

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6459521号  
(P6459521)

(45) 発行日 平成31年1月30日(2019.1.30)

(24) 登録日 平成31年1月11日(2019.1.11)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>G02B</b>	<b>13/04</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B 13/04 D
<b>G03B</b>	<b>35/08</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B 35/08
<b>G03B</b>	<b>19/07</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B 19/07
<b>G03B</b>	<b>37/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B 37/00 A

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-1542 (P2015-1542)
(22) 出願日	平成27年1月7日(2015.1.7)
(65) 公開番号	特開2016-126230 (P2016-126230A)
(43) 公開日	平成28年7月11日(2016.7.11)
審査請求日	平成29年12月15日(2017.12.15)

(73) 特許権者	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(74) 代理人	100082670 弁理士 西脇 民雄
(72) 発明者	中沼 寛 神奈川県横浜市港北区新横浜三丁目2番地 3 リコーインダストリアルソリューションズ株式会社内

審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像光学系、カメラ装置及びステレオカメラ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、  
 正のパワーを有する第2レンズ群とから構成される単焦点の撮像光学系であって、  
 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に開口絞りを配し、  
 前記第1レンズ群は、物体側から順に、  
 負及び正の2枚のレンズからなり全体として負のパワーを有する第1フロントレンズ群  
 と、単レンズからなり正のパワーを有する第1リアレンズ群とからなり、  
 前記第1フロントレンズ群は、物体側から順に、  
 像側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、  
 物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズとからなり、  
 前記第1リアレンズ群は、両凸レンズからなり、  
 前記第2レンズ群は、物体側から順に、  
 負のパワーを有する第2フロントレンズ群と、  
 像側に凸面を向けた正レンズ及び物体側に凸面を向けた正レンズからなる第2リアレン  
 ズ群とからなり、

前記第1レンズ群の合成焦点距離を  $f_1$  とし、前記第2レンズ群の合成焦点距離を  $f_2$  としたとき、以下の条件式

$$(1) \quad 3.2 < f_2 / f_1 < 9.0$$

を満足することを特徴とする撮像光学系。

## 【請求項 2】

全レンズがガラス製の球面レンズであることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像光学系。

## 【請求項 3】

全系の d 線に対する焦点距離を f とし、前記第 1 フロントレンズ群の焦点距離を  $f_{1F}$  とし、前記第 1 リアレンズ群の焦点距離を  $f_{1R}$  としたとき、以下の条件式

$$(2) -5.7 < f_{1F}/f < -2.8$$

$$(3) 0.7 < f_{1R}/f < 1.4$$

を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像光学系。

## 【請求項 4】

前記第 2 フロントレンズ群は、両凹レンズからな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撮像光学系。

10

## 【請求項 5】

前記第 1 フロントレンズ群と前記第 1 リアレンズ群との空気間隔が、前記第 1 レンズ群内で最大であ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撮像光学系。

## 【請求項 6】

全系の d 線に対する焦点距離を f とし、前記第 1 レンズ群の物体側のレンズ端面から像面までの距離を L としたとき、以下の条件式

$$(4) 3.0 < L/f < 5.9$$

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撮像光学系。

20

## 【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の撮像光学系を含むことを特徴とするカメラ装置。

## 【請求項 8】

撮影画像をデジタル画像情報とする機能を有することを特徴とする請求項 7 に記載のカメラ装置。

## 【請求項 9】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の撮像光学系を含むことを特徴とするステレオカメラ装置。

## 【請求項 10】

撮影画像をデジタル画像情報とする機能を有することを特徴とする請求項 9 に記載のステレオカメラ装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、撮像光学系、カメラ装置及びステレオカメラ装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

撮像光学系とエリアセンサを用いたカメラ装置において、監視カメラ、製造ラインの工程監視用カメラ、車載カメラなどが、実用化され需要が増加しつつある。これらの撮像カメラは、対象となる物体の識別を行うセンシング用途に用いられ、例えば、車載カメラでは、走行車両の位置や路面状態の認識をするための性能が求められる。

40

## 【0003】

そのため、センシング用途の撮像光学系には、比較的小さい物の識別や、比較的遠方での状況を的確に観察できるよう、高解像度であることが必要とされる。

## 【0004】

このようなセンシング用途のカメラ装置に用いられる撮像光学系として、レトロフォーカスタイプの撮像光学系が知られている（例えば、特許文献 1 ~ 3 参照）。特許文献 1 ~ 3 に記載の発明では、物体側の前群に負のパワーのレンズ群、像側の後群に正のパワーのレンズ群を配置して非対称とすることで、撮像素子との間に光学的ローパスフィルタおよび赤外カットフィルタ等のようなフィルタ類を配置するスペースを確保し、センシング用

50

途に適した光学性能の実現を図っている。

【 0 0 0 5 】

また、センシング用途の撮像光学系は、センシング対象となる物体の大きさや、形状などの情報をより正確に取得することが求められるため、画角がある程度広いレンズであっても、光学的に歪曲収差が良好に補正されていることが必要となる。そのため、低ディストーションを実現できる撮像光学系の開発が望まれている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであって、比較的広角でありながら、低ディストーションを実現できる撮像光学系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】

【 0 0 0 7 】

上記の目的を達成するため、本願に係る撮像光学系は、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、正のパワーを有する第2レンズ群とから構成される単焦点の撮像光学系であって、第1レンズ群と第2レンズ群との間に開口絞りを配し、第1レンズ群は、物体側から順に、負及び正の2枚のレンズからなり全体として負のパワーを有する第1フロントレンズ群と、単レンズからなり正のパワーを有する第1リアレンズ群とからなり、第1フロントレンズ群は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第1リアレンズ群は、両凸レンズからなり、第2レンズ群は、物体側から順に、負のパワーを有する第2フロントレンズ群と、像側に凸面を向けた正レンズ及び物体側に凸面を向けた正レンズからなる第2リアレンズ群とからなり、第1レンズ群の合成焦点距離を  $f_1$  とし、第2レンズ群の合成焦点距離を  $f_2$  としたとき、以下の条件式

$$(1) \quad 3.2 < f_2 / f_1 < 9.0$$

を満足することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、比較的広角でありながら、低ディストーションを実現できる撮像光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図1】本発明の実施例1に係る撮像光学系のレンズ構成を示す光学配置図である。

【図2】本発明の実施例2に係る撮像光学系のレンズ構成を示す光学配置図である。

【図3】本発明の実施例3に係る撮像光学系のレンズ構成を示す光学配置図である。

【図4】本発明の実施例4に係る撮像光学系のレンズ構成を示す光学配置図である。

【図5】本発明の実施例1に係る撮像光学系の収差曲線図である。

【図6】本発明の実施例2に係る撮像光学系の収差曲線図である。

【図7】本発明の実施例3に係る撮像光学系の収差曲線図である。

【図8】本発明の実施例4に係る撮像光学系の収差曲線図である。

【図9】本発明の実施例5に係るカメラ装置の外観構成を模式的に示す斜視図であって、(a)は正面側の斜視図を示し、(b)は裏面側の斜視図を示す。

【図10】図9のカメラ装置のシステム構造例を示すブロック図である。

【図11】本発明の実施例6に係るステレオカメラ装置を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下に、本発明に係る撮像光学系の実施形態を、図面を参照しながら説明する。本発明の実施形態に係る撮像光学系は、監視カメラ、製造ラインの工程監視用カメラ、車載カメラなどのセンシング用途のカメラ装置やステレオカメラ装置に用いられる撮像光学系として使用可能な撮像光学系であって、以下の特徴を有する。なお、本発明の撮像光学系の用

10

20

30

40

50

途が、センシング用途に限定されることはなく、静止画や動画撮影用のデジタルカメラ、銀塩フィルムを用いるフィルムカメラ等の撮像光学系として使用することもできる。

【0011】

本発明の実施形態に係る撮像光学系は、図1～図4に示すように、物体側から順に、正のパワー（屈折力）を有する第1レンズ群G1と、正のパワーを有する第2レンズ群G2とから構成される単焦点の撮像光学系であり、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に開口絞りSを備えている。つまり、本発明の実施形態に係る撮像光学系は、開口絞りSの物体側に配置される正のパワーを有する第1レンズ群G1と、開口絞りSの像側に配置される正のパワーを有する第2レンズ群G1とから構成される。

【0012】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、正及び負の2枚のレンズからなり全体として負のパワーを有する第1フロントレンズ群（以下、「第1Fレンズ群」という）FG1と、単レンズからなり正のパワーを有する第1リアレンズ群（以下、「第1Rレンズ群」という）RG1とから構成される。

【0013】

第1レンズ群G1の第1Fレンズ群FG1は、像側に凹面を向けた負レンズL11と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL12とから構成され、第1Rレンズ群RG1は、両凸レンズL13から構成される。

【0014】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、負のパワーを有する第2フロントレンズ群（以下、「第2Fレンズ群」という）FG2と、正のパワーを有する第2リアレンズ群（以下「第2Rレンズ群」という）RG2とから構成される。

【0015】

本発明の実施形態に係る撮像光学系は、レトロフォーカスタイプに類するものである。一般に、レトロフォーカス型の撮像光学系は、画角を広げて広画角化し、大口径化すると、諸収差の補正が困難となる。物体側の前群に負のパワーのレンズ群、像側の後群に正のパワーのレンズ群を配置したものであり、全体として非対称なパワー構成となる。そのため、歪曲収差や倍率色収差等が発生しやすい。また、物体側の前群の負の屈折力を強くして、長いバックフォーカスを得ているため、諸収差の発生量が多くなり、バランス良く補正するのが難しい。

【0016】

本発明の実施形態に係る撮像光学系は、上述のような構成とすることで、物体側に位置する負のパワーを有する第1Fレンズ群FG1と、第1Fレンズ群FG1の縮小側に位置する正のパワーを有する第1Rレンズ群RG1と、像側に位置する正のパワーを有する第2レンズ群G2とから構成されるレトロフォーカスタイプレンズにおいて、比較的広画角でありながら十分に小型で、低ディストーションを満たすことが可能となる。

【0017】

正のパワーの第1レンズ群G1は、該第1レンズ群G1での歪曲収差の発生を抑えるために、少なくとも1枚の正レンズ（例えば、図1～図4の正メニスカスレンズL12）を含む複数のレンズから構成されている。第1Fレンズ群FG1は全体としては負のパワーを与えるので、少なくとも1枚の負レンズ（例えば、図1～図4の負レンズL11）が含まれており、このため、非点収差、歪曲収差、色収差の補正が可能である。

【0018】

第1Fレンズ群FG1は、全体としては負の屈折力を与える。このように、開口絞りSよりも物体側に位置する第1Fレンズ群FG1を全体として負として構成することで、比較的小さいサイズで、広い画角を実現している。

【0019】

歪曲収差は、第1Fレンズ群FG1と第1Rレンズ群RG1とにより、良好に補正される。第1レンズ群G1での歪曲収差のバランスをとるために、第1Fレンズ群FG1として負レンズL11と1枚の正メニスカスレンズL12とを配置した構成としている。正メ

10

20

30

40

50

ニスカスレンズL12は、物体側に凹面を向けたメニスカス形状とすることで、ペッツバル和を低減し、像面湾曲を小さく抑えることを可能としている。

【0020】

第1Rレンズ群RG1は、正の屈折力とすることで、大口径化による生じる「球面収差」を補正する機能を有している。第1Rレンズ群RG1として比較的厚い正レンズ（例えば、図1～図4の両凸レンズL13）を開口絞りS近傍に配置することにより、歪曲収差を補正している。

【0021】

第2レンズ群G2は、全体としては正の屈折力を与える。第2Fレンズ群FG2は、球面収差とともに色収差を補正する機能を有する。軸外収差に与える影響を小さく保ったまま全系で発生する球面収差を補正するために、負の球面収差を発生させる少なくとも1枚の負レンズ（例えば、図1～図4の両凹レンズL21）を含ませている。

10

【0022】

第2Rレンズ群RG2は、正の屈折力を持たせることで、第2Rレンズ群RG2より物体側のレンズ群で発生する諸収差を良好に補正する。また、正の屈折力により射出瞳距離を確保している。さらには、第2Rレンズ群RG2は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22を有することが望ましく、球面収差を抑制する効果を得ることができる。さらに第1レンズ群G1内の負レンズL11との収差のやり取りバランスをとり、光軸から離れた軸外収差を抑制する効果がある。

【0023】

この第2レンズ群G2の上述のような効果をより確実にするため、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹レンズL21からなる第2Fレンズ群FG2と、像側に凸面を向けた正レンズL22及び物体側に凸面を向けた正レンズL23からなる第2Rレンズ群RG2とから構成することが望ましい。

20

【0024】

本発明の実施形態に係る撮像光学系の構成によれば、上述の通り、収差補正を行うことで良好な像性能を確保することが可能となり、比較的広角でありながら、低ディストーションを実現できる撮像光学系を提供することができる。

【0025】

また、本発明の実施形態に係る撮像光学系は、第1レンズ群G1の合成焦点距離をf1とし、第2レンズ群G2の合成焦点距離をf2としたとき、以下の条件式(1)を満足する構成としている。

30

【0026】

$$(1) \quad 3.2 < f2 / f1 < 9.0$$

【0027】

条件式(1)は、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2とのパワーバランスの適正範囲を規定している。条件式(1)の上限値を超えて第1レンズ群G1の正のパワーが強くなると、像面湾曲、非点収差が悪化し、補正が困難になる。条件式(1)の下限値を下回って第2レンズ群G2の正のパワーが強くなると、球面収差が悪化し、バックフォーカスが不足することがある。

40

【0028】

本発明の実施形態に係る撮像光学系は、上述のような構成とすることで、収差補正を行うことで良好な像性能を確保し、十分に小型でありながら、半画角30度程度の広画角とすることが可能であり、2%程度の低ディストーションを保ち、良好な像性能を確保し得る撮像光学系を実現することが可能となる。したがって、本発明の実施形態に係る撮像光学系は、監視カメラ、製造ラインの工程監視用カメラ、車載カメラなどのセンシング用途のカメラ装置及びステレオカメラ装置に好適に用いることができる。

【0029】

以下、本発明の撮像光学系のより好ましい形態について説明する。

【0030】

50

本発明の実施形態に係る撮像光学系は、光学系を構成する全レンズがガラス製の球面レンズであることが望ましい。撮像光学系を車載用途とする場合、環境変動に対して信頼性の高い撮像光学系が求められる。車載等により高温となる使用環境で、プラスチックレンズを使用すると、プラスチック材料の線膨張係数が大きいため、レンズ面が変形して、所望の光学性能を満たさない場合がある。また、プラスチックレンズ面のコートクラック等の劣化が生じ易くなることがある。

【0031】

そこで、光学系を構成する全レンズをガラス製の球面レンズとすることで、高温状態でもレンズ変形や膨張が小さく、使用環境変動に対して優れた信頼性を実現できる。したがって、比較的広角でありながら、低ディストーションを実現し、耐環境性に優れた良好な性能を実現できる撮像光学系を実現することができる。

10

【0032】

また、本発明の実施形態に係る撮像光学系は、全系のd線に対する焦点距離をfとし、第1Fレンズ群FG1の焦点距離をf<sub>1F</sub>とし、第1Rレンズ群RG1の焦点距離をf<sub>1R</sub>としたとき、以下の条件式(2)及び(3)を満足することが望ましい。

【0033】

$$(2) \quad -5.7 < f_{1F} / f < -2.8$$

$$(3) \quad 0.7 < f_{1R} / f < 1.4$$

【0034】

条件式(2)は、撮像光学系全系の焦点距離fに対する、第1Fレンズ群FG1の負のパワーの適正範囲を規定している。条件式(2)が上限を超えると、第1Fレンズ群FG1の正のパワーが相対的に弱くなり、撮像光学系全体での非点収差と歪曲収差が増大し易くなる。第1Fレンズ群FG1の正レンズ径が大きくなり易くなることがあり、撮像光学系のレンズ全長の短縮化も難しくなることがある。また、第1Fレンズ群FG1の負のパワーが強くなると、バックフォーカスは十分に確保できるが、球面収差、像面湾曲及び歪曲収差を十分に補正できなくなることがある。

20

【0035】

条件式(2)が下限を下回ると、第1Fレンズ群FG1の正のパワーが相対的に強くなり、撮像光学系全体で、特に非点収差と歪曲収差の補正が難しくなることがある。また、第1Fレンズ群FG1の正パワーが強くなると、十分なバックフォーカスを確保することができなくなることがある。

30

【0036】

条件式(3)は、撮像光学系全系の焦点距離fに対する、第1Rレンズ群RG1の正のパワーの適正範囲を規定している。条件式(3)が下限を下回ると、第1Rレンズ群RG1の正のパワーが相対的に強くなり、球面収差と歪曲収差が増大し易くなることがある。また、第1Fレンズ群とのバランスを取り難くなり歪曲補正が増大し易くなることがある。条件式(3)が上限を超えると、第1Rレンズ群RG1の負のパワーが相対的に弱くなり、やはり収差のバランスをとり難くなり、球面収差、歪曲収差が増大し易くなることがある。

40

【0037】

また、本発明の実施形態に係る撮像光学系は、第1Fレンズ群FG1と第1Rレンズ群RG1との空気間隔d<sub>2</sub>が、第1レンズ群G1内で最大であることが望ましい。このように第1Fレンズ群FG1と第1Rレンズ群RG1との空気間隔d<sub>2</sub>を、第1レンズ群G1内で最大とすることで、十分な画角の確保しながらも、像面湾曲の補正を容易としている。また球面収差を始めとする各種収差の補正の両立を可能としている。

【0038】

また、本発明の実施形態に係る撮像光学系は、全系のd線に対する焦点距離をfとし、第1レンズ群G1の物体側のレンズ端面から像面Iまでの距離をLとしたとき、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

【0039】

50

$$(4) 3.0 < L/f < 5.9$$

【0040】

条件式(4)は、撮像光学系全系の焦点距離  $f$  に対する光学全長(第1レンズ群  $G1$  の物体側のレンズ端面から像面  $I$  までの距離)の適正範囲を規定している。条件式(4)が上限を超えると、収差は補正しやすくなるが、色収差と横収差との補正が難しくなることがある。また、光学全長である  $L$  が長くなるため、撮像光学系全体の小型化が難しくなることがある。条件式(4)が下限を下回ると、全系の屈折力が大きくなり、球面収差と歪曲収差の補正が困難になり、所望の像性能を得られないことがある。

【0041】

また、本発明の実施形態に係るカメラ装置は、上述のような撮像光学系を含んでいる。このような撮像光学系を使用することで、十分に小型で比較的広画角でありながら、低ディストーションを実現し、高画質な画像を撮影することが可能となる。特に、監視カメラ、製造ラインの工程監視用カメラ、車載カメラなどのセンシング用途のカメラ装置として好適に用いることが可能となる。また、撮影画像をデジタル画像情報とする機能を有することが望ましく、画像解析や画像処理などのセンシング技術により適したカメラ装置を実現できる。

10

【0042】

また、本発明の実施形態に係るステレオカメラ装置は、上述のような撮像光学系を含んでいる。したがって、十分に小型で比較的広画角でありながら、低ディストーションを実現し、高画質な画像を撮影することが可能となる。特に、監視カメラ、製造ラインの工程監視用カメラ、車載カメラなどのセンシング用途のステレオカメラ装置に好適に用いることが可能となる。また、ステレオカメラ装置においても、撮影画像をデジタル画像情報とする機能を有することが望ましく、画像解析や画像処理などのセンシング技術により適したステレオカメラ装置を実現できる。

20

【0043】

以下、本発明の各実施例を、図面に基づいて説明する。図1～図4は、本発明の実施例1～実施例4に係る撮像光学系のレンズ構成を示す光学配置図である。図1～図4の例では、紙面左方を物体側とし、紙面右方を像側とし、各レンズは、物体側である紙面左方から像側である紙面右方へ向かって配している。

【0044】

図1～図4に示す実施例1～実施例4に係る撮像光学系は、いずれも物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群  $G1$  と、開口絞り  $S$  と、正のパワーを有する第2レンズ群  $G2$  とからなる。

30

【0045】

第1レンズ群  $G1$  は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負メニスカスレンズ  $L11$  及び物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ  $L12$  からなる第1Fレンズ群  $FG1$  と、両凸レンズ  $L13$  からなる第1Rレンズ群  $RG1$  とからなる。

【0046】

第2レンズ群  $G2$  は、物体側から順に、両凹レンズ  $L21$  からなる第2Fレンズ群  $FG2$  と、像側に凸面を向けた正レンズ  $L22$  及び物体側に凸面を向けた正レンズ  $L23$  からなる第2Rレンズ群  $RG2$  とからなる。なお、実施例1～実施例3の正レンズ  $L22$  は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる。

40

【0047】

実施例1～実施例4で用いる各レンズ  $L11$  ,  $L12$  ,  $L13$  ,  $L21$  ,  $L22$  ,  $L23$  は、すべてガラス球面レンズである。また、図1～図4中、 $d1$  は負メニスカスレンズ  $L11$  と正メニスカスレンズ  $L12$  との空気間隔を示し、 $d2$  は正メニスカスレンズ  $L12$  と両凸レンズ  $L13$  との空気間隔であって第1Fレンズ群  $FG1$  と第1Rレンズ群  $RG1$  との空気間隔を示す。 $d3$  は両凸レンズ  $L13$  と両凹レンズ  $L21$  との空気間隔を示し、 $d4$  は両凹レンズ  $L21$  と正レンズ  $L22$  との空気間隔を示し、 $d5$  は正レンズ  $L22$  と正レンズ  $L23$  との空気間隔を示す。実施例1～実施例4では、空気間隔  $d2$  が第1レ

50

レンズ群 G 1 内で最大となっている。

【 0 0 4 8 】

図 1 ~ 図 4 において、正レンズ L 2 3 の像面 I の側に配置された光学要素 F 1 は、C M O S ( 相補型金属酸化物半導体 ) イメージセンサまたは C C D ( 電荷結合素子 ) イメージセンサ等の受光撮像素子のカバーガラス ( シールガラス ) を、光学的にこれらと等価な 1 枚の平行平板ガラスとして示したものである。

【 0 0 4 9 】

また、実施例 2 ~ 実施例 4 では、光学ローパスフィルタ、紫外カットフィルタ等の各種フィルタを用いている。図 2 ~ 図 4 に図示された光学要素 F 2 がフィルタである。

【 0 0 5 0 】

各実施例における共通の記号の意味は、以下の通りである。

f : 全系の焦点距離

F : F ナンバ

        : 半画角 ( 度 )

r : 曲率半径

d : 面間隔

N d : 屈折率

d : アッペ数

【 0 0 5 1 】

( 実施例 1 )

以下に、図 1 に示す実施例 1 に係る撮像光学系の数値例を示す。下記表 1 に、各光学要素の光学特性を示す。表 1 において、曲率半径  $r = \infty$  は平面を表す。他の実施例の各表についても同様である。

【 0 0 5 2 】

f = 6.20

F = 2.8

        = 26.3

【 0 0 5 3 】

10

20

【表 1】

面番号	r	d	Nd	$\nu d$
1	28.53	2.45	1.7148	47.3
2	5.13	2.52		
3	-13.72	2.50	1.7552	27.6
4	-8.70	4.34		
5	5.41	2.04	1.5646	61.6
6	-10.63	0.27		
7	$\infty$	1.04		
8	-5.04	1.53	1.7187	29.2
9	7.67	0.36		
10	-51.17	1.37	1.6167	60.5
11	-5.64	0.20		
12	18.39	1.53	1.6264	59.1
13	-11.56	7.28		
14	$\infty$	0.40	1.5163	64.1
15	$\infty$	0.15		

10

20

## 【0054】

図5に、実施例1に係る撮像光学系の無限遠合焦時の球面収差、非点収差、及び歪曲収差の各収差曲線図を示す。各収差図において、dはd線( = 587.6 nm)、CはC線( = 656.3 nm)、FはF線( = 486.1 nm)における収差をそれぞれ示す。収差曲線図中の実線はサジタル収差を示し、破線はメリディオナル収差を表す。他の実施例に係る収差曲線図についても同様である。

## 【0055】

(実施例2)

以下に、図2に示す実施例2に係る撮像光学系の数値例を示す。下記表2に、各光学要素の光学特性を示す。また、図6に実施例2に係る撮像光学系の球面収差、非点収差、及び歪曲収差の各収差曲線図を示す。

## 【0056】

f = 6.0  
F = 2.6  
= 27.0

## 【0057】

30

【表 2】

面番号	r	d	Nd	$\nu d$
1	23.98	1.55	1.6204	60.3
2	4.91	2.44		
3	-12.59	2.21	1.7519	31.0
4	-8.87	4.28		
5	5.21	1.97	1.6204	60.3
6	-12.14	0.73		
7	$\infty$	0.56		
8	-5.12	1.47	1.7552	27.6
9	7.04	0.26		
10	-35.76	1.45	1.7138	47.4
11	-5.95	0.10		
12	13.86	1.55	1.6353	57.5
13	-12.17	2.37		
14	$\infty$	1.50	1.5168	64.2
15	$\infty$	3.00		
16	$\infty$	0.40	1.5168	64.2
17	$\infty$	0.15		

10

20

【0058】

(実施例3)

以下に、図3に示す実施例3に係る撮像光学系の数値例を示す。下記表3に、各光学要素の光学特性を示す。また、図7に実施例3に係る撮像光学系の球面収差、非点収差、及び歪曲収差の各収差曲線図を示す。

30

【0059】

f = 6.2

F = 2.8

= 26.3

【0060】

【表 3】

面番号	r	d	Nd	$\nu d$
1	24.78	1.60	1.5395	65.5
2	5.07	3.54		
3	-13.70	2.30	1.6944	30.5
4	-8.70	5.02		
5	4.56	2.00	1.5002	66.1
6	-9.58	0.25		
7	$\infty$	1.00		
8	-4.48	1.50	1.7552	27.6
9	7.20	0.70		
10	-91.89	1.50	1.7318	45.8
11	-5.06	0.20		
12	7.72	1.50	1.6408	56.6
13	25.00	2.22		
14	$\infty$	1.50	1.5168	64.2
15	$\infty$	3.00		
16	$\infty$	0.40	1.5168	64.2
17	$\infty$	0.15		

10

20

## 【0061】

(実施例4)

以下に、図4に示す実施例4に係る撮像光学系の数値例を示す。下記表4に、各光学要素の光学特性を示す。また、図8に実施例4に係る撮像光学系の球面収差、非点収差、及び歪曲収差の各収差曲線図を示す。

30

## 【0062】

f = 6.5  
 F = 2.6  
 = 25.2

## 【0063】

【表 4】

面番号	r	d	Nd	$\nu d$
1	23.98	1.55	1.5276	61.2
2	4.91	2.44		
3	-9.45	2.21	1.7440	44.9
4	-8.49	5.50		
5	5.60	1.97	1.6208	60.3
6	-16.96	1.57		
7	$\infty$	0.60		
8	-4.78	1.47	1.7418	28.1
9	7.93	0.30		
10	100.00	1.48	1.6813	50.9
11	-6.66	0.10		
12	13.86	1.55	1.6204	60.3
13	-12.17	2.74		
14	$\infty$	1.50	1.5168	64.2
15	$\infty$	3.00		
16	$\infty$	0.40	1.5168	64.2
17	$\infty$	0.15		

10

20

## 【0064】

上記実施例 1 ~ 実施例 4 の撮像光学系における条件式 ( 1 ) ~ ( 4 ) の数値及び各パラメータの数値を、下記表 5 に示す。

## 【0065】

【表 5】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
f	6.20	6.00	6.20	6.50
f1	4.72	4.51	4.63	5.21
f2	38.82	38.71	31.09	29.99
f1F	-20.73	-20.47	-26.32	-18.79
f1R	6.64	6.12	6.48	6.99
L	28.01	26.02	28.80	28.53
(1)f2/f1	8.23	8.59	8.16	5.76
(2)f1F/f	-3.34	-3.41	-5.48	-2.89
(3)f1R/f	1.07	1.02	1.04	1.08
(4)L/f	4.52	4.34	4.57	4.39

30

40

## 【0066】

上記表 5 によれば、本発明の実施例 1 ~ 実施例 4 に係る撮像光学系の数値は、いずれも条件式 ( 1 ) ~ ( 4 ) の範囲内である。これらの数値及び図 5 ~ 図 8 の収差曲線図より明らかのように、実本発明の実施例 1 ~ 実施例 4 に係る撮像光学系では、収差が十分に補正されており、十分に小型でありながら、半画角 30 度程度の広画角とすることが可能であ

50

り、2%程度の低ディストーションを保ち、良好な像性能を確保することができる。

【0067】

特に、センシング対象となる物体の距離認識をおこなうために、2つ以上のカメラを並べたステレオカメラ装置に実施例1~4の撮像光学系を用いることで、歪曲収差量を低減し、カメラ基盤内の回路容量や計算能力への影響を抑えることが可能となる。また、小型で目立たないセンシング用途のカメラ装置等を実現できる。さらには、車載用や監視用に用いられる撮像光学系は、屋外で使用される機会が多いため、すべてのレンズをガラス製とすることで、温度や使用環境中の変動に対する耐久性を高めることができる。

【0068】

(実施例5)

次に、実施例5として、上述した本発明に係る実施例1~実施例4等の撮像光学系を撮影用光学系または動画撮影用光学系として採用して構成したカメラ装置の一実施形態について、図9及び図10を参照して説明する。実施例5では、図9及び図10を用いてカメラ装置の一例であるデジタルカメラについて説明する。

【0069】

なお、本発明のカメラ装置がデジタルカメラに限定されることはなく、動画撮影を主としたビデオカメラ、及び在来のいわゆる銀塩フィルムを用いるフィルムカメラ等を含む主として撮像専用のカメラ装置にも、実施例1ないし実施例4のような撮像光学系を用いることができる。

【0070】

また、このようなカメラ装置だけでなく、携帯電話機や、PDA(personal data assistant)などと称される携帯情報端末装置、さらにはこれらの機能を含む、いわゆるスマートフォンやタブレット端末などの携帯端末装置を含む種々の情報装置に、デジタルカメラ等に相当する撮像機能が組み込まれることが多い。このような情報装置も、外観は若干異なるもののデジタルカメラ等と実質的に全く同様の機能及び構成を含んでおり、このような情報装置に、上述した実施例1ないし実施例4の撮像光学系を用いることができる。

【0071】

図9(a)、図9(b)に示すように、本実施例のデジタルカメラ100は、筐体(カメラボディ)5に、撮像レンズ(撮像光学系)1、光学ファインダ2、ストロボ(電子フラッシュライト)3、シャッターボタン4、電源スイッチ6、液晶モニター7、操作ボタン8及びメモリカードスロット9等を装備している。さらに、図10に示すように、デジタルカメラ100は、筐体5内に、中央演算装置(CPU)11、画像処理装置12、受光素子13、信号処理装置14、半導体メモリ15及び通信カード16等を具備している。

【0072】

デジタルカメラ100は、撮像光学系としての撮像レンズ1と、CMOS(相補型金属酸化物半導体)撮像素子又はCCD(電荷結合素子)撮像素子等を用いてイメージセンサとして構成された受光素子13とを有しており、撮像レンズ1によって結像される被写体光学像を受光素子13によって読み取る。この撮像レンズ1として、上述した実施例1~実施例4の撮像光学系を用いることができる。

【0073】

受光素子13の出力は、中央演算装置11によって制御される信号処理装置14によって処理され、デジタル画像情報に変換される。信号処理装置14によってデジタル化された画像情報は、やはり中央演算装置11によって制御される画像処理装置12において所定の画像処理が施された後、不揮発性メモリ等の半導体メモリ15に記録される。この場合、半導体メモリ15は、メモリカードスロット9に装填されたメモリカードや、デジタルカメラ本体にオンボードで内蔵された半導体メモリを用いることもできる。

【0074】

液晶モニター7には、撮影中の画像を表示することもできるし、半導体メモリ15に記録されている画像を表示することもできる。また、半導体メモリ15に記録した画像は、通

10

20

30

40

50

信カードスロット（明確には図示していないが、メモリカードスロット9と兼用することもできる）に装填した通信カード16等を介して外部へ送信することも可能である。

【0075】

撮像レンズ1は、カメラの携帯時には、その対物面がレンズバリア（明確には図示していない）により覆われており、ユーザが電源スイッチ6を操作して電源を投入すると、レンズバリアが開き、対物面が露出する構成とする。

【0076】

半導体メモリ15に記録した画像を液晶モニター7に表示させたり、通信カード16等を介して外部へ送信させたりする際には、操作ボタン8を所定のごとく操作する。半導体メモリ15及び通信カード16等は、メモリカードスロット9及び通信カードスロット等の

10

【0077】

以上、実施例5のデジタルカメラ（カメラ装置）は、本発明の実施例1～実施例4のような撮像光学系を用いて構成した撮像レンズ1を使用することで、十分に小型でありながら、半画角30度程度の広画角とすることが可能であり、2%程度の低ディストーションを保ち、良好な像性能を確保することができる。また、耐環境性に優れた良好な性能を実現できる。また、撮影画像がデジタル画像情報に変換して出力されることで、画像解析や画像処理などのセンシング技術により適したものとなる。

【0078】

（実施例6）

20

次に、実施例6として、上述した本発明に係る実施例1～実施例4等の撮像光学系を撮影用光学系または動画撮影用光学系として採用して構成したステレオカメラ装置の一実施形態について、図11及び図12を参照して説明する。実施例6では、図11を用いてステレオカメラ装置の一例であるステレオカメラについて説明する。

【0079】

図11に示すように、実施例6のステレオカメラ200は、2つのカメラ装置100a、100bを有している。このカメラ装置100a、100bは、実施例1～実施例4のような撮像光学系を用いた撮像レンズ1を各々用いている。このカメラ装置100a、100bとしては、例えば、図10に示す実施例5のカメラ装置100と同様の構成のものを用いることができるが、これに限定されることはない。このカメラ装置100a、100bから出力されるデジタル画像情報を、ステレオカメラ200に設けた画像処理部等で適宜補正や画像処理を施して出力することで、製造ラインや車両の制御等のセンシング技術に用いることができる。

30

【0080】

以上、実施例6の車載カメラ（ステレオカメラ装置）は、本発明の実施例1～実施例4のような撮像光学系を用いて構成した撮像レンズ1を使用することで、十分に小型でありながら、半画角30度程度の広画角とすることが可能であり、2%程度の低ディストーションを保ち、良好な像性能を確保することができる。また、耐環境性に優れた良好な性能を実現できる。また、撮影画像がデジタル画像情報に変換して出力されることで、画像解析や画像処理などのセンシング技術により適したものとなる。

40

【0081】

以上、本発明の撮像光学系、カメラ装置及びステレオカメラ装置を各実施例に基づき説明してきたが、上記各実施例は本発明の例示にしか過ぎないものであり、本発明は上記各実施例の構成にのみ限定されるものではない。本願の要旨を逸脱しない限り、設計の変更や追加等は許容される。また、前記構成部材の数、位置、形状等は各実施例に限定されることはなく、本願を実施する上で好適な数、位置、形状等にすることができる。

【符号の説明】

【0082】

G1 第1レンズ群 G2 第2レンズ群

F G1 第1Fレンズ群（第1フロントレンズ群）

50

F G 2 第 2 F レンズ 群 ( 第 2 フロント レンズ 群 )  
 R G 1 第 1 R レンズ 群 ( 第 1 リア レンズ 群 )  
 R G 2 第 2 R レンズ 群 ( 第 2 リア レンズ 群 )  
 L 1 1 負 メニスカ スレン ズ ( 負 レン ズ )      L 1 2 正 メニスカ スレン ズ  
 L 1 3 両 凸 レン ズ      L 2 1 両 凹 レン ズ      L 2 2 正 メニスカ スレン ズ ( 正 レン ズ )  
 )  
 L 2 3 正 レン ズ      S 開 口 絞 り      d 2 空 気 間 隔  
 I 像 面      L 光 学 全 長

【先行技術文献】

【特許文献】

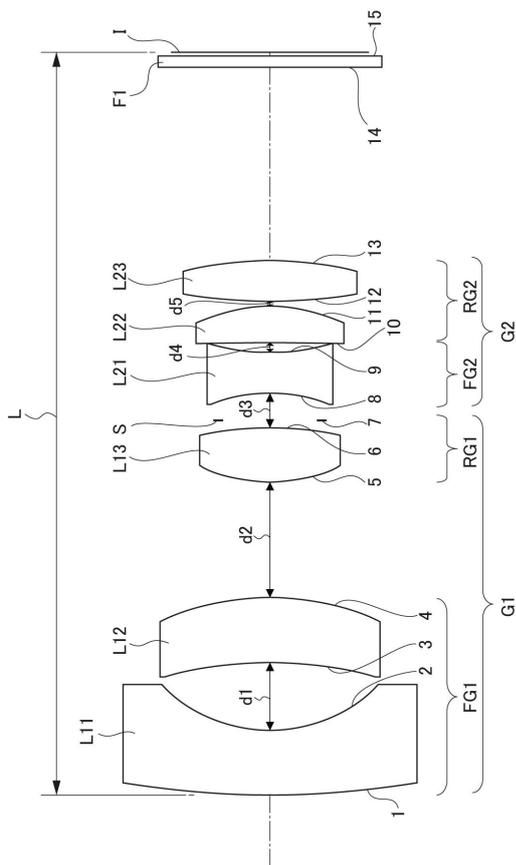
【0083】

【特許文献1】特開2006-309076号公報

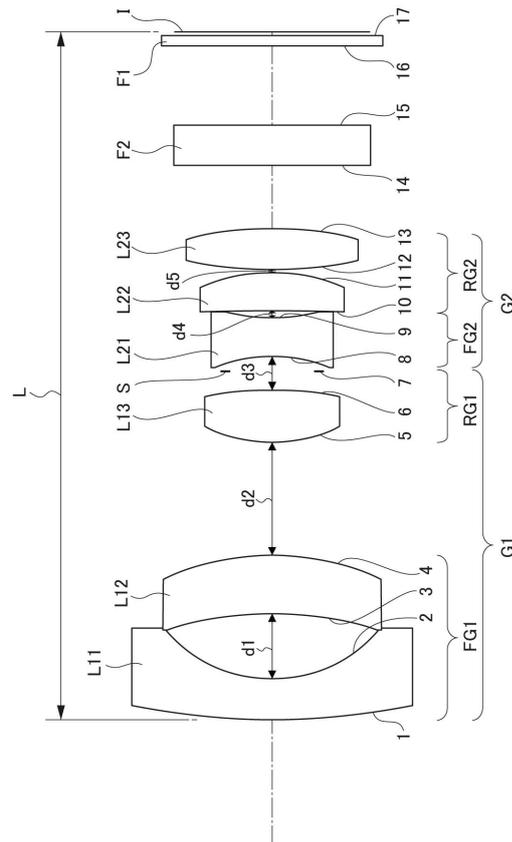
【特許文献2】特開2004-341376号公報

【特許文献3】特開2012-220741号公報

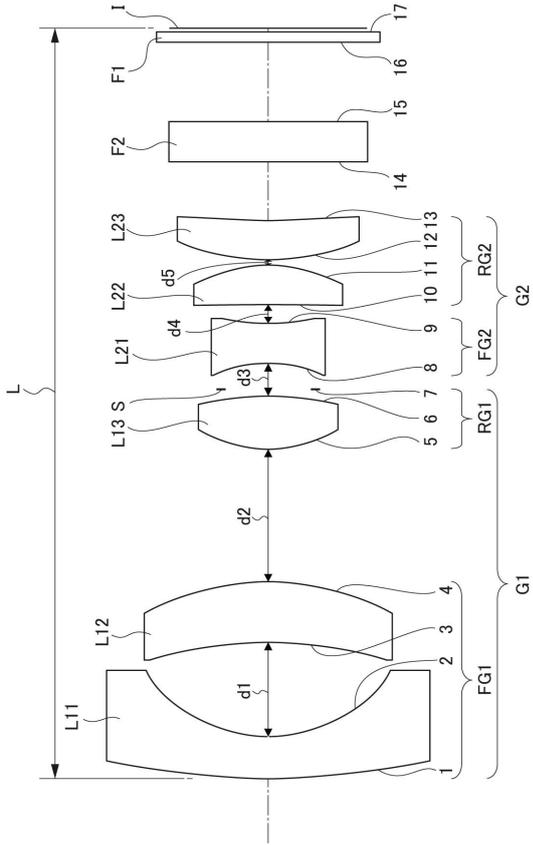
【図1】



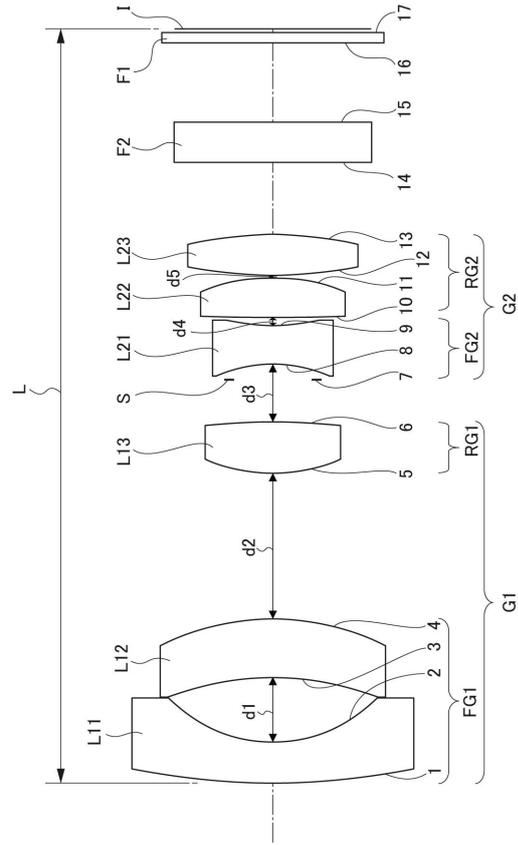
【図2】



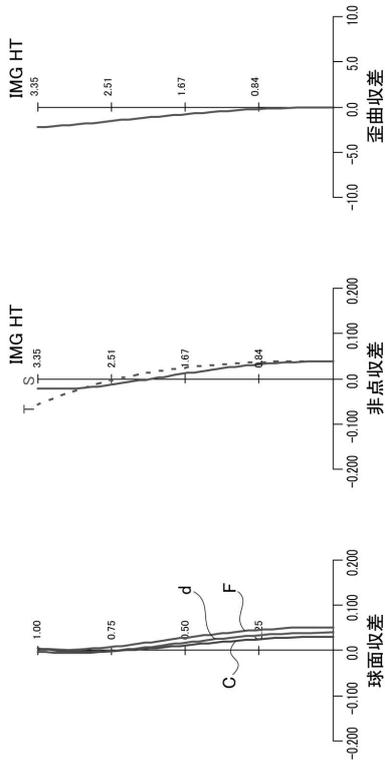
【 図 3 】



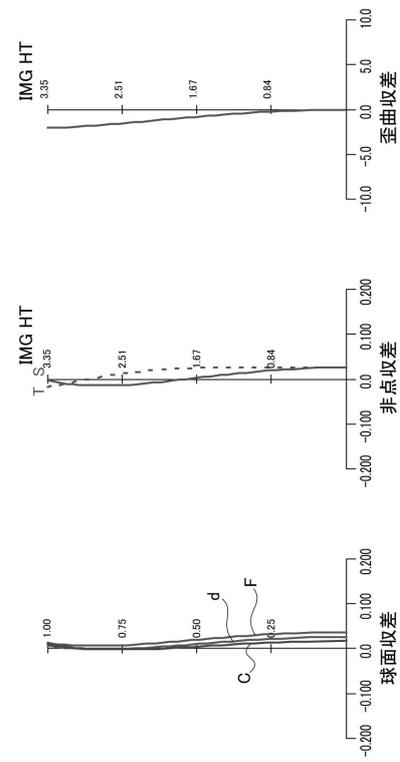
【 図 4 】



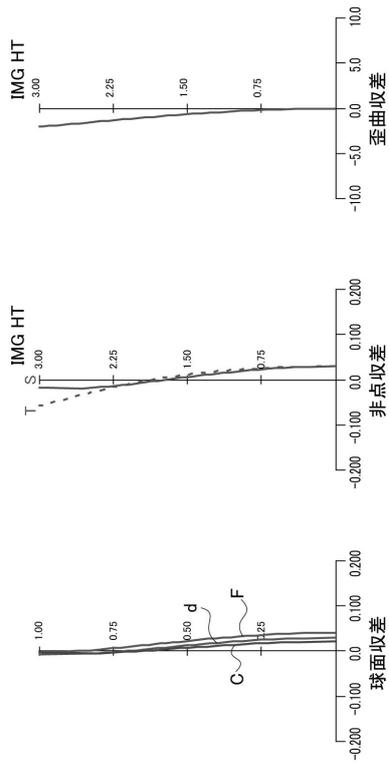
【 図 5 】



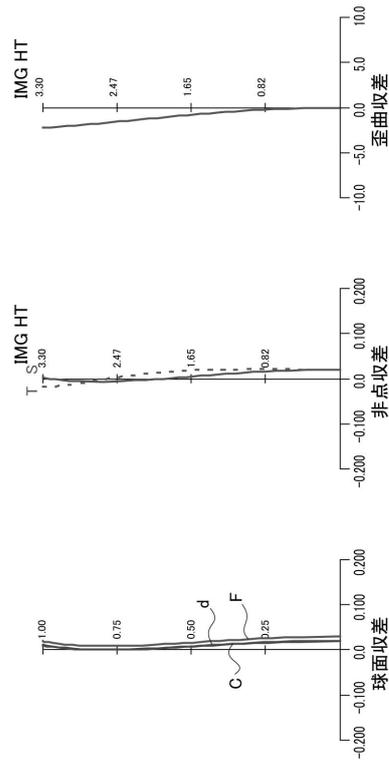
【 図 6 】



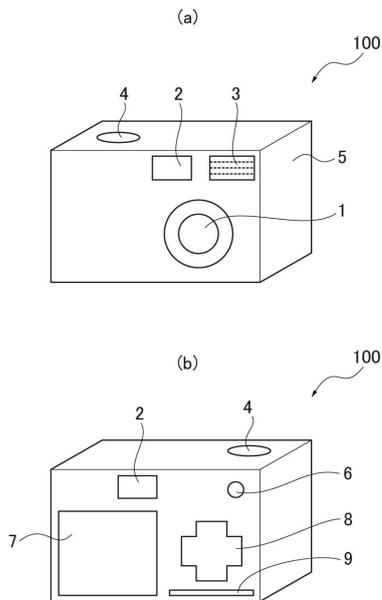
【図7】



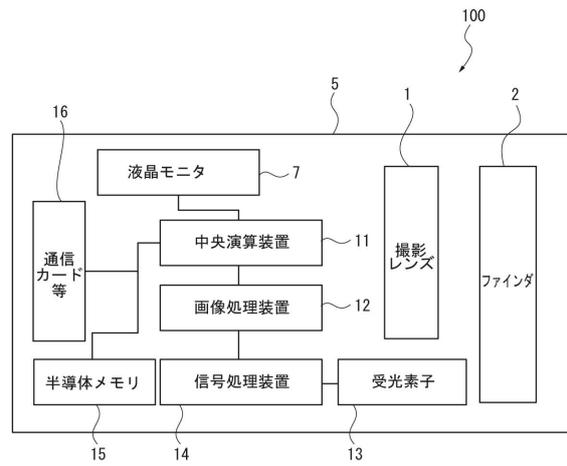
【図8】



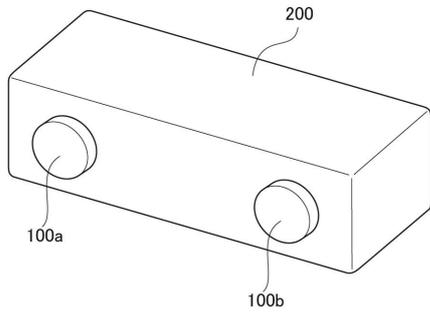
【図9】



【図10】



【 図 1 1 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-287045(JP,A)  
特開2011-059498(JP,A)  
特開平10-227974(JP,A)  
特開2012-003022(JP,A)  
特開2012-058188(JP,A)  
特開2012-113281(JP,A)  
米国特許出願公開第2014/0126070(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08  
G02B 21/02 - 21/04  
G02B 25/00 - 25/04