

(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2015-99218

(P2015-99218A)

(43) 公開日 平成27年5月28日(2015.5.28)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>G02B</b>	<b>7/28</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	7/11	N	2H011		
<b>G02B</b>	<b>7/34</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	7/11	C	2H151		
<b>G03B</b>	<b>13/36</b>	<b>(2006.01)</b>	G03B	3/00	A	5C122		
<b>H04N</b>	<b>5/232</b>	<b>(2006.01)</b>	H04N	5/232	H			

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2013-238339 (P2013-238339)  
 (22) 出願日 平成25年11月18日 (2013.11.18)

(71) 出願人 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 100110412  
 弁理士 藤元 亮輔  
 (74) 代理人 100104628  
 弁理士 水本 敦也  
 (74) 代理人 100121614  
 弁理士 平山 倫也  
 (72) 発明者 石井 宏和  
 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  
 Fターム(参考) 2H011 BA23 BB02 CA21  
 2H151 BA06 CB09 CB22 CE24 EA20  
 5C122 DA03 DA04 EA37 FB05 FD01  
 FD07 FF05 HA88 HB01

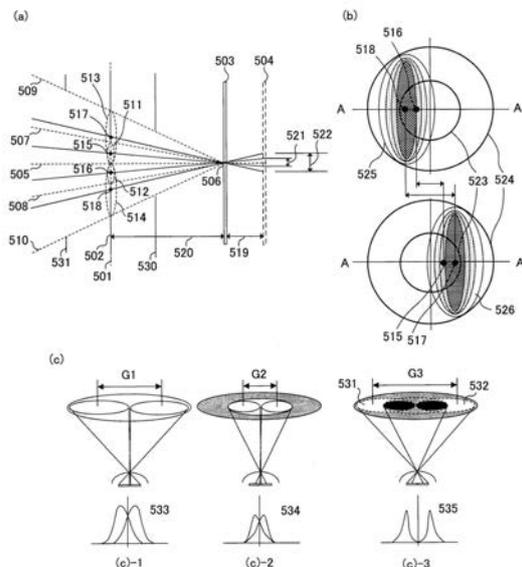
(54) 【発明の名称】 焦点検出装置およびその制御方法、撮像装置、プログラム、記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 1つの撮影光学系において、デフォーカス量に応じた焦点検出信号のぼけを抑制しつつ、基線長を拡張すること。

【解決手段】 絞りを有する撮影光学系からの光を光電変換して被写体の像を生成する撮像用画素と、前記撮影光学系の射出瞳のうち互いに異なる瞳領域を通過した光束をそれぞれ光電変換する第1の焦点検出用画素および第2の焦点検出用画素を有する一対の焦点検出用画素と、を有する撮像素子と、前記絞りの開口が第1の絞り値であるときに前記一対の焦点検出用画素から出力される第1の焦点検出信号と、前記絞りの開口が前記第1の絞り値とは異なる第2の絞り値であるときに前記一対の焦点検出用画素から出力される第2の焦点検出信号と、に基づいて、第3の焦点検出信号を生成する生成手段と、前記第3の焦点検出信号に基づいて、前記撮影光学系の焦点状態を検出する焦点検出手段と、を有する。

【選択図】 図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

絞りを有する撮影光学系からの光を光電変換して被写体の像を生成する撮像用画素と、前記撮影光学系の射出瞳のうち互いに異なる瞳領域を通過した光束をそれぞれ光電変換する第 1 の焦点検出用画素および第 2 の焦点検出用画素を有する一对の焦点検出用画素と、を有する撮像素子と、

前記絞りの開口が第 1 の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第 1 の焦点検出信号と、前記絞りの開口が前記第 1 の絞り値とは異なる第 2 の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第 2 の焦点検出信号と、に基づいて、第 3 の焦点検出信号を生成する生成手段と、

前記第 3 の焦点検出信号に基づいて、前記撮影光学系の焦点状態を検出する焦点検出手段と、を有することを特徴とする焦点検出装置。

10

**【請求項 2】**

前記生成手段は、前記第 1 の焦点検出信号から、前記第 2 の焦点検出信号を減算することで前記第 3 の焦点検出信号を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の焦点検出装置。

**【請求項 3】**

前記第 1 の焦点検出信号および前記第 2 の焦点検出信号を読み出す際の、前記撮影光学系の口径情報を記憶する口径情報記憶手段と、

前記焦点検出用画素の入射光角度に対する感度分布特性を記憶する感度分布記憶手段と、

20

前記口径情報および前記感度分布特性をもとに前記第 2 の焦点検出信号を補正する信号補正手段と、をさらに有し、

前記生成手段は、前記第 1 の焦点検出信号から、前記信号補正手段により補正された第 2 の焦点検出信号を減算することで前記第 3 の焦点検出信号を生成することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の焦点検出装置。

**【請求項 4】**

前記第 1 の焦点検出信号を読み出す際の露光時間と前記第 2 の焦点検出信号を読み出す際の露光時間は、同じ長さであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の焦点検出装置。

30

**【請求項 5】**

前記焦点検出用画素の開口形状は、前記第 1 の絞り値に制御した状態と前記第 2 の絞り値に制御した状態で、前記焦点検出用画素のマイクロレンズの光軸から所定の範囲の感度分布形状が同じになるように設計されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の焦点検出装置。

**【請求項 6】**

前記焦点検出用画素の開口形状は、前記マイクロレンズの光軸に対して、円弧形状であることを特徴とする請求項 5 に記載の焦点検出装置。

**【請求項 7】**

前記第 1 の絞り値よりも前記第 2 の絞り値の方が大きいことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の焦点検出装置。

40

**【請求項 8】**

前記第 1 の絞り値は、開放絞り値であることを特徴とする請求項 7 に記載の焦点検出装置。

**【請求項 9】**

絞りを含む撮影光学系と、

前記撮影光学系からの光を光電変換して被写体の像を生成する撮像用画素と、前記撮影光学系の射出瞳のうち互いに異なる瞳領域を通過した光束をそれぞれ光電変換する第 1 の焦点検出用画素および第 2 の焦点検出用画素を有する一对の焦点検出用画素と、を有する撮像素子と、

50

前記絞りの開口を第 1 の絞り値と、前記第 1 の絞り値とは異なる第 2 の絞り値に制御する絞り制御手段と、

前記絞りの開口が前記第 1 の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第 1 の焦点検出信号と、前記絞りの開口が前記第 2 の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第 2 の焦点検出信号と、に基づいて、第 3 の焦点検出信号を生成する生成手段と、

前記第 3 の焦点検出信号に基づいて、前記撮影光学系の焦点状態を検出する焦点検出手段と、を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 10】

絞りを有する撮影光学系からの光を光電変換して被写体の像を生成する撮像用画素と、前記撮影光学系の射出瞳のうち互いに異なる瞳領域を通過した光束をそれぞれ光電変換する第 1 の焦点検出用画素および第 2 の焦点検出用画素を有する一对の焦点検出用画素と、を備えた撮像素子を有する焦点検出装置の制御方法であって、

10

前記絞りの開口が第 1 の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第 1 の焦点検出信号と、前記絞りの開口が前記第 1 の絞り値とは異なる第 2 の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第 2 の焦点検出信号と、に基づいて、第 3 の焦点検出信号を生成する生成ステップと、

前記第 3 の焦点検出信号に基づいて、前記撮影光学系の焦点状態を検出する焦点検出ステップと、を有することを特徴とする焦点検出装置の制御方法。

【請求項 11】

20

請求項 10 に記載の焦点検出装置の制御方法の手順が記述された、コンピュータで実行可能なプログラム。

【請求項 12】

コンピュータに、請求項 10 に記載の焦点検出装置の制御方法のステップを実行させるためのプログラムが記憶されたコンピュータが読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、焦点検出装置およびその制御方法、撮像装置、プログラム、記憶媒体に関する。

30

【背景技術】

【0002】

撮像素子を構成する画素群の一部に特定の機能を付与した機能素子を有する撮像素子の一例として、撮像素子に被写体像の位相差検出機能を付与し、専用の AF センサを不要とし、かつ高速の位相差 AF を実現するための技術が開示されている。

【0003】

例えば特許文献 1 では、撮像素子の一部の受光素子（画素）において、オンチップマイクロレンズの光軸に対して受光部の感度領域を偏心させることで瞳分割機能を付与する技術が開示されている。そしてこれらの画素を焦点検出用画素とし、撮像用画素群の間に所定の間隔で配置することで、位相差式焦点検出を行なうことが開示されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2000 - 292686 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述した特許文献 1 の撮像装置では、焦点検出用画素から得られる 1 対の焦点検出信号の位相差が、撮影光学系の仕様により制限されることがある。これについて、図 14 を参照して説明する。図 14 ( a ) に示すように、1 つのマイクロレンズ 14

50

01に対応して配置された、1対の受光素子1402及び1403には、射出瞳1404のうちのそれぞれ異なる領域1405及び1506を通過した光束が結像される。なお、ここで、1対の受光素子1402及び1403をそれぞれA像受光素子及びB像受光素子と称す。このとき、A像受光素子1402及びB像受光素子1403のそれぞれのマイクロレンズにより屈折されて入射する光束は、所定の入射角の範囲を有する。

【0006】

入射角における入射光束の強度分布は図14(b)のようになる。同図では、受光素子に対して入射する光の入射角を、右側からの入射角を横軸の正、左側からの入射角を横軸の負として、それぞれの入射角で入射する光束の強度を縦軸とした図である。図14(b)には、A像受光素子1402への入射光束に対する感度分布は1411、B像受光素子1403への入射光束に対する感度分布は1412として示されている。感度のピークはそれぞれの入射光束が射出瞳を通過した領域における重心位置となっており、重心位置の間隔を基線長とする。また、A像受光素子及びB像受光素子を基線長方向にライン状に配置することで得られるライン信号をそれぞれA像及びB像とする。焦点検出画素による位相差式焦点検出では、被写体像のぼけ量(デフォーカス量)に応じて変化する、A像、B像の相対位置ずれ量を演算することで、光学系のデフォーカス量を検出する。デフォーカス量が大きくなるほど、A像、B像の相対位置ずれ量は大きくなり、デフォーカス量に対するA像、B像の相対位置ずれ量の感度は基線長によって制限されることになる。

10

【0007】

即ち、1つの撮影光学系において、A像受光素子及びB像受光素子の基線長が最大となるのは、絞りが開放状態である場合の射出瞳の半径に応じて決定される。

20

【0008】

一方、焦点検出画素群から得られるA像、B像は絞りが開放側に向かうに従ってデフォーカス量に応じてぼけ易くなり、A像、B像の相対位置ずれ量の演算が困難となる。

【0009】

本発明は、上述の問題点を鑑みてなされたものであり、1つの撮影光学系において、デフォーカス量に応じた焦点検出信号のぼけを抑制しつつ、基線長を拡張することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一側面としての焦点検出装置は、絞りを有する撮影光学系からの光を光電変換して被写体の像を生成する撮像用画素と、前記撮影光学系の射出瞳のうち互いに異なる瞳領域を通過した光束をそれぞれ光電変換する第1の焦点検出用画素および第2の焦点検出用画素を有する一对の焦点検出用画素と、を有する撮像素子と、前記絞りの開口が第1の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第1の焦点検出信号と、前記絞りの開口が前記第1の絞り値とは異なる第2の絞り値であるときに前記一对の焦点検出用画素から出力される第2の焦点検出信号と、に基づいて、第3の焦点検出信号を生成する生成手段と、前記第3の焦点検出信号に基づいて、前記撮影光学系の焦点状態を検出する焦点検出手段と、を有することを特徴とする。

30

【発明の効果】

40

【0011】

本発明によれば、1つの撮影光学系において、デフォーカス量に応じた焦点検出信号のぼけを抑制しつつ、基線長を拡張することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明における第1の実施形態の撮像装置の構成図である。

【図2】本発明における第1の実施形態の固体撮像素子のブロック図である。

【図3】本発明における第1の実施形態の撮像素子の撮像用画素の平面図と断面図である。

【図4】本発明における第1の実施形態の撮像素子の焦点検出用画素の平面図と断面図で

50

ある。

【図 5】本発明における第 1 の実施形態の焦点検出用画素のケラレ、及び焦点検出光束の重心間隔を説明する図である。

【図 6】本発明における第 1 の実施形態の撮像素子の焦点検出用画素の配置領域拡大図である。

【図 7】本発明における第 1 の実施形態の撮像素子の焦点領域の配置図である。

【図 8】本発明における第 1 の実施形態の撮像装置の動作を示すフローチャートである。

【図 9】本発明における第 1 の実施形態の焦点検出の動作を示すフローチャートである。

【図 10】本発明における第 1 の実施形態の撮影の動作を示すフローチャートである。

【図 11】本発明における第 1 の実施形態の相関演算説明図である。

【図 12】本発明における第 1 の実施形態の焦点検出光束の重心間隔を説明する図である。

【図 13】本発明における第 1 の実施形態の変形例の焦点検出光束の重心間隔を説明する図である。

【図 14】焦点検出用画素における焦点検出光束の概念を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して本発明の好ましい実施の形態について詳細に説明する。

< 第 1 の実施形態 >

図 1 は本発明に係る撮像装置（カメラ）の構成図で、撮像素子を有した撮像装置本体（カメラ本体）と撮影レンズ（撮影光学系）とが一体となった電子カメラ 100 を示している。本実施例において、電子カメラ 100 は、例えば、デジタルカメラやビデオカメラ等である。なお、ここでは、撮影レンズが一体となった撮像装置を例として挙げたが、本発明は、これに限定されるものではなく、撮影レンズが撮像装置本体に対して交換可能に装着される撮像装置にも適用可能である。同図において、101 は撮影光学系（結像光学系、撮像光学系）の先端に配置された第 1 レンズ群で、光軸方向に進退可能に保持される。102 は絞り兼用シャッタ（以下、単に絞りともいう。）で、その開口径を調節することで撮影時の光量調節を行なうほか、静止画撮影時には露光秒時調節用シャッタとしての機能も備える。103 は第 2 レンズ群である。そして絞り兼用シャッタ 102 及び第 2 レンズ群 103 は一体となって光軸方向に進退し、第 1 レンズ群 101 の進退動作との連動により、変倍作用（ズーム機能）をなす。

【0014】

105 は第 3 レンズ群（フォーカスレンズ）で、光軸方向の進退により、焦点調節を行なう。106 は光学的ローパスフィルタで、撮影画像の偽色やモアレを軽減するための光学素子である。107 は C-MOS センサとその周辺回路で構成された撮像素子（撮像手段）である。撮像素子 107 は、横方向（水平方向）m 画素、縦方向（垂直方向）n 画素の受光ピクセル上に、ベイヤー配列の原色カラーモザイクフィルタがオンチップで形成された 2 次元単板カラーセンサが用いられる。なお、本実施例において、撮像素子 107 は、後述するように撮像用画素と焦点検出用画素とを備えている。

【0015】

111 はズームアクチュエータで、不図示のカム筒を回動することで、第 1 レンズ群 101 ないし第 2 レンズ群 103 を光軸方向に進退駆動し、変倍操作を行なう。112 は絞りシャッタアクチュエータで、絞り兼用シャッタ 102 の開口径を制御して撮影光量を調節すると共に、静止画撮影時の露光時間制御を行なう。114 はフォーカスアクチュエータで、第 3 レンズ群 105 を光軸方向に進退駆動して焦点調節を行なう。

【0016】

115 は撮影時の被写体照明用電子フラッシュ（照明手段）で、キセノン管を用いた閃光照明装置が好適だが、連続発光する LED を備えた照明装置を用いても良い。116 は AF 補助光装置（AF 補助光手段）で、所定の開口パターンを有したマスクの像を、投光レンズを介して被写界に投影し、暗い被写体あるいは低コントラスト被写体に対する焦点

10

20

30

40

50

検出能力を向上させる。

【0017】

121はCPU(制御手段)で、カメラ100の種々の制御を司るカメラ内CPUであり、不図示の演算部、ROM、RAM、A/Dコンバータ、D/Aコンバータ、通信インターフェイス回路等を有する。また、CPU121は、後述の撮像素子駆動回路124や画像処理回路125からの出力に基づいて、一对の像信号の位相差を、相関演算を用いて求める位相差検出方式の焦点検出手段としての機能も有する。このように、CPU121は、撮影レンズ(撮影光学系)の焦点状態を検出する焦点検出装置の一部として機能する。また、ROMに記憶された所定のプログラムに基づいて、カメラ100が有する各種回路を駆動し、AF、撮影、画像処理及び記録等の一連の動作を実行する。

10

【0018】

122は電子フラッシュ制御回路で、撮影動作に同期して照明手段115を点灯制御する。123は補助光駆動回路で、焦点検出動作に同期してAF補助光手段116を点灯制御する。124は撮像素子駆動回路で、撮像素子107の撮像動作を制御するとともに、取得した画像信号をA/D変換してCPU121に送信する。125は画像処理回路で、撮像素子107が取得した画像の変換、カラー補間、JPEG圧縮等の処理を行なう。

【0019】

126はフォーカス駆動回路で、焦点検出結果に基づいてフォーカスアクチュエータ114を駆動制御し、第3レンズ群105を光軸方向に進退駆動して焦点調節を行なう。128は絞りシャッタ駆動回路(絞り制御手段)で、絞りシャッタアクチュエータ112を駆動制御して絞り兼用シャッタ102の開口を制御する。129はズーム駆動回路で、撮影者のズーム操作に応じてズームアクチュエータ111を駆動する。

20

【0020】

131はLCD等の表示器(表示手段)で、カメラの撮影モードに関する情報、撮影前のプレビュー画像と撮影後の確認用画像、焦点検出時の合焦状態表示画像等を表示する。132は操作スイッチ群(操作手段)で、電源スイッチ、レリーズ(撮影トリガ)スイッチ、ズーム操作スイッチ、撮影モード選択スイッチ等で構成される。133は着脱可能なフラッシュメモリ(記憶手段)で、撮影済み画像を記録する。

【0021】

図2は、撮像素子107のブロック図を示している。なお、図2のブロック図は、読み出し動作が説明できる最低限の構成を示しており、画素リセット信号などが省略されている。図2において、201は撮像素子107の光電変換部を示している。複数の光電変換部201は、図2では $PD_{mn}$ と略されて記載されている。ここで、 $m$ は、 $X$ 方向アドレスであり、 $m=0, 1, \dots, m-1$ である。また、 $n$ は、 $Y$ 方向アドレスであり、 $n=0, 1, \dots, n-1$ である。各光電変換部 $PD_{mn}$ は、フォトダイオード(PD)、画素アンプ、リセット用のスイッチなどで構成されている。また、本発明の撮像素子は、 $m \times n$ の光電変換部が2次元上に配置されている。符号は、煩雑になるので、左上の光電変換部 $PD_{00}$ 付近にのみ付記した。

30

【0022】

202は、光電変換部 $PD_{mn}$ の出力を選択するスイッチであり、後述する垂直走査回路208により、一行ごとに選択される。

40

【0023】

203は、光電変換部 $PD_{mn}$ の出力を一時的に記憶するためのラインメモリであり、垂直走査回路208により選択された一行分の光電変換部の出力を記憶するものである。ラインメモリ203は、通常はコンデンサが使用される。

【0024】

204は、水平出力線に接続されて、水平出力線を所定の電位 $V_{HRS T}$ にリセットするためのスイッチであり、信号 $HRS T$ により制御される。

【0025】

205は、ラインメモリ203に記憶された光電変換部 $PD_{mn}$ の出力を水平出力線に

50

順次出力するためのスイッチであり、 $H_0$  から  $H_{m-1}$  のスイッチを後述の水平走査回路 206 により、順次走査することにより、一行分の光電変換の出力が読み出される。

【0026】

206 は、水平走査回路であり、ラインメモリ 203 に記憶された光電変換部の出力を順次操作して、水平出力線に出力させる。水平出力線に出力された信号は、出力アンプ 207 を介して信号 VOUT として出力される。信号 PHST は、水平走査回路 206 のデータ入力、PH1、PH2 は、シフトクロック入力であり、PH1 = H でデータがセットされ、PH2 でデータがラッチされる構成となっている。PH1、PH2 にシフトクロックを入力することにより、PHST を順次シフトさせて、 $H_0$  から  $H_{m-1}$  のスイッチを順次オンさせることができる。SKIP は、間引き読み出し時に設定を行なわせる制御端子入力である。SKIP 端子を H レベルに設定することにより、水平走査回路を所定間隔でスキップさせることが可能になる。

10

【0027】

208 は、垂直走査回路であり、順次走査して、 $V_0$  から  $V_{n-1}$  を出力することにより、光電変換部 PDmn の選択スイッチ 202 を選択することができる。制御信号は、水平走査回路と同様に、データ入力 PVST、シフトクロック PV1、PV2、間引き読み出し設定 SKIP により制御される。動作に関しては、水平走査回路と同様であるので詳細説明は省略する。また、図中では、前記の制御信号は、不図示とした。

【0028】

図 3、図 4、及び図 5 は、本実施例の撮像素子 107 に備えられた撮像用画素と焦点検出用画素の構造を説明する図である。本実施例においては、 $2 \times 2$  の 4 画素のうち、対角 2 画素に G (緑色) の分光感度を有する画素を配置し、他の 2 画素に R (赤色) と B (青色) の分光感度を有する画素を各 1 個配置した、ベイヤー配列が採用されている。そして、該ベイヤー配列の間に、後述する構造の焦点検出用画素が所定の規則にて分散配置される。

20

【0029】

図 3 に撮像用画素の配置と構造を示す。同図 (a) は  $2 \times 2$  の撮像用画素の平面図である。周知のごとく、ベイヤー配列では対角方向に G 画素が、他の 2 画素に R と B の画素が配置される。そして該 2 行  $\times$  2 列の構造が繰り返し配置される。

【0030】

同図 (a) の断面 A - A を同図 (b) に示す。ML は各画素の最前面に配置されたオンチップマイクロレンズ、 $CF_R$  は R (Red) のカラーフィルタ、 $CF_G$  は G (Green) のカラーフィルタである。PD は C-MOS センサの光電変換部を模式的に示したもので、CL は C-MOS センサ内の各種信号を伝達する信号線を形成するための配線層である。TL は撮影光学系を模式的に示したものである。EP は撮影光学系 TL の射出瞳を示したものである。

30

【0031】

ここで、撮像用画素のマイクロレンズ ML と光電変換部 PD は、撮影光学系 TL を通過した光束を可能な限り有効に取り込むように構成されている。換言すると、撮影光学系 TL の射出瞳 EP と光電変換部 PD は、マイクロレンズ ML により共役関係にあり、かつ光電変換部の有効面積は大面積に設計される。また、同図 (b) では R 画素の入射光束について説明したが、G 画素及び B (Blue) 画素も同一の構造となっている。従って、撮像用の RGB 各画素に対応した射出瞳 EP は大径となり、被写体からの光束を効率よく取り込んで画像信号の S/N を向上させている。

40

【0032】

図 4 は、撮影光学系の水平方向 (横方向) に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の配置と構造を示す。ここで水平方向あるいは横方向の定義は、撮影光学系の光軸が水平となるようにカメラを構えたとき、該光軸に直交し、かつ水平方向に伸びる直線に沿った方向を指す。同図 (a) は、焦点検出用画素を含む 2 行  $\times$  2 列の画素の平面図である。記録もしくは観賞のための画像信号を得る場合、G 画素で輝度情報の主成分を取得する。人間の

50

画像認識特性は輝度情報に敏感であるため、G画素が欠損すると画質劣化が認知されやすい。一方でRもしくはB画素は、色情報（色差情報）を取得する画素であるが、人間の視覚特性は色情報には鈍感であるため、色情報を取得する画素は多少の欠損が生じて画質劣化は認識され難い。そこで本実施例においては、2行×2列の画素のうち、G画素は撮像用画素として残し、RとBの画素を焦点検出用画素に置き換える。この焦点検出用画素を同図(a)において $S_{HA}$ （第1の焦点検出用画素）及び $S_{HB}$ （第2の焦点検出用画素）で示す。また、この $S_{HA}$ （第1の焦点検出用画素）及び $S_{HB}$ （第2の焦点検出用画素）を一对の焦点検出用画素と称す。なお、図示しないが、本実施例は、撮影光学系の垂直方向（縦方向）にも瞳分割を行なうための焦点検出用画素を備えるようにしてもよい。ここで垂直方向あるいは縦方向の定義は、撮影光学系の光軸と撮像領域の長辺とが地面に平行となるように撮像装置を構えたとき、この光軸に直交し、鉛直方向に伸びる直線に沿った方向を指す。

10

#### 【0033】

同図(a)における断面A-Aを同図(b)に示す。マイクロレンズMLと、光電変換部PDは図3(b)に示した撮像用画素と同一構造である。本実施例においては、焦点検出用画素の信号は画像創生には用いないため、色分離用カラーフィルタの代わりに透明膜 $CF_W$  (White)が配置される。また、撮像素子で瞳分割を行なうため、配線層CLの開口部はマイクロレンズMLの中心線に対して一方向に偏倚している。具体的には、画素 $S_{HA}$ の開口部 $OP_{HA}$ は右側に偏倚しているため、撮影光学系TLの左側の射出瞳 $EP_{HA}$ を通過した光束を受光する。同様に、画素 $S_{HB}$ の開口部 $OP_{HB}$ は左側に偏倚しているため、撮影光学系TLの右側の射出瞳 $EP_{HB}$ を通過した光束を受光する。このように、画素 $S_{HA}$ および画素 $S_{HB}$ は、撮影光学系の射出瞳のうち互いに異なる瞳領域を通過した光束をそれぞれ受光（光電変換）する。画素 $S_{HA}$ を水平方向に規則的に配列し、これらの画素群で取得した被写体像をA像とする。また、画素 $S_{HB}$ も水平方向に規則的に配列し、これらの画素群で取得した被写体像をB像とすると、A像とB像の相対位置を検出し、像のズレ量に対して変換係数を乗じることで被写体像のピントずれ量（デフォーカス量）を算出できる。

20

#### 【0034】

ここで、像ズレ量からデフォーカス量を算出するための変換係数の求め方について説明する。変換係数は撮影光学系の口径情報、及び焦点検出用画素の感度分布に基づいて算出することができる。撮像素子107には撮影レンズTLのレンズ保持枠や絞り兼用シャッタ102などのいくつかの構成部材によって制限された光束が入射する。図5は撮影光学系のケラレにより、焦点検出に用いる光束が限定されている様子を示す図である。同図はイメージセンサ（撮像素子）の中央近傍の画素に対して、射出瞳面501の位置にある撮影光学系の絞り兼用シャッタ502によって光束が限定されている様子を示している。同図(a)において、503、504はイメージセンサ（503は予定結像面位置にある状態を示す）、505は光軸、506はイメージセンサ上での光軸位置を示している。また、507、508は絞り兼用シャッタ502によって光束が限定された場合（絞りが絞られている状態）の光束、509、510は光束が限定されていない場合（絞り開放状態）の光束を示している。光束507、508に対する焦点検出用光束を511、512、焦点検出用光束の重心位置を515、516で示す。同様に、光束509、510に対する焦点検出用光束を513、514、焦点検出用光束の重心位置を517、518で示す。

30

40

#### 【0035】

同図(b)はイメージセンサの中央の焦点検出用画素の射出瞳面501でのケラレによる重心位置の変化を示した図である。同図において、523、524はイメージセンサの中央の画素に対して、絞り状態の光束507、508、及び絞り開放状態の光束509、510の瞳領域を示し、525、526は焦点検出用画素 $S_{HA}$ 、 $S_{HB}$ の感度分布を示している。焦点検出用画素 $S_{HA}$ 、 $S_{HB}$ には、525、526で図示した感度分布に対して、523、524で示した形状の内側を透過した光束が入射する。そのため、523、524で示した形状の内側を透過した焦点検出用光束の分布重心をそれぞれ求めること

50

で、焦点検出に用いる光束が絞られている状態と、絞り開放状態の重心間隔からそれぞれの基線長を求めることができる。

【0036】

焦点検出用画素の感度分布情報、及び撮影光学系の口径情報を測定及び計算から求めて不図示のメモリ（口径情報記憶手段、感度分布記憶手段）等に記憶しておくことで、像ズレ量からデフォーカス量を算出するための変換係数を求めることができる。

【0037】

同図（a）においてデフォーカス量519をDEF、イメージセンサ503から射出瞳面501までの距離520をLとする。また、焦点検出に用いる光束が絞られている状態と、絞り開放状態の基線長をそれぞれG2（515、516間距離）、G1（517、518間距離）とする。また、像ずれ量をPRE D2（521）、PRE D1（522）、像ずれ量をデフォーカス量に変換する変換係数をK2、K1とした場合、以下の式によってデフォーカス量が求まる。

【0038】

$$DEF = K1 \times PRE D1 = K2 \times PRE D2$$

像ずれ量をデフォーカス量に変換する変換係数K1、K2はそれぞれ以下の式によって求まる。

【0039】

$$K1 = G1 / L$$

$$K2 = G2 / L$$

同図（b）における感度分布の断面A-Aを同図（c）に示す。同図（c）において、（c）-1は絞り開放、（c）-2は絞りが絞られている状態の感度分布（533、534）を示す図である。同図において、横軸は光入射角度、縦軸は感度分布を示す図となる。両図を比較すると、絞り開放状態のほうが基線長が長い、また感度を持つ入射角度幅が広がることから分かる。基線長と、デフォーカスに対するA像、B像の像ズレ量は比例関係にあるため、基線長が長くなるとデフォーカスに対する像ズレ量の感度が高くなる。また、感度を持つ入射角度幅が大きくなると、デフォーカスに対するA像、B像のボケ量、像ケラレが大きくなる。一般的に、焦点検出用画素による像信号としては、デフォーカスに対して、像ずれ量の感度が高く、ボケ量、像ケラレが小さい像信号が望まれる。換言すれば、AFを高精度に行なうためには、ボケが小さく被写体のエッジが立っていること、基線長（像ずれ量）が大きいことが望まれる。

【0040】

ここで、本発明に特徴的な、1つの撮影光学系において、デフォーカス量に応じた焦点検出信号のボケ量を抑制しつつ、基線長を拡張する方法の概念について図5（c）を用いて説明する。

【0041】

本発明では、同図（c）-1、（c）-2のように、絞り状態を異ならせて得られた焦点検出信号の画素値を減算することにより、図（c）-3のような、領域531及び領域532を通過した光束により結像された光学像に相当する焦点検出信号を取得する。即ち、当該減算により光束の入射角に対する感度分布は535のようになり、レンズ外周からの光に対して相対的に感度が高くなるため、射出瞳における光束の通過領域の重心間距離（基線長）を、絞り開放状態における重心間隔距離より拡張することができる。また、感度分布の入射角度幅を小さくすることができるため、デフォーカスに対する、焦点検出像のボケ量を小さくすることができる。これにより、撮像面位相差AFの精度を改善することができる。

【0042】

なお、絞り径と射出瞳の径が一致する撮影光学系の場合、図5（a）～（c）のように、焦点検出用画素の受光領域に到達する光束が、射出瞳において通過する領域の重心間距離（基線長）G1、G2、及びG3は、概略以下ようになる。

【0043】

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned} G 1 &= D 1 / 2 \\ G 2 &= D 2 / 2 \\ G 3 &= G 1 + G 2 \end{aligned}$$

ここで、D 1 は開放絞り時の絞り径、D 2 は絞り状態における絞り径である。

【 0 0 4 4 】

さらに、像ずれ量をデフォーカス量に変換する変換係数は、以下の式によって求まる。

【 0 0 4 5 】

$$K 3 = G 3 / L$$

また、図 5 の場合における焦点検出用画素の出力 P b は、撮影光学系の光学性能や、撮像部のマイクロレンズ及び受光素子の配置に起因する集光性能により変化するが、絞り開放状態における出力 P a を基準として、

$$P a \times (D 2 / D 1) \quad P b \quad P a \times (D 2 / D 1)^2$$

の範囲に含まれる。またこの場合、減算した画像データにおける出力 P c は、

$$P c = P a - P b$$

となる。

【 0 0 4 6 】

図 6 は、撮像用画素群および焦点検出用画素群の配置を示した図である。同図において、G は、緑フィルターを塗布された画素、R は、赤フィルターを塗布された画素、B は、青フィルターを塗布された画素である。図中の S<sub>H A</sub> は、画素部の開口を水平方向に偏倚させて、形成された焦点検出用の画素であり、後述の S<sub>H B</sub> 画素群との水平方向の像ずれ量を検出するための基準画素群である。また、S<sub>H B</sub> は、画素の開口部を S<sub>H A</sub> 画素とは、逆方向に偏倚させて形成された画素であり、S<sub>H A</sub> 画素群との水平方向の像ずれ量を検出するための参照画素群である。S<sub>H A</sub>、S<sub>H B</sub> 画素の白抜き部分が、偏倚した画素の開口位置を示している。

【 0 0 4 7 】

図 7 は、撮像画面上の焦点検出領域を示した一例である。同図において、焦点検出領域では図 6 に示した画素の配置となっている。本実施例では、焦点検出領域を撮像画面上の中央に設定しているが、焦点検出領域を複数領域配置し、それぞれの領域で結像された被写体像から焦点検出画素で像をサンプリングするようにしてもよい。

【 0 0 4 8 】

図 8 ~ 図 10 は、カメラの焦点調節及び撮影工程を説明するためのフローチャートである。先に説明した各図も参照しながら、図 7 以降の制御フローを説明する。なお、このフローにおける各工程は、CPU 121 により構成されるコンピュータがコンピュータプログラムに従って実行する。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、本実施例におけるカメラの動作を示すフローチャートである。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 8 0 1 で撮影者がカメラの電源スイッチをオン操作すると、ステップ S 8 0 2 において CPU 121 はカメラ内の各アクチュエータや撮像素子の動作確認を行ない、メモリ内容や実行プログラムの初期化を行なうと共に、撮影準備動作を実行する。ステップ S 8 0 3 では撮像素子の撮像動作を開始し、プレビュー用の低画素動画像を出力する。ステップ S 8 0 4 では読み出した動画をカメラ背面に設けられた表示器 131 に表示し、撮影者はこのプレビュー画像を目視して撮影時の構図決定を行なう。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 8 0 5 で画像領域の中から焦点検出領域を決定する。本実施例においては、図 7 に示すように、測距点を中央のみに配置しているため、中央領域が選択される。その後、ステップ S 9 0 1 に進み、焦点検出サブルーチンを実行する。

【 0 0 5 2 】

図 9 は焦点検出サブルーチンのフロー図である。メインフローのステップ S 9 0 1 から当サブルーチンにジャンプする。サブルーチンにジャンプすると、ステップ S 9 0 2、S

10

20

30

40

50

903で2種類の異なる絞り値でそれぞれ焦点検出画素信号を読み出す。

【0053】

ステップS902で、CPU121は、絞り値を例えばF2.0等の開側の値（第1の絞り値）に設定して焦点検出画素信号を読み出し、得られた絞り開側データをRAM（焦点検出用画素記憶手段）に格納する。続くS903で、CPU121は、絞り値を例えばF8.0等の閉側の値（第1の絞り値とは異なる第2の絞り値）に設定して焦点検出画素信号を読み出し、得られた絞り閉側データをRAMに格納する。ここで、第1の絞り値における開口の大きさは、第2の絞り値における開口の大きさより大きい。本実施例では、第1の絞り値を開放絞り値から1段絞った絞り値に設定し、第2の絞り値を第1の絞り値よりも大きい絞り値（例えば第1の絞り値から4段絞った絞り値）に設定している。なお、本実施例では、第1の絞り値を開放絞り値から1段絞った絞り値としたがこれに限定されず、第1の絞り値を開放絞り値としてもよい。このように、第1の絞り値を開放絞り値近傍の値に設定する。また、絞り開側焦点検出画素信号から、適切に絞り閉側の光束成分を除去するために、絞り閉側の焦点検出画素信号を読み出す際には、絞り開側読み出し時の露出に対して、同じ露光時間で読み出す。また、表示器131に常時映し出されるプレビュー画像の露出変化をなくすため絞り閉側読み出し時には、絞り開側読み出し時の露出と同一となるようにゲイン制御したプレビュー画像を表示する。

10

【0054】

ステップS904で、CPU121（生成手段および焦点検出手段）は、絞り開側の焦点検出信号（第1の焦点検出信号）から、絞り閉側の焦点検出信号（第2の焦点検出信号）の減算を実行する。

20

【0055】

ステップS905では減算して得られた焦点検出信号（減算焦点検出信号、第3の焦点検出信号）の相関演算を行ない、2像の相対的な位置ずれ量（像ずれ量）を計算する。焦点検出画素列から読み出された一对の像信号（ $a_1 \sim a_n$ 、 $b_1 \sim b_n$ ： $n$ はデータ数）に対して、以下の式に示す相関演算を行ない、相関量 $Corr(l)$ を演算する。

【0056】

【数1】

$$Corr(l) = \sum_{k=0}^{n-l-1} |a_k - b_{k+l}|$$

30

【0057】

同式において、 $l$ は像ずらし量を表し、像をずらした際のデータ数は $n-1$ に限定される。また、像ずらし量 $l$ は整数であり、データ列のデータ間隔を単位とした相対的なシフト量である。同式の演算結果は、図11に示すように、一对のデータの相関が最も高い場合に、相関量 $Corr(l)$ が極小となる。さらに、相関量 $Corr(m)$ （極小となるシフト量 $m$ ）、及び $m$ に近いシフト量で算出された相関量を用いて、3点内挿の手法を用いて、連続的な相関量に対する極小値 $Corr(d)$ を与えるシフト量 $d$ を求める。

【0058】

ステップS906では、相関演算結果の信頼性を演算する。ここで信頼性とは、2像の一致度FLVLを指す。2像の一致度FLVLは同式で算出した相関量 $Corr(l)$ に対して、相関性の最も高いときの値 $Corr(d)$ とする。デフォーカス量が大きいとき、A像、B像の非対称性が大きくなるため、2像の一致度FLVLが大きく、信頼性が悪化する。一般的にデフォーカス量に対する2像の一致度FLVLは、レンズの位置が合焦位置に近いほど、2像の一致度FLVLは低く演算され、信頼性が高い傾向となる。

40

【0059】

続くステップS907、908では、S905で演算された像ずれ量に対して、所定のデフォーカス変換係数を乗ずることでデフォーカス量DEFを演算する。ステップS907では、予め記憶されている焦点検出用画素の感度分布情報、及び撮影光学系の口径情報

50

から、絞り開側、閉側の２種類の絞り状態の情報を参照することで、上述したデフォーカス変換係数 $K_3$ を演算する。ステップ $S_{908}$ では、デフォーカス変換係数 $K_3$ 、及び $S_{905}$ で算出した像ずれ量を用いて検出デフォーカス量 $DEF$ を得る。

【0060】

ステップ $S_{909}$ では、測距点内の全測距ラインに対して、検出デフォーカス量までの演算が終了したか否かの判断を行なう。終了していない場合、ステップ $S_{902}$ に戻り、順にステップ $S_{904}$ から演算を実行する。

【0061】

測距点内の全測距ラインに対してデフォーカス演算が終了している場合、続くステップ $S_{910}$ に進み、測距領域内にある複数の焦点検出ラインの中から、信頼性の高い（ $FLVL$ の小さい）情報を優先的に使用する処理を施し、最終的な測距結果を決定する。

10

【0062】

続くステップ $S_{911}$ で図8のメインフロー内のステップ $S_{807}$ にリターンする。

【0063】

図8のステップ $S_{807}$ では、検出デフォーカス量が許容値以下か否かを判断する（すなわち、合焦か否かを判断する）。そして、検出デフォーカス量が許容値より大きい場合は、非合焦と判断し、ステップ $S_{808}$ でフォーカスレンズを駆動し、その後ステップ $S_{901}$ ないしステップ $S_{807}$ を繰り返し実行する。そしてステップ $S_{807}$ にて合焦状態に達した（すなわち、検出デフォーカス量が許容値以下である）と判定されると、ステップ $S_{809}$ にて合焦表示を行ない、ステップ $S_{810}$ に移行する。

20

【0064】

ステップ $S_{810}$ では、撮影開始スイッチがオン操作されたか否かを判別し、オン操作されていなければステップ $S_{810}$ にて撮影待機状態を維持する。ステップ $S_{810}$ で撮影開始スイッチがオン操作されるとステップ $S_{1001}$ に移行し、撮影サブルーチンを実行する。

【0065】

図10は撮影サブルーチンのフロー図である。撮影開始スイッチが操作されると、ステップ $S_{1001}$ を経由して、ステップ $S_{1002}$ では光量調節絞りを駆動し、露光時間を規定するメカニカルシャッタの開口制御を行なう。ステップ $S_{1003}$ では、高画素静止画撮影のための画像読み出し、すなわち全画素の読み出しを行なう。ステップ $S_{1004}$ では読み出した画像信号の欠損画素補間を行なう。すなわち、焦点検出用画素の出力は撮像のためのRGBカラー情報を有しておらず、画像を得る上では欠陥画素に相当するため、周囲の撮像用画素の情報から補間により画像信号を創生する。

30

【0066】

ステップ $S_{1005}$ では、画像の補正、エッジ強調等の画像処理をおこない、ステップ $S_{1006}$ において、フラッシュメモリ133に撮影画像（画像信号）を記録する。ステップ $S_{1007}$ では、表示器131に撮影済み画像を表示し、ステップ $S_{1008}$ で図8のメインフローにリターンする。

【0067】

図8のメインフローに戻ると、ステップ $S_{812}$ にて一連の撮影動作を終了する。

40

【0068】

以上説明した実施例は代表的な例にすぎず、本発明の実施に際しては、実施例に対して種々の変形や変更が可能である。

《第1の実施形態の変形例》

第1の実施形態では、２種類の絞り状態によりそれぞれ読み出された焦点検出画素信号に対して、そのまま減算を行なうことで、相関演算を行なう焦点検出信号を生成している。

【0069】

図12は、図5（b）において、２種類の絞り状態の減算を行なった際の、感度分布を示した図である。同図より、第1の実施形態のように、２種類の絞り状態で得られた焦点

50

検出画素信号の減算を実施した場合、1201、1202の感度領域水平方向の角度が0度近傍、かつ垂直方向に入射角度のついた感度領域で感度をもつ。そのため、理想的な瞳分離を行なうことが困難である。ここで、同図の1203は焦点検出用画素の受光可能領域を示す。

#### 【0070】

上記理想的な瞳分離を行なうための第一の変形例として、2種類の絞り状態によりそれぞれ読み出された焦点検出画素信号に対して減算を行なう際に、絞り閉側の焦点検出信号に対してゲイン補正を施す。つまり、本変形例においてCPU121は、絞り閉側の焦点検出信号を補正する信号補正手段としての機能を有する。より具体的には、焦点検出用画素を読み出す際の撮影光学系の口径情報、および焦点検出用画素の入射光角度に対する感度分布特性を基に、絞り閉側の焦点検出信号に対して(ゲイン)補正を施す。そして、絞り開側の焦点検出信号(第1の焦点検出信号)からゲイン補正後の絞り閉側の焦点検出信号(ゲイン補正後の第2の焦点検出信号)を減算することで、減算焦点検出信号(第3の焦点検出信号)を得る。図12の1203の感度領域に対応した量のゲイン補正值を設定することで、上述した瞳分離性能を向上することができる。

10

#### 【0071】

上記理想的な瞳分離を行なうための第二の変形例として、焦点検出用画素の受光可能領域を限定させることが考えられる。図12において、一对の焦点検出用画素の受光可能領域は単位画素において、基線長方向に2分割した形状としている。図13は、左右2分割した受光可能領域を設ける際に、受光可能領域の境界をマイクロレンズの光軸に対して単位画素の対角方向に設けた形状(1301)としている。より具体的には、焦点検出用画素の開口形状をマイクロレンズの光軸に対して、円弧形状となるように構成する。このように、第1の絞り値に制御した状態と第2の絞り値に制御した状態で、焦点検出用画素のマイクロレンズの光軸付近の感度分布形状が同等となるように焦点検出用画素の開口形状を設計する。換言すれば、該マイクロレンズの光軸から所定の範囲の感度分布形状が同じになるように焦点検出用画素の開口形状を設計する。ただし、ここにいう形状が同じとは、完全に一致する場合だけでなく、製造誤差の範囲でわずかな差を有するが一致しているとみなすことができる場合も含む。同図の形状とすることで、図12の感度領域1202のような、瞳分離性能を悪化させる要因を排除することが可能となる。

20

#### 【0072】

以上、第一、及び第二の変形例を実施することで、瞳分離性能をさらに向上することが可能である。

30

#### 【0073】

本発明によれば、撮像用画素群と焦点検出用画素群とを含む撮像素子において、焦点検出信号の基線長を拡張しつつ、像のぼけを抑制することができる。

(他の実施形態)

本発明の目的は以下のようにしても達成できる。すなわち、前述した実施形態の機能を実現するための手順が記述されたソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、装置(例えば、撮像装置)に供給する。そしてその装置のコンピュータ(またはCPU、MPU等)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行するのである。

40

#### 【0074】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が本発明の新規な機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体およびプログラムは本発明を構成することになる。

#### 【0075】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスクなどが挙げられる。また、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD-R、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM等も用いることができる。

#### 【0076】

50

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行可能とすることにより、前述した実施形態の機能が実現される。さらに、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS（オペレーティングシステム）等が実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0077】

更に、以下の場合も含まれる。まず記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれる。その後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部または全部を行う。

【産業上の利用可能性】

【0078】

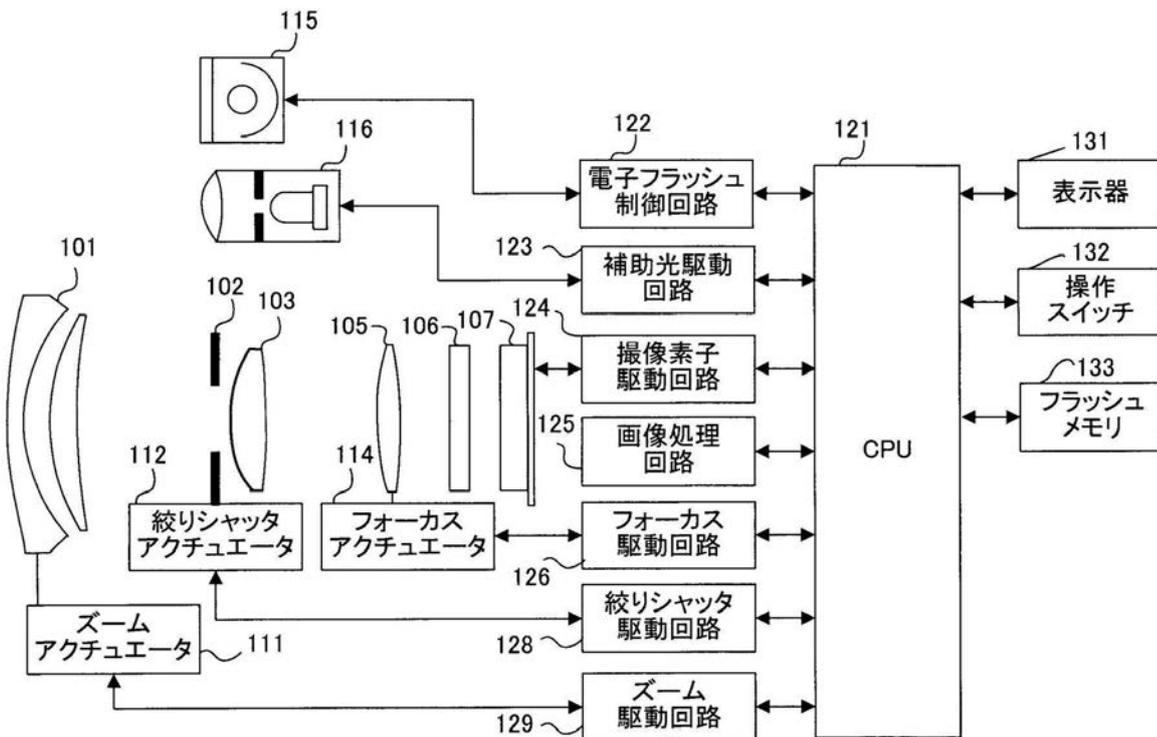
本発明は、コンパクトデジタルカメラ、一眼レフカメラ、ビデオカメラなどのカメラシステムに好適に利用できる。

【符号の説明】

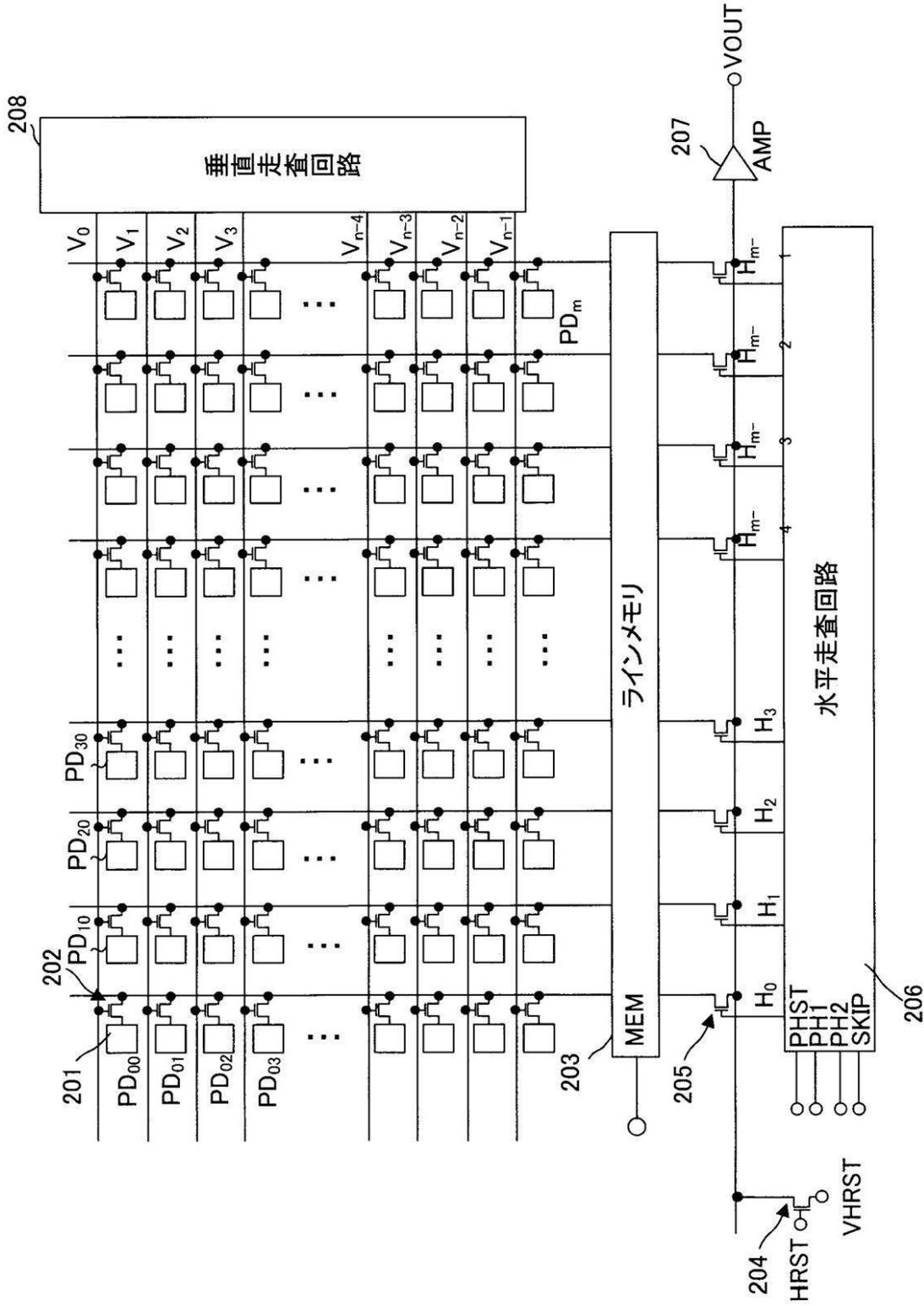
【0079】

- 102 絞り兼用シャッタ
- 107 撮像素子
- 121 CPU

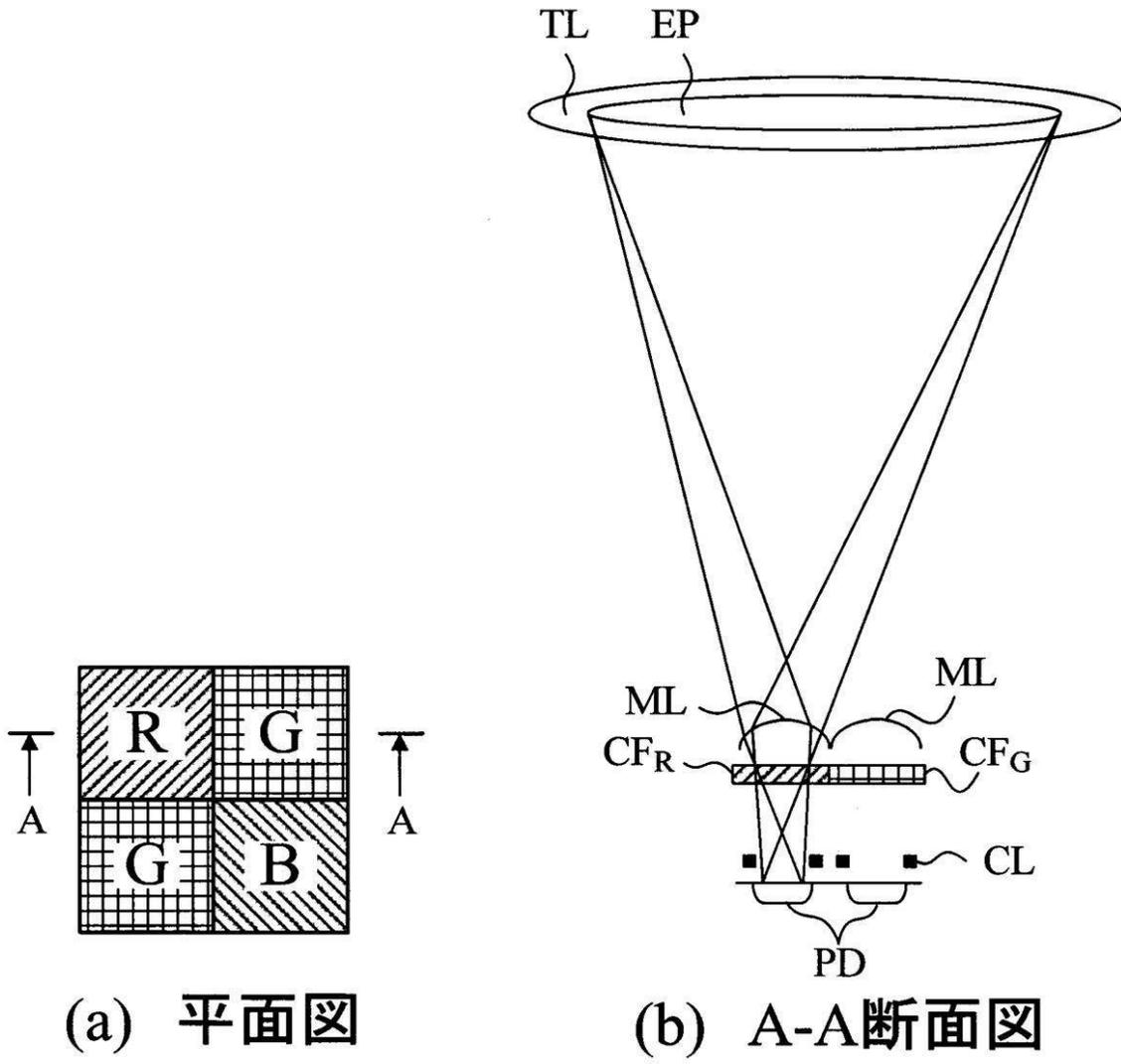
【図1】



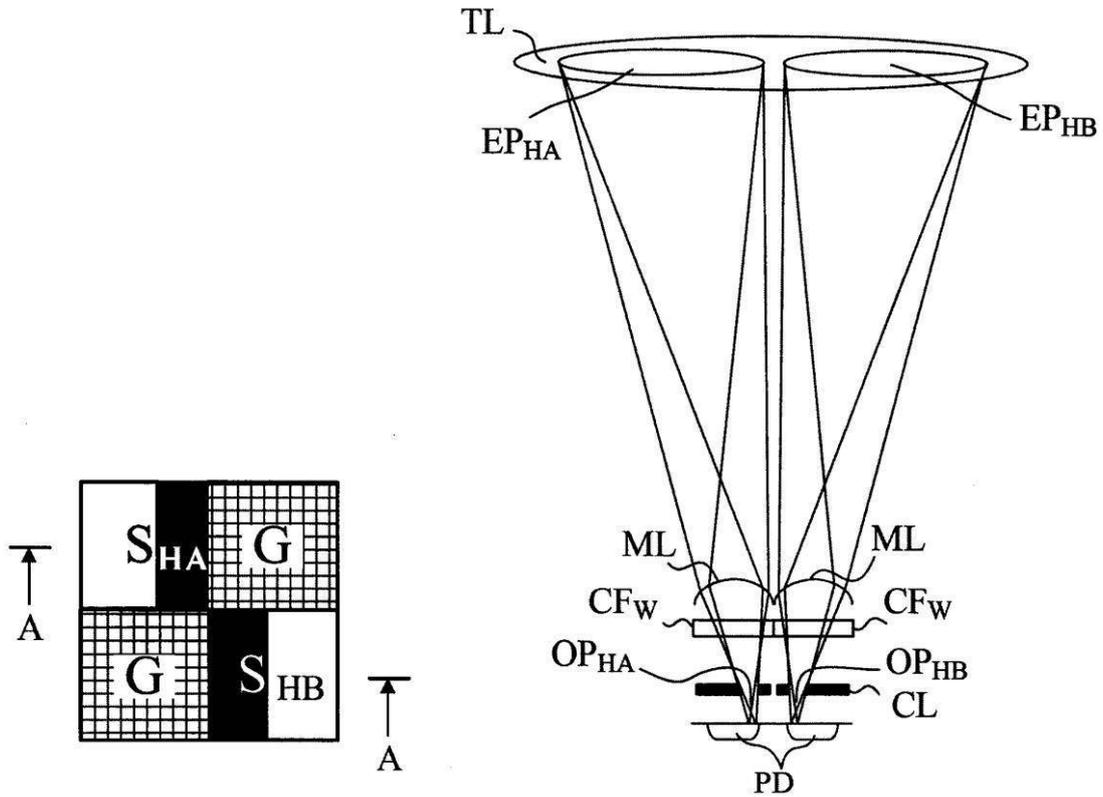
【 図 2 】



【 図 3 】



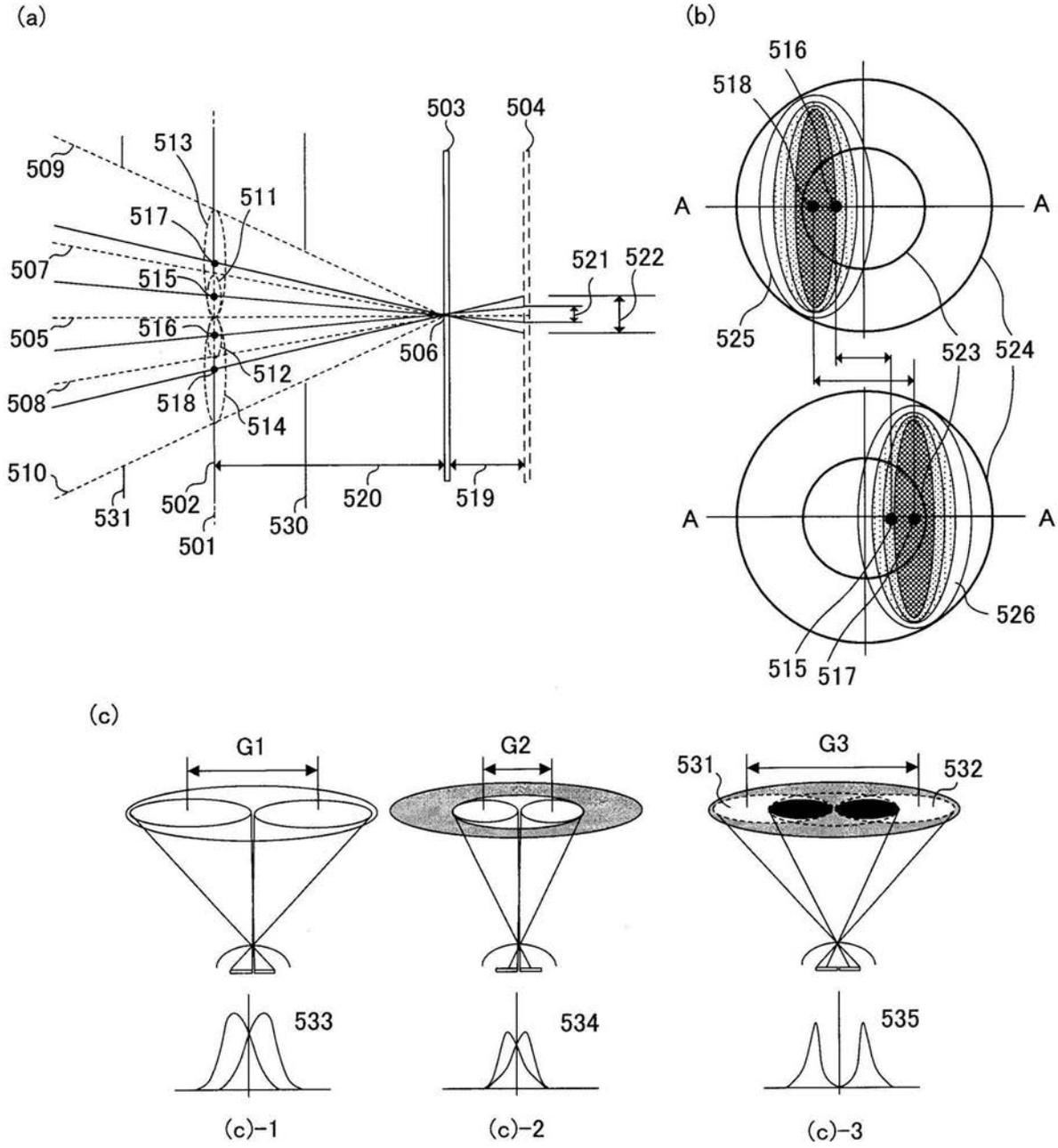
【 図 4 】



(a) 平面図

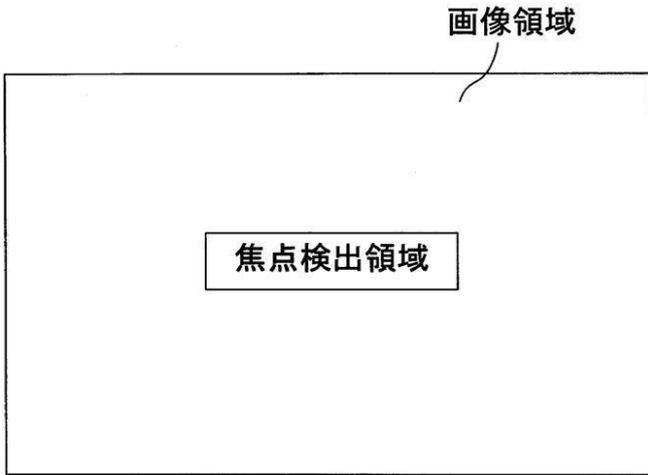
(b) A-A断面図

【 図 5 】

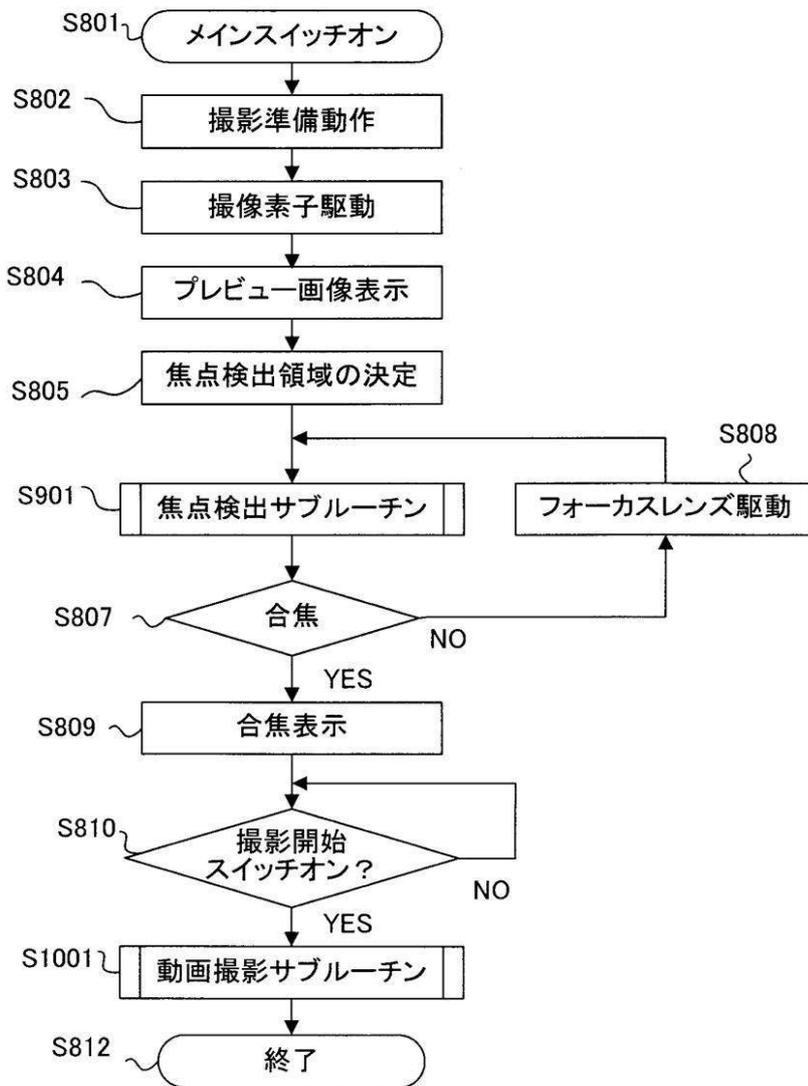




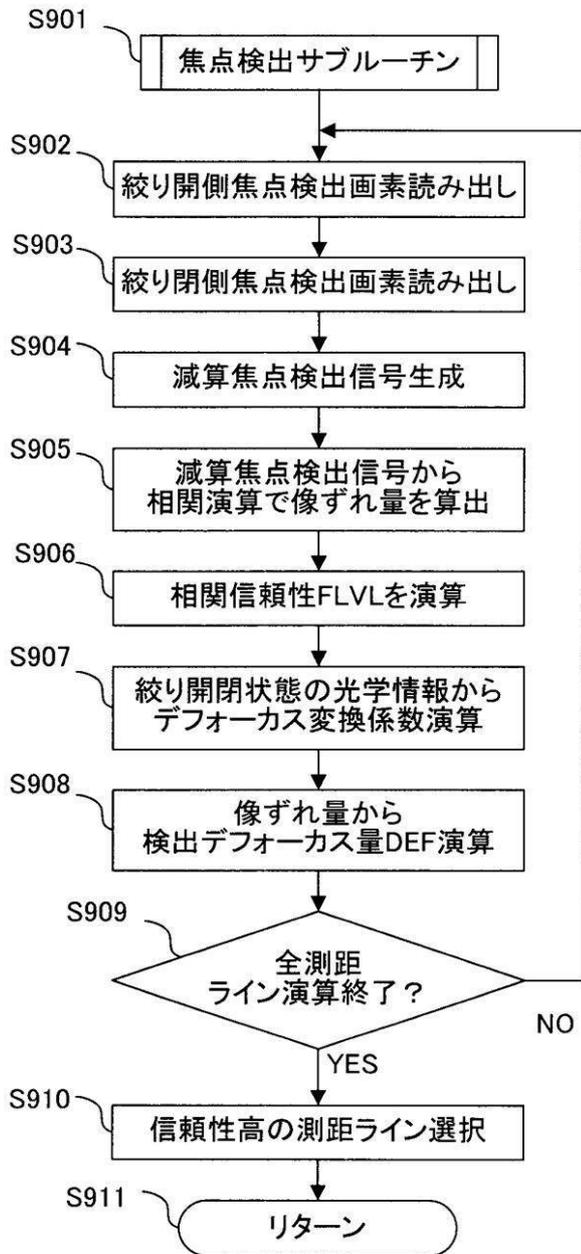
【図7】



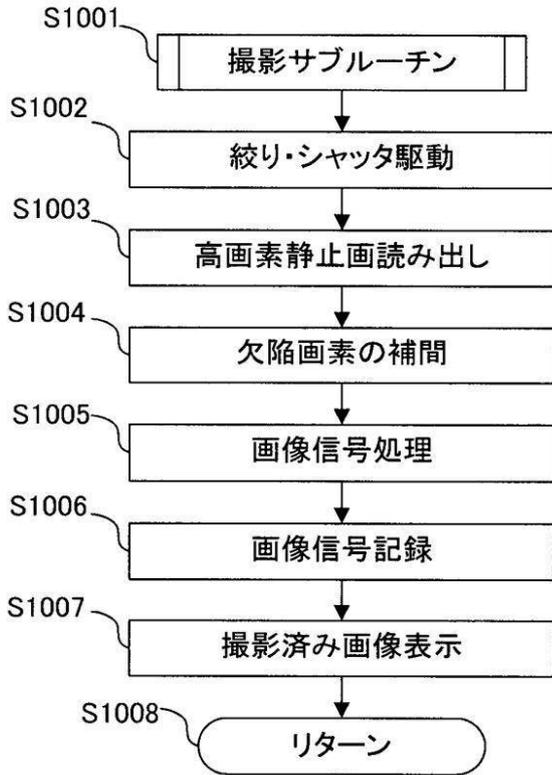
【図8】



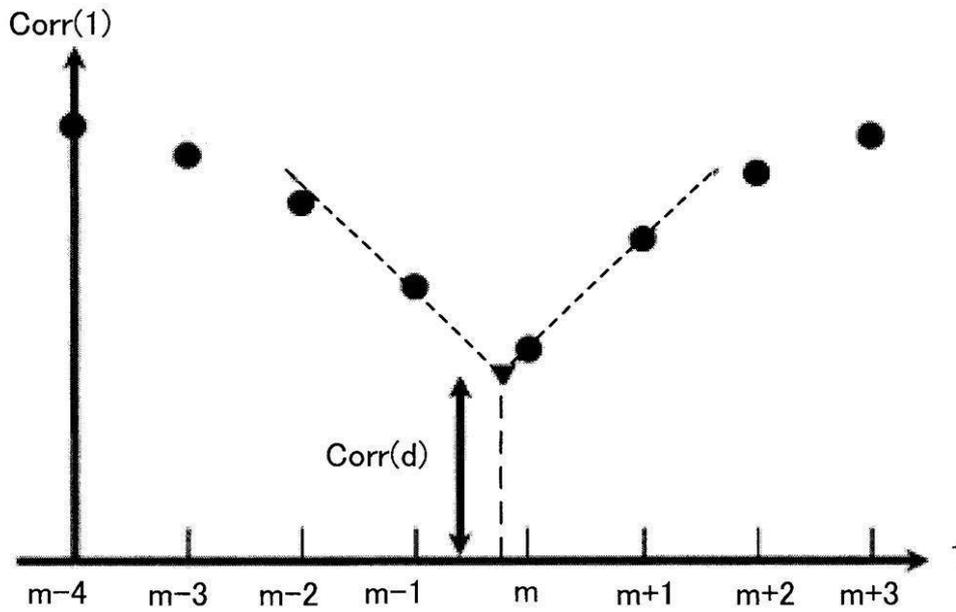
【図9】



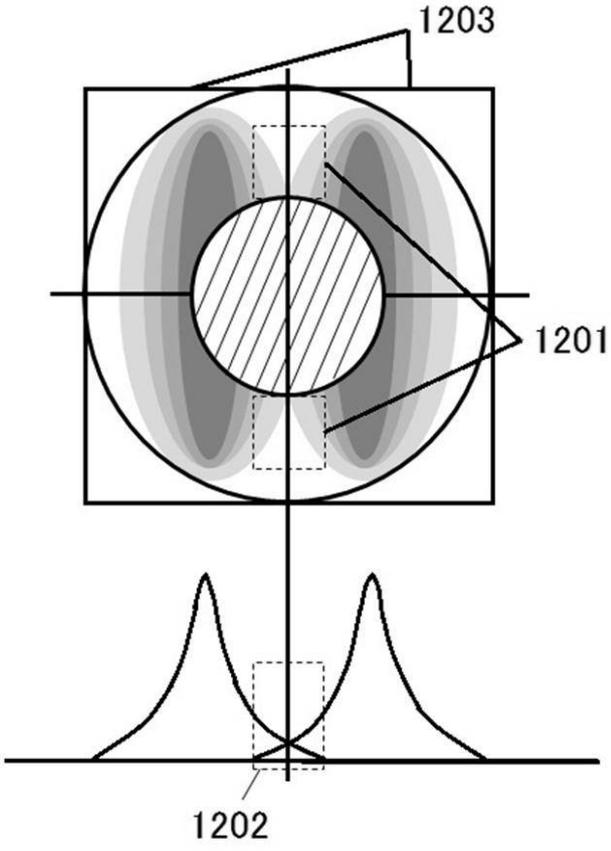
【図10】



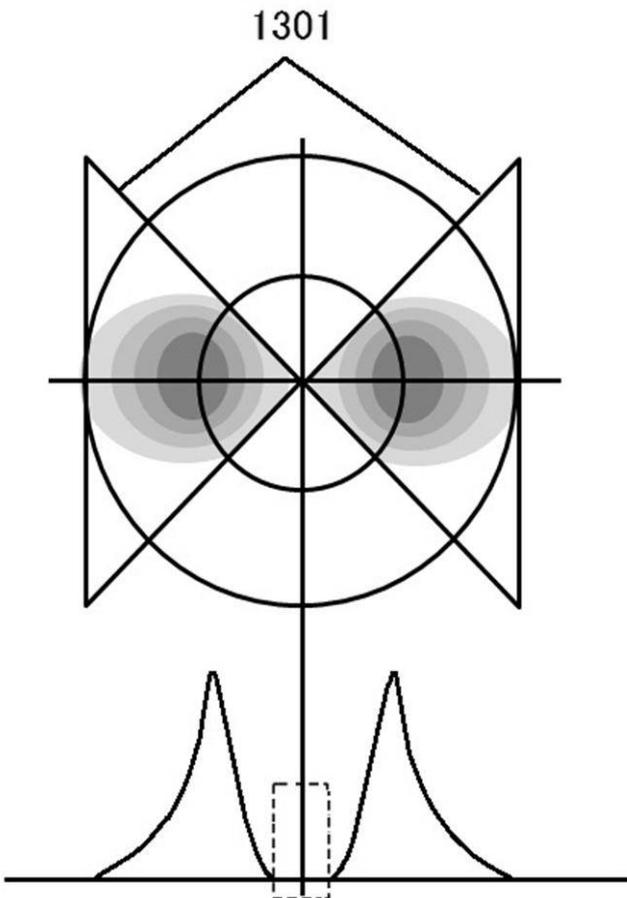
【図11】



【 図 1 2 】

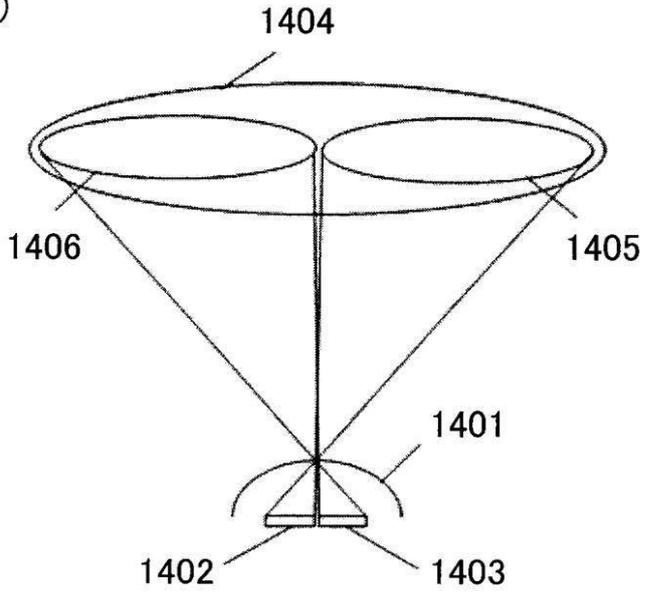


【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

(a)



(b)

