

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4633379号
(P4633379)

(45) 発行日 平成23年2月16日(2011.2.16)

(24) 登録日 平成22年11月26日(2010.11.26)

(51) Int.Cl. F 1
G O 2 B 13/06 (2006.01) G O 2 B 13/06
G O 2 B 13/04 (2006.01) G O 2 B 13/04 D

請求項の数 3 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-104244 (P2004-104244) (22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31) (65) 公開番号 特開2005-292280 (P2005-292280A) (43) 公開日 平成17年10月20日 (2005.10.20) 審査請求日 平成19年2月19日 (2007.2.19)</p>	<p>(73) 特許権者 306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号 (74) 代理人 100073184 弁理士 柳田 征史 (74) 代理人 100090468 弁理士 佐久間 剛 (72) 発明者 中山 徹 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324 番地 富士写真光機株式会社内 審査官 森内 正明 (56) 参考文献 特公昭51-2826 (JP, B1)</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 魚眼レンズおよびこれを用いた撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と正の屈折力を有する第2レンズ群とを配列され、全画角が160度以上となるように構成された魚眼レンズにおいて、

前記第1レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた2枚の負メニスカスレンズと、像側に凹面を向けた負レンズと、正レンズと、負レンズとからなる5枚のレンズを配列されてなり、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを有する第2レンズ群前群、絞り、および少なくとも2枚の正レンズと、1枚の負レンズとを有する第2レンズ群後群を配列されてなり、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が、レンズ全系のレンズ間隔中で最も大きくなるように設定され、

下記条件式(1)を満足することを特徴とする魚眼レンズ。

$$0.12 < D_m / D_s < 0.25 \quad (1)$$

ただし、

D_m : 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔

D_s : レンズ全系中の全レンズ間隔の和

【請求項2】

前記第2レンズ群は、物体側から順に、2枚のレンズからなる前記第2レンズ群前群と、絞りと、4枚のレンズからなる前記第2レンズ群後群を配列されてなることを特徴とす

る請求項 1 記載の魚眼レンズ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の魚眼レンズが搭載され、この搭載された魚眼レンズを介して撮像素子上に被写体像を形成することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は等距離射影方式の魚眼レンズおよびこれを用いた撮像装置に関し、特に、撮像素子を搭載した監視用や画像処理用等の撮像装置に好適に用いられる魚眼レンズに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

強い歪曲収差を発生させて画角 180° 近傍の全方位映像を円形状に一画面に取り込む魚眼レンズは、写真用途のみならず、監視用、画像処理用などに应用範囲が拡大している。さらに、コンピュータソフトにより、一旦取り込んだ画像から歪曲収差を除去する技術の進歩が魚眼レンズの有用性をさらに高いものとしている。

【0003】

その一方、最近の撮像装置の高画素化、コンピュータの高速化に伴い、魚眼レンズに対するさらなる高性能化が望まれている。また、設置スペースの多岐化や設置装置の携帯性等に対する要望も強いものがあり、魚眼レンズに対するさらなる小型化も望まれている。

20

【0004】

このような魚眼レンズとしては、下記特許文献 1 に記載されたものが知られている。この特許文献 1 に記載されたものは、構成レンズ枚数も少なく、画角も 180 度程度確保されている。

さらに、他の従来技術としては下記特許文献 2 に記載されたものが知られている。

【0005】

【特許文献 1】特許第 3396839 号公報

【特許文献 2】特開昭 53 - 83623 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

しかしながら、上記特許文献 1 に記載されたものは等立体角射影方式のレンズ構成であり、また、上記特許文献 2 に記載されたものは等距離射影方式のレンズ構成であるが、いずれにおいても軸外性能の点で必ずしも満足されたものとはなっていない。

特に、上記特許文献 2 に記載されたものは全ての収差が大きなものとされており、昨今の高性能化の要求に応えたものとはなっていない。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、160 度以上の画角を確保し、 $F1.2 \sim F1.65$ 程度と明るく、小型化を達成しつつ、光学性能に優れた魚眼レンズおよびこれを用いた撮像装置を提供することを目的とするものである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第 1 の魚眼レンズは、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 レンズ群とを配列され、全画角が 160 度以上となるように構成された魚眼レンズにおいて、

前記第 1 レンズ群は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた 2 枚の負メニスカスレンズと、像側に凹面を向けた負レンズと、正レンズと、負レンズとからなる 5 枚のレンズを配列されてなり、

前記第 2 レンズ群は、物体側から順に、少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズとを有する第 2 レンズ群前群、絞り、および少なくとも 2 枚の正レンズと、1 枚

50

の負レンズとを有する第2レンズ群後群を配列されてなり、

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が、レンズ全系のレンズ間隔中で最も大きくなるように設定され、

下記条件式(1)を満足することを特徴とするものである。

$$0.12 < D_m / D_s < 0.25 \quad (1)$$

ただし、

D_m : 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔

D_s : レンズ全系中の全レンズ間隔の和

【0010】

また、前記第2レンズ群は、物体側から順に、2枚のレンズからなる前記第2レンズ群前群と、絞りと、4枚のレンズからなる前記第2レンズ群後群を配列されてなることが好ましい。

10

【0012】

また、本発明の撮像装置は、上述したいずれかの魚眼レンズが搭載され、この搭載された魚眼レンズを介して撮像素子上に被写体像を形成することを特徴とするものである。

【0013】

なお、前記2枚の負メニスカスレンズの4つのレンズ面を含むレンズ面に反射防止膜を付設し、該4つのレンズ面に付設された反射防止膜における光反射率特性曲線の低反射ピークの波長位置の平均値が、該4つのレンズ面以外のレンズ面に付設された反射防止膜における光反射率特性曲線の低反射ピークの波長位置の平均値よりも、40nmから180nmだけ長波長側にシフトするように構成することも有用である。この場合、前記第1レンズ群および前記第2レンズ群のレンズ構成は、必ずしも上記のものに限られるものではない。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明の魚眼レンズおよびこれを用いた撮像装置によれば、物体側から順に、物体側に凸面を向けた2枚の負メニスカスレンズと、像側に凹面を向けた負レンズと、正レンズと、負レンズとを配列した5枚のレンズからなる負の屈折力を有する第1レンズ群と、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを有する第2レンズ群前群、絞り、および少なくとも2枚の正レンズと、1枚の負レンズを有する第2レンズ群後群とを配列されてなる正の屈折力を有する第2レンズ群とからなり、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を、レンズ全系のレンズ間隔中で最も大きくなるように設定し、条件式(1)を満足するようにしている。このように、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔を大きく空ける構成とすることにより、大きな画角での像面の倒れを良好に補正することができる。また、その他のレンズ間隔は、この2つの群間隔よりも小さく設定することで、レンズ系の小型化を図ることができる。さらに、条件式(1)を満足することで、高性能化と小型化を同時に満足させることが可能となる。

30

【0015】

すなわち、上記構成の第1レンズ群と上記構成の第2レンズ群との間隔をレンズ全系のレンズ間隔中で最も大きくなるように設定することで、各レンズ群のレンズ構成と相俟って、レンズ系の高性能化および小型化を図ることができる。

40

【0016】

なお、上述した如く、最も物体側に位置する、凸面を物体側に向けた2枚の負メニスカスレンズの4つのレンズ面に付設された反射防止膜における光反射率特性曲線の低反射ピークの波長位置の平均値を、該4つのレンズ面以外のレンズ面に付設された反射防止膜における光反射率特性曲線の低反射ピークの波長位置の平均値よりも、40nmから180nmだけ長波長側にシフトさせる構成、とした場合の効果についても言及しておく。

【0017】

すなわち、魚眼レンズの、最も物体側の2枚の負メニスカスレンズの4つの面における低反射率ピークの波長位置はそのレンズ周辺部において短波長側にシフトする傾向にある

50

ため、これらのレンズ面に施す反射防止膜は、他のレンズに施す反射防止膜に比べて長波長側に40nmから180nmだけシフトしたものとすることで、魚眼レンズのレンズ構成と合致した反射率特性とすることができ、フレアやゴーストの低減、および周辺光量の増加を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。

図1は本発明の実施形態に係る魚眼レンズの基本構成を示すものである（実施例1のものを代表として用いる）。

【0019】

この魚眼レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 と正の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 とを配列されてなり、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2枚の負メニスカスレンズと、像側に凹面を向けた負レンズと、正レンズと、負レンズとを配列した5枚のレンズからなり、第2レンズ群 G_2 は、物体側から順に、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを有する第2レンズ群前群 G_{2_1} 、絞り1、および少なくとも2枚の正レンズと、1枚の負レンズとを有する第2レンズ群後群 G_{2_2} を配列されてなる。

また、全画角は160度以上となるように設定されている。

【0020】

なお、図1では第2レンズ群後群 G_{2_2} とCCDの撮像面3との間に、赤外線をカットするフィルタやローパスフィルタさらにはカバーガラスに相当するガラスブロック2が配置されている。また、図中、Xは光軸を表している。

【0021】

このように、第1レンズ群 G_1 は、最も物体側の2枚のレンズ L_1 、 L_2 が、物体側に凸面を向けた負レンズとされており広角化に有利な構成とされている。また、物体側から3番目のレンズ L_3 を負レンズとすることにより、上記レンズ L_1 、 L_2 の屈折力を第3レンズにも分担させることができ、各レンズに入射する軸外光線の急激な屈折を避けることができるため、軸外収差の発生を押さえることができる。

【0022】

また、物体側から4番目および5番目のレンズ L_4 、 L_5 を正レンズと負レンズまたは負レンズと正レンズとしているため、レンズ形状や硝材を適切に設定、選択することにより、倍率色収差やその他の第1レンズ群 G_1 全体で発生する諸収差を低減することができる。

【0023】

また、上記第2レンズ群前群 G_{2_1} は主に軸上色収差（波長による結像位置のズレ）と球面収差を補正する役割を担う。一方、上記第2レンズ群後群 G_{2_2} はレンズ全系で生じる、倍率色収差や像面湾曲等の収差の補正を良好に行うとともに、CCDの撮像面3上に効率良く光束を受光させるために射出瞳位置を像面より遠いものとする機能を有している。さらに上記第2レンズ群後群 G_{2_2} は、少なくとも2枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズを備えた構成とすることで長いバックフォーカスを得るようにしている。

【0024】

また、本実施形態の魚眼レンズにおいては第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の間隔は、レンズ全系のレンズ間隔中で最大としており、これにより大きな画角での像面の倒れを良好に補正することができる。また小型化するためにはその他のレンズ間隔は狭いことが必要となる。したがって、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の間隔を、レンズ全系のレンズ間隔中で最大とすることにより、レンズ系の小型化、高性能化を同時に満足することができる。

【0025】

このような観点から本実施形態の魚眼レンズは、以下の条件式（1）を満足することが好ましい。

10

20

30

40

50

$$0.12 < D_m / D_s < 0.25 \quad (1)$$

ただし、

D_m : 前記第1レンズ群 G_1 と前記第2レンズ群 G_2 との間隔

D_s : レンズ全系中の全レンズ間隔の和

【0026】

この式(1)の下限を超えると、第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の間隔が十分ではなくなり、像面の倒れを良好に補正することができない。一方、式(1)の上限を超えると第1レンズ群 G_1 と第2レンズ群 G_2 の間隔が必要以上になり、その他に必要とされるレンズ間隔が十分ではなくなるため、高性能化を図ることが難しくなる。

このように、条件式(1)を満足することで、高性能化と小型化を同時に満足させることが可能となる。

10

【0027】

また、本実施形態の魚眼レンズは、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$-0.15 < (Y_m - Y_{m_0}) / Y_{m_0} < 0.15 \quad (2)$$

ただし、

Y_m : 最大画角における像高

Y_{m_0} : 最大画角における等距離射影方式での理想像高 ($Y_{m_0} = f \times m$)

f : レンズ全系の焦点距離

m : 最大画角における光線入射角度(ラジアン)

【0028】

20

この式(2)の下限を超えると周辺の被写体が小さくなってしまいうため好ましくない。一方、式(2)の上限を超えると、周辺の被写体が大きく撮像され周辺画像の伸展処理には好ましいが、高性能化を実現しようとするるとレンズ系が大型化し、また十分な周辺光量の確保も難しくなるので好ましくない。

【0029】

コンピュータソフトにより、取り込んだ画像の一部を取り出し、その部分をあたかも通常射影のレンズで撮影されたもののように画像伸展処理を行うようにした場合、周辺の被写体が大きく撮像される程、伸展処理後の画像をコントラストの高いものとする事ができる。したがって、条件式(2)を満足することで、伸展処理後の画像をコントラストの高いものとする事ができ、かつレンズ系の小型化および周辺光量の確保が可能となる。

30

【0030】

また、本実施形態の魚眼レンズは、以下の条件式(3)、(4)を満足することが好ましい。

$$-0.03 < (Y_m - Y_{m_0}) / Y_{m_0} < 0.03 \quad (3)$$

$$0.70 < |(dY_m / dm) / f| < 1.2 \quad (4)$$

ただし、

Y_m : 最大画角における像高

Y_{m_0} : 最大画角における等距離射影方式での理想像高 ($Y_{m_0} = f \times m$)

f : レンズ全系の焦点距離

m : 最大画角における光線入射角度(ラジアン)

dY_m / dm : 最大画角において像高を光線入射角度で微分した値

40

【0031】

この式(3)を満足することにより、ほぼ等距離射影方式の構成とされる。

等距離射影方式とは像高 Y と入射角 θ の関係が焦点距離 f を比例定数とする式 $Y = f \cdot \sin \theta$ で表されるが、この場合の画像伸展処理は単純な式のもとで行うことができ、計算量が少なく済む。計算量が少ないことから高画素化が可能となり、また単位時間あたりのフレーム数が多いシステムでは有利となる。これに対し、例えば、前述した特許文献1に記載されたもののように、等立体角射影方式のものでは、撮像素子により取得された画像に対して画像伸展処理を施す際に、像高 Y と入射角 θ の関係が、式 $Y = f \cdot \sin \theta$ で表さ

50

れるため、単純な変換式を用いることができずデータ計算量が大幅に増大してしまう。この結果、画像の高画素化、さらには単位時間あたりのフレーム数の増大を図ることが難しくなる。

【0032】

また、式(4)を満足することにより、画像伸展処理後の歪みを小さなものとすることができる。

【0033】

さらに、本実施形態の魚眼レンズは、最も物体側の2枚の負メニスカスレンズ L_1 、 L_2 の4つのレンズ面を含む全レンズ面に反射防止膜が付設され、これら4つのレンズ面に付設された反射防止膜における光反射率特性曲線の低反射ピークの波長位置の平均値が、該4つのレンズ面以外のレンズ面に付設された反射防止膜における光反射率特性曲線の低反射ピークの波長位置の平均値よりも、40nmから180nmだけ長波長側にシフトするように構成されている。

10

【0034】

図1に示すような魚眼レンズにおいては、最も物体側の2枚の負メニスカスレンズ L_1 、 L_2 の物体側の面に入射する周辺の光束は、レンズ L_1 、 L_2 のレンズ面法線に対して大きな角度をもって入射する。この結果、これらのレンズ面において最も反射率が低くなる波長は短波長側にシフトしてしまう。

【0035】

また、これらのレンズ L_1 、 L_2 の像側の面の曲率半径は有効径に比べ、図1に示す如く小さくならざるを得ず、この結果レンズの周辺部の反射防止膜の膜厚はどうしても薄くなってしまい、低反射ピークの波長位置が短波長側にシフトする傾向にある。

20

【0036】

そこで、本実施形態の魚眼レンズにおいては、レンズ L_1 、 L_2 の各レンズ面に施す反射防止膜はレンズ中心の特性を考慮し、予め低反射ピークの波長位置の平均値を他のレンズの低反射ピークの波長位置の平均値に比べ、長波長側に40nmから180nmだけシフトするように膜厚を増加させることで、フレアの低減、ゴーストの低減および周辺光量の増加を達成している。

【0037】

なお、反射防止膜が単層膜である場合には、低反射ピークの波長位置は一カ所のみであるためこの波長を基準とすればよいが、反射防止膜が多層膜であり、低反射ピークの波長位置が多数カ所存在する場合には、光反射率特性が長波長側で低反射となるようにシフトすることを勘案して、そのシフト量を決定する。

30

【0038】

以下、本発明の魚眼レンズの実施例についてデータを用いて具体的に説明する。なお、本発明の魚眼レンズとしては下記実施例のものに限られるものではなく、例えば各レンズ群を構成するレンズの枚数および形状は適宜選択し得る。

【0039】

<実施例1>

図1に示すように、実施例1に係る魚眼レンズは、5枚のレンズ $L_1 \sim L_5$ からなる第1レンズ群 G_1 、2枚のレンズ L_6 、 L_7 からなる第2レンズ群前群 G_{21} 、絞り1、および4枚のレンズ $L_8 \sim L_{11}$ からなる第2レンズ群後群 G_{22} を配列されてなる。

40

【0040】

具体的には、実施例1における各レンズ面の曲率半径 R (レンズ全系の焦点距離を1として規格化されている；以下の表2~4において同じ)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔 D (上記曲率半径 R と同様の焦点距離で規格化されている；以下の表2~4において同じ)、各レンズの d 線における屈折率 N およびアッペ数 σ が表1に示されている。なお、この表1および後述する表2~4において、各記号 R 、 D 、 N 、 σ に対応させた数字は物体側から順次増加するようになっている。また、表1の上段には、実施例1における、Fナンバー FNO 、全系の焦点距離(1.00に正規化) f 、半画角(度)、

50

バックフォーカス（最も像側のレンズ面から像面までの空気換算距離） b_f 、像面から射出瞳までの距離EXP、レンズ系全長（最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの距離） L の各値が示されている（以下の表2～4において同じ）。

【0041】

【表1】

FNO=1.43、 $f=1.00$ 、 $\omega=92.5$ 、 $b_f=6.78$ 、EXP=-150.84、 $L=41.91$

No.	R	D	N_d	ν_d	
1	28.772	1.40	1.80153	47.8	
2	10.153	4.05			10
3	27.858	1.12	1.74480	53.5	
4	7.496	4.67			
5	-784.150	0.98	1.72440	55.3	
6	8.983	3.21			
7	13.228	1.95	1.83250	23.4	
8	-22.319	0.09			
9	43.491	0.79	1.65715	58.6	
10	6.516	10.10			
11	11.664	0.59	1.78960	49.0	20
12	4.526	0.40			
13	10.488	1.29	1.76798	34.1	
14	∞	1.07			
絞り	∞	2.54			
15	8.370	2.01	1.48944	65.4	
16	-8.165	0.09			
17	-589.324	0.59	1.89999	26.3	
18	6.659	0.41			
19	13.773	2.35	1.52858	63.9	
20	-9.534	0.08			30
21	7.585	2.12	1.61993	60.4	
22	-29.097	0.00			
23	∞	1.75	1.51680	64.2	
24	∞				

【0042】

また表5に、この実施例1における上記各条件式(1)～(4)に対応する数値を示す。なお、ディストーションDisは、下式によって示されるように、等距離射影方式による理想像高を基準とした場合の数値である（以下の表2～4において同じ）。

$$Dis = (Y - Y_0) / Y_0 \times 100 \quad (\%)$$

ただし、

Y：像高

Y_0 ：等距離射影方式での理想像高 ($Y_0 = f \cdot \tan \omega$)

f：焦点距離

ω ：光線入射角度（ラジアン）

【0043】

図4は実施例1の魚眼レンズの諸収差（球面収差、非点収差、ディストーション、倍率色収差および横収差）を示す収差図である。なお、この図4および後述する図5～7において、各非点収差図にはサジタル像面およびタンジェンシャル像面に対する収差が示されており、各倍率色収差図にはd線に対する収差が示されている。

【0044】

10

20

30

40

50

この図4および下記表5から明らかなように、実施例1の魚眼レンズは条件式(1)~(4)を全て満足し、画角185度、F値1.43とされ、小型で、光学性能に優れたものとされている。

【0045】

なお、実施例1のものによれば、非点収差図の各曲線S、Tが略揃っており、主光線近傍の光束における像面の倒れが良好に補正されていることが明らかである。また、横収差図の各曲線S、Tのフィッティング直線の傾きが、中心から周辺まで互いに略等しくなっており、明るく周辺光量比が大きい本実施例レンズにおいて、光束全体としても像面の倒れが中心から周辺まで良好に補正されていることが明らかである。

【0046】

<実施例2>

図8に示すように、実施例2に係る魚眼レンズは、実施例1と同様に、5枚のレンズL₁~L₅からなる第1レンズ群G₁、2枚のレンズL₆、L₇からなる第2レンズ群前群G₂₁、絞り1、および4枚のレンズL₈~L₁₁からなる第2レンズ群後群G₂₂を配列されてなる。

具体的には、実施例2における各レンズ面の曲率半径R、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔D、各レンズのd線における屈折率Nおよびアッベ数を表2に示す。

【0047】

【表2】

FNO=1.63、f=1.00、 ω =92.5、bf=3.63、EXP=-16.74、L=22.41

No.	R	D	N _d	ν_d
1	13.705	1.29	1.78192	49.8
2	4.879	2.11		
3	8.257	0.59	1.78479	49.5
4	3.907	2.35		
5	-16.035	0.53	1.72813	55.1
6	4.429	2.13		
7	7.654	1.82	1.77137	28.3
8	-14.189	0.08		
9	12.286	0.43	1.58108	61.9
10	4.274	2.90		
11	5.081	0.78	1.51565	64.4
12	3.146	0.23		
13	5.219	0.95	1.58103	51.5
14	-19.805	0.76		
絞り	∞	1.35		
15	6.350	1.22	1.60835	60.8
16	-5.254	0.04		
17	-9.325	0.32	1.83504	24.6
18	4.554	0.25		
19	12.709	1.14	1.68388	57.3
20	-8.445	0.04		
21	4.413	1.09	1.68642	57.2
22	167.973	0.00		
23	∞	1.12	1.51680	64.2
24	∞			

【0048】

また表5に、この実施例2における上記各条件式(1)~(4)に対応する数値を示す。

【0049】

また、図5は実施例2の魚眼レンズの諸収差(球面収差、非点収差、ディストーション、倍率色収差および横収差)を示す収差図である。図5および表5から明らかなように、実施例2の魚眼レンズは条件式(1)~(4)を全て満足し、画角185度、F値1.63とされ、小型で、光学性能に優れたものとされている。

【0050】

なお、実施例2のものによれば、非点収差図の各曲線S、Tが略揃っており、主光線近傍の光束における像面の倒れが良好に補正されていることが明らかである。また、横収差図の各曲線S、Tのフィッティング直線の傾きが、中心から周辺まで互いに略等しくなっており、明るく周辺光量比が大きい本実施例レンズにおいて、光束全体としても像面の倒れが中心から周辺まで良好に補正されていることが明らかである。

【0051】

<実施例3>

図2に示すように、実施例3に係る魚眼レンズは、5枚のレンズ $L_1 \sim L_5$ からなる第1レンズ群 G_1 、3枚のレンズ $L_6 \sim L_8$ からなる第2レンズ群前群 G_{21} 、絞り1、および3枚のレンズ $L_9 \sim L_{11}$ からなる第2レンズ群後群 G_{22} を配列されてなる。

具体的には、実施例3における各レンズ面の曲率半径R、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔D、各レンズのd線における屈折率Nおよびアッペ数を表3に示す。

【0052】

【表3】

FNO=1.23、f=1.00、 ω =92.5、bf=6.13、EXP=-26.06、L=37.10

No.	R	D	N_d	ν_d
1	20.780	1.96	1.84988	43.0
2	6.880	3.25		
3	12.003	0.91	1.84982	43.0
4	5.161	3.61		
5	-27.302	1.03	1.85054	42.9
6	5.513	3.27	1.84880	22.8
7	-18.439	0.12		
8	13.757	0.90	1.78793	49.2
9	4.888	6.45		
10	9.131	2.39	1.49999	57.5
11	-8.328	0.22		
12	-13.778	0.63	1.84995	40.5
13	5.690	0.96		
14	8.213	1.79	1.59991	38.0
15	-10.048	1.84		
絞り	∞	2.62		
16	21.168	0.66	1.84994	22.6
17	5.510	2.78	1.57613	62.1
18	-11.980	0.10		
19	6.968	1.61	1.73001	55.0
20	-82.089	2.72		
21	∞	3.50	1.51680	64.2
22	∞			

【0053】

また表 5 に、この実施例 3 における上記各条件式 (1) ~ (4) に対応する数値を示す。

【 0 0 5 4 】

また、図 6 は実施例 3 の魚眼レンズの諸収差 (球面収差、非点収差、ディストーション、倍率色収差および横収差) を示す収差図である。図 6 および表 5 から明らかなように、実施例 3 の魚眼レンズは条件式 (1) ~ (4) を全て満足し、画角 1 8 5 度、F 値 1 . 2 3 とされ、小型で、光学性能に優れたものとされている。

【 0 0 5 5 】

なお、実施例 3 のものによれば、非点収差図の各曲線 S、T が略揃っており、主光線近傍の光束における像面の倒れが良好に補正されていることが明らかである。また、横収差図の各曲線 S、T のフィッティング直線の傾きが、中心から周辺まで互いに略等しくなっており、明るく周辺光量比が大きい本実施例レンズにおいて、光束全体としても像面の倒れが中心から周辺まで良好に補正されていることが明らかである。

10

【 0 0 5 6 】

< 参考例 >

図 3 に示すように、参考例に係る魚眼レンズは、5 枚のレンズ $L_1 \sim L_5$ からなる第 1 レンズ群 G_1 、3 枚のレンズ $L_6 \sim L_8$ からなる第 2 レンズ群前群 G_{21} 、絞り 1、および 3 枚のレンズ $L_9 \sim L_{11}$ からなる第 2 レンズ群後群 G_{22} とを配列されてなる。

具体的には、参考例における各レンズ面の曲率半径 R、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔 D、各レンズの d 線における屈折率 N およびアッペ数を表 4 に示す。

20

【 0 0 5 7 】

【表 4】

FNO=1.43、f=1.00、 $\omega=92.5$ 、bf=5.32、EXP=-20.98、L=34.64

No.	R	D	N_d	ν_d	
1	20.176	2.00	1.84463	43.5	
2	8.404	2.45			
3	15.555	0.78	1.81284	46.7	
4	5.758	2.68			
5	19.993	0.70	1.74038	54.0	10
6	6.566	2.29			
7	-9.106	0.82	1.67509	57.7	
8	10.437	1.13			
9	22.991	2.31	1.84587	22.8	
10	-10.767	7.43			
11	8.028	0.48	1.84811	43.1	
12	3.982	1.20			
13	6.053	2.64	1.50215	64.9	
14	-4.787	0.01			20
15	-5.216	0.62	1.84706	36.0	
16	-8.436	1.48			
絞り	∞	1.88			
17	17.104	0.47	1.84628	23.0	
18	5.910	0.08			
19	6.234	1.78	1.50253	64.9	
20	-8.279	0.01			
21	7.178	1.38	1.70518	56.2	
22	-80.010	2.51			
23	∞	1.68	1.51680	64.2	30
24	∞				

【0058】

また表 5 に、この参考例における上記各条件式(1)~(4)に対応する数値を示す。

【0059】

また、図 7 は参考例の魚眼レンズの諸収差(球面収差、非点収差、ディストーション、倍率色収差および横収差)を示す収差図である。図 7 および表 5 から明らかなように、参考例の魚眼レンズは条件式(1)~(4)を全て満足し、画角 185 度、F 値 1.43 とされ、小型で、光学性能に優れたものとされている。

【0060】

なお、本参考例によれば、非点収差図の各曲線 S、T が略揃っており、主光線近傍の光束における像面の倒れが良好に補正されていることが明らかである。また、横収差図の各曲線 S、T のフィッティング直線の傾きが、中心から周辺まで互いに略等しくなっており、明るく周辺光量比が大きい本参考例レンズにおいて、光束全体としても像面の倒れが中心から周辺まで良好に補正されていることが明らかである。

【0061】

【表 5】

	実施例1	実施例2	実施例3	参考例
条件式(1)	0.241	0.129	0.174	0.215
条件式(2)	-0.005	-0.005	0.002	-0.014
条件式(3)	-0.005	-0.005	0.002	-0.014
条件式(4)	0.926	0.908	-1.035	-0.885

【図面の簡単な説明】

【0062】

10

【図1】本発明の実施例1に係る魚眼レンズのレンズ構成図

【図2】本発明の実施例3に係る魚眼レンズのレンズ構成図

【図3】本発明の参考例に係る魚眼レンズのレンズ構成図

【図4】実施例1に係る魚眼レンズの各収差図

【図5】実施例2に係る魚眼レンズの各収差図

【図6】実施例3に係る魚眼レンズの各収差図

【図7】参考例に係る魚眼レンズの各収差図

【図8】本発明の実施例2に係る魚眼レンズのレンズ構成図

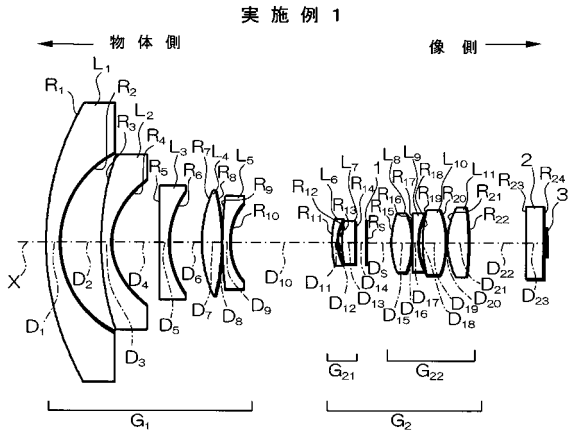
【符号の説明】

【0063】

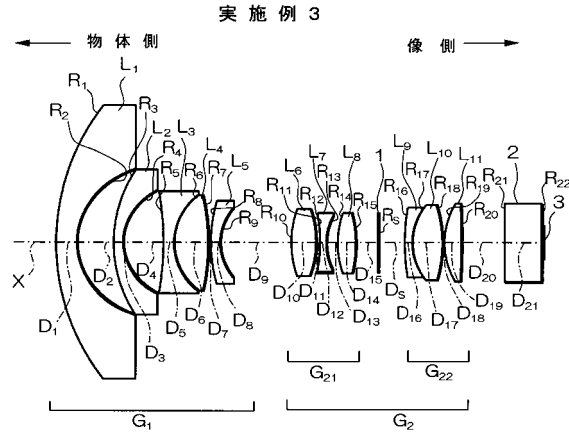
20

G_1 、 G_2 、 G_{21} 、 G_{22} レンズ群
 $L_1 \sim L_{11}$ レンズ
 $R_1 \sim R_{24}$ レンズ面等の曲率半径
 $D_1 \sim D_{23}$ レンズ面間隔（レンズ厚）
 X 光軸
1 絞り
2 ガラスブロック
3 撮像面

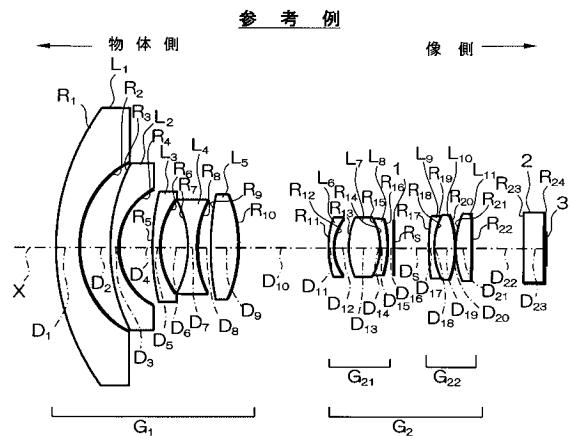
【図1】



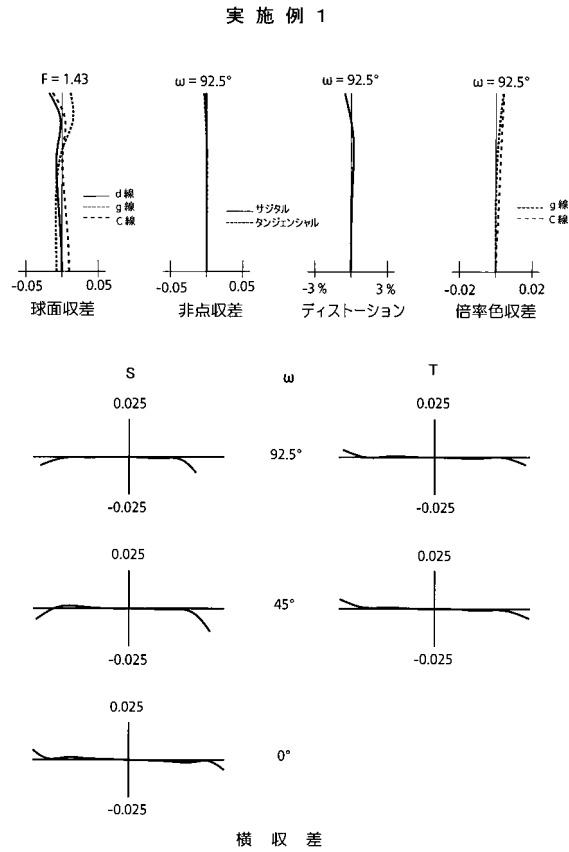
【図2】



【図3】

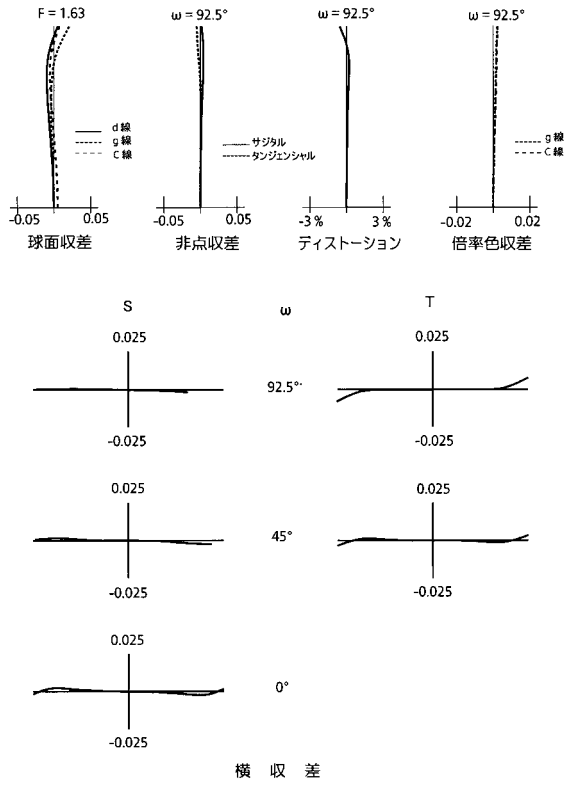


【図4】



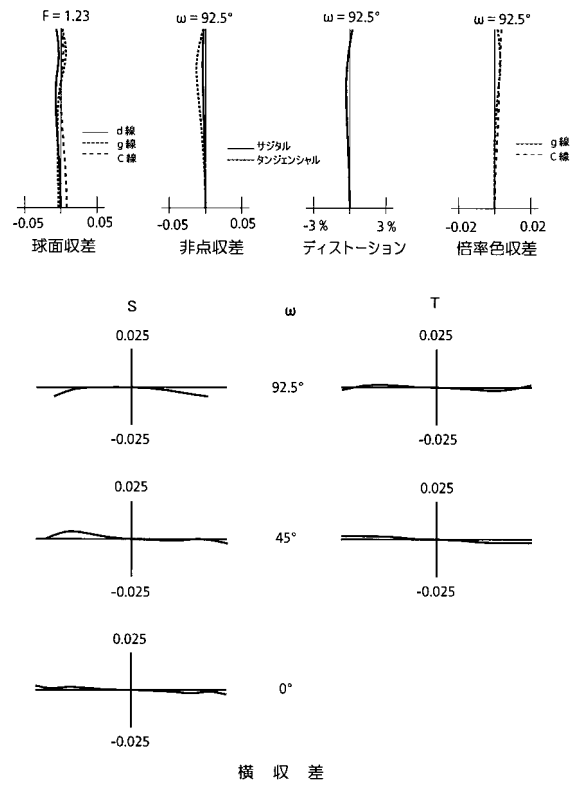
【図5】

実施例2



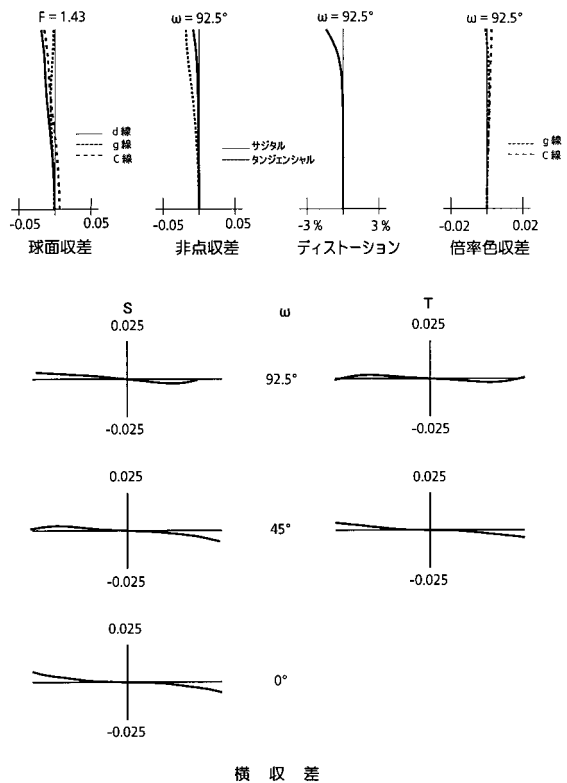
【図6】

実施例3



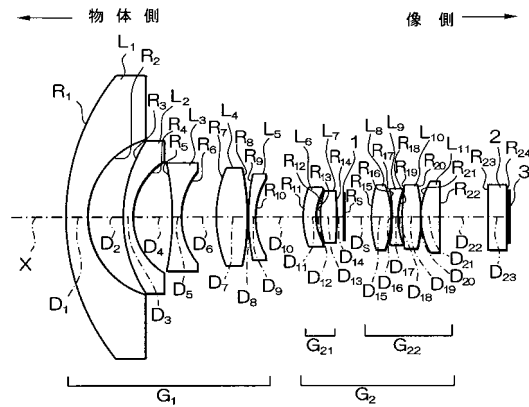
【図7】

参考例



【図8】

実施例2



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

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