

(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2010-286826

(P2010-286826A)

(43) 公開日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO2B	7/28	(2006.01)	GO2B	7/11	N	2H011		
GO2B	7/34	(2006.01)	GO2B	7/11	C	2H151		
GO3B	13/36	(2006.01)	GO3B	3/00	A	5C122		
HO4N	5/232	(2006.01)	HO4N	5/232	H			

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2010-101439 (P2010-101439)	(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
(22) 出願日	平成22年4月26日 (2010.4.26)	(74) 代理人	100076428 弁理士 大塚 康徳
(31) 優先権主張番号	特願2009-115920 (P2009-115920)	(74) 代理人	100112508 弁理士 高柳 司郎
(32) 優先日	平成21年5月12日 (2009.5.12)	(74) 代理人	100115071 弁理士 大塚 康弘
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100116894 弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409 弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

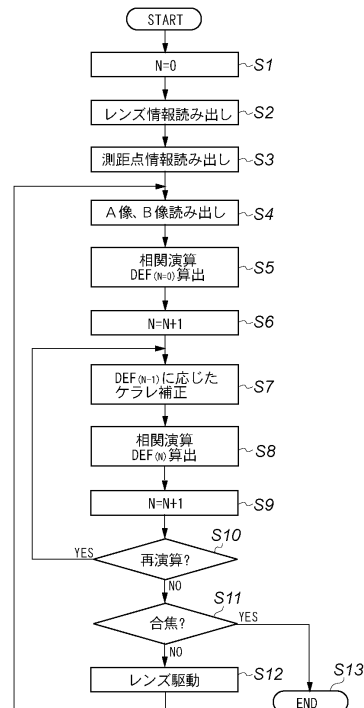
(54) 【発明の名称】 焦点検出装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 撮像装置における焦点検出をより精度良く行えるようにする。

【解決手段】 焦点検出装置は、被写体を結像する結像光学系の第1の瞳領域を通過する光束を受光する第1の画素群と第2の瞳領域を通過する光束を受光する第2の画素群とを有する光電変換部と、第1の画素群により生成された第1の被写体像と第2の画素群により生成された第2の被写体像とに基づいて、結像光学系の焦点状態を検出する焦点検出部と、第1の被写体像と第2の被写体像に対して、焦点検出部の出力に基づいて補正演算を行う補正演算部と、補正演算を焦点検出部の出力に基づいて再度行うか否かを判定する判定部とを有する。

【選択図】 図17



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被写体を結像する結像光学系の第 1 の瞳領域を通過する光束を受光する第 1 の画素群と第 2 の瞳領域を通過する光束を受光する第 2 の画素群とを有する光電変換手段と、

前記第 1 の画素群により生成された第 1 の被写体像と前記第 2 の画素群により生成された第 2 の被写体像とに基づいて、前記結像光学系の焦点状態を検出する焦点検出手段と、

前記第 1 の被写体像と前記第 2 の被写体像に対して、前記焦点検出手段の出力に基づいて補正演算を行う補正演算手段と、

前記補正演算を前記焦点検出手段の出力に基づいて再度行うか否かを判定する判定手段と、

を有することを特徴とする焦点検出装置。

10

【請求項 2】

前記補正演算手段は、前記結像光学系の第 1 の瞳領域に対応した第 1 の線像と前記結像光学系の第 2 の瞳領域に対応した第 2 の線像とを算出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】

前記補正演算手段は、前記第 1 の被写体像に前記第 2 の線像を畳み込み積分することにより第 1 の像信号を生成し、前記第 2 の被写体像に前記第 1 の線像を畳み込み積分することにより第 2 の像信号を生成することを特徴とする請求項 2 に記載の焦点検出装置。

【請求項 4】

前記補正演算手段は、前記第 1 の被写体像と前記第 2 の被写体像に対して、シェーディング補正を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の焦点検出装置。

20

【請求項 5】

被写体を結像する結像光学系と、

前記結像光学系の第 1 の瞳領域を通過する光束を受光する第 1 の画素群と第 2 の瞳領域を通過する光束を受光する第 2 の画素群とを有する光電変換手段と、

前記結像光学系の焦点状態を検出する焦点検出手段と、

前記光電変換手段の第 1 の画素群により生成された第 1 の被写体像と第 2 の画素群により生成された第 2 の被写体像に対して、前記焦点検出手段の出力に基づいて補正演算を行う補正演算手段と、

被写体像の出力に基づいて、特性の異なる複数の信号処理から、信号処理を選択する信号処理選択手段と、

被写体像に、前記信号処理選択手段によって選択された信号処理を施す信号処理手段と、

前記補正演算を前記焦点検出手段の出力に基づいて再度行うか否かを判定する判定手段とを有し、

前記信号処理の選択は、前記判定手段によって再度の補正演算は行わないと判定されるより前には、前記補正演算が行われる前の信号に基づいて行われることを特徴とする焦点検出装置。

30

【請求項 6】

前記信号処理手段は、特定の周波数成分の信号を増幅または減衰することを特徴とする請求項 5 に記載の焦点検出装置。

40

【請求項 7】

前記信号処理の選択は、前記判定手段によって再度の補正演算は行わないと判定された後には、前記補正演算が行われた後の信号に基づいて行われることを特徴とする請求項 5 に記載の焦点検出装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、撮像装置における焦点検出技術に関するものである。

50

【背景技術】

【0002】

撮影レンズの焦点状態を検出する方式の一つとして、センサの各画素にマイクロレンズが形成された2次元のセンサを用いて瞳分割方式の焦点検出を行う装置が特許文献1に開示されている。特許文献1の装置では、センサを構成する各画素の光電変換部が複数に分割されており、分割された光電変換部がマイクロレンズを介して撮影レンズの瞳の異なる領域を受光するように構成されている。

【0003】

また特許文献2では、マイクロレンズと光電変換部の相対位置を偏位させた画素を2次元的に配置した、イメージセンサを兼ねた固体撮像装置を開示している。特許文献2の固体撮像装置では、撮影レンズの焦点状態を検出するときは、マイクロレンズと光電変換部の相対偏位方向が異なる画素列で生成される像に基づいて撮影レンズの焦点状態を検出している。一方通常の画像を撮像するときは、マイクロレンズと光電変換部の相対偏位方向が異なる画素を加算することにより、画像を生成している。

【0004】

また、本願出願人はデジタルスチルカメラに用いられるCMOS型イメージセンサ(固体撮像装置)を用いて瞳分割方式の焦点検出を行う固体撮像装置の特許文献3において開示している。特許文献3の固体撮像装置は、固体撮像装置を構成する多数の画素のうち一部の画素は撮影レンズの焦点状態を検出するために光電変換部が2つに分割された構成になっている。光電変換部は、マイクロレンズを介して撮影レンズの瞳の所定領域を受光するように構成されている。

【0005】

図20は、特許文献3に開示されている固体撮像装置の中央に位置する焦点検出を行う画素の受光分布の説明図で、2つに分割された光電変換部がそれぞれ受光可能な撮影レンズの瞳上の領域を示している。図中円内の斜線部は撮影レンズの射出瞳を示し、白抜きされた領域S₁、領域S₂は2つに分割された光電変換部の受光可能な領域で、通常撮影レンズの光軸(図中x軸とy軸の交点)に対して対称になるように設定されている。

【0006】

カメラにおいては、撮影レンズの瞳上の領域S₁を透過した光束により生成された像と領域S₂を透過した光束により生成される像の相関演算を行って、撮影レンズの焦点状態が検出される。撮影レンズの異なる瞳領域を透過した光束から生成される像の相関演算を行って焦点検出を行う方法は、特許文献4に開示されている。また、特許文献4では、カメラに格納された特定のフィルターを口径比、射出瞳位置、像ズレ量によって変形し、この変形フィルターを被写体像に適応させたのち、結像状態を検出する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開昭58-24105号公報(第2頁、図1)

【特許文献2】特許第2959142号公報(第2頁、図2)

【特許文献3】特開2005-106994号公報(第7頁、図3)

【特許文献4】特開平5-127074号公報(第15頁、図34)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

焦点状態を検出する場合、撮影画面の中央に位置する被写体のみならず、通常撮影画面の周辺に位置する被写体に対しても焦点検出が可能である。しかし、撮影画面の周辺では、撮影レンズのレンズ枠などによる光束のけられが生じるため、撮影レンズの瞳上の領域S₁と領域S₂は非対称となってしまう。そのため、撮影レンズの瞳上の領域S₁を透過した光束により生成された像と領域S₂を透過した光束により生成される像の一致度は低

10

20

30

40

50

くなる。その結果、特許文献 1 ~ 3 に開示されている技術では、撮影レンズの瞳上の領域 S を透過した光束により生成された像と領域 S を透過した光束により生成される像とに基づいて相関演算を行っても、精度の高い焦点検出ができないという欠点があった。

【0009】

また、特許文献 4 に開示されている技術では、カメラに格納された特定のフィルターを条件によって変形しただけではケラレ状態に応じた修復ができないという欠点があった。

【0010】

本発明は上述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、撮像装置における焦点検出をより精度良く行えるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係わる焦点検出装置は、被写体を結像する結像光学系の第 1 の瞳領域を通過する光束を受光する第 1 の画素群と第 2 の瞳領域を通過する光束を受光する第 2 の画素群とを有する光電変換手段と、前記第 1 の画素群により生成された第 1 の被写体像と前記第 2 の画素群により生成された第 2 の被写体像とに基づいて、前記結像光学系の焦点状態を検出する焦点検出手段と、前記第 1 の被写体像と前記第 2 の被写体像に対して、前記焦点検出手段の出力に基づいて補正演算を行う補正演算手段と、前記補正演算を前記焦点検出手段の出力に基づいて再度行うか否かを判定する判定手段と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、撮像装置における焦点検出をより精度良く行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係わるカメラの構成図。

【図 2】撮像素子の概略的回路構成図。

【図 3】撮像素子の画素部の断面図。

【図 4】撮像素子の駆動タイミングチャート。

【図 5】撮像素子の撮像用画素の平面図と断面図。

【図 6】撮影レンズの水平方向（横方向）に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の平面図と断面図。

【図 7】撮影レンズの垂直方向（縦方向）に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の平面図と断面図。

【図 8】撮像素子の瞳分割状況を概念的に説明する図。

【図 9】焦点検出時に取得した画像と焦点検出領域を説明する図。

【図 10】撮像素子中央の焦点検出用画素の入射角特性を表した模式図。

【図 11】光束のケラレを説明する図。

【図 12】瞳面 M e 上での瞳領域を示した図。

【図 13】焦点検出用画素の瞳強度分布を示す図。

【図 14】撮像素子中央の焦点検出用画素の瞳面 M e 上でのケラレを示した図。

【図 15】撮像素子の中央から像高を持った位置の画素の瞳面 M e 上でのケラレを示した図。

【図 16】被写体像の非対称性を解消するためのフィルタ処理を説明する概念図。

【図 17】焦点検出動作を示すフローチャート。

【図 18】ケラレ補正動作を示すフローチャート。

【図 19】撮像素子に入射する光線を表す図。

【図 20】固体撮像装置の受光分布の説明図。

【図 21】第 2 の実施形態における焦点検出フロー図。

【図 22】図 22 は、相関演算フロー図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

10

20

30

40

50

(第1の実施形態)

図1は本発明の第1の実施形態に係わる焦点検出装置を有する撮像装置であるカメラの構成図を示している。図1において、101は撮影光学系(結像光学系)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ーで、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ー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ー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。105は第3レンズ群で、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、光電変換手段である

10

20

30

40

50

【0015】

111はズームアクチュエータで、不図示のカム筒を回転することで、第1レンズ群101乃至第3レンズ群105を光軸方向に進退駆動し、変倍操作を行なう。112は絞りシャッターアクチュエータで、絞り兼用シャッター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。115は撮影時の被写体照明用の電子フラッシュで、キセノン管を用いた閃光照明装置が好適であるが、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検出能力を向上させる。

【0016】

121は、カメラ本体の種々の制御を司るカメラ内のCPUで、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。そして、ROMに記憶された所定のプログラムに基づいて、カメラが有する各種回路を駆動し、AF(オートフォーカス)、撮影、画像処理、記録等の一連の動作を実行する。122は電子フラッシュ制御回路で、撮影動作に同期して電子フラッシュ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補助光装置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。

【0017】

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は絞りシャッター駆動回路で、絞りシャッターアクチュエータ112を駆動制御して絞り兼用シャッター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。131はLCD等の表示器で、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は操作スイッチ群で、電源スイッチ、リリース(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で、撮影済み画像を記録する。

【0018】

図2は本発明の第1の実施形態における撮像素子の概略的回路構成図を示したもので、本願出願人による特開平09-046596号報等に開示された技術が好適である。図2は2次元C-MOSエリアセンサの2列×4行の画素の範囲を示したものであるが、撮像素子として利用する場合は、図2に示した画素を多数配置し、高解像度画像の取得を可能としている。本実施形態においては、画素ピッチが2 μ m、有効画素数が横3000列×縦2000行=600万画素、撮像画面サイズが横6mm×縦4mmの撮像素子として説

明を行なう。

【0019】

図2において、1はMOSトランジスタゲートとゲート下の空乏層からなる光電変換素子の光電変換部、2はフォトゲート、3は転送スイッチMOSトランジスタ、4はリセット用MOSトランジスタ、5はソースフォロワアンプMOSトランジスタである。6は水平選択スイッチMOSトランジスタ、7はソースフォロワの負荷MOSトランジスタ、8は暗出力転送MOSトランジスタ、9は明出力転送MOSトランジスタ、10は暗出力蓄積容量CTN、11は明出力蓄積容量CTSである。また、12は水平転送MOSトランジスタ、13は水平出力線リセットMOSトランジスタ、14は差動出力アンプ、15は水平走査回路、16は垂直走査回路である。

10

【0020】

図3に本実施形態における撮像素子の画素部の断面図を示す。図3において、17はP型ウェル、18はゲート酸化膜、19は一層目ポリSi、20は二層目ポリSi、21はn+フローティングディフュージョン部(FD部)である。FD部21は別の転送MOSトランジスタを介して別の光電変換部と接続される。図3において、2つの転送MOSトランジスタ3のドレインとFD部21を共通化して微細化とFD部21の容量低減による感度向上を図っているが、A1配線でFD部21を接続しても良い。

【0021】

次に、図4のタイミングチャートを用いて動作を説明する。このタイミングチャートは全画素独立出力の場合である。まず垂直走査回路16からのタイミング出力によって、制御パルスLをハイとして垂直出力線をリセットする。また制御パルスR0、PG00、PGe0をハイとし、リセット用MOSトランジスタ4をオンとし、フォトゲート2の一層目ポリSi19をハイとしておく。時刻T0において、制御パルスS0をハイとし、水平選択スイッチMOSトランジスタ6をオンさせ、第1、第2ラインの画素部を選択する。次に制御パルスR0をローとし、FD部21のリセットを止め、FD部21をフローティング状態とし、ソースフォロワアンプMOSトランジスタ5のゲート・ソース間をスルーとした後、時刻T1において制御パルスTNをハイとする。そして、FD部21の暗電圧をソースフォロワ動作で蓄積容量CTN10に出力させる。

20

【0022】

次に、第1ラインの画素の光電変換出力を行うため、第1ラインの制御パルスTX00をハイとして転送スイッチMOSトランジスタ3を導通した後、時刻T2において制御パルスPG00をローとして下げる。この時フォトゲート2の下に拡がっていたポテンシャル井戸を上げて、光発生キャリアをFD部21に完全転送させるような電圧関係が好ましい。従って完全転送が可能であれば制御パルスTXはパルスではなくある固定電位でもかまわない。

30

【0023】

時刻T2でフォトダイオードの光電変換部1からの電荷がFD部21に転送されることにより、FD部21の電位が光に応じて変化することになる。この時ソースフォロワアンプMOSトランジスタ5がフローティング状態であるので、FD部21の電位を時刻T3において制御パルスTsをハイとして蓄積容量CTS11に出力する。この時点で第1ラインの画素の暗出力と光出力はそれぞれ蓄積容量CTN10とCTS11に蓄積されている。そして、時刻T4で制御パルスHCを一時ハイとして水平出力線リセットMOSトランジスタ13を導通して水平出力線をリセットし、水平転送期間において水平走査回路15の走査タイミング信号により水平出力線に画素の暗出力と光出力を出力させる。この時、蓄積容量CTN10とCTS11に対して、差動増幅器14によって、差動出力VOUTを取れば、画素のランダムノイズ、固定パターンノイズを除去したS/Nの良い信号が得られる。また画素30-12、30-22の光電荷は画素30-11、30-21と同時に夫々の蓄積容量CTN10とCTS11に蓄積される。そして、その読み出しは水平走査回路15からのタイミングパルスで1画素分遅らして水平出力線に読み出して差動増幅器14から出力される。本実施形態では、差動出力VOUTをチップ内で行う構成を示

40

50

しているが、チップ内に含めず、外部で従来のCDS (Correlated Double Sampling: 相関二重サンプリング) 回路を用いても同様の効果が得られる。

【0024】

蓄積容量CTS11に明出力を出力した後、制御パルスR0をハイとしてリセット用MOSトランジスタ4を導通しFD部21を電源VDDにリセットする。第1ラインの水平転送が終了した後、第2ラインの読み出しを行う。第2ラインの読み出しは、制御パルスTx0、制御パルスPGe0を同様に駆動させ、制御パルスTN、TSに夫々ハイパルスを供給して、蓄積容量CTN10とCTS11に夫々光電荷を蓄積し、暗出力及び明出力を取り出す。以上の駆動により、第1、第2ラインの読み出しが夫々独立に行える。この後、垂直走査回路を走査させ、同様に第2n+1, 第2n+2 (n=1, 2, ...)の読み出しを行えば全画素独立出力が行える。即ち、n=1の場合は、まず制御パルスS1をハイとし、次にR1をローとし、続いて制御パルスTN、TX01をハイとし、制御パルスPG01をロー、制御パルスTSをハイ、制御パルスHCを一時ハイとして画素30-31, 30-32の画素信号を読み出す。続いて、制御パルスTx01, PGe1及び上記と同様に制御パルスを印加して、画素30-41, 30-42の画素信号を読み出す。

10

【0025】

図5乃至図7は、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。本実施形態においては、2行×2列の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、この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

【0026】

図5に撮像用画素の平面図と断面図を示す。図5(a)は撮像素子中央に位置する2行×2列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。そしてこの2行×2列の構造が繰り返し配置される。図5(a)の断面A-Aを図5(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、CFRはR(Red)のカラーフィルタ、CFGはG(Green)のカラーフィルタである。PDは図3で説明した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。

30

【0027】

ここで、撮像用画素のオンチップマイクロレンズMLと光電変換部PDは、撮影光学系ML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、図5(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

【0028】

図6は、撮影レンズの図中x方向に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の平面図と断面図を示す。図6(a)は、撮像素子中央に位置する焦点検出用画素を含む2行×2列の画素の平面図である。撮像信号を得る場合、G画素は輝度情報の主成分をなす。そして人間の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められやすい。一方でRもしくはB画素は、色情報を取得する画素であるが、人間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も画質劣化に気づきにくい。そこで本実施形態においては、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に相当する位置の画素に、ある割合で焦点検出用画素を配列している。これを図6(a)においてSHA及びSHBで示す。

50

【0029】

図6(a)の断面B-Bを図6(b)に示す。マイクロレンズMLと、光電変換部PDは図5(b)に示した撮像用画素と同一構造である。本実施形態においては、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CFW(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x方向に偏倚している。具体的には、画素SHA(第1の画素群)の開口部OPHAは-x方向に偏倚しているため、撮影レンズTLの左側の射出瞳EPA(第1の瞳領域)を通過した光束を受光する。同様に、画素SHB(第2の画素群)の開口部OPHBは+x方向に偏倚しているため、撮影レンズTLの右側の射出瞳EPHB(第2の瞳領域)を通過した光束を受光する。よって、画素SHAをx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(第1の被写体像)とし、画素SHBもx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(第2の被写体像)とする。これにより、A像とB像の相対位置を検出することで、被写体像のピントずれ量(デフォーカス量、焦点状態)が検出できる。

10

【0030】

なお、上記の画素SHA及びSHBでは、撮影画面のx方向に輝度分布を有した被写体、例えばy方向の線に対しては焦点検出可能であるが、y方向に輝度分布を有するx方向の線は焦点検出不能である。そこで本実施形態では、後者についても焦点検出できるよう、撮影レンズのy方向に瞳分割を行なう画素も備えている。

【0031】

図7は、撮影レンズの図中y方向に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の平面図と断面図を示す。図7(a)は、撮像素子中央に位置する焦点検出用画素を含む2行×2列の画素の平面図で、図6(a)と同様に、G画素は撮像用画素として残し、RとBに相当する位置の画素にある割合で焦点検出用画素を配列している。これを図7(a)においてSVC及びSVDで示す。

20

【0032】

図7(a)の断面C-Cを図7(b)に示すが、図6(b)の画素がx方向に瞳分離する構造であるのに対して、図7(b)の画素は瞳分離方向がy方向になっているだけで、画素の構造としては変わらない。すなわち、画素SVCの開口部OPVCは-y方向に偏倚しているため、撮影レンズTLの+y方向の射出瞳EPCを通過した光束を受光する。同様に、画素SVDの開口部OPVDは+y方向に偏倚しているため、撮影レンズTLの-y方向の射出瞳EPVDを通過した光束を受光する。よって、画素SVCをy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C像とし、画素SVDもy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D像とする。これにより、C像とD像の相対位置を検出することで、y方向に輝度分布を有する被写体像のピントずれ量(デフォーカス量)が検出できる。

30

【0033】

図8は、本実施形態における撮像素子の瞳分割状況を概念的に説明する図である。TLは撮影レンズ、107は撮像素子、OBJは被写体、IMGは被写体像である。撮像用画素は図5の撮像用画素の平面図と断面図で説明したように、撮影レンズの射出瞳全域EPを通過した光束を受光する。一方、焦点検出用画素は図6のx方向に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の平面図と断面図及び図7のy方向に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の平面図と断面図で説明したように、瞳分割機能を有している。具体的には、図6の画素SHAは+x方向の側の瞳を通過した光束、すなわち図8の瞳EPAを通過した光束を受光する。同様に画素SHB、SVC及びSVDはそれぞれ瞳EPHB、EPC及びEPVDを通過した光束を受光する。そして、焦点検出用画素を、撮像素子107の全領域に渡って分布させることで、撮像領域全域で焦点検出を可能とさせている。

40

【0034】

図9は、焦点検出時に取得した画像と焦点検出領域を説明する図である。図9において、撮像面に形成された被写体像には、中央に人物、左側に近景の樹木、右側に遠景の山並みが写っている。そして本実施形態においては、焦点検出用画素は、x方向ずれ検出用の

50

画素ペア S_{HA} 及び S_{HB} と、 y 方向ずれ検出用の画素ペア S_{VC} 及び S_{VD} が、撮像領域全域に渡って均等な密度で配置されている。そして x 方向ずれ検出の際には、 x 方向ずれ検出用の画素ペア S_{HA} 及び S_{HB} から得られる一対の画像信号を、位相差演算のための A F 画素信号として使用する。また、 y 方向ずれ検出の際には、 y 方向ずれ検出用の画素ペア S_{VC} 及び S_{VD} から得られる一対の画像信号を、位相差演算のための A F 画素信号として使用する。よって、撮像領域の任意位置において、 x 方向ずれ検出及び y 方向ずれ検出のための測距領域を設定可能である。

【0035】

図9においては、画面中央に人物の顔が存在している。そこで公知の顔認識技術によって顔の存在が検出されると、顔領域を中心に x 方向ずれ検出のための焦点検出領域 $AFA R h(x_1, y_1)$ と、 y 方向ずれ検出のための焦点検出領域 $AFA R v(x_3, y_3)$ が設定される。ここで添え字の h は x 方向を、 v は y 方向を表わし、 (x_1, y_1) 及び (x_3, y_3) は焦点検出領域の左上隅の座標を表わす。そして、焦点検出領域 $AFA R h(x_1, y_1)$ の各セクション内に含まれる x 方向ずれ検出用の焦点検出用画素 S_{HA} を30セクションに渡って連結した位相差検出用の A 像信号が $A F S I G h(A1)$ である。また、同様に各セクションの x 方向ずれ検出用の焦点検出画素 S_{HB} を30セクションに渡って連結した位相差検出用の B 像信号が $A F S I G h(B1)$ である。そして、 A 像信号 $A F S I G h(A1)$ と B 像信号 $A F S I G h(B1)$ の相対的な x 方向ずれ量を公知の相関演算によって計算することで、撮影レンズの焦点ずれ量(デフォーカス量)を求めることができる。焦点検出領域 $AFA R v(x_3, y_3)$ についても同様に焦点ずれ量を求める。そして、 x 方向ずれ及び y 方向ずれの焦点検出領域で検出した2つの焦点ずれ量を比較し、信頼性の高い値を採用すればよい。

【0036】

一方、画面左側の樹木の幹部は、 y 方向成分が主体、すなわち x 方向に輝度分布を有しているため、 x 方向ずれ検出に適した被写体と判断され、 x 方向ずれ検出のための焦点検出領域 $AFA R h(x_2, y_2)$ が設定される。また、画面右側の山並み稜線部は、 x 方向成分が主体、すなわち y 方向に輝度分布を有しているため、 y 方向ずれ検出に適した被写体と判断され、 y 方向ずれ検出のための焦点検出領域 $AFA R v(x_4, y_4)$ が設定される。

【0037】

以上のごとく本実施形態においては、 x 方向ずれ及び y 方向ずれ検出のための焦点検出領域が画面の任意位置に設定可能であるため、被写体の投影位置や輝度分布の方向性が様々であっても、常に焦点検出が可能である。なお、原理は x 方向ずれと y 方向ずれとは方向が異なること以外は同じであるため、以下は x 方向ずれの検出のための説明とし、 y 方向ずれ検出の説明は省略する。

【0038】

図10は撮像素子中央の焦点検出用画素の入射角特性を表した模式図であり、図10(a)は画素 S_{HA} 、図10(b)は画素 S_{HB} の特性を示している。図10中 x 軸、 y 軸はそれぞれ画素の x 方向、 y 方向の入射角度を表している。図10では、色が濃くなるほど受光強度が高いことを示している。図6では説明を分かりやすくするため、画素 S_{HA} の射出瞳を $E P H A$ 、画素 S_{HB} の射出瞳を $E P H B$ と、それぞれ分離して表した。しかし、図10に示すように、実際には、開口部 $O P H A$ 及び開口部 $O P H B$ の開口部による回折の影響や、 S/N を向上させる目的で画素 S_{HA} と画素 S_{HB} の射出瞳は一部領域の重なる部分がある。図10(c)は焦点検出用画素の入射角特性を1次元で表した図である。横軸は入射角を、縦軸は図10(a)、(b)の y 方向の受光感度を加算したものを表しており、原点が光軸である。図10(c)に示すように、撮像素子中央の焦点検出用画素では、画素 S_{HA} と画素 S_{HB} の入射角特性は光軸に対して略対称となる。

【0039】

図11は光束のケラレを説明する図である。図11(a)は撮像素子中央の画素に入射する光束を示し、図11(b)は撮像素子の中央から像高を持った位置の画素に入射する

10

20

30

40

50

光束を示している。撮像素子には撮影レンズ101のレンズ保持枠や絞り102など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。ここでは説明を分かりやすくするため、あらゆる像高において光束を制限する部材が2つあるものとして説明する。Iw1、Iw2は光束を制限する部材を窓として、光束はこの内側を通過する。MeはマイクロレンズMLの構成によって設定された瞳面を表している。

【0040】

図11(a)を用いて、撮像素子中央の画素に入射する光束のケラレを説明する。L1rc、L1lcは窓Iw1の射出光束の外周を表しており、L1rcは図11中右端、L1lcは図11中左端を示している。L2rc、L2lcは窓Iw2の射出光束をマイクロレンズMLの瞳位置まで投影したものの外周を表しており、L2rcは図11中右端、L2lcは図11中左端を示している。図11(a)に示すように、撮像素子の中央画素に入射する光束の瞳面Meでの瞳領域はL2lcとL2rcを外周とする光束、つまり、矢印Area1で示される。

10

【0041】

次に、図11(b)を用いて、撮像素子の中央から像高を持った位置の画素に入射する光束のケラレを説明する。L1rh、L1lhは窓Iw1の射出光束の外周を表しており、L1rhは図11中右端、L1lhは図11中左端を示している。L2rh、L2lhは窓Iw2の射出光束をマイクロレンズMLの瞳位置まで投影したものの外周を表しており、L2rhは図11中右端、L2lhは図11中左端を示している。図11(b)に示すように、撮像素子の中央から像高を持った位置の画素に入射する光束の瞳面Me上での瞳領域はL1lhとL2rhを外周とする光束、つまり、矢印Area2で示される。

20

【0042】

図12は瞳面Me上での瞳領域を示した図である。図12(a)は撮像素子中央の画素の瞳領域を示し、図12(b)は撮像素子の中央から像高を持った位置の画素の瞳領域を示している。図11で説明したように、撮像素子中央の画素は同一窓Iw2のみによって制限された光束が入射するため、図12(a)に示すように瞳領域Area1は窓Iw2の形状がそのまま投影される。光束を制限する窓は円形状であるため、瞳領域Area1の形状も円形状となる。一方、撮像素子の中央から像高を持った位置の画素はIw1とIw2によって制限された光束が入射するため、瞳領域Area2は図12(b)に示したような形状となる。

30

【0043】

図13は焦点検出用画素の瞳強度分布を示す図である。これは、図10に示した撮像素子中央の焦点検出用画素の入射角特性をマイクロレンズMLの瞳上に投影したものに等しく、図13の縦軸および横軸は瞳上の座標に展開したものである。この瞳強度分布は、撮像素子の中央から像高を持った位置の画素についても同じ特性をもっている。なぜならば、撮像素子の中央から像高を持った位置の画素のマイクロレンズMLは光軸中心がマイクロレンズMLの瞳の中心を通過するように偏芯して作製されているためである。

【0044】

図14は撮像素子中央の焦点検出用画素の瞳面Me上でのケラレを示した図である。図14(a)は画素SHA、図14(b)は画素SHBの特性を示している。図15は図12(a)と図13を重ね合わせたものであり、画素SHA及び画素SHBにはArea1で示した形状の内側を透過した光束が図示した瞳強度分布で入射する。図14(c)は撮像素子中央の焦点検出用画素の瞳面Me上での入射光束の瞳強度分布を2次元で表した図である。横軸は瞳面Me上のx方向の座標を表し、縦軸は各座標の強度を表している。各座標の強度は図14(a)、(b)のy方向の瞳強度を加算したものである。画素SHAと画素SHBの瞳面Me上での入射光束の瞳強度分布はEsDAc、EsDBcで示している。図14に示すように画素SHA及び画素SHBの瞳面Me上の瞳強度分布は左右対称である。また、けられる形状も左右対称形状であることから、画素SHAと画素SHBの瞳面Me上での入射光束の瞳強度分布も左右対称である。

40

【0045】

50

図15は撮像素子の中央から像高を持った位置の画素の瞳面Me上でのケラレを示した図である。図15(a)は画素SHA、図15(b)は画素SHBの特性を示している。図15は図12(b)と図13を重ね合わせたものであり、画素SHA及び画素SHBにはArea2で示した形状の内側を透過した光束が図示した瞳強度分布で入射する。図15(c)は撮像素子の中央から像高を持った位置の画素の瞳面Me上での入射光束の瞳強度分布を2次元で表した図である。横軸は瞳面Me上のx方向の座標を表し、縦軸は各座標の強度を表している。各座標の強度は図15(a)、(b)のy方向の瞳強度を加算したものである。図15(c)中、画素SHAと画素SHBの瞳面Me上での入射光束の瞳強度分布はEs d A h、Es d B hで示している。画素SHA及び画素SHBの瞳面Me上の瞳強度分布は左右対称であるが、けられる形状が左右非対称の形状であることから、画素SHAと画素SHBの瞳面Me上での入射光束の瞳強度分布Es d A c、Es d B cは、左右非対称となる。

10

【0046】

前述したように、画素SHAをx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A像と、画素SHBをx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B像との相対位置を検出することで、被写体像のピントずれ量(デフォーカス量)を検出している。

【0047】

いま被写体の光量分布を $f(x, y)$ 、被写体像の光量分布を $g(x, y)$ とするとき

20

【0048】

【数1】

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a, y-b) h(a, b) da db \quad (1)$$

【0049】

の関係(たたみこみ積分; convolution)が成立する。ここで $h(x, y)$ は被写体が画像形成システムにおいて劣化する状態を表す伝達関数で、点像分布関数(point spread function)と呼ばれる。従って、焦点検出に用いる1対の被写体像を知るには、点像分布関数を知る必要がある。ここで、位相差方式の焦点検出においては、1対の被写体像の1次元方向に注目し、その位相ずれを検出するため、点像分布関数の代わりに1次元の関数である線像分布関数(line spread function)により、焦点検出に関する画像システムを評価することができる。そこで、被写体の光量分布を $f(x)$ 、被写体像の光量分布を $g(x)$ と置き換えると、上記式(1)は線像分布関数 $L(a)$ を用いて以下のように書き換えられる。

30

【0050】

【数2】

$$g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a) L(a) da \quad (2)$$

40

【0051】

従って、式(2)より任意のデフォーカス時の位相ずれ方向における通過する瞳領域が異なる光束により生成される1対の線像分布関数を知ることにより、1対の被写体像を知ることができる。1対の被写体像がわかれば、それぞれの被写体像の重心間隔から基線長を求め、1対の被写体像の像ズレ量と基線長からデフォーカス量を算出することができる。基線長は以下の(3)~(5)式により求めることができる。被写体像の重心をGA、GB、基線長をGとすると、以下ようになる。

【0052】

【数 3】

$$G_A = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot L_A(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} L_A(x) dx} \quad (3)$$

【0053】

【数 4】

$$G_B = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot L_B(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} L_B(x) dx} \quad (4)$$

10

【0054】

【数 5】

$$\text{基線長 } G = |G_A - G_B| \quad (5)$$

【0055】

次に、補正演算により被写体像の非対称性を補正する方法について説明する。前述したように、被写体像 A 像と被写体像 B 像の非対称性は画素 S H A と画素 S H B とが非対称な瞳強度分布が畳み込み積分されることによって生じる。図 16 は被写体像の非対称性を解消するためのフィルタ処理を説明する概念図である。図 16 において、横軸は焦点検出視野内の x 方向の座標、縦軸は輝度を表している。図 16 (a) は被写体の光量分布を O b j で表しており、図 16 (b) と図 16 (c) は画素 S H A 及び画素 S H B の A F 瞳上の線像を E s d A x、E s d B x で表したものである。図 16 (d)、図 16 (e) はそれぞれあるデフォーカスにおける被写体像 A 像 (I m g A、第 1 の像信号)、被写体像 B 像 (I m g B、第 2 の像信号) を表しており、それぞれ被写体の光量分布 O b j に線像 E s d A x (第 1 の線像)、線像 E s d B x (第 2 の線像) を畳み込み積分して得られる。図 16 (f)、図 16 (g) は被写体像 A 像 I m g A に B 像の線像 E s d B x を畳み込み積分した修正像 R e I m g A、被写体像 B 像 I m g B に線像 E s d A x を畳み込み積分した修正像 R e I m g B を表している。図 16 (f)、図 16 (g) に示すように、各修正像は同形となる。修正像が同形になる原理について説明する。

20

30

【0056】

被写体像 A 像 I m g A は前述した式 (2) により得られる。

【0057】

【数 6】

$$g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a)L_A(a)da \quad (2)$$

40

【0058】

得られた被写体像 A 像 I m g A に線像 E s d B x を畳み込み積分して得られる修正像 R e I m g A (k (x)) は以下のように求められる。

【0059】

【数 7】

$$\begin{aligned}
 k(x) &= \int_{-\infty}^{\infty} g(x-b)L_B(b)db \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a-b)L_A(a)L_B(b)db \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a-b)L_A(a)L_B(b)dadb \quad (6)
 \end{aligned}$$

10

【0060】

修正像 ReImg B についても同様に計算すると、

【0061】

【数 8】

$$k(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a-b)L_A(a)L_B(b)dadb \quad (7)$$

【0062】

20

が得られる。

上式(6)、(7)より、得られた ReImg A と ReImg B は等しくなる。

【0063】

次に本実施形態の焦点検出動作について図17のフローチャートを用いて説明する。なお、図17のフローにおける動作はCPU121によって実行される。ステップS1では、デフォーカス量の演算処理を行った回数を示すNに0を代入し、ステップS2へと進む。ステップS2ではケラレ状態を知るためのレンズ情報が読み出され、ステップS3へと進む。ステップS3では使用者が設定した測距位置や範囲などの測距点情報が読み出される。完了後ステップS4へと進む。ステップS4では、ステップS3で読み出された測距位置での焦点検出用画素の画像信号を読み出し、被写体A像、被写体B像が形成される。完了後、ステップS5へと進む。ステップS5では、CPU121はステップS4で得られた被写体像A像、被写体像B像を用いて公知の相関演算方法により像ズレ量を求め、ステップS2で求めたレンズ情報と合わせて、暫定的なデフォーカス量を求める。暫定デフォーカス量算出後、ステップS6へと進む。

30

【0064】

ステップS6では、デフォーカス量の演算処理を行った回数を示すNに1を加算し、ステップS7へと進む。ステップS7では、CPU121は繰り返し演算されるデフォーカス量の最新の値を用いて、ステップS4で得られた被写体像A像、被写体像B像のケラレ補正を行う。完了後、ステップS8へと進む。ステップS7のケラレ補正に関する具体的な処理については後述する。ステップS8では、CPU121はステップS7で形成されたケラレ補正後の被写体像を用いて、公知の相関演算方法により2つの像の像ズレ量が算出される。ステップS7で算出された基線長と合わせて、デフォーカス量を求める。完了すると、ステップS9へと進む。

40

【0065】

ステップS9では、デフォーカス量の演算処理を行った回数を示すNに1を加算し、ステップS10へと進む。ステップS10では、CPU121は再度ケラレ補正を行い、デフォーカス量を算出し直すかどうかの判定を行う。具体的には、判定手段(CPU121)は、(DEF(N-1))-(DEF(N-2))の値が所定の収束判定閾値以下の場合には、算出されるデフォーカス量が十分に収束しているため、再度繰り返し演算は行わない。所定の収束判定閾値より大きい場合には、算出されるデフォーカス量がまだ十分に

50

収束していないので、算出した最新のデフォーカス量を用いて、再度ケラレ補正パラメータを演算し直し、再度デフォーカス量を算出し直す必要があると判定する。再度行くと判定された場合には、ステップ S 7 へと進む。再度行わないと判定された場合には、ステップ S 11 へと進む。

【0066】

ステップ S 11 では、算出された最新のデフォーカス量 (DEF (N - 1)) が、合焦か否かの判定がなされる。合焦だと判定されなかった場合には、ステップ S 12 へと進む。合焦だと判定された場合には、ステップ S 13 へと進む。ステップ S 12 では、算出されたデフォーカス演算結果に応じて、第 3 レンズ群 105 を進退させる。そして、ステップ S 4 へと戻る。ステップ S 13 にて、一連の焦点検出フローが終了する。

10

【0067】

次に図 17 の焦点検出動作のフローチャートにおける、ステップ S 7 の、「デフォーカス量 (DEF (N - 1)) に応じたケラレ補正処理」について説明する。ここでは、CPU 121 によって、ステップ S 5 か、或はステップ S 8 で算出された最新のデフォーカス量を用いて、A 像、B 像の光量比を調節するシェーディング補正を行い、更に A 像 B 像の形状が略同一形状になるような形状補正を行い、更に基線長の算出を行う。以下、図 18 のフローチャートを用いて詳細に説明する。

【0068】

ステップ S 101 では、レンズ情報と測距点情報、最新のデフォーカス情報 (DEF (N - 1)) から被写体像 A 像と被写体像 B 像のシェーディングを予測し、A 像 B 像の光量比を調節するシェーディング補正を行う。シェーディング補正後、ステップ S 102 へと進む。ステップ S 102 では各焦点検出用画素において CPU 121 内の ROM に保管されている瞳強度分布を読み出し、レンズ情報と測距点情報、最新のデフォーカス情報 (DEF (N - 1)) と合わせて線像分布関数を算出する。完了後、ステップ S 103 へと進む。ステップ S 103 では、CPU 121 が像修正フィルタを作成する。ステップ S 102 で得られた線像分布関数を、最新のデフォーカス情報 (DEF (N - 1)) に基づいて決定した像修正フィルタの幅に合わせる。ここの処理の詳細は後述する。完了後、ステップ S 104 へと進む。

20

【0069】

ステップ S 104 では、ステップ S 103 で得られた像修正フィルタを被写体像に畳み込み積分し、A 像、B 像の形状を略同一形状に調節した修正被写体像を算出する。そして、ステップ S 105 へと進む。ステップ S 105 では、ステップ S 102 で得られた線像分布関数を用いて、基線長を算出する。ここでの基線長の算出方法の詳細は後述する。完了すると、ステップ S 106 へと進む。ステップ S 106 にて、一連の焦点検出フローが終了する。

30

【0070】

次に、ステップ S 103 の像修正フィルタの幅決定方法について、図 19 を用いて詳細に説明する。図 19 はデフォーカス時の撮像素子に入射する光線を表す図である。図 19 (a) は前ピン時の光線図を示したもので、Zaf は撮像素子 107 の撮像面から瞳面 Me までの距離、Raf はステップ S 2 で得られたケラレ情報により瞳面 Me で光束を制限する水平方向の幅、Def はステップ S 5 で得られた暫定デフォーカス量である。図 22 (a) で明らかなように、撮像素子 117 の撮像面では像が幅 Wf に示した拡がりを持つことになる。従って、Wf は前ピンでは Def が負であることを考慮して以下の式によって得られる。

40

【0071】

【数 9】

$$Wf = \left| \frac{Raf \times Def}{Zaf + Def} \right| \quad (8)$$

【0072】

50

同様に、後ピンの場合は図 19 (b) に示すような関係となり、前ピンの時と同じ式 (8) が成立することがわかる。式 (8) で得られた Wf が像修正フィルタの幅となる。

【0073】

次に、像修正フィルタの高さを同じ高さになるように低い方のフィルタをゲインアップして調整する。これは、ステップ S101 において、1 回目の相関演算時に被写体像 A 像と被写体像 B 像とをシェーディング補正しているためである。次に、被写体像 A 像と被写体像 B 像の像修正フィルタの重心を合わせるように波形を移動する。これは、次のステップ S104 で行われるフィルタ処理により変化する基線長の変化量が、フィルタ処理による修正被写体像 A 像、修正被写体像 B 像の変形によるものに限定するためである。

【0074】

次に、ステップ S105 の基線長算出方法について詳細に説明する。まず、被写体像 A 像に対応した線像 (以下、線像 A) と被写体像 B 像に対応した線像 (以下、線像 B) の重心を合わせるように移動させる。移動させた線像 A、線像 B をそれぞれ線像 A0、線像 B0 とすると、線像 A に線像 B0 を畳み込み積分した修正線像 A と、線像 B に線像 A0 を畳み込み積分した修正線像 B の重心間隔により、修正基線長を算出する。これを式で表すと以下のようなになる。

【0075】

修正線像 A を求める式は、修正線像 A を $M_A(x)$ 、線像 A を $L_A(x)$ 、線像 B0 を $L_{B'}(x)$ とすると、

【0076】

【数10】

$$M_A(x) = \int_{-\infty}^{\infty} L_A(x) \cdot L_{B'}(x-b) db \quad (9)$$

【0077】

よって、修正線像 A の重心を G_A' とすると、

【0078】

【数11】

$$G_A' = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot M_A(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} M_A(x) dx} \quad (10)$$

【0079】

となる。

同様に、修正線像 B を求める式は、修正線像 B を $M_B(x)$ 、線像 B を $L_B(x)$ 、線像 A0 を $L_{A'}(x)$ とすると、

【0080】

【数12】

$$M_B(x) = \int_{-\infty}^{\infty} L_B(x) \cdot L_{A'}(x-a) da \quad (11)$$

【0081】

よって、修正線像 B の重心を G_B' とすると、

【0082】

10

20

30

40

【数 1 3】

$$G'_B = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} x \cdot M_B(x) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} M_B(x) dx} \quad (12)$$

【0083】

となる。

よって、求める基線長を G' とすると、

【0084】

【数 1 4】

$$G' = |G'_A - G'_B| \quad (13)$$

【0085】

以上の計算により、基線長が算出される。

【0086】

以上のような構成により、焦点検出手段 (CPU 121) にて検出したデフォーカス量に応じて、補正演算手段 (CPU 121) はケラレ補正パラメータを更新しながら、複数回連続して焦点検出を行う。そのため、より精度の良いデフォーカス量を用いることでより正確にケラレ補正を行うことができ、より精度の良い焦点検出が可能となる。

【0087】

詳細に説明すると、ステップ S 103 の処理において、より精度の良い最新のデフォーカス情報 (DEF (N - 1)) を用いて像修正フィルタ幅を決定するので、より正確にケラレ補正を行うことができ、より精度の良い焦点検出が可能となる。また、ステップ S 101 の処理において、最新のデフォーカス情報 (DEF (N - 1)) から被写体像 A 像と被写体像 B 像のシェーディングを予測して、シェーディング補正を行う。そのため、例えばマクロレンズのようにデフォーカス量によってシェーディング補正係数が大きく異なるレンズの場合には特に、より正確にケラレ補正を行うことができ、より精度の良い焦点検出が可能となる。

【0088】

また、ステップ S 102 の処理において、最新のデフォーカス情報 (DEF (N - 1)) から線像分布関数を算出する。そのため、例えばマクロレンズのようにデフォーカス量によって線像分布関数が大きく異なるレンズの場合には特に、より正確にケラレ補正を行うことができ、より精度の良い焦点検出が可能となる。

【0089】

なお、本実施形態では、相関演算に公知の像ズレ方式を用いたが、他の方法を用いたとしても同様の結果が得られる。また、本実施形態では、シェーディング補正後の被写体像 2 像に対して、2 像に対応した線像の高さを合わせた修正フィルタを用いて像修正処理を行った。しかし、シェーディング補正前の被写体像に、高さを合わせない修正フィルタを用いて畳み込み積分を行い、像修正を行っても良い。

【0090】

また、本実施形態では光電変換手段として C - MOS センサとその周辺回路で構成された撮像素子を利用した焦点演算方法を例に説明したが、光電変換手段としてラインセンサを用いた従来の一眼レフカメラの瞳分割方式焦点検出装置においても有効である。

【0091】

また、本実施形態の判定手段では、ステップ S 10 での再演算を行うかどうかの判定を、算出されるデフォーカス量の収束状態から判定する方法を用いた。しかし、他にも、シェーディング補正值や線像形状、基線長といった繰り返し演算されるケラレ補正パラメータや、A 像、B 像の像ズレ量などの収束状態から判定を行っても良い。或は、デフォーカ

10

20

30

40

50

ス量の演算処理を行った回数を示すNが所定回数を超えるかどうかのみで判定しても良い。或は、両方を組み合わせて、デフォーカス量の収束状態から判定を行うが、所定の回数を超えて繰り返し演算は行わないといった処理にすることで、まずは必要な精度内での焦点検出を目指しながらも、繰り返し演算回数が増えて演算時間が長くなり過ぎることを防止するようなフローにしても良い。

【0092】

また、本実施形態の判定手段では、ステップS10での再演算を行うかどうかの判定に用いる判定閾値を固定の値としたが、可変な値としても良い。例えば、被写界深度はF値に比例するので、収束の判定閾値もF値に比例させることで、必要とされる焦点検出精度に沿った判定閾値となり、特にF値の大きな条件において、演算時間をより短縮させることが可能になる。或は、被写体の輝度が低く、得られる像信号のS/Nが良くない場合や、被写体のコントラストが低い場合には、デフォーカス量の演算結果バラツキが大きくなるので、収束の判定閾値も被写体のコントラストや輝度情報に応じて、予想される演算結果バラツキに比例した判定閾値とすることで、収束性を良くすることが可能となる。

10

【0093】

(第2の実施形態)

本実施形態は、カメラの構成は第1の実施形態と同一であるが、焦点検出フローが異なる。本実施形態における、焦点検出フローを、図21の焦点検出フローと、図22の関連演算フローを用いて説明する。

20

【0094】

なお、図21、図22のフローにおける動作は本発明の補正演算手段、焦点検出手段、判定手段であるCPU121によって実行される。また、焦点検出手段は、信号処理選択手段、信号処理手段を含んでおり、像信号に対して最適な信号処理を施してから焦点検出を行う。

【0095】

焦点検出動作が開始されると、ステップS301では、デフォーカス量の演算処理を行った回数を示すNに0を代入する。また、ケラレ補正パラメータを更新しながらの繰返し演算が収束したかどうかを示すMに0を代入し、ステップS302へと進む。

【0096】

ステップS302～ステップS310は、第1の実施形態で説明した図17のステップS2～ステップS10と同一であるため、ここでは説明を省略する。ステップS311では、Mに1を代入し、ステップS312へと進む。ステップS312では再度関連演算を行う。

30

【0097】

ステップS313～ステップS314は、第1の実施形態で説明した図17のステップS11～ステップS12と同一であるため、ここでは説明を省略する。

【0098】

次に、ステップS305、ステップS308、ステップS312で、焦点検出手段によって行われる、関連演算処理について、図22の関連演算フローを用いて詳細に説明する。

40

【0099】

ステップS401では、Mが0であるか、そうでないかの判定を行う。Mは焦点検出フローにおけるMと同一で、ケラレ補正パラメータを更新しながらの繰返し演算が収束したときには1で、そうでないときには0となっている。Mが0であると判定されるとステップS402へと進む。0でないと判定されるとステップS403へと進む。

【0100】

ステップS402では、信号処理選択手段によって、補正前信号に基づいて信号処理選択が行われる。ここで言う補正前信号とは、焦点検出用画素から読み出された、ケラレ補正を行う前の、被写体A像、被写体B像の信号である。信号処理や、複数の信号処理からの信号処理選択は、公知の技術であり、ステップS407での像ズレ量検出をより精度良

50

く行うために行われる。

【0101】

例えば信号処理は、被写体 A 像と被写体 B 像の信号強度のレベル差の影響を受け難くするフィルタ処理や、或は特定の周波数成分を増幅させたり減衰させたりするフィルタ処理など、複数の信号処理が CPU 121 に記憶されている。

【0102】

また、例えば信号処理選択は、補正前信号のコントラストが低い場合や、輝度が低い場合には、そうでない場合よりも、より空間周波数の低い領域を増幅させるような信号処理を選択する。信号処理を選択後、ステップ S 404 へと進む。

【0103】

ステップ S 403 では、信号処理選択手段によって、補正後信号に基づいて信号処理選択が行われる。ここで言う補正後信号とは、ステップ S 307 で行われたケラレ補正が行われた後の被写体 A 像、被写体 B 像の信号である。

【0104】

ステップ S 404 では、N が 0 であるか、そうでないかの判定を行う。N は、図 21 の焦点検出フローにおける N と同一で、デフォーカス量の演算処理を行った回数を示す数であるが、これまでにケラレ補正を行った回数と等しい。N が 0 であると判定されるとステップ S 405 へと進む。0 でないと判定されるとステップ S 406 へと進む。

【0105】

ステップ S 405 では、信号処理手段によって、ケラレ補正を行う前の、被写体 A 像、被写体 B 像の信号に対して、信号処理が行われる。信号処理を行うと、ステップ S 407 へと進む。

【0106】

ステップ S 406 では、信号処理手段によって、ケラレ補正を行った後の、被写体 A 像、被写体 B 像の信号に対して、信号処理が行われる。信号処理を行うと、ステップ S 407 へと進む。

【0107】

ステップ S 407 では、信号処理後の信号を用いて、公知の技術によって像ズレ量の検出を行い、デフォーカス量を算出する。

【0108】

以上のような構成により、焦点検出用画素から読み出された像信号に対して、像ズレ量検出をより正確に行うための信号処理を施してから、像ズレ量を検出するので、より精度良い焦点検出が可能となる。

【0109】

また、ケラレ補正に関するパラメータを更新しながらの繰返し演算中に、ケラレ補正のパラメータ更新によって被写体像は変わっても、信号処理は同一の信号処理に固定して行うので、デフォーカス量の収束判定をより正確に行うことが可能となる。その結果、より精度良い焦点検出が可能となる。

【0110】

また、ケラレ補正に関するパラメータを更新しながらの繰返し演算が収束した後に、ケラレ補正後の像信号に対して最適な信号処理を選択して、信号処理を行うので、より精度良い焦点検出が可能となる。

【0111】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

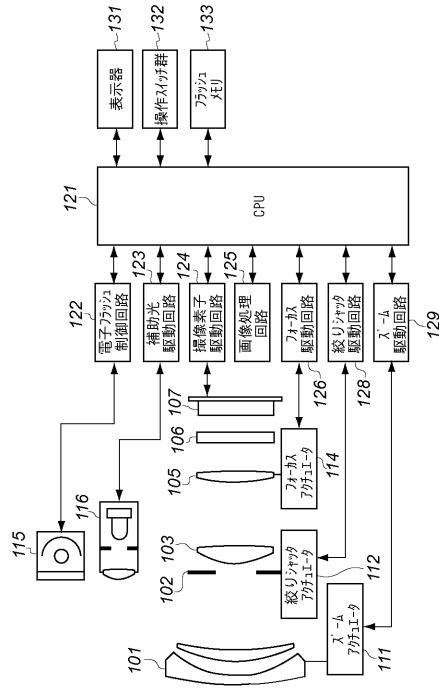
10

20

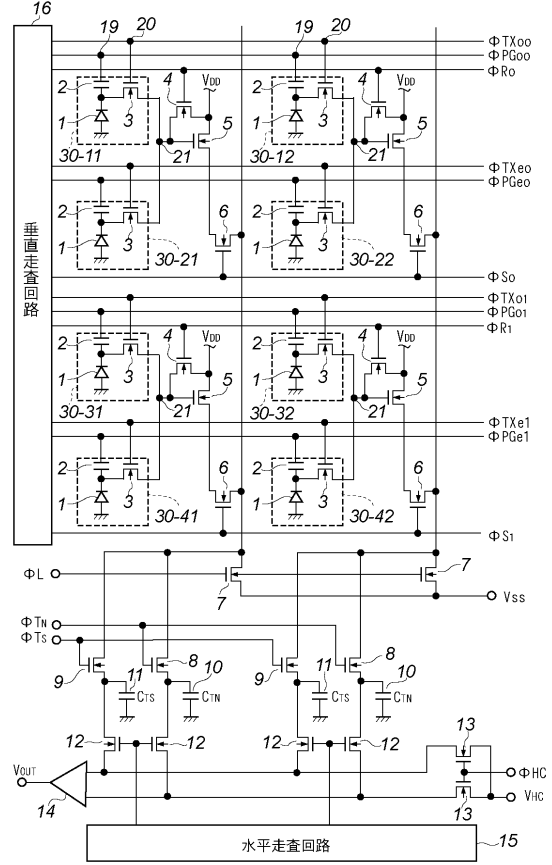
30

40

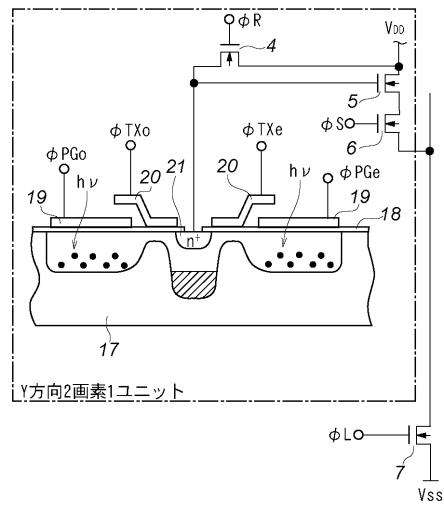
【図1】



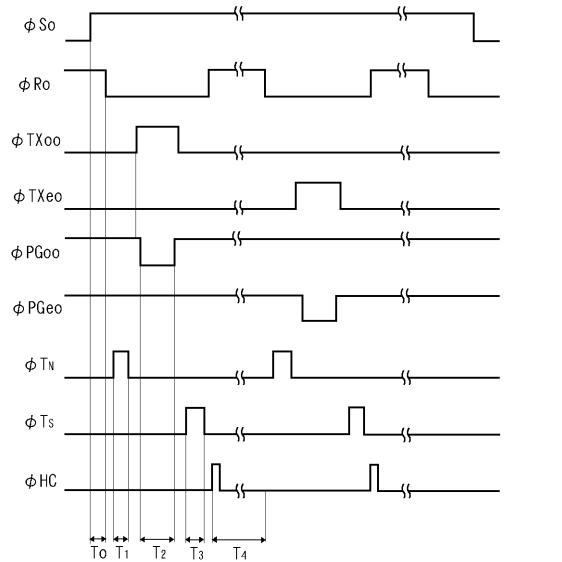
【図2】



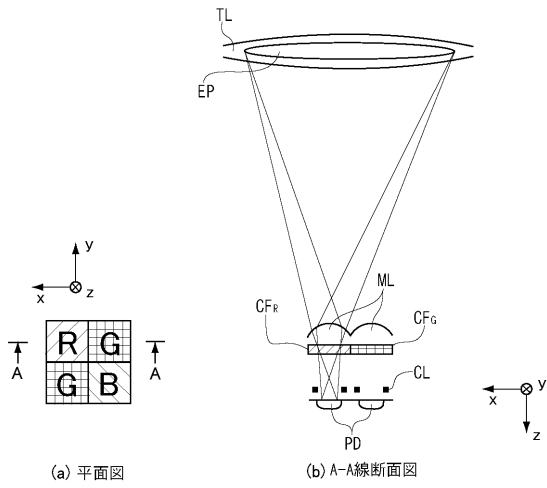
【図3】



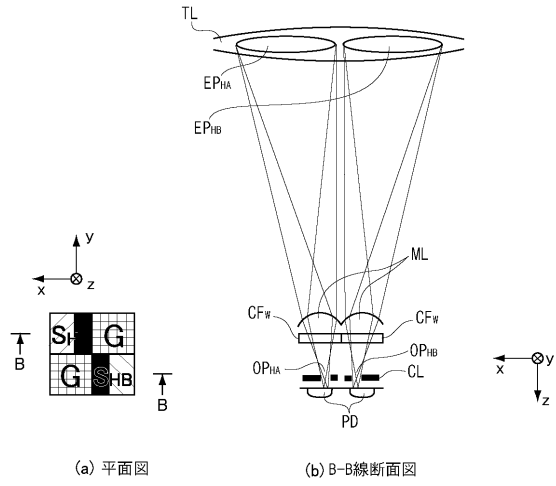
【図4】



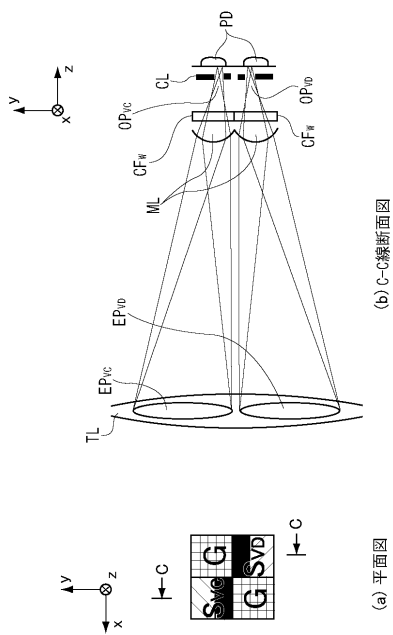
【 図 5 】



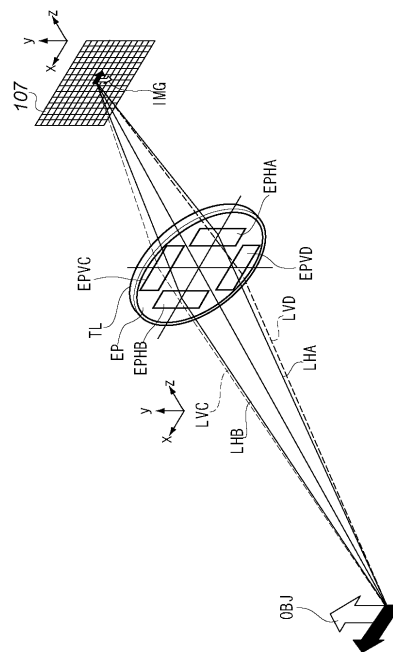
【 図 6 】



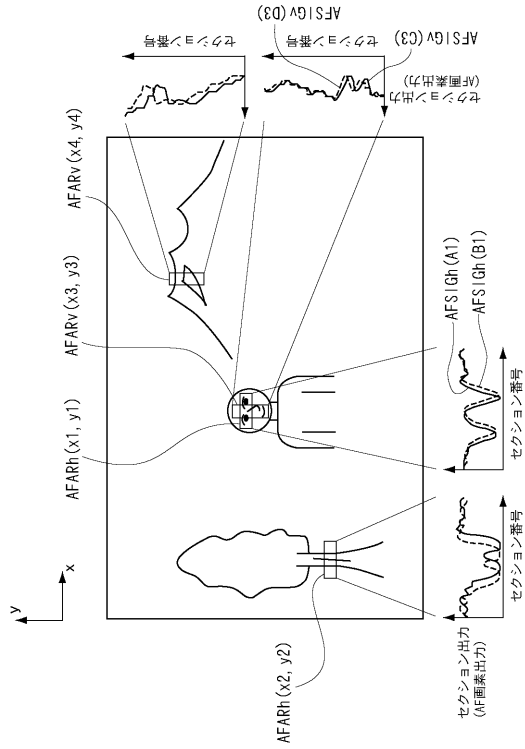
【 図 7 】



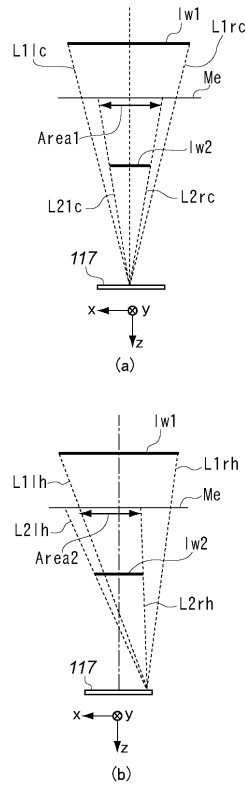
【 図 8 】



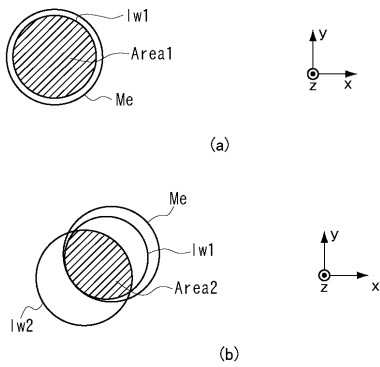
【図9】



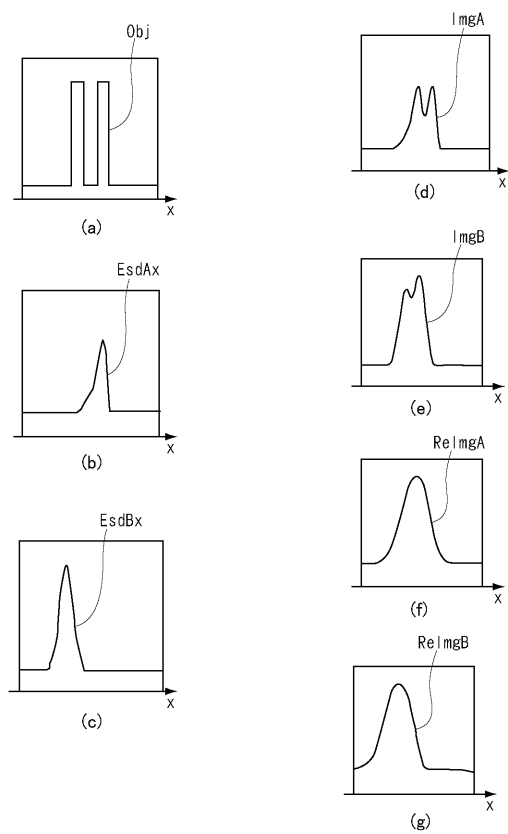
【図11】



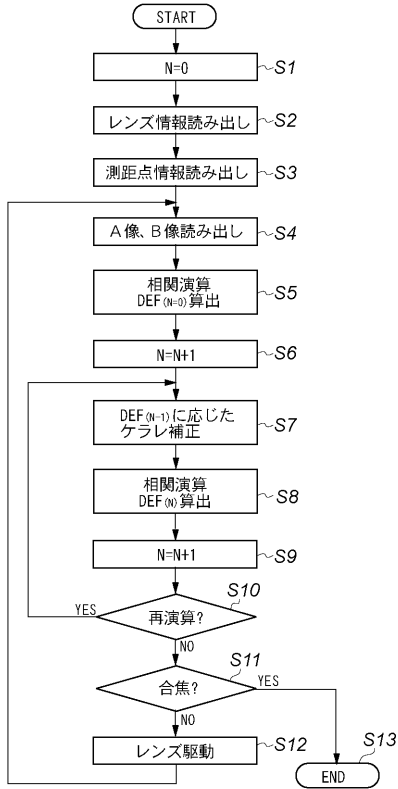
【図12】



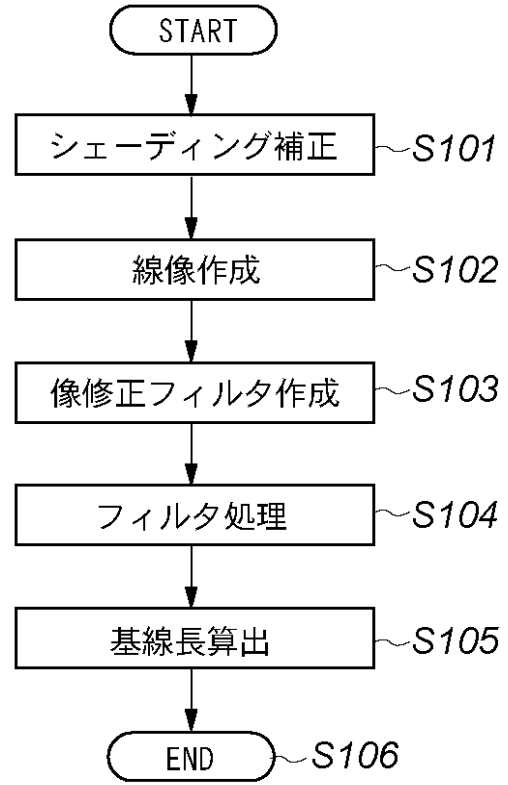
【図16】



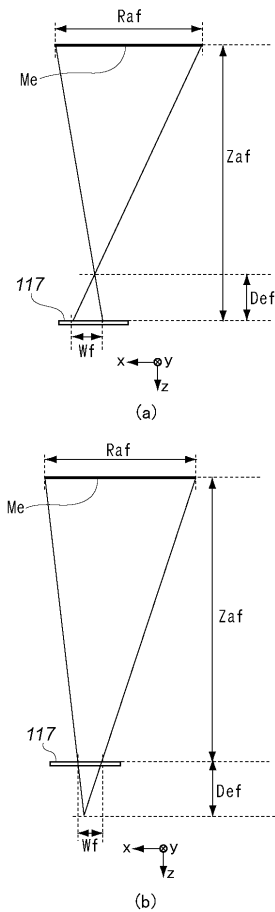
【 図 1 7 】



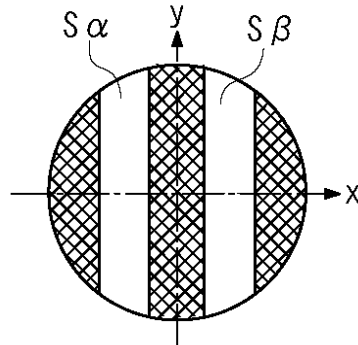
【 図 1 8 】



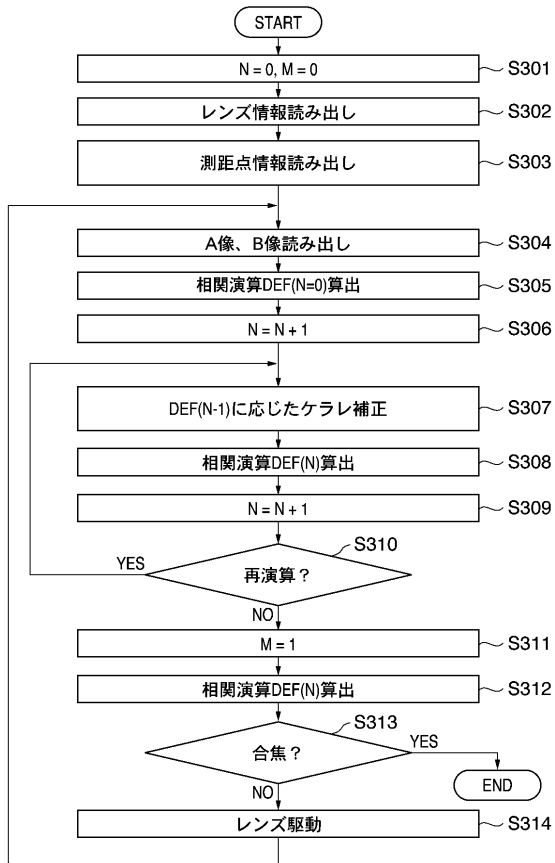
【 図 1 9 】



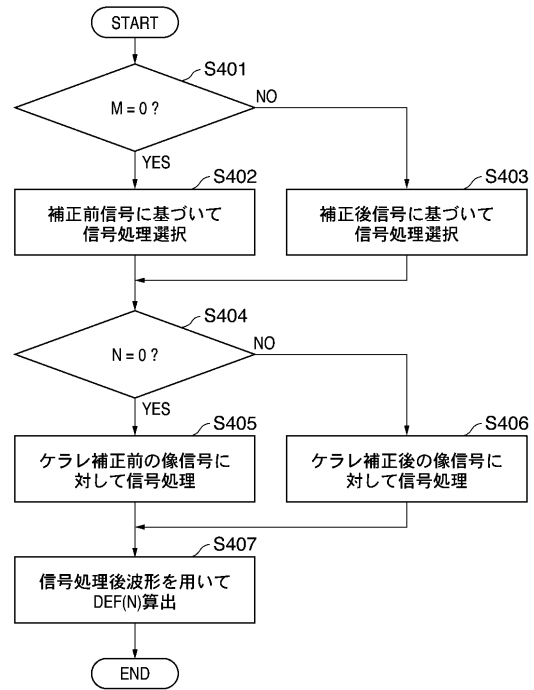
【 図 2 0 】



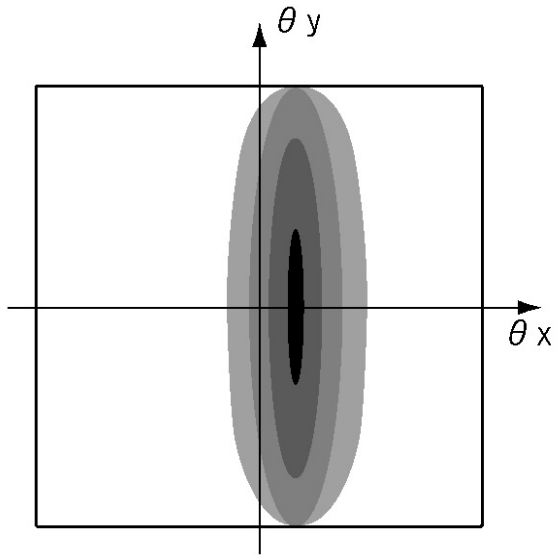
【 図 2 1 】



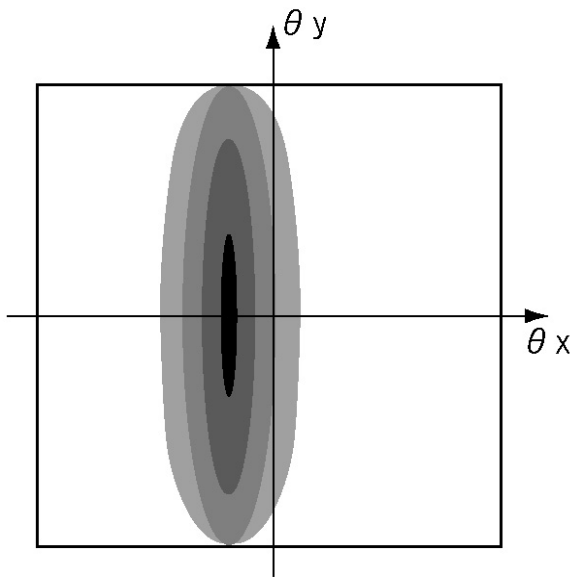
【 図 2 2 】



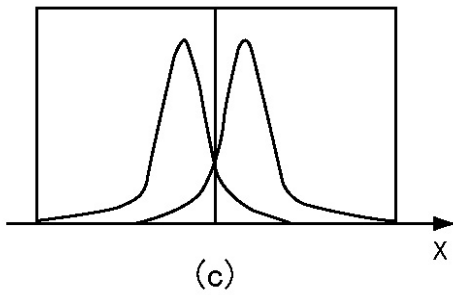
【 図 1 0 】



(a)

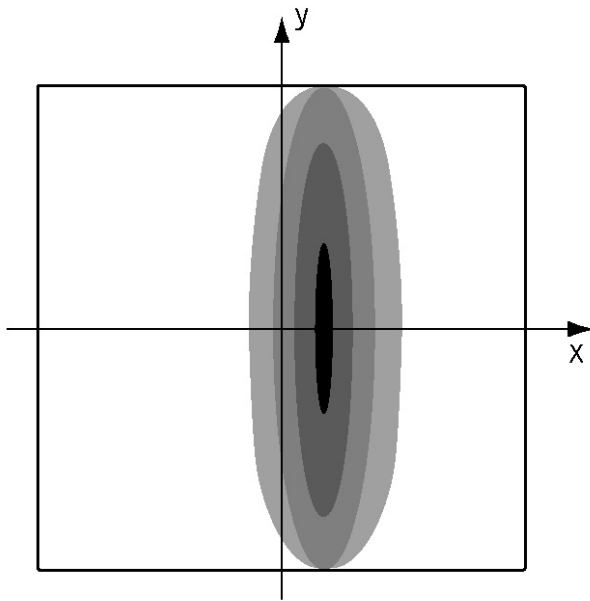


(b)

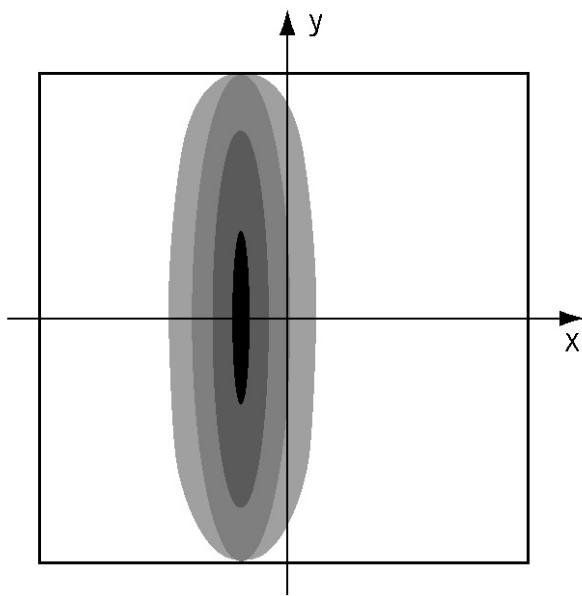


(c)

【 図 1 3 】

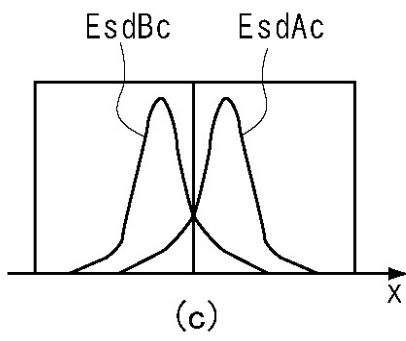
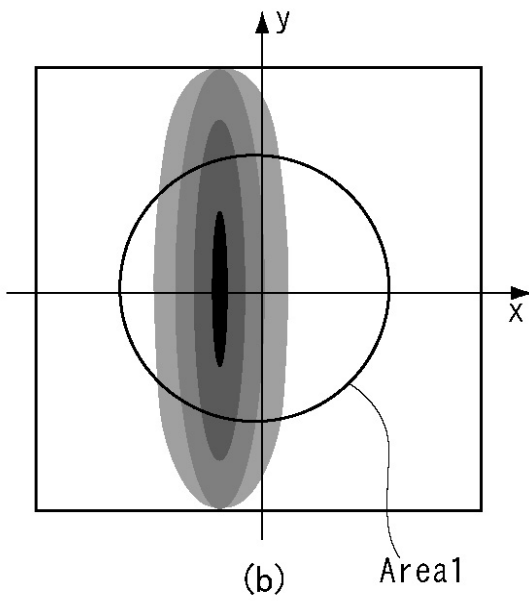
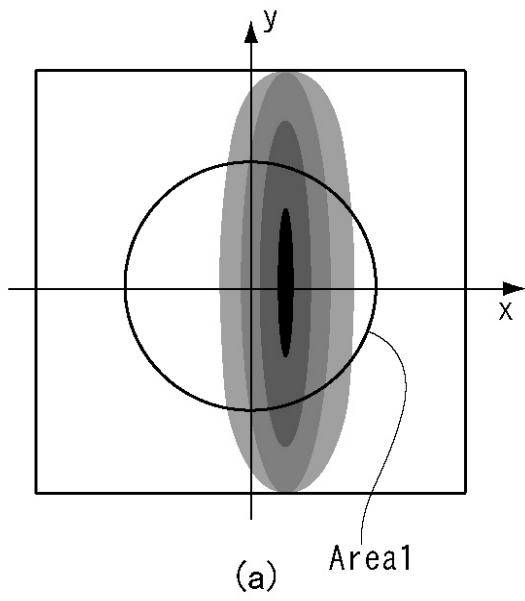


(a)

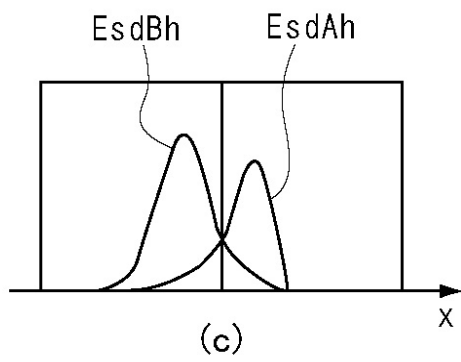
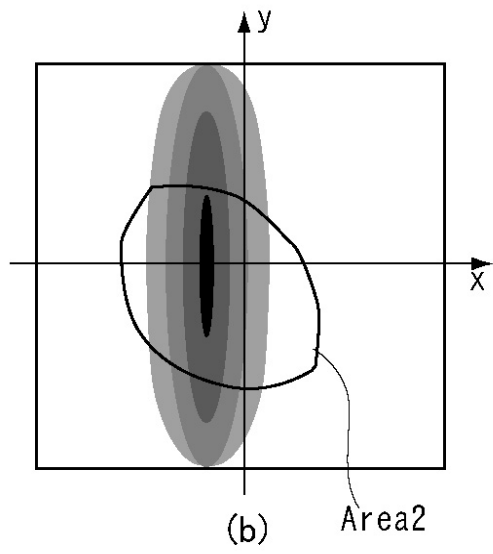
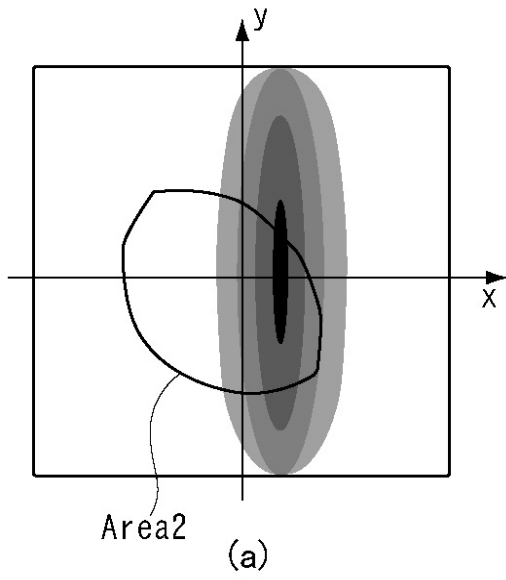


(b)

【 図 1 4 】



【 図 15 】



フロントページの続き

(72)発明者 山本 英明

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 BB03

2H151 BA06 CB09 CB22 CD12

5C122 DA04 EA06 EA30 EA37 FC01 FC02 FD07 FH09 HB01 HB02

HB05 HB10