

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6198590号  
(P6198590)

(45) 発行日 平成29年9月20日 (2017.9.20)

(24) 登録日 平成29年9月1日 (2017.9.1)

(51) Int.Cl.

F I

H O 4 N 5/232 (2006.01)

H O 4 N 5/232 2 9 0

G O 2 B 7/28 (2006.01)

G O 2 B 7/28 N

G O 2 B 7/34 (2006.01)

G O 2 B 7/34

G O 3 B 13/36 (2006.01)

G O 3 B 13/36

H O 4 N 5/225 (2006.01)

H O 4 N 5/225 1 0 0

請求項の数 21 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-246014 (P2013-246014)  
 (22) 出願日 平成25年11月28日 (2013.11.28)  
 (65) 公開番号 特開2015-104113 (P2015-104113A)  
 (43) 公開日 平成27年6月4日 (2015.6.4)  
 審査請求日 平成28年11月10日 (2016.11.10)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100085006  
 弁理士 世良 和信  
 (74) 代理人 100100549  
 弁理士 川口 嘉之  
 (74) 代理人 100106622  
 弁理士 和久田 純一  
 (74) 代理人 100131532  
 弁理士 坂井 浩一郎  
 (74) 代理人 100125357  
 弁理士 中村 剛  
 (74) 代理人 100131392  
 弁理士 丹羽 武司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、撮像装置および画像処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結像光学系の第1の瞳領域からの光束に基づく第1の画像と、前記結像光学系の第2の瞳領域からの光束に基づく第2の画像とに基づいて距離情報を算出する距離演算手段と、

前記第1の画像および前記第2の画像に基づく元画像に対して、前記距離演算手段によって算出した距離情報を用いてボケを付加しフォーカス面を所定のリフォーカス距離だけ移動させるボケ付加手段と、

を備える画像処理装置であって、

前記ボケ付加手段は、前記リフォーカス距離が閾値以下の場合は、第1の元画像に対してボケを付加し、前記リフォーカス距離が閾値より大きい場合は、前記第1の元画像より

10

も実効的なF値が大きい画像である第2の元画像に対してボケを付加する、

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記第1の画像と前記第2の画像は実効的なF値が同一の画像であり、

前記第1の元画像は、前記第1の画像と前記第2の画像を第1の比で足し合わせた画像であり、

前記第2の元画像は、前記第1の画像と前記第2の画像を対数の絶対値が前記第1の比の対数の絶対値よりも大きい第2の比で足し合わせた画像、前記第1の画像、および前記第2の画像のいずれかである、

請求項1に記載の画像処理装置。

20

**【請求項 3】**

前記第 1 の元画像は、前記第 1 の画像と前記第 2 の画像を均等に足し合わせた画像である、

請求項 2 に記載の画像処理装置。

**【請求項 4】**

前記第 2 の元画像は、前記第 1 の画像または前記第 2 の画像である、

請求項 3 に記載の画像処理装置。

**【請求項 5】**

前記閾値は、前記第 1 の画像と前記第 2 の画像を均等に足し合わせた画像の深度である、

請求項 3 または 4 に記載の画像処理装置。

**【請求項 6】**

前記閾値は、前記第 1 の元画像と前記第 2 の元画像の解像力が等しくなるリフォーカス距離である、

請求項 3 または 4 に記載の画像処理装置。

**【請求項 7】**

前記ボケ付加手段は、前記距離演算手段によって求められた距離に応じて前記第 1 の画像および前記第 2 の画像の重心位置をシフトさせ、シフト後の第 1 の画像および第 2 の画像に基づいて前記第 2 の元画像を生成する、

請求項 3 から 6 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

**【請求項 8】**

前記ボケ付加手段は、前記第 1 の瞳領域の透過率分布を用いて前記第 1 の画像に像修正処理を施し、前記第 2 の瞳領域の透過率分布を用いて前記第 2 の画像に像修正処理を施し、像修正後の第 1 の画像および第 2 の画像に基づいて前記第 2 の元画像を生成する、

請求項 3 から 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

**【請求項 9】**

前記第 1 の画像と前記第 2 の画像は実効的な F 値が異なる画像であり、

前記第 1 の元画像は、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像のうち実効的な F 値が小さい方の画像であり、

前記第 2 の元画像は、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像のうち実効的な F 値が大きい方の画像である、

請求項 1 に記載の画像処理装置。

**【請求項 10】**

前記閾値は、前記第 1 の画像と前記第 2 の画像の解像力が等しくなるリフォーカス距離である、

請求項 9 に記載の画像処理装置。

**【請求項 11】**

前記リフォーカス距離に応じて、前記第 1 の画像の実効的な F 値と前記第 2 の画像の実効的な F 値の少なくともいずれかを制御する制御手段を更に有する、

請求項 9 または 10 に記載の画像処理装置。

**【請求項 12】**

前記第 1 の画像と前記第 2 の画像はともに画素位置に応じて実効的な F 値が異なる画像であり、

前記第 1 の元画像は、画素位置ごとに、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像のうちの实効的な F 値が小さい方の画素値からなる画像であり、

前記第 2 の元画像は、画素位置ごとに、前記第 1 の画像および前記第 2 の画像のうちの实効的な F 値が大きい方の画素値からなる画像である、

請求項 1 に記載の画像処理装置。

**【請求項 13】**

結像光学系と、

10

20

30

40

50

前記結像光学系の射出瞳を透過した光束に基づく信号を取得する撮像手段と、  
請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置と、  
を備える撮像装置。

【請求項 14】

前記撮像手段は、複数の測距画素を含む固体撮像素子を含み、

前記測距画素には、前記結像光学系の第 1 の瞳領域からの光束を受光し第 1 の像を取得する第 1 の光電変換部と、前記結像光学系の第 2 の瞳領域からの光束を受光し第 2 の像を取得する第 2 の光電変換部とを含む、

請求項 13 に記載の撮像装置。

【請求項 15】

前記測距画素は、該測距画素への入射光の入射方向に応じて分離する光束分離手段を含む、

請求項 14 に記載の撮像装置。

【請求項 16】

前記光束分離手段は、マイクロレンズである、

請求項 15 に記載の撮像装置。

【請求項 17】

前記光束分離手段は、導波路である、

請求項 15 に記載の撮像装置。

【請求項 18】

前記測距画素において、前記第 1 の光電変換部の開口率と前記第 2 の光電変換部の開口率が異なる、

請求項 14 から 17 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 19】

前記測距画素は、前記第 1 の光電変換部の開口率および前記第 2 の光電変換部の開口率の少なくともいずれかを制御する開口率制御手段を更に含む、

請求項 18 に記載の撮像装置。

【請求項 20】

画像処理装置における画像処理方法であって、

結像光学系の第 1 の瞳領域からの光束に基づく第 1 の画像と、前記結像光学系の第 2 の瞳領域からの光束に基づく第 2 の画像とに基づいて距離情報を算出する距離演算ステップと、

前記第 1 の画像および前記第 2 の画像に基づく元画像に対して、前記距離演算ステップにおいて算出した距離情報を用いてボケを付加しフォーカス面を所定のリフォーカス距離だけ移動させるボケ付加ステップと、

を含み、

前記ボケ付加ステップでは、前記リフォーカス距離が閾値以下の場合は、第 1 の元画像に対してボケを付加し、前記リフォーカス距離が閾値より大きい場合は、前記第 1 の元画像よりも実効的な F 値が大きい画像である第 2 の元画像に対してボケを付加する、

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 21】

請求項 20 に記載の方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像に対してボケ付加処理を行う画像処理装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルスチルカメラやビデオカメラにおいて、固体撮像素子の一部あるいは全部の画素に測距機能を有する距離測定用画素（以下、測距画素）を配置し、位相差方式で検出す

10

20

30

40

50

るようにした固体撮像素子が提案されている。測距画素は、複数の光電変換部を備え、カメラレンズの瞳上の異なる領域を通過した光束が、異なる光電変換部に導かれるように構成される。各測距画素に含まれる光電変換部で得た信号により、異なる瞳領域を通過した光束により生成される光像（それぞれA像、B像と呼び、両像をまとめてA B像と呼ぶ）を取得する。このA B像の相対的位置変化であるズレ量（以下、像ズレ量）を検出する。この像ズレ量を、デフォーカス量に変換することで、被写体までの距離を算出できる。これによると、従来のコントラスト方式とは異なり、距離を測定するためにレンズを動かす必要が無いため、高速高精度な測距が可能となる。また、測距画素において異なる光電変換部で検出された信号は、撮影画像を生成するための、測距画素の画素値として用いることもできる。

10

**【0003】**

特許文献1では、像ズレ量から被写体までの距離を取得するとともに、A像とB像の和から撮影画像を生成し、生成した撮影画像に被写体までの距離に応じたボケを付加する手法が開示されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

**【特許文献1】**特開2008-15754号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】**

20

**【0005】**

撮影画像に対して距離情報を用いてボケを付加する場合、特定の基準面（以下、リフォーカス面）を設定し、その基準面から距離が離れた被写体ほど、画像の解像度を低下させることでボケを付加した画像を生成する。そのため、設定できるリフォーカス面は、画像の解像度が十分高い撮影画像のピント面近傍に限られてしまう。従って、特許文献1の手法では、設定できるリフォーカス範囲が十分ではないという課題があった。

**【0006】**

本発明は、上記課題を考慮してなされたものであり、その目的は、ボケ付加処理においてリフォーカス範囲を従来よりも広く設定可能な画像処理技術を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】**

30

**【0007】**

本発明の第一の態様は、

結像光学系の第1の瞳領域からの光束に基づく第1の画像と、前記結像光学系の第2の瞳領域からの光束に基づく第2の画像とに基づいて距離情報を算出する距離演算手段と、

前記第1の画像および前記第2の画像に基づく元画像に対して、前記距離演算手段によって算出した距離情報を用いてボケを付加しフォーカス面を所定のリフォーカス距離だけ移動させるボケ付加手段と、

を備える画像処理装置であって、

前記ボケ付加手段は、前記リフォーカス距離が閾値以下の場合は、第1の元画像に対してボケを付加し、前記リフォーカス距離が閾値より大きい場合は、前記第1の元画像よりも実効的なF値が大きい画像である第2の元画像に対してボケを付加する、

40

ことを特徴とする画像処理装置である。

**【0008】**

本発明の第二の態様は、

画像処理装置における画像処理方法であって、

結像光学系の第1の瞳領域からの光束に基づく第1の画像と、前記結像光学系の第2の瞳領域からの光束に基づく第2の画像とに基づいて距離情報を算出する距離演算ステップと、

前記第1の画像および前記第2の画像に基づく元画像に対して、前記距離演算ステップにおいて算出した距離情報を用いてボケを付加しフォーカス面を所定のリフォーカス距離

50

だけ移動させるボケ付加ステップと、  
を含み、

前記ボケ付加ステップでは、前記リフォーカス距離が閾値以下の場合は、第１の元画像に対してボケを付加し、前記リフォーカス距離が閾値より大きい場合は、前記第１の元画像よりも実効的なＦ値が大きい画像である第２の元画像に対してボケを付加する、

ことを特徴とする画像処理方法である。

【発明の効果】

【０００９】

本発明によれば、ボケ付加処理において設定可能なリフォーカス範囲を従来よりも広くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】実施形態１に係る撮像装置および測距画素の構成図

【図２】実施形態１に係る演算フロー

【図３】Ｆ値ごとの、解像力とピント面からの距離の関係

【図４】リフォーカス距離に応じた と の比の関係

【図５】 と の比ごとの、解像力とピント面からの距離の関係

【図６】ピント面からの距離と、像の位置及び形状の関係

【図７】実施形態１の測距画素の変形例

【図８】実施形態２に係る演算フロー

【図９】Ａ像およびＢ像についての解像力とピント面からの距離の関係

【図１０】実施形態２の測距画素の変形例

【図１１】実施形態２の測距画素の変形例

【図１２】測距画素の感度と位置による受光光束の変化

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下、図を用いて、本発明の実施形態における撮像装置について説明する。その際、全ての図において同一の機能を有するものは同一の数字を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【００１２】

[実施形態１]

実施形態１は、距離演算機能とボケ付加機能を有する画像処理装置が組み込まれた撮像装置である。本実施形態にかかる撮像装置は、撮影された画像から距離を演算し、求められた距離に基づいてボケを付加して、フォーカス面を所定のリフォーカス距離だけ移動させる機能を有する。

【００１３】

本実施形態における撮像装置１００を図１（Ａ）に示す。図１（Ａ）において、撮像装置１００は、結像光学系１０１、固体撮像素子１０２、演算部１０３、表示部１０４から構成される。結像光学系１０１は固体撮像素子１０２上に被写体像を結像する。固体撮像素子１０２で取得された信号は、演算部１０３で処理され、表示部１０４に表示される。

【００１４】

<測距画素の構成>

固体撮像素子１０２は、図１（Ｂ）に示す測距画素１１０を複数備えている。測距画素１１０は、光束分離用のマイクロレンズ１１１と、基板１１２を有している。マイクロレンズ１１１は、検出する波長帯域で透明な材料であるＳｉＯ<sub>2</sub>などで形成されており、基板１１２は、検出する波長帯域で吸収を有するＳｉなどの材料で形成されている。また、基板１１２内には、イオン打ち込みなどによって形成された二つの光電変換部１１３、１１４が形成されている。光電変換部で発生した電荷は、図示しない配線によって演算部１０３（画像処理装置）に転送される。

【００１５】

10

20

30

40

50

マイクロレンズ 111 は光電変換部 113、114 にまたがって配置されており、異なる瞳領域を透過した入射方向の異なる光束を、それぞれ異なる光電変換部に導く。結像光学系 101 の射出瞳 122 のうち、+x 方向に偏心した瞳領域 123 から入射した光束を光電変換部 113 に導く。-x 方向に偏心した瞳領域 124 から入射した光束を光電変換部 114 に導く。瞳領域 123 の透過率分布の重心と瞳領域 124 の透過率分布の重心を結ぶ方向 (x 方向) を瞳分割方向と呼ぶ。なお、結像光学系 101 の光軸が z 方向である。

#### 【0016】

複数の測距画素 110 において、光電変換部 113 からの画素信号により A 像 (第 1 の画像)、光電変換部 114 からの画素信号により B 像 (第 2 の画像) を取得することができる。即ち、撮像装置 100 は、第 1 の瞳領域 123 からの光束を受光する第 1 の撮像手段と、第 1 の瞳領域 123 とは異なる第 2 の瞳領域 124 からの光束を受光する第 2 の撮像手段を有している。A 像および B 像は、第 1 および第 2 の瞳領域の重心間距離だけの視差がある視点の異なる 2 つの画像といえる。

10

#### 【0017】

<ボケ付加処理フロー>

図 2 は、撮像装置 100 における、リフォーカス面の移動を伴うボケ付加を行う際の演算フローを示したものである。

#### 【0018】

まず、ステップ S11 において、前述の手法によって第 1 の撮像手段と第 2 の撮像手段により、複数の測距画素 110 にて、A 像 (第 1 の画像) および B 像 (第 2 の画像) を取得する。

20

#### 【0019】

次に、ステップ S12 に示す距離演算処理によって、取得した A 像 (第 1 の画像) と B 像 (第 2 の画像) から、公知の手段によって被写体の距離分布を算出する。例えば、一对の A B 像の一部を切り出し、切り出したウィンドウ内の相関演算によって像ズレ量を求め、瞳領域 123 透過率分布の重心と瞳領域 124 の透過率分布の重心の間隔から、基線長を求める。求めた像ズレ量と基線長からデフォーカス量を求め、距離を算出することができる。ウィンドウをずらしながら相関演算を行えば、被写体の距離分布を取得することができる。

30

#### 【0020】

続いて、ステップ S13 において、リフォーカス面と、付加するボケ量を設定する。この際、S11 で取得した画像や、S12 で求めた距離分布を表示部 104 に表示し、撮影者 (ユーザ) がリフォーカス面やボケ量を手動で設定しても良い。また、S11 で取得した画像や S12 で取得した距離分布から、撮像装置 100 が自動でリフォーカス面やボケ量を設定しても良い。例えば、S11 で取得した画像に対して、公知の顔認識技術を使って主要被写体を判断し、主要被写体に合わせたリフォーカス面を設定することができる。

#### 【0021】

最後のステップ S14 に示すボケ付加処理では、設定したリフォーカス面と、撮影した A B 像のピント面との距離 (以下、リフォーカス距離) によって場合分けを行う。

40

#### 【0022】

リフォーカス距離が A 像と B 像の和からなる像 (以下、A + B 像) の深度以下の場合、特許文献 1 と同様に、A + B 像から元画像を生成し、生成した元画像に被写体までの距離に応じたボケを付加する (ステップ S14A)。A + B 像が本発明における第 1 の元画像に相当する。具体的なボケ付加の方法は、付加したいボケ像の設定 F 値と、リフォーカス面から被写体までの距離に応じて生成した点像分布関数を畳みこんで、ボケ付加画像を生成すればよい。

#### 【0023】

一方、リフォーカス距離が A + B 像の深度よりも大きい場合、A 像を 倍した像と B 像を 倍した像の和からなる像 (以下、A + B 像) を元画像として使用する (ステップ

50

S 1 4 B)。ステップ S 1 4 Bにおいて、 と の比は1以外の値に設定する。以下、  
A + B 像と呼ぶ場合、 と の比は1以外の値であるとする。

【 0 0 2 4 】

すなわち、リフォーカス距離が A + B 像の深度以下の場合、A 像と B 像を均等の割合  
で足し合わせた A + B 像を元画像（第1の元画像）として使用する。一方、ステップ S 1  
4 Bでは、リフォーカス距離が A + B 像の深度よりも大きい場合は、A 像と B 像とを1対1  
以外の比で足し合わせた A + B 像を元画像（第2の元画像）として使用する。

【 0 0 2 5 】

このような演算フローを用いることで、従来の手法を使用した場合よりも、設定可能な  
リフォーカス範囲を広くすることができる。以下で、その理由について説明を行う。

10

【 0 0 2 6 】

図3（A）は、A + B 像の解像力 1 3 1 と、 A + B 像の解像力 1 3 2 を示した図で  
ある。一般に、結像光学系の解像力は、ピント面近傍が最も高く、ピント面から離れるに  
従って、物体が十分に遠い場合、ほぼピント面からの距離の逆数に比例して解像力が低下  
する。ピント面での解像力は、収差や回折の影響によって多少ずれるものの、おおまかに  
は結像光学系の瞳透過率を考慮した実効的な F 値に反比例する。また、解像力のピント面  
からの距離の逆数に対する比例係数は、収差や回折の影響によって多少ずれるものの、お  
おまかには結像光学系の実効的な F 値の2乗に反比例する。

【 0 0 2 7 】

測距画素 1 1 0 において、A + B 像は、結像光学系 1 0 1 の射出瞳のうち、瞳領域 1 2  
3 からの光束と、瞳領域 1 2 4 からの光束の和によって生成される。一方、 A + B 像  
は、瞳領域 1 2 3 からの光束の一部と瞳領域 1 2 4 からの光束の一部の和によって生成さ  
れる。従って、 A + B 像の実効的な F 値は、A + B 像の実効的な F 値よりも大きい。

20

【 0 0 2 8 】

そのため、ピント面近傍における解像力は A + B 像のほうが A + B 像よりも高く（  
領域 1 4 0）、ピント面から離れるに従って差が小さくなる。そして、ピント面から一定  
値以上離れた場合、 A + B 像のほうが A + B 像よりも解像力が高くなる（領域 1 4 1  
）。

【 0 0 2 9 】

特許文献1に開示されている従来の手法では、リフォーカス面によらず元画像として A  
+ B 像を用いていたため、設定できるリフォーカス面は図3（B）に示す領域 1 4 2 に限  
られていた。ここで、領域 1 4 2 の上限と下限は、A + B 像の深度から決定される。A +  
B 像の深度は、図3（B）において、許容錯乱円の大きさを決める解像力の許容値と、A  
+ B 像の解像力の交点から求められる。許容錯乱円の大きさは、画像の1画素分の大き  
さや、画像を印刷した時の印刷倍率と眼の分解能（1分）を元に決定される。また、A + B  
像の解像力は、結像光学系の設計値を用いたシミュレーションで求めることができる。

30

【 0 0 3 0 】

一方、本実施形態では、リフォーカス距離が A + B 像の深度より大きい場合、 A +  
B 像を元画像として使用する。前述したように、ピント面から一定値以上離れた場合、  
A + B 像のほうが、A + B 像よりも解像力が高い。従って、 A + B 像の深度から求  
められる領域 1 4 3 は、A + B 像の深度から求められる領域 1 4 2 よりも広がる（図3  
（C））。即ち、従来の手法を用いた場合に設定できるリフォーカス距離より、本実施形  
態の手法を用いた場合に設定できるリフォーカス距離のほうが大きくなり、リフォーカス  
の自由度が向上する。

40

【 0 0 3 1 】

< 係数 , の具体例 >

なお、リフォーカス距離が A + B 像の深度より大きい場合、 と の比は1以外であれ  
ば、リフォーカスの設定可能範囲を広げることができる。例えば、図4（A）のように、  
リフォーカス面がピント面よりも近い場合と遠い場合で と の比が等しくてもよいし、  
図4（B）のように、リフォーカス面が近い場合と遠い場合で と の大小関係を変えて

50

も良い。特に、 $\alpha$  と  $\beta$  の比が 0 または無限大、即ち、A 像（第 1 の画像）または B 像（第 2 の画像）そのものを元画像として使用すれば、リフォーカスの自由度が更に向上するために好ましい。なぜならば、A 像（または B 像）は、瞳領域 1 2 3（または瞳 1 2 4）からの光束のみを受光するため、 $\alpha$  と  $\beta$  の比が 0 や無限大ではない場合より、元画像の F 値が大きくなるためである。

#### 【0032】

<リフォーカス距離が閾値以下の場合>

図 2 に示す演算フローでは、リフォーカス距離が A + B 像の深度以下の場合には元画像（第 1 の元画像）として A + B 像を使用していた。即ち、リフォーカス距離が A + B 像の深度以下の場合には、A 像と B 像とを均等に足し合わせた画像を元画像としているが、その他の比で足し合わせた画像を元画像としても良い。ただし、A 像と B 像を均等に足し合わせる方が、その他の比率で足し合わせるよりも演算量が少ないため好ましい。

#### 【0033】

<切り替え閾値>

また、図 2 に示す演算フローでは、A + B 像の深度を閾値として、リフォーカス距離とこの閾値の大小関係によって使用する元画像を切り替えている。しかし、リフォーカス距離が A + B 像の深度より大きい場合に A + B 像（第 2 の元画像）を用いるようにできれば、閾値は A + B 像の深度以外であっても良い。具体的には、閾値を A + B 像の深度よりも小さい値とすることができる。この閾値（第 1 の距離）としては、第 1 および第 2 の元画像の解像力が等しくなる距離（領域 1 4 0 と 1 4 1 の境界）にすることが好ましい。即ち、リフォーカス距離が閾値以下の場合に使用する元画像である A + B 像と、閾値より大きい場合に使用する元画像である A + B 像の解像力が等しくなる距離（第 1 の距離）を、閾値とすることが好ましい。このようにすることで、リフォーカス面近傍で高い解像力を有する画像を生成することができる（図 5（A））。第 1 の距離は、結像光学系 1 0 1 の設計値（ズーム、フォーカス、収差）と、固体撮像素子 1 0 2 の瞳分割特性を元に決定すればよい。

#### 【0034】

<多段切り替え>

更に、設定したリフォーカス距離に応じて、使用する元画像を 3 通り以上に切り替えても良い。この時、図 4（C）のように、設定したリフォーカス距離が大きいほど  $\alpha / \beta$  の対数の絶対値が 0 から遠くなるようにすると、リフォーカス面近傍で高い解像力を有する画像を生成することができるため、好ましい。なぜならば、 $\alpha / \beta$  の対数の絶対値が 0 から遠くなるようにするほど、A + B 像は、リフォーカス距離が大きい場合に高い解像力を有するためである（図 5（B））。

#### 【0035】

使用する元画像の数を増やし、連続的に  $\alpha$  と  $\beta$  の比を変化させれば、リフォーカス距離によらずに解像力の高い画像を得ることができるため、好ましい。一方、使用する元画像の数が少ない方が、演算量が少ないため好ましい。

#### 【0036】

<像シフト>

ステップ S 1 4 B にて元画像として使用する画像は、ステップ S 1 2 で求められた距離情報を使用して、A + B 像をシフトした画像であることが好ましい。図 6 のように、A 像 1 3 3、B 像 1 3 4 は、ピント面からの距離によって画像の重心位置がシフトするため、距離によって画像の重心位置をシフトしたほうが、より自然なリフォーカス画像が得られるためである。具体的には、ステップ S 1 2 で求めた A 像および B 像を A B 像間の像ズレ量の半分だけ像ズレ方向と反対側にシフトし、シフト後の各像を各々 2 倍、2 倍してから加算して A + B 像を生成する。このようにすれば、ピント面からの距離によらずに画像の重心位置が一定となる。

#### 【0037】

<像修正>



更に、ステップ S 1 4 B にて元画像として使用する画像は、対応する瞳領域 1 2 3 または 1 2 4 の透過率分布に基づいて、A + B 像に像修正処理を施した画像であることが好ましい。図 6 のように、A 像 1 3 3、B 像 1 3 4 は、瞳領域 1 2 3、1 2 4 の透過率分布を反映して非対称なボケを有する画像となるため、ボケの形状を対称な形に修正したほうが、より自然なリフォーカス画像が得られるためである。例えば、像修正処理は、A 像および B 像に、対応する瞳領域 1 2 3、1 2 4 の透過率を反映した、結像光学系 1 0 1 の点像分布関数の逆関数を畳み込み積分する処理である。像修正後の A 像および B 像を、各々 倍、倍してから加算してボケ付加処理の元画像となる A + B 像を生成すればよい。

【 0 0 3 8 】

10

< 具体的な画素配置 >

本実施形態における撮像装置において、固体撮像素子 1 0 2 の一部の画素に測距画素 1 1 0 を配置し、他の画素には画像取得用の画素を配置してもよい。一部の画素 1 1 0 で測距を行い、残りの画素で被写体の画像を取得することができる。但し、測距画素 1 1 0 が全面に設けられていたほうが、ステップ S 1 4 における元画像の解像度が向上するため好ましい。

【 0 0 3 9 】

また、固体撮像素子 1 0 2 が、図 7 ( A ) に示す画素 1 5 1、1 5 2 を複数備えた構成でもよい。画素 1 5 1、画素 1 5 2 は近接して配置されており、画素 1 5 1 は、+ x 方向に偏心した瞳領域 1 2 3 からの光を受光し、画素 1 5 2 では、- x 方向に偏心した瞳領域 1 2 4 からの光を受光するように構成されている。具体的には、遮光膜 1 1 5 をマイクロレンズ 1 1 1 の光軸から偏心して配置し、入射光束の一部を吸収させることで瞳分割を行っている。画素 1 5 1 の画素信号から A 像を取得し、画素 1 5 2 の画素信号から B 像を取得することができる。

20

【 0 0 4 0 】

更に、図 7 ( B ) に示す画素 1 5 0 と、図 7 ( A ) に示す画素 1 5 1 または 1 5 2 を複数備えた構成でもよい。画素 1 5 0 では、瞳の全領域からの光を受光するように構成されている。画素 1 5 0 と、画素 1 5 1 ( 1 5 2 ) の画素信号の差分を求めることで、B 像 ( A 像 ) を取得することができる。例えば画素 1 5 0 と画素 1 5 1 を備えた固体撮像素子の場合、画素 1 5 1 の画素信号から A 像を、画素 1 5 0 と画素 1 5 1 の信号の差分から B 像

30

【 0 0 4 1 】

図 2 に示す測距画素 1 1 0 では、入射方向分離手段としてマイクロレンズ 1 1 1 を用いたが、図 7 ( C ) のように導波路 1 1 6 を使用してもよい。入射方向に応じた導波モードに結合させることで、異なる瞳領域からの光を異なる光電変換部に導くことができる。

【 0 0 4 2 】

[ 実施形態 2 ]

本発明の実施形態 2 に係る撮像装置における、リフォーカス面の移動を伴うボケ付加を行う際の演算フローを図 8 に示した。本実施形態における演算フローは、実施形態 1 における演算フロー ( 図 2 ) に対し、リフォーカス面の移動を伴うボケ付加を行うステップ S 2 4 のみが異なる。本実施形態における演算フローでは、ステップ S 2 4 において、リフォーカス距離に応じて、使用する元画像を A 像と B 像の間で切り替えている。

40

【 0 0 4 3 】

リフォーカス距離が閾値以下の場合、A 像と B 像のうち、実効的な F 値が小さい方の像を元画像としてボケを付加する ( ステップ S 2 4 A )。リフォーカス距離が閾値より大きい場合、A 像と B 像のうち、実効的な F 値が大きい方の像を元画像としてボケを付加する ( ステップ S 2 4 B )。

【 0 0 4 4 】

このように、実効的な F 値によって使用する元画像を A B 像間で切り替えることにより、更にリフォーカス範囲を広くすることができる。図 9 ( A ) は、B 像のほうが A 像より

50

実効的なF値が大きい場合の、A像とB像の解像力を示したものである。前述したように、解像力は実効的なF値で決定され、F値が小さいほどピント面近傍の解像力は高いが、ピント面から離れた場合の解像力の劣化が大きい。そのため、ピント面近傍の領域240はA像の解像力が高く、瞳面から離れた領域241はB像の解像力が高い。従って、リフォーカス距離と閾値の大小関係によって、元画像をF値の小さいA像とF値の大きいB像で切り替えれば、設定できるリフォーカス面の自由度を更に向上させることができる。

#### 【0045】

ここで上記の閾値は、A像（第1の画像）とB像（第2の画像）の解像力が等しくなる距離（領域240と領域241の境界）にするのが好ましい。このようにすることで、リフォーカス面近傍で高い解像力を有する画像を生成することができる。また、リフォーカス距離がA+B像の深度以下の場合には、図2に示す演算フローと同様に、A+B像を使用しても良い（図9（B））。この時は、リフォーカス距離に応じて、領域242でA+B像、領域240でA像、領域241でB像と3通りの元画像を使用することになる。

#### 【0046】

##### <実効F値の制御方法>

図10に、A像とB像の実効的なF値を制御する手法を示した。図10（A）、（B）では、固体撮像素子102中の測距画素110において、A像を取得する光電変換部213の開口率を、B像を取得する光電変換部214の開口率よりも大きくしている。光電変換部213は、光電変換部214よりもより広い瞳領域からの光を検出するため、B像の実効的なF値をA像よりも大きくすることができる。開口率を制御するには、図10（A）のように光電変換部の面内方向の大きさを変えてもよいし、図10（B）のように光電変換部の上部に遮光膜115を設け、入射する光束を制限しても良い。

#### 【0047】

A像またはB像の実効的なF値を、設定したリフォーカス距離によって動的に制御しても良い。この場合、ステップS22でリフォーカス距離を設定した後、ステップS21に戻って、設定したリフォーカス距離に応じて実効的なF値を変えれば良い。

#### 【0048】

例えば、図11（A）に示すように、光電変換部の横に絶縁膜117を介して制御電極118（開口率制御手段）を設け、バイアスを印加することで半導体内部のポテンシャル分布を制御し、開口率を動的に変えればよい。リフォーカス量が大きいほど開口率を小さくすることで、リフォーカス面の自由度を更に向上させることができる。

#### 【0049】

また、図11（B）に示すように、3つ以上の光電変換部を設置し、複数の光電変換部の信号を用いて画素信号を生成しても良い。元画像を生成する光電変換部の数を変えれば、実効的なF値を制御することができる。リフォーカス距離が大きいほど、元画像を生成する光電変換部の数を少なくすれば、リフォーカス面の自由度を更に向上させることができる。

#### 【0050】

##### [実施形態3]

実施形態3における撮像装置は、固体撮像素子102内の測距画素110の画素位置によって、用いる元画像を変える。即ち、リフォーカス距離が閾値以下の場合には、画素位置ごとに、実効的なF値が小さい方の画素値からなる画像を元画像として用い、閾値よりも大きい場合は、実効的なF値が大きい方の画素値からなる画像を元画像として用いる。

#### 【0051】

一般に、結像光学系の瞳123と固体撮像素子との距離や、結像光学系101の口径食などによって、光電変換部113、114が受光する瞳領域123、124の透過率が変化する。

#### 【0052】

例えば、図1（B）に示すように、同一形状の光電変換部113、114を、マイクロレンズ111の光軸を中心軸として互いに対称な位置に配置した場合、測距画素の感度特

10

20

30

40

50

性は光入射角 0 度を軸として対称な形状になる ( 図 1 2 ) 。ここで、結像光学系の射出瞳 1 2 2 が固体撮像素子 1 0 2 から有限な距離にある場合、固体撮像素子の - x 方向の周辺領域では瞳領域 1 2 3 からの光束 1 5 3 の拡がり角の方が、瞳領域 1 2 4 からの光束 1 5 4 の拡がり角よりも大きい ( 図 1 2 ( B ) ) 。一方、固体撮像素子の + x 方向の周辺領域では瞳領域 1 2 4 からの光束 1 5 4 の拡がり角の方が、瞳領域 1 2 3 からの光束 1 4 3 の拡がり角よりも大きい ( 図 1 2 ( C ) ) 。

#### 【 0 0 5 3 】

したがって、固体撮像素子 1 0 2 の中心よりも - x 方向側の領域 ( 第 1 の領域 ) では、瞳領域 1 2 3 からの光束に基づく像 ( A 像 ) の方が、瞳領域 1 2 4 からの光束に基づく像 ( B 像 ) よりも実効的な F 値が小さくなる。逆に、固体撮像素子 1 0 2 の中心よりも + x 方向側の領域 ( 第 2 の領域 ) では、瞳領域 1 2 4 からの光束に基づく像 ( B 像 ) の方が、瞳領域 1 2 3 からの光束に基づく像 ( A 像 ) よりも実効的な F 値が小さくなる。このように、固体撮像素子の中心を通る y 方向に平行な直線を中心とする 2 つの対称な領域 ( 第 1 および第 2 の領域 ) において、実効的な F 値が大きくなる像が逆転する。

#### 【 0 0 5 4 】

##### < 領域切り替え >

前述したように、画像の解像力は F 値によって決定されるため、固体撮像素子中の測距画素の位置によって F 値が変化している場合、被写体の像面上での位置によって、元画像として用いる画像を切り替えたほうが好ましい。また、リフォーカス距離によっても、使用する元画像を切り替えれば、更に好ましい。

#### 【 0 0 5 5 】

例えば、図 1 ( B ) に示す測距画素 1 1 0 を用い、結像光学系の射出瞳 1 2 2 が固体撮像素子 1 0 2 から有限な距離にある場合、以下のようにするのが良い。

#### 【 0 0 5 6 】

すなわち、リフォーカス距離が閾値以下の場合には、固体撮像素子 1 0 2 の - x 方向側の領域では A 像からなり、+ x 方向側の領域では B 像からなる画像を元画像 ( 第 1 の元画像 ) としてボケ付加処理を行う。このようにすることで、被写体の像面上での位置によらず、設定したリフォーカス面において解像力の高い画像を生成することができる。

#### 【 0 0 5 7 】

一方、リフォーカス距離が閾値よりも大きい場合には、固体撮像素子 1 0 2 の - x 方向側の領域 ( 第 1 の領域 ) では B 像からなり、+ x 方向側の領域では A 像からなる画像を元画像 ( 第 2 の元画像 ) としてボケ付加処理を行う。このようにすることで、被写体の像面上での位置によらず、リフォーカス距離が大きい画像を生成することができる。

#### 【 0 0 5 8 】

##### < 実装例 >

上記の実施形態の説明は、本発明を例示的に説明するものであり、本発明を限定する趣旨のものではない。上記の実施形態の個々の構成要素は可能な限り組み合わせて実装することができる。

#### 【 0 0 5 9 】

上述した本発明のボケ付加技術は、例えば、デジタルカメラやデジタルカムコーダなどの撮像装置、或いは撮像装置で得られた画像データに対し画像処理を施す画像処理装置やコンピュータなどに好ましく適用できる。また、このような撮像装置或いは画像処理装置を内蔵する各種の電子機器 ( 携帯電話、スマートフォン、スレート型端末、パーソナルコンピュータを含む ) にも本発明の技術を適用可能である。

#### 【 0 0 6 0 】

また、撮像装置を有するコンピュータに距離計測の機能を組み込み、撮像装置で撮影した画像をコンピュータが取得して、それに基づいて距離の算出およびボケ付加処理を行うようにしてもよい。また、有線あるいは無線によりネットワークアクセス可能なコンピュータに距離計測の機能が組み込まれて、そのコンピュータがネットワークを介して複数枚の画像を取得し、それに基づいて距離計測を行う場合に適用してもよい。得られた距離情

報は、例えば、画像の領域分割、立体画像や奥行き画像の生成、ボケ効果のエミュレーションなどの各種画像処理に利用することができる。

【 0 0 6 1 】

なお、上記装置への具体的な実装は、ソフトウェア（プログラム）による実装とハードウェアによる実装のいずれも可能である。例えば、撮像装置や画像処理装置に内蔵されたコンピュータ（マイコン、FPGA等）のメモリにプログラムを格納し、当該プログラムをコンピュータに実行させることで、本発明の目的を達成するための各種処理を実現してもよい。また、本発明の全部又は一部の処理を論理回路により実現するASIC等の専用プロセッサを設けることも好ましい。また、本発明の全ての機能は1つのコンピュータ等で実現されてもよいし、複数のコンピュータ等でそれぞれ異なる機能を実現してこれらのコンピュータを連携させてもよい。また、本発明の各機能についても、1つのコンピュータ等で実現されるだけでなく、複数のコンピュータ等が連携することで実現されてもよい。

10

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

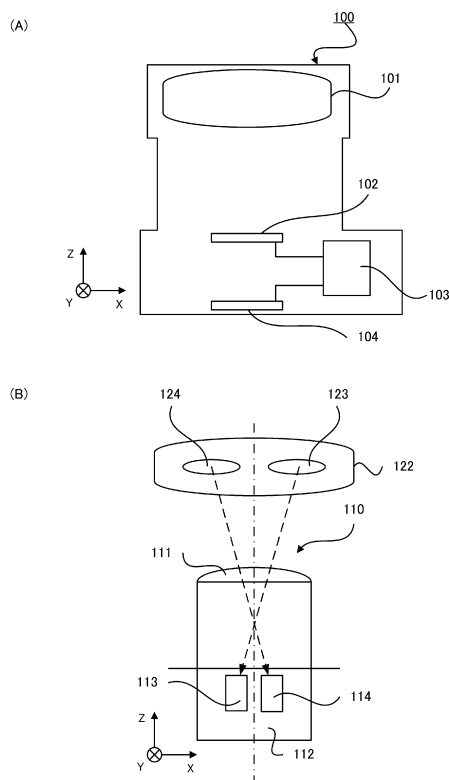
1 0 0 : 撮像装置

1 0 1 : 結像光学系

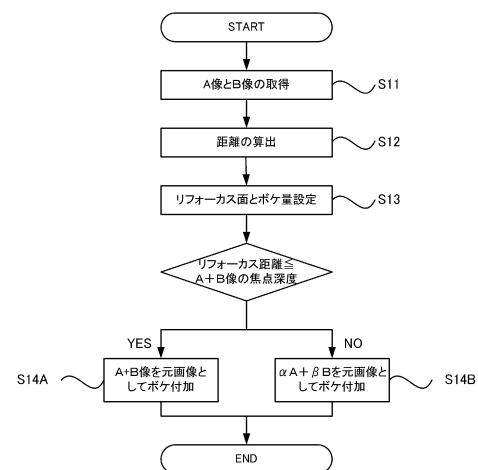
1 0 2 : 固体撮像素子

1 0 3 : 演算部

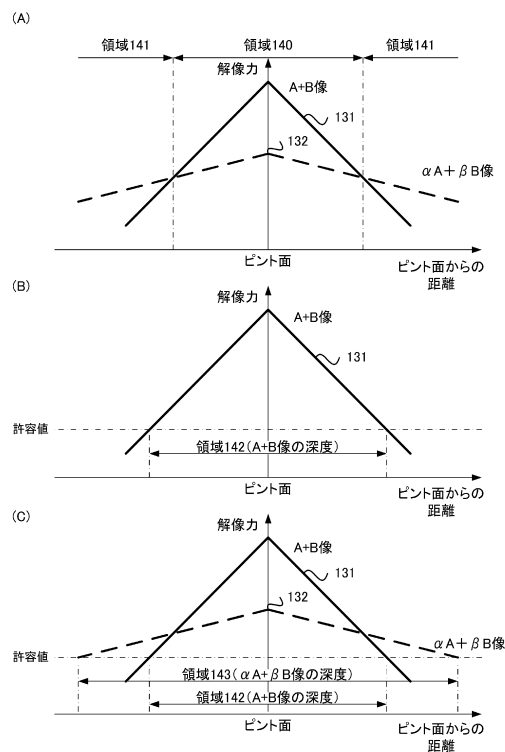
【図 1】



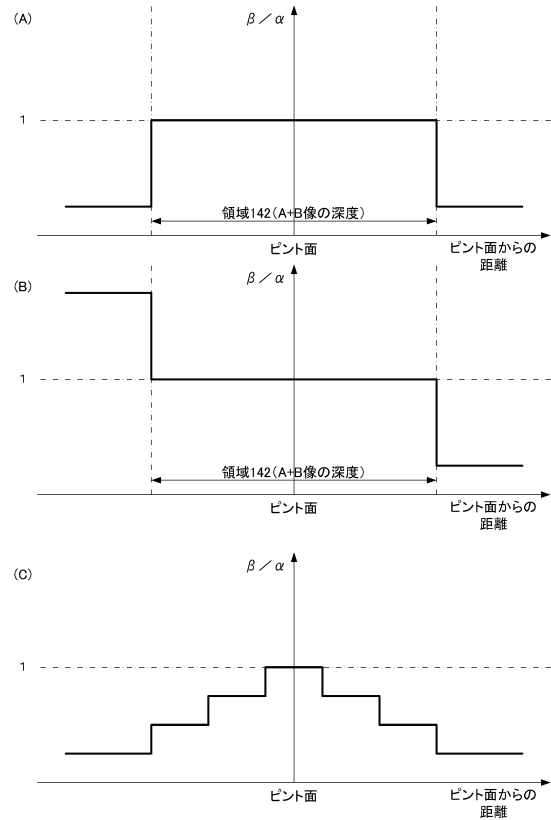
【図 2】



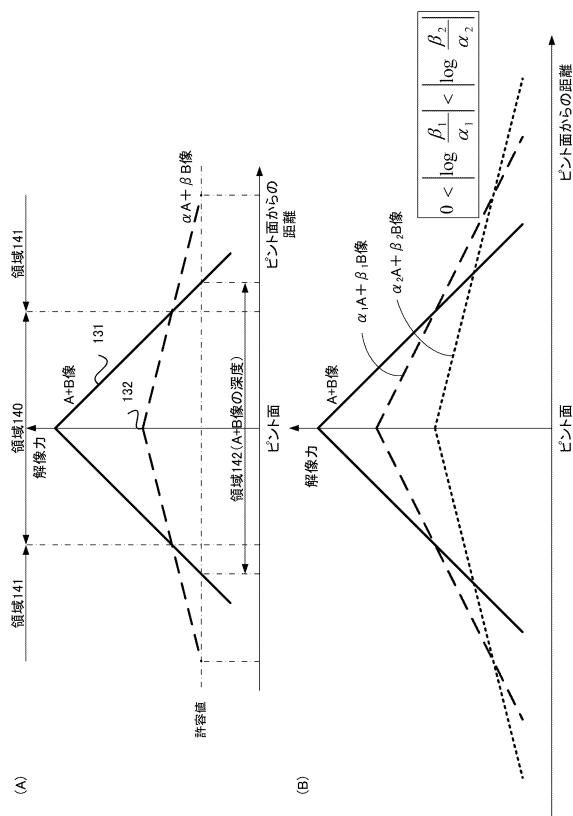
【 図 3 】



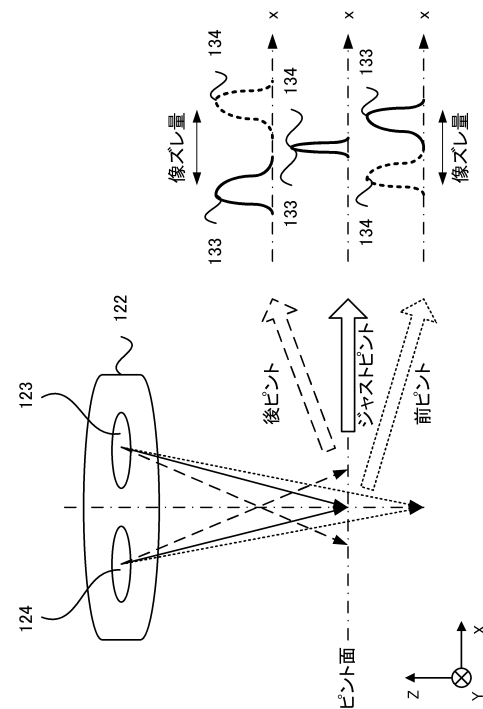
【 図 4 】



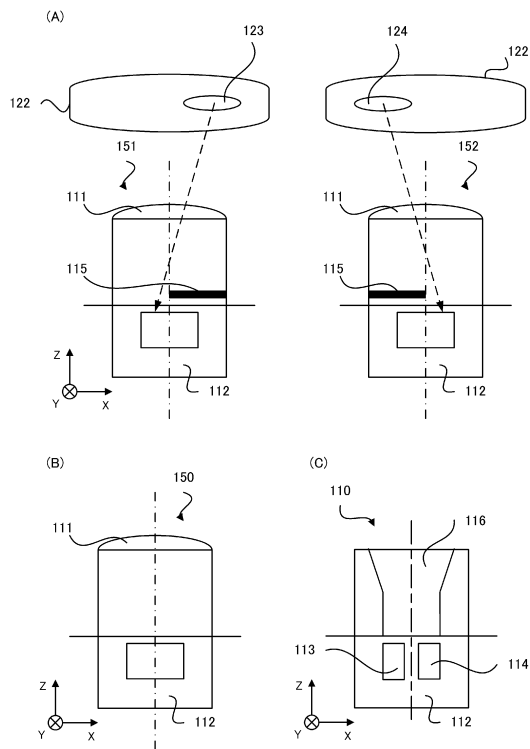
【圖 5】



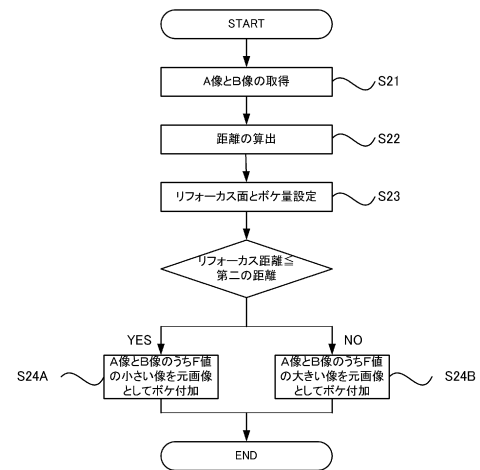
【 図 6 】



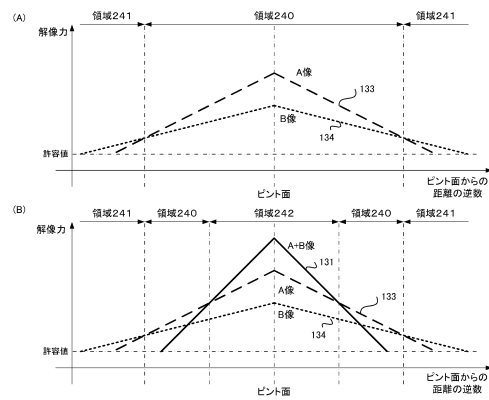
【図 7】



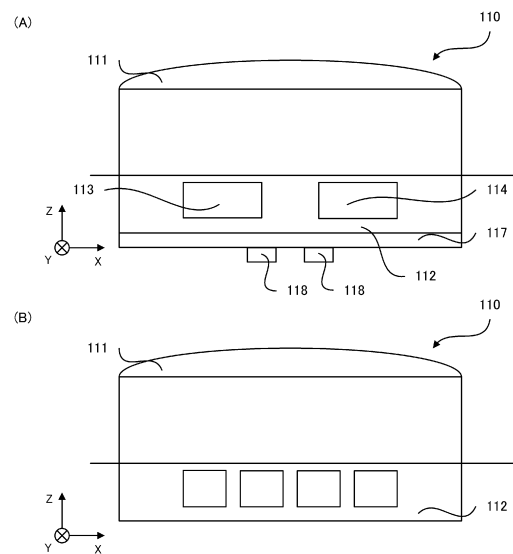
【図 8】



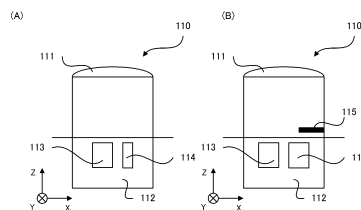
【図 9】



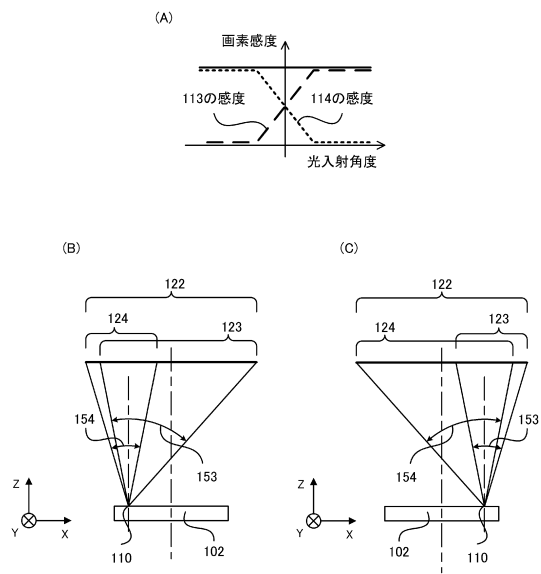
【図 11】



【図 10】



【図 12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 沼田 愛彦  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 佐藤 直樹

(56)参考文献 特開2008-015754(JP,A)  
特開2013-232757(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04N 5/232  
G02B 7/28  
G02B 7/34  
G03B 13/36  
H04N 5/225