

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5645846号
(P5645846)

(45) 発行日 平成26年12月24日(2014.12.24)

(24) 登録日 平成26年11月14日(2014.11.14)

(51) Int. Cl.	F I
GO2B 7/34 (2006.01)	GO2B 7/34
GO3B 13/36 (2006.01)	GO3B 13/36
HO4N 5/232 (2006.01)	HO4N 5/232 H
HO4N 101/00 (2006.01)	HO4N 101:00

請求項の数 9 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2011-543900 (P2011-543900)	(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
(86) (22) 出願日	平成21年10月13日(2009.10.13)	(74) 代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/067742	(74) 代理人	100124442 弁理士 黒岩 創吾
(87) 国際公開番号	W02011/045850	(72) 発明者	玉木 嘉人 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
(87) 国際公開日	平成23年4月21日(2011.4.21)	審査官	山口 剛
審査請求日	平成24年10月12日(2012.10.12)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 焦点調節装置及び焦点調節方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被写体像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、前記第1の瞳領域と異なる第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撮像手段と、

前記第1の画素群からの出力信号に基づく第1の像信号と前記第2の画素群からの出力信号に基づく第2の像信号の相対的な像ずれ量から得られるデフォーカス量に応じたサンプリングピッチの情報と、撮影レンズの状態に対応した瞳強度分布に応じた情報と、に基づく像修正情報を用いて、前記第1の像信号と前記第2の像信号とを修正する修正手段と

前記修正手段による像の修正後の第1の修正像信号と第2の修正像信号の相対的な像ずれ量から得られるデフォーカス量に基づいて、前記結像光学系の焦点状態を調節する焦点調節手段と

を備えることを特徴とする焦点調節装置。

【請求項2】

前記修正手段において、前記第1の像信号と前記第2の像信号の相対的な像ずれ量から得られるデフォーカス量が第1のデフォーカス量の場合よりも、前記第1のデフォーカス量よりも小さい第2のデフォーカス量の場合のほうが、前記像修正情報のサンプリングピッチを細かくすることを特徴とする請求項1に記載の焦点調節装置。

【請求項3】

前記第 1 の修正像信号は、前記第 1 の画素群から得られた第 1 の像信号に前記第 2 の瞳領域に対応した第 2 の線像分布関数を畳み込み積分することにより生成され、前記第 2 の修正像信号は、前記第 2 の画素群から得られた第 2 の被写体像に前記第 1 の瞳領域に対応した第 1 の線像分布関数を畳み込み積分することにより生成されることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の焦点調節装置。

【請求項 4】

前記像修正情報は、前記結像光学系のケラレ情報と瞳強度分布の情報とに基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の焦点調節装置。

【請求項 5】

前記像修正情報は、像の一致度を高めるための情報であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の焦点調節装置。

10

【請求項 6】

前記修正手段において、撮影レンズの F ナンバーが第 1 の値よりも前記第 1 の値よりも大きい第 2 の値の場合のほうが前記像修正情報のサンプリングピッチを細かくすることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 に記載の焦点調節装置。

【請求項 7】

被写体像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、前記第 1 の瞳領域と異なる第 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撮像手段を備える焦点調節装置の焦点調節方法であって、

前記第 1 の画素群からの出力信号に基づく第 1 の像信号と前記第 2 の画素群からの出力信号に基づく第 2 の像信号の相対的な像ずれ量から得られるデフォーカス量に応じたサンプリングピッチの情報と、撮影レンズの状態に対応した瞳強度分布に応じた情報と、に基づく像修正情報を用いて、前記第 1 の像信号と前記第 2 の像信号とを修正する修正工程と

20

前記修正工程により得られた像の修正後の第 1 の修正像信号と第 2 の修正像信号の相対的な像ずれ量から得られるデフォーカス量に基づいて、前記結像光学系の焦点状態を調節するよう制御する焦点調節工程とを有することを特徴とする焦点調節方法。

【請求項 8】

コンピュータに、請求項 7 に記載の焦点調節方法の各工程を実行させるためのプログラム。

30

【請求項 9】

請求項 8 に記載のプログラムを格納したことを特徴とする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、焦点調節装置及び、焦点調節方法に関しており、特に電子カメラ等に利用されるオートフォーカスに関する。

【背景技術】

40

【0002】

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、撮像素子を兼ねた固体撮像装置が特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 の固体撮像装置では、通常の画像を撮影するときは、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。一方、撮影レンズの焦点位置を算出する時は、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一対の像に基づいて撮影レンズの焦点位置を算出している。そして、その一対の像の相対的な像ずれ量に対して相関演算を行って、撮影レンズの焦点位置が算出される。

【0003】

また、撮影レンズによるケラレが発生している状態の位相差 A F (A u t o F o c u

50

s)において焦点位置を算出する場合、撮影レンズによるケラレによって像信号の非対称性(像の一致度の低下)が生じてしまう。そこで、特許文献2では、撮像装置に格納された特定の像修正フィルタを口径比、射出瞳位置、デフォーカス量によって変形し、該像修正フィルタを像信号に適用したのち、焦点位置を算出する技術が開示されている。前記像修正フィルタは畳み込み積分により前記像信号に適用する為、該像修正フィルタのピッチは該像信号のピッチと一致させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平4-267211号公報

10

【特許文献2】特開平5-127074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、従来例では像修正フィルタのピッチをデフォーカス量やFナンバーによらず一定としている為、フィルタ長が短くなる合焦近傍においては、折り返し歪などにより正確なフィルタ形状を表現できず、焦点算出精度が悪いという問題があった。

【0006】

本発明の目的は、撮影レンズによるケラレが発生している状態においても、精度のよい焦点調節を実現させることである。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述のような課題を解決するために、本発明の技術的特徴としては、被写体像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、前記第1の瞳領域と異なる第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撮像手段と、前記第1の画素群からの出力信号に基づく第1の像信号と前記第2の画素群からの出力信号に基づく第2の像信号の相対的な像ずれ量から得られるデフォーカス量に応じたサンプリングピッチの情報と、撮影レンズの状態に対応した瞳強度分布に応じた情報と、に基づく像修正情報を用いて、前記第1の像信号と前記第2の像信号とを修正する修正手段と、前記修正手段による像の修正後の第1の修正像信号と第2の修正像信号の相対的な像ずれ量から得られるデフォーカス量に基づいて、前記結像光学系の焦点状態を調節する焦点調節手段とを備えることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、焦点調節精度を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】撮像装置の構成図である。

【図2】撮像用画素の構造図である。

【図3】焦点検出用画素の構造図である。

40

【図4】瞳分割概念図である。

【図5】焦点検出用画素の瞳強度分布概念図である。

【図6】撮像素子中央の焦点検出用画素の瞳強度概念図である。

【図7】撮像素子駆動回路図である。

【図8】図7の素子から得られる像信号を示す図である。

【図9】像修正フィルタ処理を説明する概念図である。

【図10】デフォーカス量によってピッチを変える焦点算出フローである。

【図11】デフォーカス時の撮像素子に入射する光線を表す概念図である。

【図12】線像分布関数を示す図である。

【図13】大デフォーカス時に線像分布関数から像修正フィルタを得る過程の概念図であ

50

る。

【図 1 4】小デフォーカス時に線像分布関数から像修正フィルタを得る過程の概念図である。

【図 1 5】F ナンバー毎の線像分布関数から像修正フィルタを得る過程の概念図である。

【図 1 6】F ナンバー、デフォーカス量によってピッチを変える焦点算出フローである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照しながら本発明の一実施形態を説明する。

【0011】

〔第 1 の実施形態〕

本発明の第 1 の実施形態について、図 1 ~ 図 1 4 を用いて以下に説明する。

【0012】

(撮像装置の構成)

図 1 は本実施形態に関わる撮像装置の構成図を示している。図 1 において、101 は撮影レンズ(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 は撮影レンズの第 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。

【0013】

105 は撮影レンズの第 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 C - M O S センサとその周辺回路で構成された撮像素子である。該撮像素子は、横方向 m 画素、縦方向 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。

【0014】

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。

【0015】

115 は撮影時の被写体照明用電子フラッシュで、キセノン管を用いた閃光照明装置が好適だが、連続発光する L E D を備えた照明装置を用いても良い。116 は A F 補助光部で、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算出能力を向上させる。

【0016】

121 は C P U で、撮像装置本体の種々の制御を司る。C P U 121 は演算部、R O M、R A M、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し、R O M に記憶された所定のプログラムに基づいて、撮像装置が有する各種回路を駆動し、A F、撮影、画像処理と記録等の一連の動作を実行する。

【0017】

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部 115 を点灯制御する。123 は補助光駆動回路で、焦点算出動作に同期して、A F 補助光部 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 C P U 121 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、J P E G 圧縮等の処理を行なう。

【0018】

126 はフォーカス駆動回路で、焦点算出結果に基づいてフォーカスアクチュエータ 1

10

20

30

40

50

14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はシャッタ駆動回路で、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。

【0019】

131はLCD等の表示器で、撮像装置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、焦点算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。

10

【0020】

（撮像用画素の構造）

図2は、撮像用画素の構造を説明する図である。図2は、撮像用画素の一部分を拡大した平面図と断面図を示している。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（Green）の分光感度を有する撮像用画素（G画素）を配置する。そして、他の2画素にR（Red）とB（Blue）の分光感度を有する撮像用画素（R画素、B画素）を各1個配置する。つまり、本実施形態ではベイヤー配列を採用した例を示す。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。

【0021】

20

図2（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。ベイヤー配列では対角方向にG画素が、他の2画素にR画素とB画素が配置される。そして該2行×2列の構造が繰り返し配置される。

【0022】

図2（a）の断面A-Aを図2（b）に示す。MLは各撮像用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は撮影レンズを模式的に示したものである。

【0023】

30

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、撮影レンズ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、撮影レンズTLの射出瞳EP（瞳領域ともいう）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2（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。

【0024】

（焦点検出用画素の構造）

図3は、焦点検出用画素の構造を説明する図である。図3は、撮影レンズTLの図3（b）中x方向に瞳分割を行なうための焦点検出用画素の一部分を拡大した平面図と断面図を示している。図3（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列の焦点検出用画素の平面図である。画像信号を得る場合、人間の画像認識特性は輝度情報に敏感である為、G画素が欠損すると画質劣化が認められやすい。その為、G画素は輝度情報の主成分をなす。一方でR画素もしくはB画素は、色情報を取得する撮像用画素であるが、人間は色情報には鈍感であるため、色情報を取得するR画素もしくはB画素は多少の欠損が生じて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列の撮像用画素のうち、G画素は撮像用画素として残してR画素とB画素に相当する位置に、ある割合で焦点検出用画素を配列している。これを図3（a）においてSHA及びSHBで示す。

40

50

【 0 0 2 5 】

図 3 (a) の断面 B - B を図 3 (b) に示す。マイクロレンズ M L と、光電変換部 P D は図 2 (b) に示した撮像素子と同一構造である。本実施形態においては、焦点検出用画素の信号は画像生成には用いないため、色分離用カラーフィルタの代わりに透明膜 C F W (W h i t e) 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 C L の開口部はマイクロレンズ M L の中心線に対して x 方向に偏倚している。具体的には、焦点検出用画素 S H A の開口部 O P H A は - x 方向に偏倚しているため、図 3 (b) の撮影レンズ T L の紙面左側の射出瞳 E P H A を通過した光束を受光する。同様に、画素 S H B の開口部 O P H B は + x 方向に偏倚しているため、図 3 (b) の撮影レンズ T L の紙面右側の射出瞳 E P H B を通過した光束を受光する。ここで、焦点検出用画素 S H A を x 方向に規則的に配列し、これらの焦点検出用画素群 S H A で取得した第 1 の像信号を像信号 A とする。また、焦点検出用画素 S H B も x 方向に規則的に配列し、これらの焦点検出用画素群 S H B で取得した第 2 の像信号を像信号 B とする。すると、像信号 A と像信号 B の相対的な像ずれ量から相関演算を用いてデフォーカス量を算出することで、撮影レンズの焦点位置が算出できる。よって、これに基づいて、撮影レンズの焦点状態を調節することができる。

10

【 0 0 2 6 】

(撮像素子の瞳分割状況の概念)

図 4 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。T L は撮影レンズ、1 0 7 は撮像素子、O B J は被写体、I M G は像信号である。撮像素子は図 2 の撮像素子の撮像素子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 E P を通過した光束を受光する。一方、焦点検出用画素は図 3 (a) 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 3 (a) の画素 S H A は + X 方向の側の瞳を通過した光束、すなわち図 4 の瞳 E P H A 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 1 0 7 の全領域に渡って分布させることで、撮像素子領域全域で焦点算出を可能とさせている。

20

【 0 0 2 7 】

なお、ここでは x 方向に輝度分布を有した被写体に対応した構成について説明したが、同様の構成を y 方向にも展開することで y 方向に輝度分布を有した被写体にも対応した構成をとることが可能である。

30

【 0 0 2 8 】

(ケラレが生じない場合の瞳強度分布と線像分布関数)

光束の射出瞳面内での強度分布を、以降では単に瞳強度分布と呼ぶ。

【 0 0 2 9 】

図 5 は焦点検出用画素の瞳強度分布とその瞳強度分布から得られる線像分布関数を表した図である。図 5 (a) は焦点検出用画素 S H A 、図 5 (b) は焦点検出用画素 S H B の特性を示している。図 5 の x 軸、y 軸は図 4 の x 軸、y 軸に対応している。図 5 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 3 (a) では説明をしやすいするため、焦点検出用画素 S H A の射出瞳を E P H A 、焦点検出用画素 S H B 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 5 に示すように、実際には、図 3 (b) で示した開口部 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でぼけて広がり、焦点検出用画素 S H A と焦点検出用画素 S H B の射出瞳は一部領域の重なる部分がある。

40

【 0 0 3 0 】

図 5 (c) は焦点検出用画素の線像分布関数を表した図である。これは図 5 (a) と図 5 (b) の瞳強度分布を y 方向に射影をとったものである。横軸は図 5 (a) 、(b) の x 軸に対応し、縦軸は線像分布関数の強度を表している。原点 O が撮影レンズの光軸位置に対応している。

【 0 0 3 1 】

ここで、ある点光源が光学系の射出瞳を通過し結像面上に形成する点像の強度分布、い

50

わゆる点像分布関数は、光学系が無収差の場合、射出瞳形状が結像面上に縮小投影されていると考えられる。そして、線像分布関数は、点像分布関数の射影であるので、瞳強度分布の射影を線像分布関数としている。

【 0 0 3 2 】

図 5 (c) に示すように、撮像素子中央の焦点検出用画素では、線像分布関数 $L S F_A$ と $L S F_B$ は、光軸に対して略対称 (像の形状が略一致) となる。また、線像分布関数 $L S F_A$ と $L S F_B$ は、それぞれの x 軸方向の重心位置を中心として、x 軸方向に略対称形となっている。

【 0 0 3 3 】

(ケラレが生じた場合の瞳強度分布と線像分布関数)

図 6 は図 5 の瞳強度分布に対して、撮影レンズによるケラレが生じた場合の瞳強度分布とその瞳強度分布から得られる線像分布関数を表した図である。図 6 (a) は焦点検出用画素 $S H A$ 、図 6 (b) は焦点検出用画素 $S H B$ の撮影レンズによるケラレがある場合の瞳強度分布の特性を示している。そして、図 5 で示した焦点検出用画素 $S H A$ 、 $S H B$ の瞳強度分布のうち、 $A r e a 1$ で表した形状の内側のみが焦点検出用画素 $S H A$ 、 $S H B$ で受光される領域となる。図 6 (c) は撮影レンズによるケラレが生じた場合の線像分布関数を表した図である。図 6 (c) は図 5 (c) と同様に図 6 (a) と図 6 (b) の瞳強度分布を y 方向に射影をとったものである。横軸は図 5 (a)、(b) の x 軸に対応し、縦軸は線像分布関数の強度を表している。原点 O が撮影レンズの光軸位置に対応している。

【 0 0 3 4 】

図 6 (c) に示すように、撮像素子中央の焦点検出用画素では図 5 (c) と同様に、線像分布関数 $L S F_A'$ と $L S F_B'$ は、光軸に対して略対称となる。しかし、図 6 (a)、(b) に示すように瞳強度分布は $A r e a 1$ により一部が切り取られた状態となっているため、線像分布関数 $L S F_A'$ と $L S F_B'$ 全体をみると、それぞれの x 軸方向の重心位置を中心として、x 軸方向に非対称形となっている。

【 0 0 3 5 】

(撮像素子 1 0 7 と撮像素子駆動回路 1 2 4 の焦点検出のための構成)

図 7 は、図 1 における撮像素子 1 0 7 と撮像素子駆動回路 1 2 4 の焦点算出構成を概略的に示す図である。なお図 7 では、分かりやすく説明するために A / D 変換部を省略してある。

【 0 0 3 6 】

撮像素子 1 0 7 は、図 3 で説明した焦点検出用画素 9 0 1 a と焦点検出用画素 9 0 1 b とで構成される焦点検出用画素 9 0 1 を複数有する。焦点検出用画素 9 0 1 a が焦点検出用画素 $S H A$ に、焦点検出用画素 9 0 1 b が焦点検出用画素 $S H B$ にそれぞれ対応する。また、撮像素子 1 0 7 は撮影レンズで結像された被写体像を光電変換するための撮像用画素を複数含む。

【 0 0 3 7 】

撮像素子駆動回路 1 2 4 は、合成部 9 0 2 と、連結部 9 0 3 とを含む。また、撮像素子駆動回路 1 2 4 は複数の焦点検出用画素 9 0 1 を含むように、撮像素子 1 0 7 の撮像面にセクション (領域) $C S T$ を複数割り当てる。そして、撮像素子駆動回路 1 2 4 はセクション $C S T$ の大きさ、配置、数等を適宜変更することができる。合成部 9 0 2 は、撮像素子 1 0 7 に割り当てられた複数のセクション $C S T$ の各々において、焦点検出用画素 9 0 1 a からの出力信号を合成して 1 画素の第 1 の合成信号を得る処理を行なう。合成部 9 0 2 はまた、各セクション $C S T$ において、焦点検出用画素 9 0 1 b からの出力信号を合成して 1 画素の第 2 の合成信号を得る処理を行なう。連結部 9 0 3 は、複数のセクション $C S T$ において、第 1 の合成信号である各焦点検出用画素を連結して第 1 の連結信号を得る処理と、第 2 の合成信号を連結して第 2 の連結信号を得る処理とを行なう。このように、焦点検出用画素 9 0 1 a 及び 9 0 1 b のそれぞれに対して、セクション数の焦点検出用画素が連結された連結信号が得られる。CPU 1 2 1 で第 1 の連結信号及び第 2 の連結信号に基づいて、撮影レンズのデフォーカス量を演算する。このように、セクション内に配置

10

20

30

40

50

された同一の瞳分割方向における焦点検出用画素の出力信号を合成するため、焦点検出用画素901の1つ1つの輝度は小さい場合であっても、被写体の輝度分布を十分に検出することが可能となる。

【0038】

(撮像素子107より出力される像信号)

図8は、図7の焦点検出用画素901、合成部902、連結部903により形成され、CPU121へ送られる対の像信号を示す。図8において、横軸は連結された信号の画素並び方向を示し、縦軸は信号の強度である。像信号430aは焦点検出用画素901aで、像信号430bは焦点検出用画素901bでそれぞれ形成される信号である。そして、撮影レンズの焦点位置がデフォーカス状態であるため、像信号430aは左側に、像信号430bは右側にずれた状態となっている。

10

【0039】

この像信号430a、430bの像ずれ量を相関演算によって算出することにより、撮影レンズの焦点位置がどれだけずれているかを知ることができるため焦点調節を行なうことが可能となる。ここで、本実施形態の焦点算出では、図6で説明した通り、撮影レンズによるケラレによって線像分布関数が重心に対して非対称となるので、焦点検出用画素で得られる像信号Aと像信号Bにも非対称性が生じてしまう。言い換えると、像の一致度が低下してしまう。位相差方式の焦点検出においては、像の一致度の低下(非対称性)が生じている場合、像ずれ量を正確に算出することができない。そこで、本実施形態では、得られた像信号の非対称性を補正することで、この問題を解決する。

20

【0040】

(像信号の非対称性)

以下、像信号に非対称性が生じる理由と、非対称性の補正について詳細を説明する。

【0041】

いま被写体の光量分布を $f(x, y)$ 、像信号の光量分布を $g(x, y)$ としたとき、

【0042】

【数1】

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

30

【0043】

の関係(たたみこみ積分; convolution)が成立する。ここで $h(a, b)$ 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、焦点算出に用いる1対の像信号を知るには、点像分布関数を知る必要がある。ここで、像ずれ方式の焦点算出においては、1対の像信号の1次元方向に注目し、その像ずれ量を算出する。このため、2次元の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、焦点算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 $f(x)$ 、像信号の光量分布を $g(x)$ 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。

40

【0044】

【数2】

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

50

【 0 0 4 5 】

また、点像分布関数と線像分布関数の関係は、以下の式(3)で表すことができる。

【 0 0 4 6 】

【数3】

$$L(a) = \int_{-\infty}^{\infty} h(a, b) db \dots \dots \dots (3)$$

10

【 0 0 4 7 】

前述したとおり、ある点光源が光学系の射出瞳を通過し結像面上に形成する点像の強度分布、いわゆる点像分布関数は、光学系が無収差の場合、射出瞳形状が結像面上に縮小投影されていると考えられる。したがって、点像分布関数 $h(a, b)$ は、瞳強度分布で置き換えることができる。さらに、式(3)より、線像分布関数は瞳強度分布の射影と考えることができる。よって、図5、6では瞳強度分布の射影を線像分布関数として説明してきた。したがって、式(2)より、本実施形態の被写体像には、図6で説明した非対称な線像分布関数 $L S F_A'$ 、 $L S F_B'$ がそれぞれ畳み込まれているため、対の像信号にも非対称性が生じている。前述したように相関演算に使用する対の像信号に非対称性が生じている場合は、焦点位置の算出精度も低下する。焦点位置の算出精度を向上させるためには、対の像信号の非対称性を補正し、像の一致度を上げることが有効である。

20

【 0 0 4 8 】

(像信号の非対称性を補正する方法)

次に、像信号の非対称性を補正する方法について説明する。ここで、図7の焦点検出用画素901aで得られる像信号を像信号A、焦点検出用画素901bで得られる像信号を像信号Bと呼ぶ。前述したように、像信号Aと像信号Bの非対称性は、非対称な線像分布関数 $L S F_A'$ 、 $L S F_B'$ が畳み込み積分されることによって生じる。

【 0 0 4 9 】

図9は像信号の非対称性を解消するための像修正フィルタ処理を説明する概念図である。図9の各図において、横軸は画素並び方向を示し、縦軸は像信号の強度を表している。図9(a)は被写体の光量分布を $O b_j$ で表しており、図9(b)と図9(c)は焦点検出用画素 $S H A$ 及び焦点検出用画素 $S H B$ の線像分布関数を $L S F_{A x}$ 、 $L S F_{B x}$ で表したものである。図9(d)、図9(e)は像信号A ($I m g A$)、像信号B ($I m g B$) を表しており、それぞれ被写体の光量分布 $O b_j$ に線像分布関数 $L S F_{A x}$ 、線像分布関数 $L S F_{B x}$ を畳み込み積分したときこのような形状となる。図9(f)は像信号A ($I m g A$) に像修正フィルタである像信号Bの線像分布関数 $L S F_{B x}$ を畳み込み積分した修正像 $R e I m g A$ を表している。また、図9(g)は像信号B ($I m g B$) に像修正フィルタである像信号Aの線像分布関数 $L S F_{A x}$ 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9(f)、図9(g)に示すように、各修正像は同形状となる。修正像が同形状になる原理について説明する。

30

40

【 0 0 5 0 】

像信号A ($I m g A$) は前述した式(2)により得られる。得られた像信号A ($I m g A$) に線像分布関数 $L S F_{B x}$ を畳み込み積分して得られる修正像 $R e I m g A$ を $k(x)$ とすると、 $k(x)$ は以下のように求められる。

【 0 0 5 1 】

【数4】

$$k(x) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x-b)L_B(b)db$$

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

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a-b)L_A(a)L_B(b)dadb \dots \dots \dots (4)$$

10

【0052】

修正像 ReImg Bについても同様に計算すると

【0053】

【数5】

$$k(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x-a-b)L_A(a)L_B(b)dadb \dots \dots \dots (5)$$

20

【0054】

が得られる。上式(6)、(7)より、得られた ReImg Aと ReImg Bは等しくなり、ReImg Aと ReImg Bを用いて相関演算を行なうことで、像ずれ量を算出することが可能となる。

【0055】

(焦点算出のフロー)

次に第1の実施形態の焦点算出フローについて図10のフロー図を用いて説明する。なお、図10のフローにおける動作はCPU121によって実行される。

30

【0056】

ステップS001では、撮影レンズによるケラレ状態を知る為のレンズ情報を取得する。ステップS002では、各焦点検出用画素においてCPU121のROMに保管されている瞳強度分布を読み出し、ステップS001で得られた撮影レンズによるケラレ情報と合わせて線像分布関数を算出する。

【0057】

ステップS003ではステップS002で得られた線像分布関数の重心を算出し、基線長を求める。ステップS004では、焦点検出位置での焦点検出用画素の像信号を読み出し、像信号A、像信号Bが形成される。ステップS005ではステップS001で得られたレンズ情報と瞳強度分布を用いてステップS004で形成された像信号Aと像信号Bのシェーディングを予測し、シェーディング補正を行なう。

40

【0058】

ステップS006ではステップS004で形成された像信号Aと像信号Bに対して、CPU121のROMに保管されているダーク値からダーク補正を行なう。ステップS007ではステップS006で得られたダーク補正後の像信号Aとダーク補正後の像信号Bを用いて、相関演算により像ずれ量を求め、ステップS003で求めた基線長と合わせて、暫定デフォーカス量を求める。

【0059】

ステップS008では、ステップS007で算出された暫定デフォーカス量がある閾値

50

によって設定された範囲であるか否かがCPU121によって判定される。まず暫定デフォーカス量が設定された閾値以上と判定された場合には、像修正フィルタのピッチ（像修正情報である線像分布関数のサンプリングピッチ）を変えずにステップS011に進む。一方、暫定デフォーカス量が設定された閾値より小さいと判定された場合には、像修正フィルタのピッチを新たに算出する為、ステップS009へと進む。つまり、暫定デフォーカス量の大小によって像修正フィルタの形状を変化させるだけでなくピッチも切り替える。この理由について説明する。デフォーカス量が大きい時にはフィルタ長が長くなり、像修正フィルタの形状をある程度正確に表すことができる為、像修正処理部により像信号の非対称性が緩和し、精度よくデフォーカス量を算出することができる。一方、デフォーカス量が小さい時にはフィルタ長が短くなり、デフォーカス量が大きい場合と同じ像修正フィルタのピッチでは粗すぎてしまい、折り返し歪が生じてステップS002で得られる線像分布関数の形状を正確に表すことが出来ない。その為、像修正処理部を行っても像信号の非対称性を緩和することができず、精度よくデフォーカス量を算出することが出来ない。

10

【0060】

以上の理由より、デフォーカス量によって像修正フィルタのピッチを変えることが望ましい。また、それに合わせて像信号のピッチも変化させる。

【0061】

ステップS009、ステップS010は、ステップS007で算出された暫定デフォーカス量が閾値より小さい場合に行なわれる処理である。ステップS009では、ステップS007で算出された暫定デフォーカス量を元に像修正フィルタのピッチを算出する。

20

【0062】

ステップS010ではステップS009で算出した像修正フィルタのピッチにあわせて線形補間やスプライン補間などを用いて像信号の補間処理を行なう。

【0063】

ステップS011では、CPU121が像修正フィルタを算出する。

【0064】

ステップS012では、ステップS011で算出された像修正フィルタを像信号に畳み込み積分して、修正像信号を得る。

【0065】

ステップS013ではステップS012で算出された修正像信号を用いて、ステップS007と同様に、相関演算により像ずれ量を算出する。そして、ステップS003で求めた基線長と合わせてデフォーカス量を求め、一連の焦点算出フローが終了する。

30

【0066】

（像修正フィルタの決定）

像修正フィルタの算出方法について、図11から図14を用いて説明する。まず、像修正フィルタの幅決定方法について、図11を用いて説明する。

【0067】

図11はデフォーカス時の撮像素子107に入射する光線を表す図である。図11(a)は前ピン時の光線図を示したもので、図11(b)は後ピン時の光線図を示したものである。Zafは撮像素子107面から瞳面Meまでの距離、Rafは図6で示したArea1のx軸方向の幅、Defはデフォーカス量である。まず、前ピン時についてみると図11(a)で明らかなように、線像分布関数 LSF_{A1}' は瞳面上MeでRafの幅を有しており、撮像素子107面では幅Wfに縮小されている。そして、前ピンに結像しているため線像分布関数 LSF_{A1}' は左右方向に反転した状態となっている。そして、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

【0068】

【数 6】

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

【0069】

この式(8)で得られたWfが前ピン時の線像分布関数、すなわち像修正フィルタの幅となる。同様に、後ピンの場合の線像分布関数LSF_{A2}'は、撮像素子107面で幅Wbに縮小されている。なお、後ピンの場合、線像分布関数LSF_{A2}'は左右反転となら

10

【0070】

次に、像修正フィルタの強度が一定になるようにゲインを与えて調整する。これはステップS005において、像信号Aと像信号Bとをシェーディング補正している為で、像修正後の像信号Aと像信号Bとで強度差が出ないように、像信号Aと像信号Bの像修正フィルタの強度を調整する。

【0071】

その後、像信号Aと像信号B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、像修正後の像信号の重心移動を防ぐためである。このようにして像修正フィルタを算出する。

20

【0072】

次に、第1の実施形態であるデフォーカスによってフィルタのピッチを変えることについて、図12から図14を用いて説明する。図12から図14はデフォーカス量に応じて、線像分布関数から像修正フィルタを作成する様子を模した図である。図12は像修正フィルタの元となる線像分布関数LSFであり、Wはフィルタ幅、Hはフィルタ強度である。図13は大デフォーカスに応じて変化させた線像分布関数LSF_wと線像分布関数LSF_wをサンプリングして得られた像修正フィルタF_{ilw}である。図14は小デフォーカスに応じて変化させた線像分布関数LSF_nと線像分布関数LSF_nをサンプリングして

30

【0073】

まず、図13の大デフォーカス時には図13(a)の線像分布関数LSF_wのようにフィルタ長が長くなるので、フィルタ幅は1Wとなる。また、強度を調整するため高さは1Hとなる。そして、サンプリングして得られる図13(b)の像修正フィルタF_{ilw}は線像分布関数LSF_wの形状をある程度正確に表すことが出来る。一方、図14の小デフォーカス時には、図14(a)の線像分布関数LSF_nのようにフィルタ長が短くなるので、フィルタ幅は2Wとなる。また、強度を一定にするため高さは2Hとなる。そして、サンプリングして得られる図14(b)の像修正フィルタF_{iln}はフィルタ幅

40

2Wが像修正フィルタのピッチに対してとても狭いので、線像分布関数LSF_nの形状を正確に表すことが出来ない。そこで、図14(c)のように像修正フィルタのピッチを細かくしてサンプリングすることで、線像分布関数LSF_nの形状をある程度正確に表したF_{ilnp}を得ることが出来る。

【0074】

以上のように、デフォーカス量に応じてフィルタピッチ(つまり、像修正情報のサンプリングピッチ)を変えることで小デフォーカス時においても線像分布関数の形状をある程度正確に表した像修正フィルタを算出することが出来る。以上のように第1の実施形態によれば、暫定デフォーカス量によって像修正フィルタの形状やピッチを変えることでデフォーカス量を算出する為に最適なピッチを設定することができた。

50

【 0 0 7 5 】

また、暫定デフォーカス量によって像修正フィルタの形状やピッチを変えることで、合焦近傍においても像信号の修正ができた。

【 0 0 7 6 】

さらに、合焦近傍における像信号の修正ができることで、より高精度な焦点調節を行なうことができた。

【 0 0 7 7 】

なお、第 1 の実施形態では相関演算に像ずれ方式を用いたが、他の方法を用いたとしても同様の結果が得られる。

【 0 0 7 8 】

〔 第 2 の実施形態 〕

第 2 の実施形態は、第 1 の実施形態の変形例である。

【 0 0 7 9 】

(F ナンバーに応じた像修正フィルタ)

第 1 の実施形態ではデフォーカス量に応じて、像修正フィルタのピッチを変えていた。それに対して、撮影レンズの F ナンバーによっても像修正フィルタのピッチを変えることが第 2 の実施形態の特徴である。なお、図 1 6 のフローにおける動作は CPU 1 2 1 によって実行される。また、第 2 の実施形態の光学装置の焦点調節及び撮影工程は、第 1 の実施形態の光学装置と同じであるため、説明を省略する。

【 0 0 8 0 】

図 1 5、図 1 6 は本実施形態の第 2 の実施形態に関する図である。図 1 5 は F ナンバーに応じて、線像分布関数から像修正フィルタを作成する様子を模した図である。図 1 6 は図 1 0 のフローチャートにさらに F ナンバーによって、ピッチを変える判定を加えたフローチャートである。

【 0 0 8 1 】

図 1 5 は F ナンバーに応じた焦点検出用画素の瞳面上での撮影レンズによるケラレを示した図である。図 1 5 (a)、図 1 5 (b) はともに、上から、ケラレを表した図、線像分布関数 LSF_{fw} 、 LSF_{fn} 、像修正フィルタ fil_{fw} 、 fil_{fn} を示している。より詳しくは、上の図が、撮像素子中央の焦点検出用画素の瞳面上での入射光束の瞳強度分布の撮影レンズによるケラレを表した図である。また、中央の図が、その瞳強度分布から得られる線像分布関数 LSF_{fw} 、 LSF_{fn} である。そして、下の図が、その線像分布関数をサンプリングして得られた像修正フィルタ fil_{fw} 、 fil_{fn} である。図 1 5 (a) のように撮影時の F ナンバーが小さい時には、像修正フィルタ fil_{fw} は線像 LSF_{fw} の非対称性をよく表すことができる。一方、図 1 5 (b) のように撮影時の F ナンバーが大きい時には、瞳強度分布のより限定的な領域を通過した光束から線像を作成する。したがって、図 1 5 (a) の F ナンバーが小さい場合と同じピッチでは粗すぎて像修正フィルタ fil_{fn} は線像 LSF_{fn} を正しく表現できない。

【 0 0 8 2 】

以上の 2 点より、F ナンバーによって像修正フィルタのピッチを変えることが望ましい。また、それに合わせて像信号のピッチも変化させる。

【 0 0 8 3 】

第 2 の実施形態の焦点算出フローについて図 1 6 のフロー図を用いて説明する。

【 0 0 8 4 】

ステップ S 0 0 1 からステップ S 0 0 7 までのステップについては、第 1 の実施形態の説明で用いた図 1 0 と同じである為、説明を省略する。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 0 0 8 では、ステップ S 0 0 1 で得た撮影時の F ナンバーがある設定された範囲であるか否かが CPU 1 2 1 によって判定される。撮影時の F ナンバーが設定された閾値以上であると判定された場合には、ステップ S 0 1 0 へと進む。一方、撮影時の F ナンバーが設定された閾値より小さいと判定された場合には、像修正フィルタのピッチを算

10

20

30

40

50

出する為にステップS009へと進む。つまり、撮影時のFナンバーによって像修正フィルタのピッチを切り替える。

【0086】

ステップS009では、ステップS001で得られた撮影時のFナンバーから決まる第1のフィルタピッチ（つまり像修正のための情報のサンプリングピッチ）を算出する。

【0087】

ステップS010では、第1の実施形態と同様にステップS007で算出された暫定デフォーカス量の大小によって像修正フィルタのピッチを切り替えるか判定する。

【0088】

ステップS011、ステップS012は、ステップS007で算出された暫定デフォーカス量が閾値より小さい場合に行なわれる処理である。ステップS010では、ステップS007で算出された暫定デフォーカス量を元に第2のフィルタピッチを算出する。

【0089】

ステップS012では、像修正フィルタのピッチを決定する。

【0090】

まず、ステップS008でFナンバーがある閾値以上であると判定され、かつステップS010で暫定デフォーカス量がある閾値以上であると判定された場合には、あらかじめ決められた像修正フィルタのピッチとする。

【0091】

次に、ステップS008でFナンバーがある閾値より小さいと判定され、かつステップS010で暫定デフォーカス量がある閾値以上であると判定された場合には、ステップS009で算出される第1のフィルタピッチを像修正フィルタのピッチとする。

【0092】

また、ステップS008でFナンバーがある閾値以上であると判定され、かつステップS010で暫定デフォーカス量がある閾値より小さいと判定された場合には、ステップS011で算出される第2のフィルタピッチを像修正フィルタのピッチとする。

【0093】

また、ステップS008でFナンバーがある閾値より小さいと判定され、かつステップS010で暫定デフォーカス量がある閾値より小さいと判定された場合には、小さいピッチを像修正フィルタのピッチとする。この小さいピッチとは、ステップS009で算出される第1のフィルタピッチとステップS011で算出される第2のフィルタピッチとを比較し、小さいほうを選択したものである。

【0094】

ステップS013では、ステップS012で算出した像修正フィルタのピッチにあわせて線形補間やスプライン補間などを用いて像信号の補間処理を行なう。

【0095】

以降、ステップS014ではステップS012で決定した像修正フィルタのピッチで像修正フィルタを算出する。そして、第1の実施形態と同じようにステップS015で像修正フィルタ処理を行い、ステップS016で相関演算から得られる像ずれ量とステップS003で得られる基線長と合わせてデフォーカス量を求め、一連の焦点算出フローが終了する。

【0096】

以上のように第2の実施形態によれば、Fナンバーによって像修正フィルタの形状やピッチを変えることでデフォーカス量を算出する為に最適なピッチを設定することができた。

【0097】

また、Fナンバーによって像修正フィルタの形状やピッチを変えることで合焦近傍においても像信号の修正ができた。

【0098】

さらに、合焦近傍における像信号の修正ができることで、より高精度な焦点調節を行な

10

20

30

40

50

うことができた。

【0099】

なお、第2の実施形態では相関演算に像ずれ方式を用いたが、他の方法を用いたとしても同様の結果が得られる。

【0100】

〔その他の実施例〕

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU等）がプログラムを読み出して実行する処理である。

10

【符号の説明】

【0101】

107 撮像素子

121 CPU

124 撮像素子駆動回路

125 画像処理回路

TL 撮影レンズ

OBJ 被写体

IMG 像信号

EP 射出瞳

EPHA、EPHB 分割された射出瞳

SHA、SHB 焦点検出用画素

ML オンチップマイクロレンズ

CL 配線層

OPHA、OPHB 画素開口部

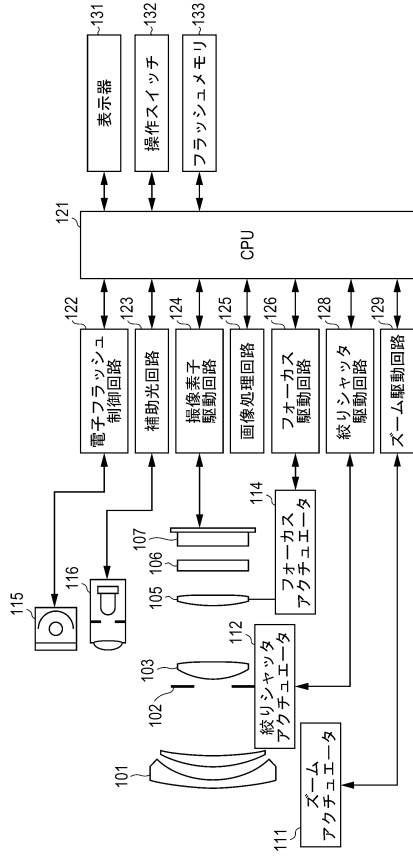
430a、430b 像信号

LSFw、LSFn、LSFA、LSFB 線像分布関数

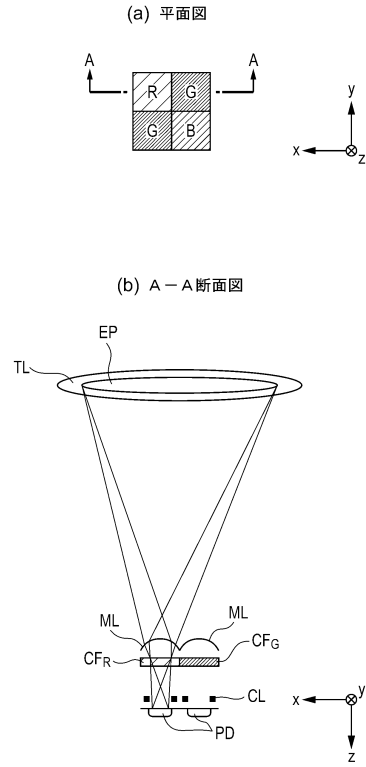
Filw、Filn、Filfw、Filfn 像修正フィルタ

20

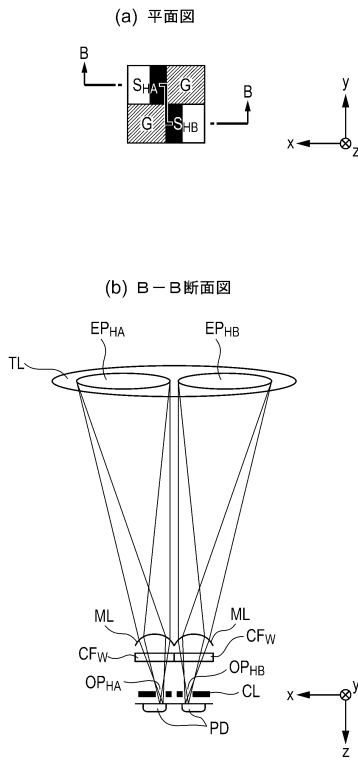
【図 1】



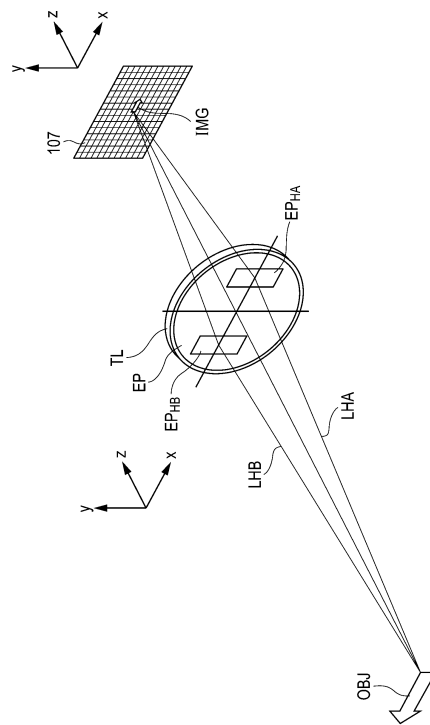
【図 2】



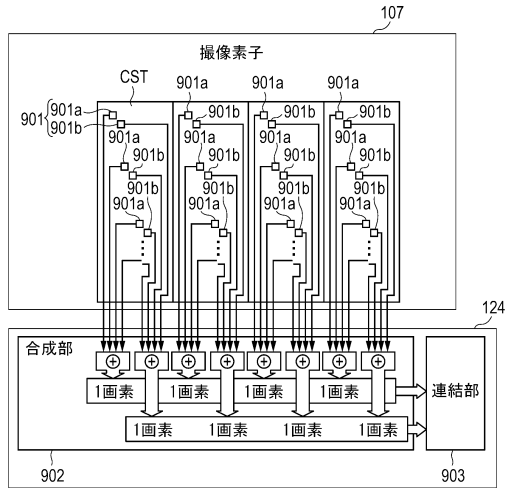
【図 3】



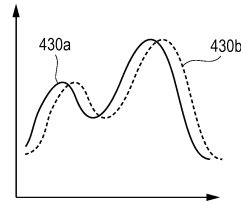
【図 4】



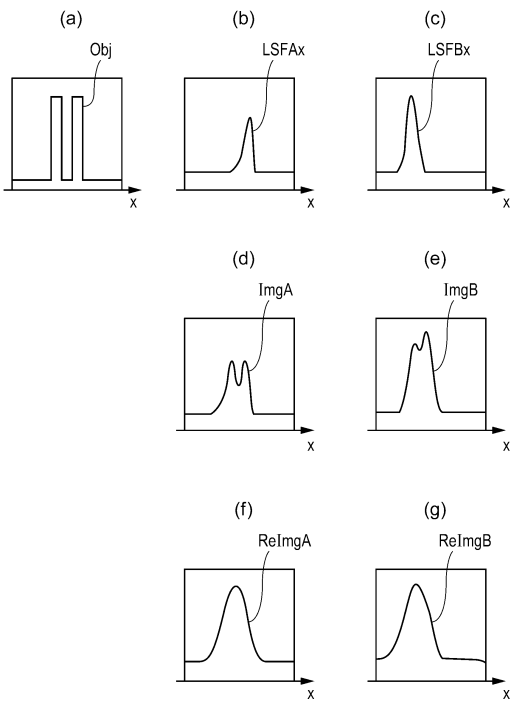
【図7】



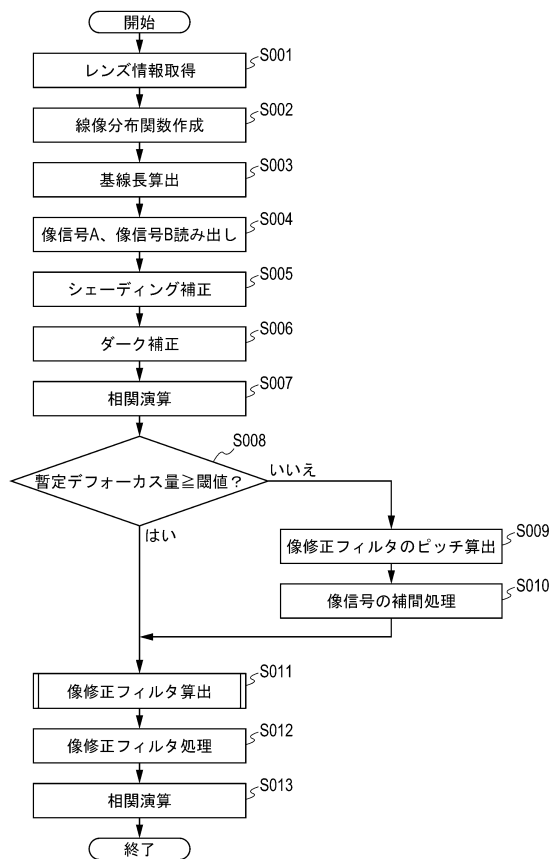
【図8】



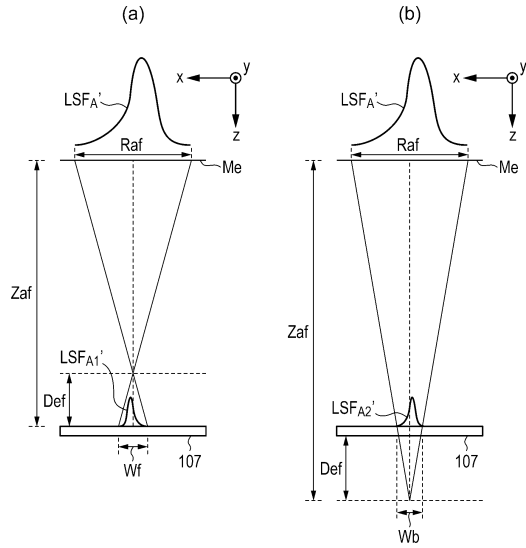
【図9】



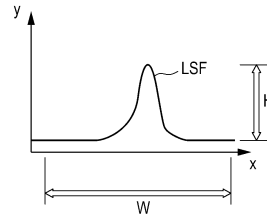
【図10】



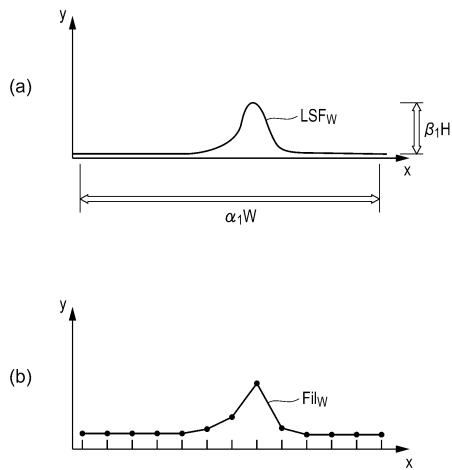
【 図 1 1 】



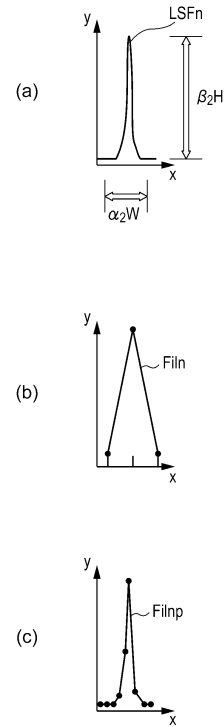
【 図 1 2 】



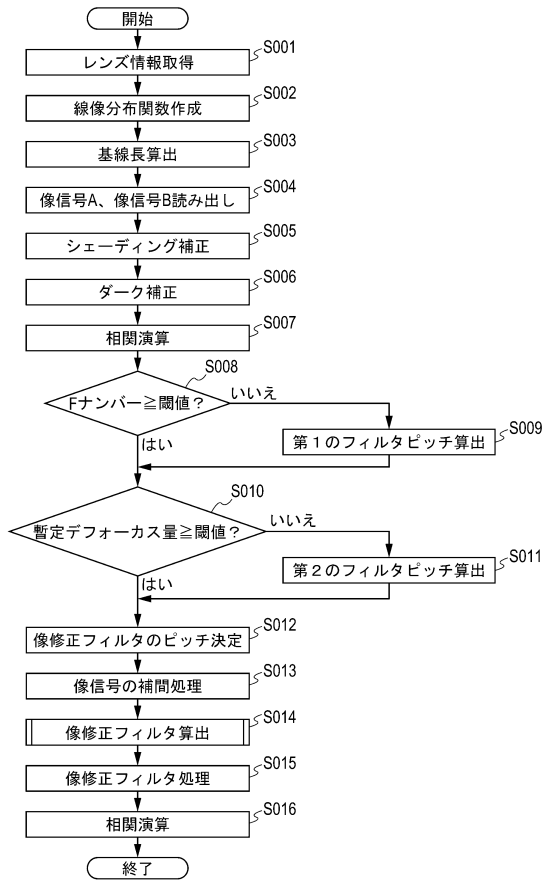
【 図 1 3 】



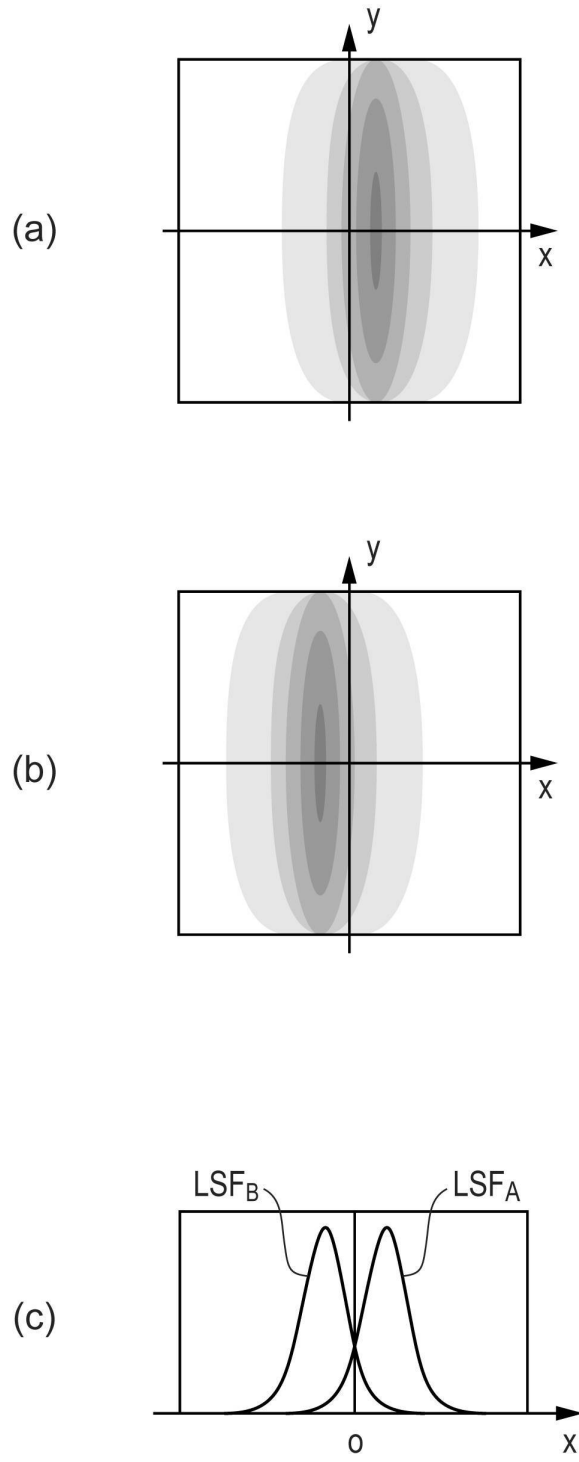
【 図 1 4 】



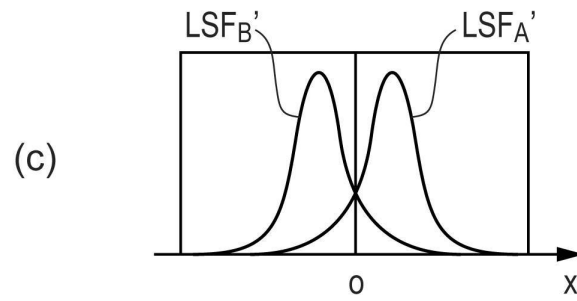
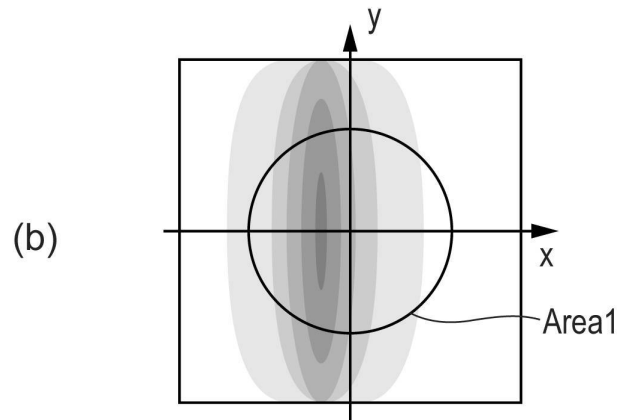
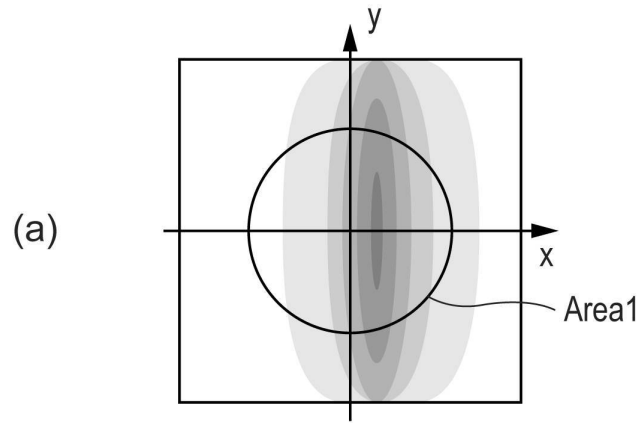
【図16】



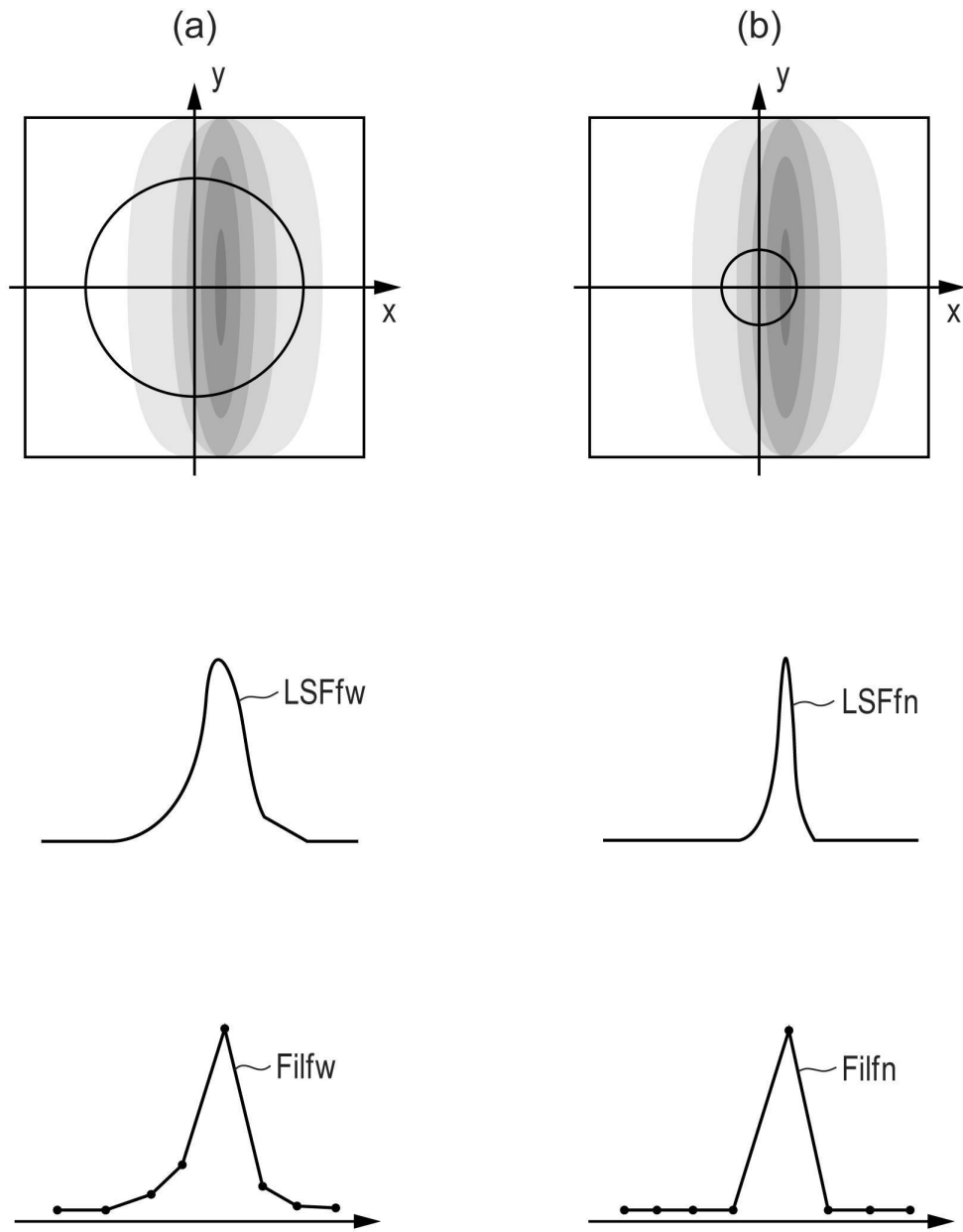
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 15 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-165126(JP,A)
特開平11-258492(JP,A)
特開2002-014277(JP,A)
特開2002-118779(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 7/28 - 7/40
G03B 13/36
H04N 5/222 - 5/257