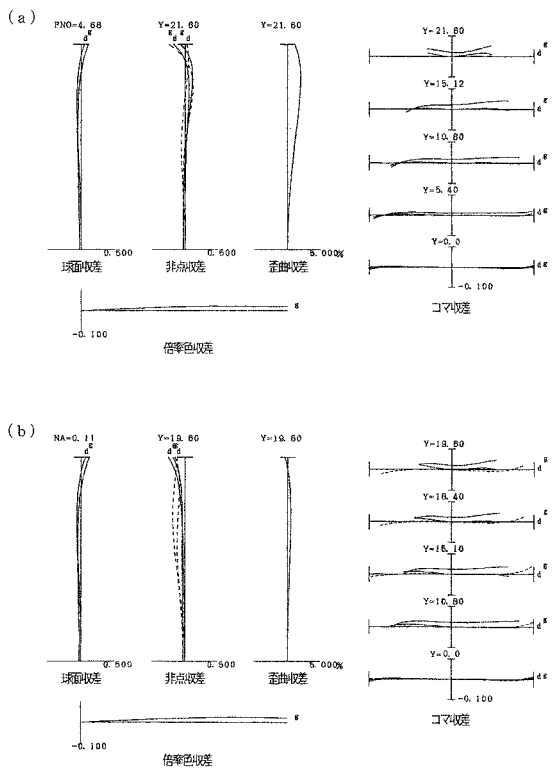
【 図 1 】



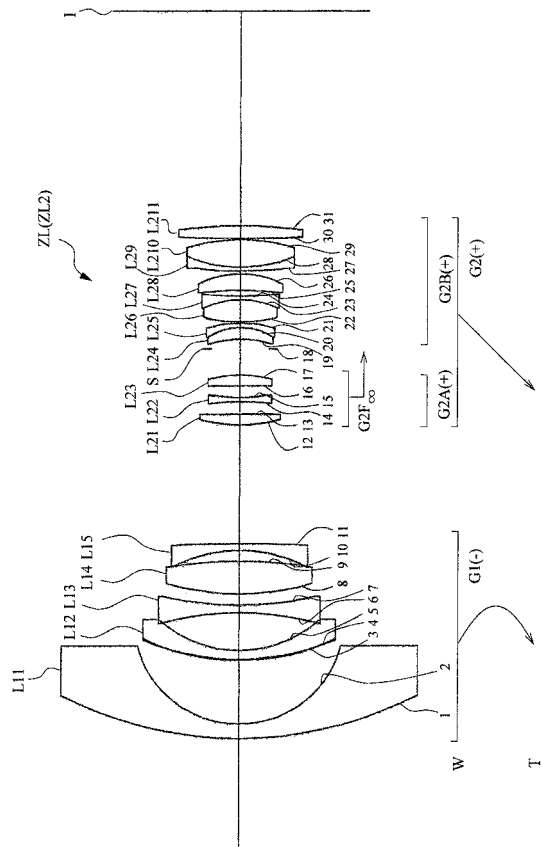
【 図 2 】



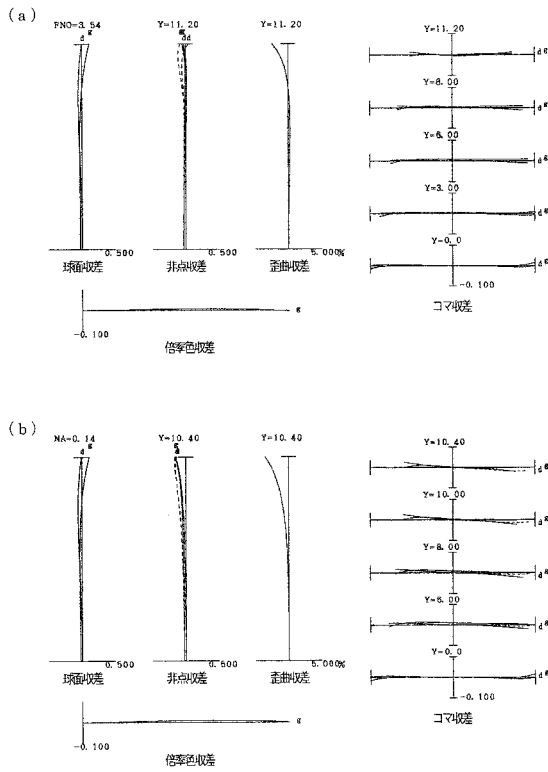
【 図 3 】



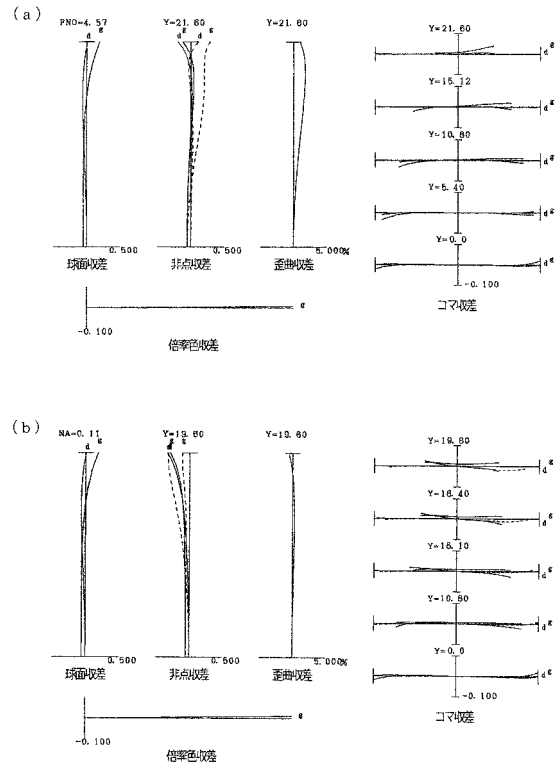
【 図 4 】



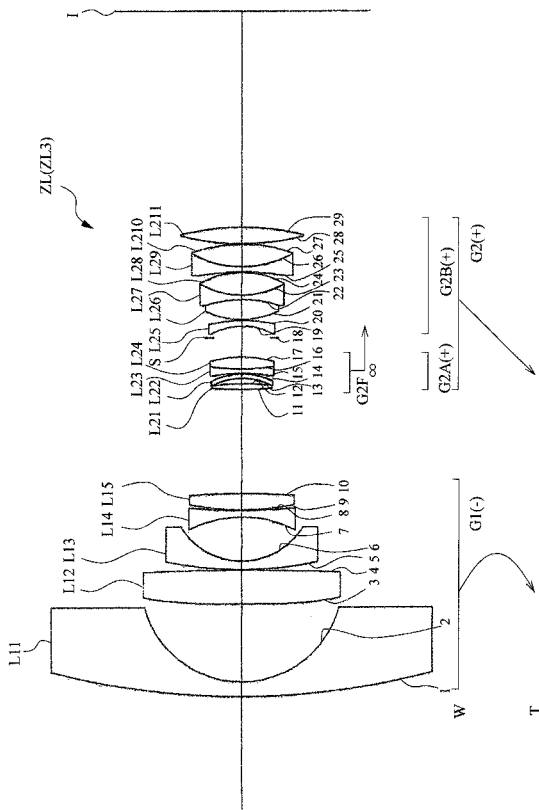
【 図 5 】



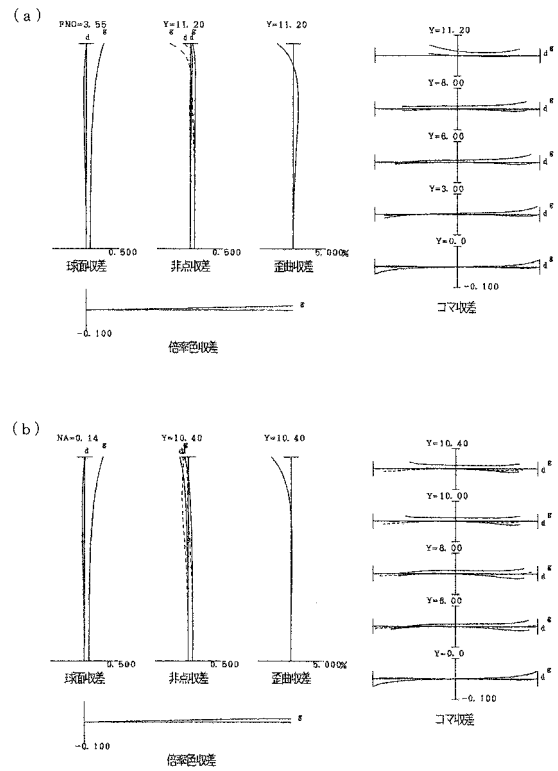
【 図 6 】



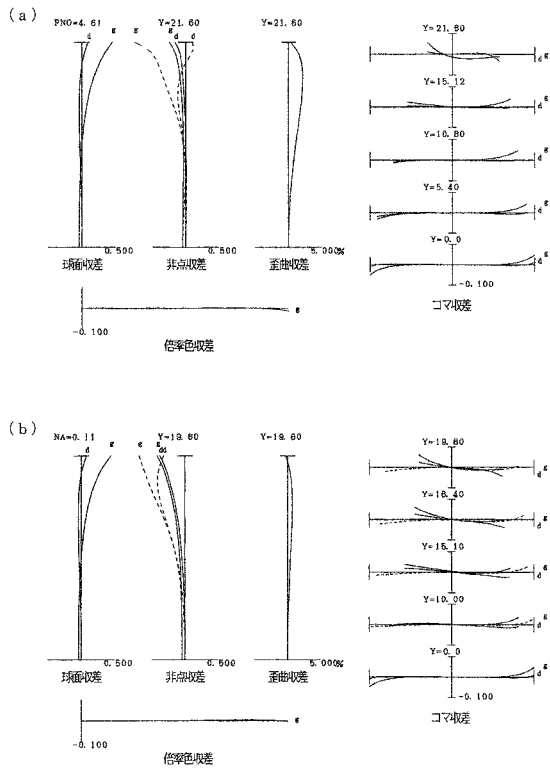
【 図 7 】



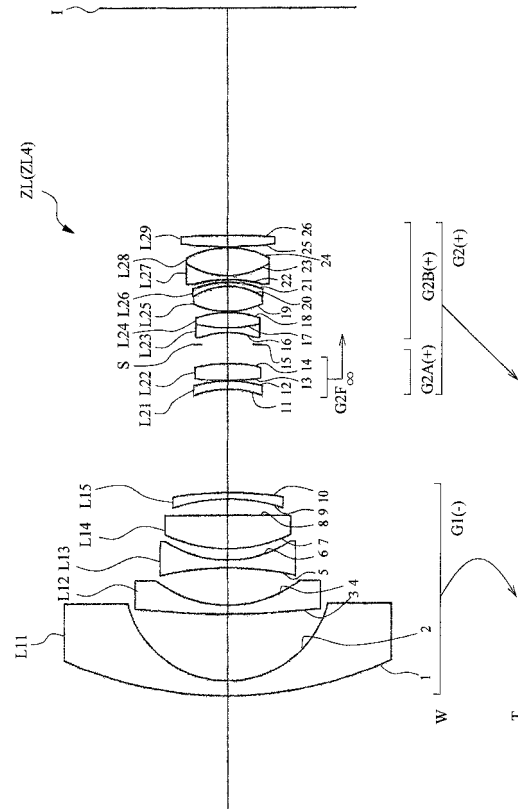
【 図 8 】



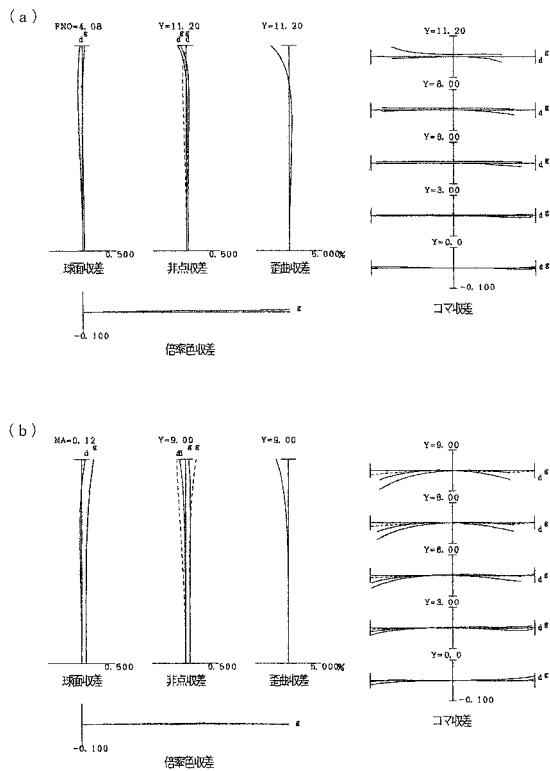
【 図 9 】



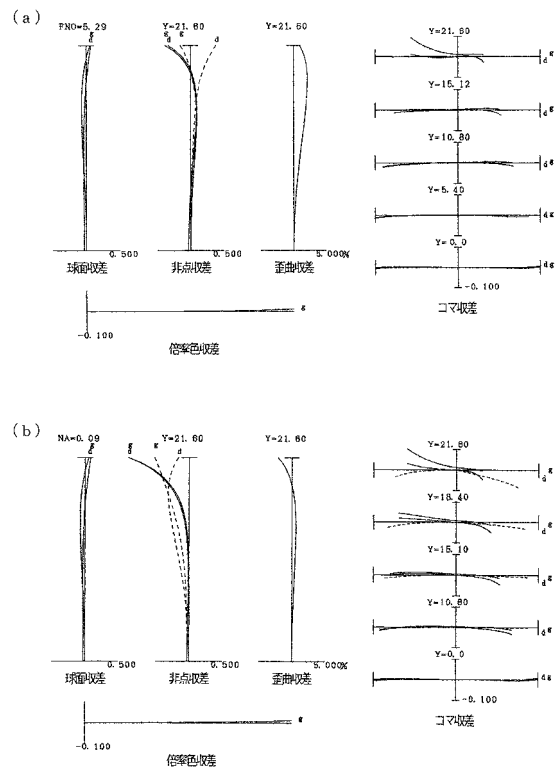
【 図 10 】



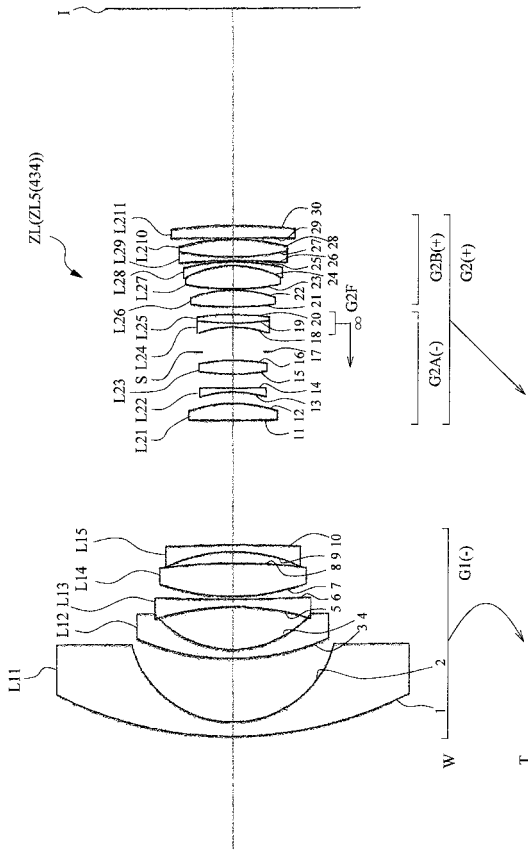
【 図 11 】



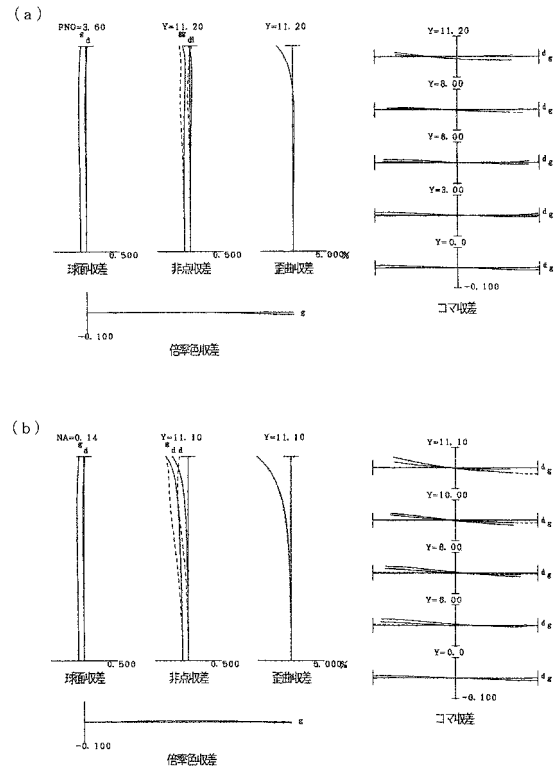
【 図 12 】



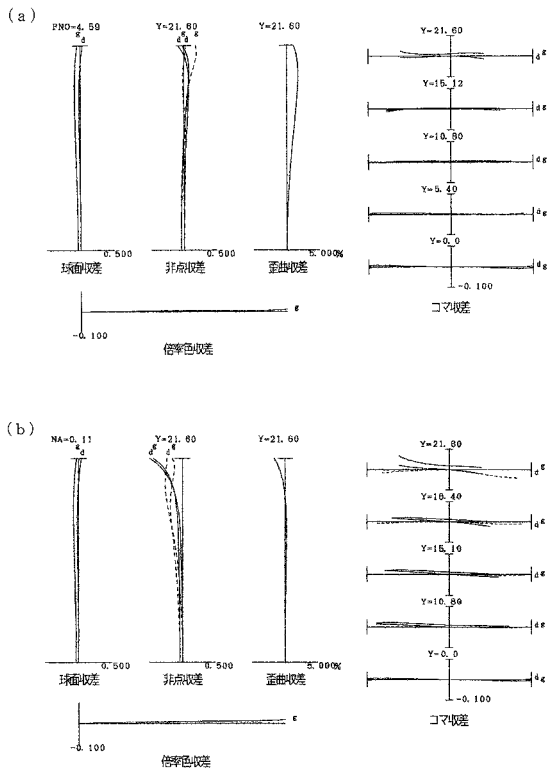
【 図 1 3 】



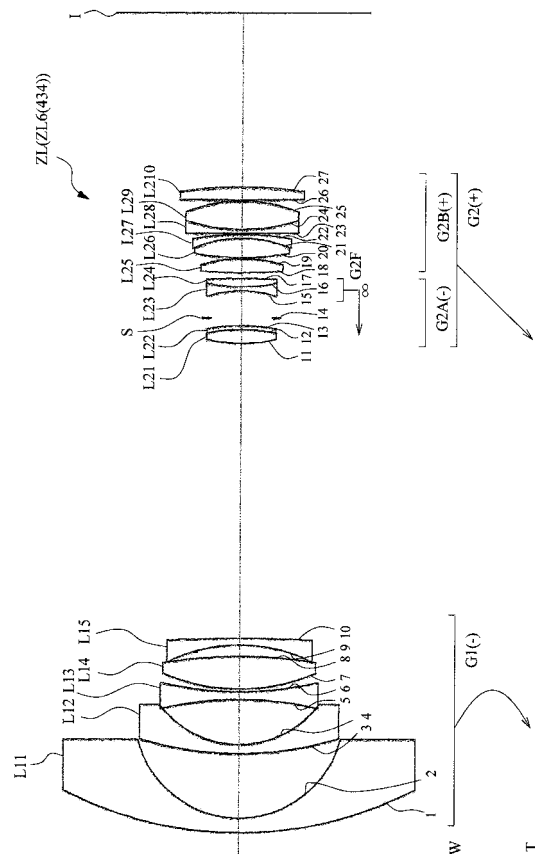
【 図 1 4 】



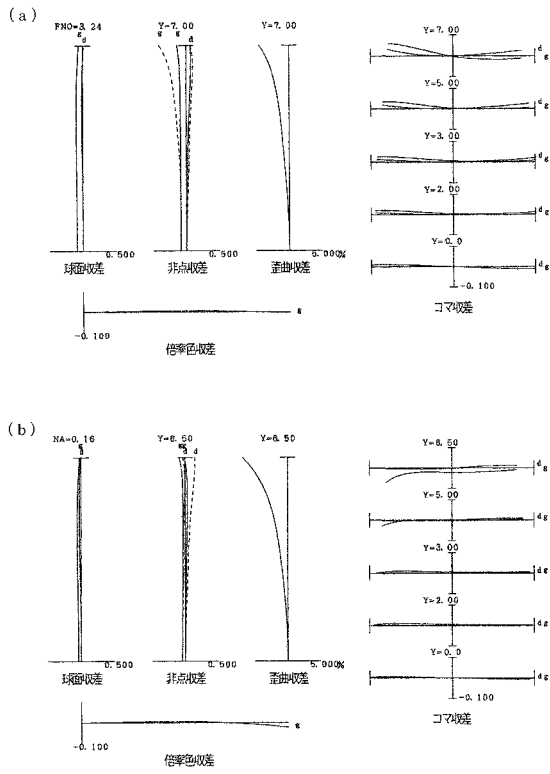
【 図 1 5 】



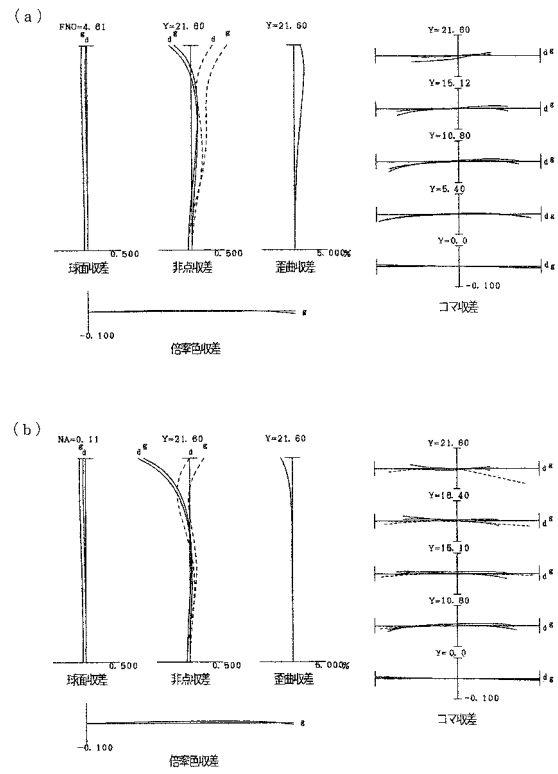
【 図 1 6 】



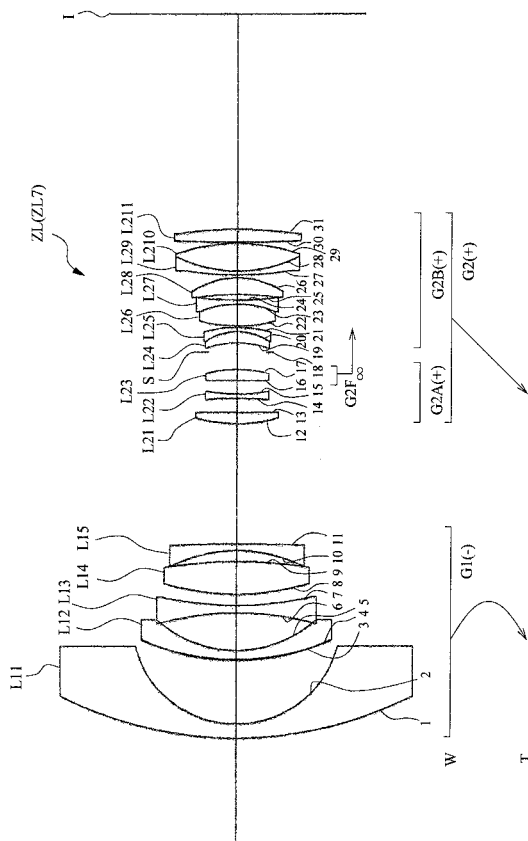
【 図 1 7 】



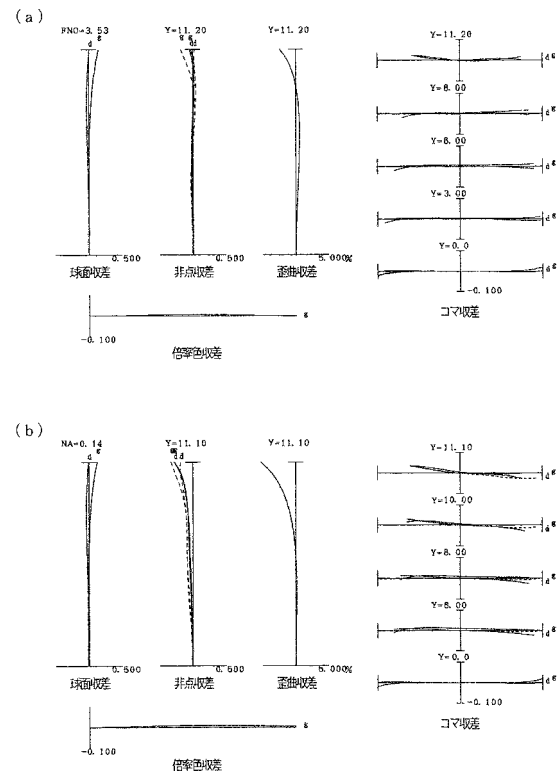
【 図 1 8 】



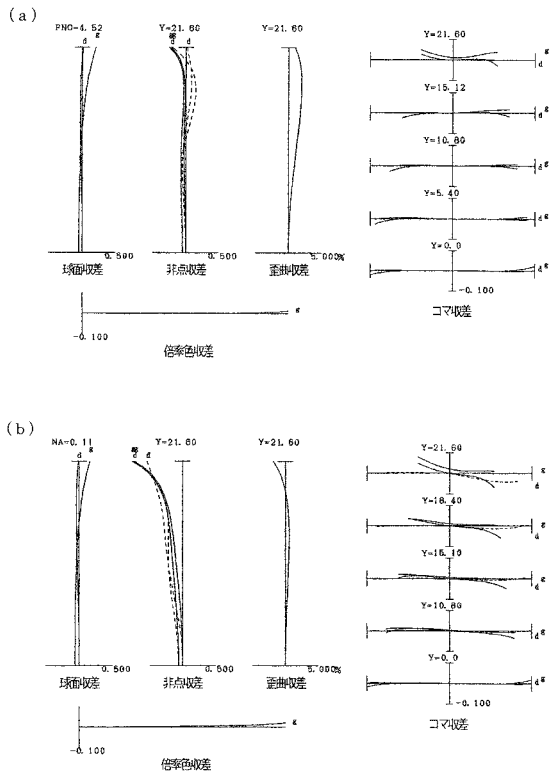
【 図 1 9 】



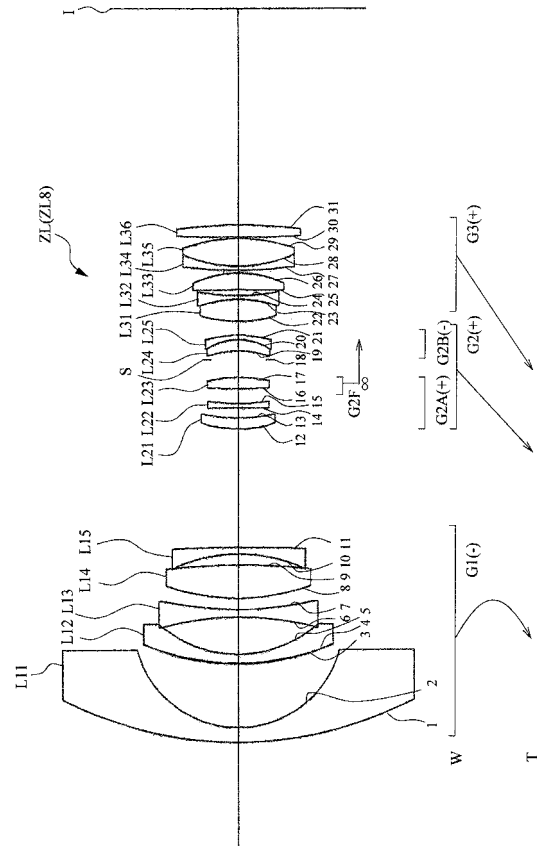
【 図 2 0 】



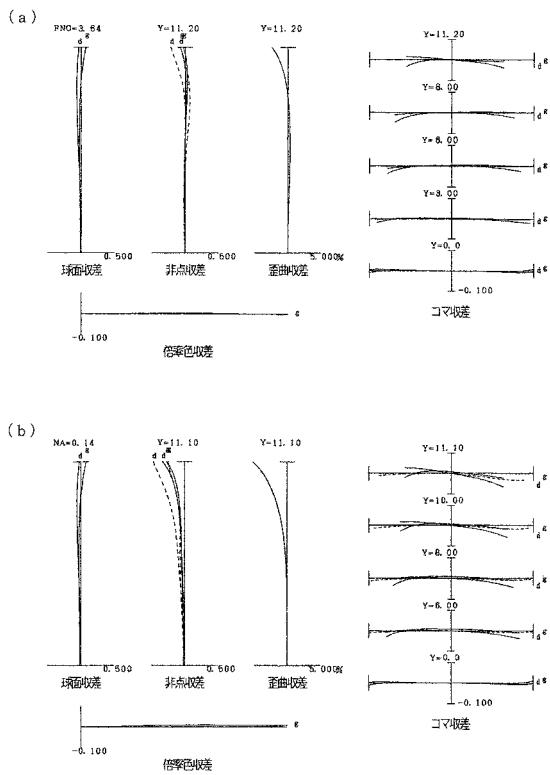
【 図 2 1 】



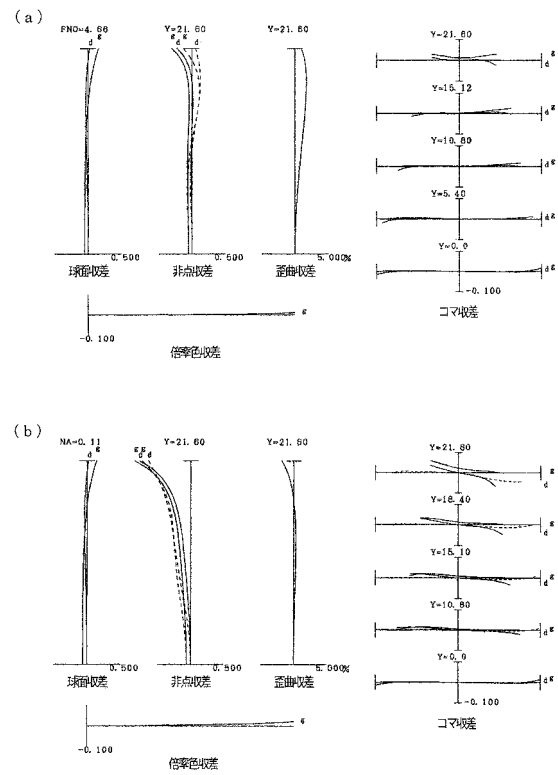
【 図 2 2 】



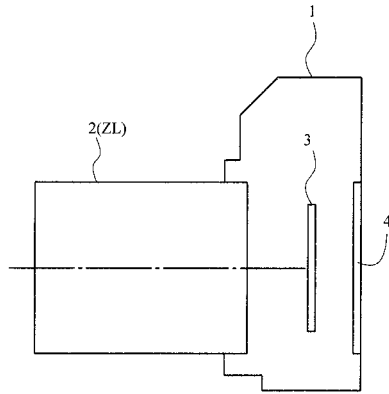
【 図 2 3 】



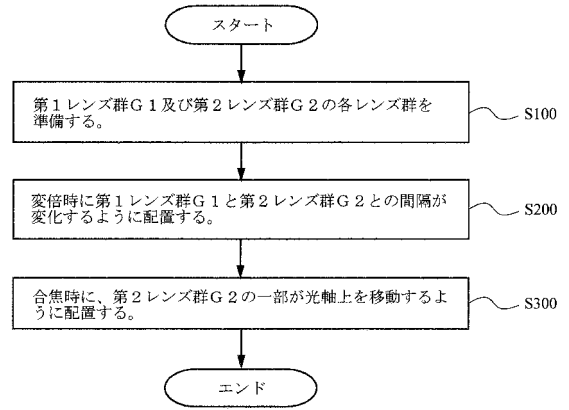
【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 治夫

東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA07 MA07 MA13 MA18 PA11 PA12 PA13 PA16 PA20
PB14 PB16 PB18 QA02 QA07 QA17 QA21 QA22 QA26 QA34
QA41 QA46 RA04 RA05 RA12 RA36 RA43 RA44 SA07 SA09
SA14 SA16 SA19 SA62 SA63 SB06 SB11 SB16 SB27 UA01