

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第6996469号
(P6996469)

(45)発行日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(24)登録日 令和3年12月20日(2021.12.20)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B	7/28 (2021.01)	G 0 2 B	7/28	H
G 0 3 B	13/36 (2021.01)	G 0 3 B	13/36	
G 0 2 B	7/36 (2021.01)	G 0 2 B	7/36	
G 0 3 B	17/18 (2021.01)	G 0 3 B	17/18	Z
G 0 2 B	7/04 (2021.01)	G 0 2 B	7/04	Z

請求項の数 7 (全24頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-190941(P2018-190941)
 (22)出願日 平成30年10月9日(2018.10.9)
 (65)公開番号 特開2020-60649(P2020-60649A)
 (43)公開日 令和2年4月16日(2020.4.16)
 審査請求日 令和2年12月14日(2020.12.14)

(73)特許権者 000002945
 オムロン株式会社
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南
 不動堂町8 0 1番地
 (74)代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所
 (72)発明者 荒野 智大
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南
 不動堂町8 0 1番地 オムロン株式会社内
 (72)発明者 加藤 豊
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南
 不動堂町8 0 1番地 オムロン株式会社内
 審査官 うし 田 真悟

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 撮像システムおよび設定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

焦点位置が所定範囲で可変である光学系と、
 被写体からの光を前記光学系を介して受けることによって画像信号を生成するための撮像素子と、
 前記画像信号に基づいて、合焦度合を示す評価値を算出するための算出手段と、
 前記評価値に基づいて、前記被写体に合焦する焦点位置を探索するオートフォーカス手段と、
 入力装置と、
 前記入力装置への入力に従って、前記所定範囲の中から、前記オートフォーカス手段による探索範囲を設定するための設定手段と、
 表示装置とを備え、
 前記設定手段は、
 前記光学系の焦点位置と前記評価値との関係を示す図形と、前記光学系の焦点位置が前記図形上において指定された位置に調整されたときの前記画像信号で示される画像とを前記表示装置に表示させることにより、前記入力装置への前記探索範囲の入力を支援する、撮像システム。

【請求項2】

前記入力装置は、前記光学系と前記被写体との間の距離の入力を受け付け可能であり、
 前記設定手段は、前記入力装置が前記距離の入力を受け付けた場合に、前記光学系から当

該距離だけ離れた前記被写体の表面に合焦するときの焦点位置を前記指定された位置として設定する、請求項 1 に記載の撮像システム。

【請求項 3】

前記光学系と前記被写体との間の距離を計測するセンサをさらに備え、
前記入力装置は、前記センサによって計測された距離に基づいて前記指定された位置を設定させる指示を受け付け可能であり、
前記設定手段は、前記入力装置が前記指示を受け付けた場合に、前記計測された距離だけ前記光学系から離れた前記被写体の表面に合焦するときの焦点位置を前記指定された位置として設定する、請求項 1 に記載の撮像システム。

【請求項 4】

前記入力装置は、前記探索範囲の候補を表示させる指示を受け付け可能であり、
前記設定手段は、前記入力装置が前記指示を受け付けた場合に、前記図形から少なくとも 1 つの探索範囲候補を抽出し、抽出した前記少なくとも 1 つの探索範囲候補の中から選択された 1 つの探索範囲候補を前記探索範囲として設定し、
前記少なくとも 1 つの探索範囲候補は、前記図形において前記評価値が極大となる焦点位置を含む範囲である、請求項 1 に記載の撮像システム。

【請求項 5】

前記図形は、前記評価値が極大となる複数の焦点位置を含み、
前記設定手段は、前記複数の焦点位置にそれぞれ対応する複数の探索範囲候補を前記少なくとも 1 つの探索範囲候補として抽出する、請求項 4 に記載の撮像システム。

【請求項 6】

前記設定手段は、前記被写体の複数のサンプルの各々に対して得られた前記図形を重畳して前記表示装置に表示させる、請求項 1 に記載の撮像システム。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の撮像システムで用いられる設定装置であって、前記設定手段を備える、設定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、撮像システムおよび設定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般にカメラの分野では、合焦状態を判定し、被写体に合焦するように光学系のフォーカスレンズを移動させるオートフォーカス機能が知られている。たとえば特開 2018-84701 号公報（特許文献 1）には、フォーカスレンズを移動させる範囲を制限範囲に制限する焦点調節装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2018-84701 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

たとえば被写体の検査を行う産業用機器においては、正確な検査のために被写体に合焦した画像を得ることが望まれる。被写体の形状または透光性によって、被写体の複数の箇所合焦する可能性がある。このような場合、当該複数の箇所のうち所望の検査対象箇所に合焦した画像を得る必要がある。

【0005】

特許文献 1 に記載の技術では、フォーカスレンズを移動させる制限範囲を設定することができる。しかしながら、作業者は、被写体の検査対象箇所に応じた適切な制限範囲を設定

10

20

30

40

50

することが困難であった。そのため、検査対象箇所にも合焦した画像を安定して得ることができない。

【0006】

本発明は、上記の問題を鑑みてなされたものであり、その目的は、被写体の所望の箇所に安定して合焦させることができる撮像システムおよび設定装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一例によれば、撮像システムは、光学系と、撮像素子と、算出手段と、オートフォーカス手段と、入力装置と、設定手段と、表示装置とを備える。光学系の焦点位置は、所定範囲で可変である。撮像素子は、被写体からの光を光学系を介して受けることによって画像信号を生成する。算出手段は、画像信号に基づいて、合焦度合を示す評価値を算出する。オートフォーカス手段は、評価値に基づいて、被写体に合焦する焦点位置を探索する。設定手段は、入力装置への入力に従って、所定範囲の中から、オートフォーカス手段による探索範囲を設定する。設定手段は、光学系の焦点位置と評価値との関係を示す図形と、光学系の焦点位置が図形上において指定された位置に調整されたときの画像信号で示される画像とを表示装置に表示させることにより、入力装置への探索範囲の入力を支援する。

10

【0008】

この開示によれば、作業者は、図形上の位置を指定することにより、光学系の焦点位置が当該位置に調整されたときの画像を確認できる。これにより、作業者は、図形の中から、被写体の所望の箇所に合焦する焦点位置を容易に選択できる。さらに、作業者は、図形を確認しながら、評価値が極大となる焦点位置が複数含まれないように探索範囲を設定できる。その結果、探索される合焦位置が不安定になることを避けることができる。以上から、作業者は、設定手段による支援を受けることにより、被写体の所望の箇所に合焦した画像を安定して取得するための探索範囲を設定することができる。その結果、被写体の所望の箇所に安定して合焦させることができる。

20

【0009】

上述の開示において、入力装置は、光学系と被写体との間の距離の入力を受け付け可能である。設定手段は、入力装置が距離の入力を受け付けた場合に、光学系から当該距離だけ離れた被写体の表面に合焦するときの焦点位置を上記の指定された位置として設定する。

30

【0010】

この開示によれば、作業者は、光学系と被写体との間の距離を認識している場合に、当該距離を入力装置に入力することにより、図形上において、光学系から当該距離だけ離れた被写体の表面に合焦するときの焦点位置に対応する位置を容易に指定することができる。

【0011】

上述の開示において、撮像システムは、光学系と被写体との間の距離を計測するセンサをさらに備える。入力装置は、センサによって計測された距離に基づいて指定された位置を設定させる指示を受け付け可能である。設定手段は、入力装置が指示を受け付けた場合に、計測された距離だけ光学系から離れた被写体の表面に合焦するときの焦点位置を上記の指定された位置として設定する。

40

【0012】

この開示によれば、作業者は、図形上において、センサによって計測される距離だけ光学系から離れた位置に合焦するときの焦点位置に対応する位置を容易に指定することができる。

【0013】

上述の開示において、入力装置は、探索範囲の候補を表示させる指示を受け付け可能である。設定手段は、入力装置が指示を受け付けた場合に、図形から少なくとも1つの探索範囲候補を抽出し、抽出した少なくとも1つの探索範囲候補の中から選択された1つの探索範囲候補を探索範囲として設定する。少なくとも1つの探索範囲候補は、図形において評価値が極大となる焦点位置を含む範囲である。この開示によれば、作業者は、探索範囲候

50

補を探索範囲として容易に設定することができる。

【0014】

上述の開示において、図形は、評価値が極大となる複数の焦点位置を含む。設定手段は、複数の焦点位置にそれぞれ対応する複数の探索範囲候補を少なくとも1つの探索範囲候補として抽出する。この開示によれば、作業者は、複数の探索範囲候補の中から被写体の所望の箇所に対応する1つを選択し、選択した探索範囲候補を探索範囲として設定することができる。

【0015】

上述の開示において、設定手段は、被写体の複数のサンプルの各々に対して得られた図形を重畳して表示装置に表示させる。この開示によれば、作業者は、被写体の個体差を考慮した探索範囲を設定することができる。

10

【0016】

本開示の一例によれば、上記の撮像システムで用いられる設定装置は、設定手段を備える。この開示によっても、被写体の所望の箇所に安定して合焦させることができる。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、被写体の所望の箇所に安定して合焦させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施の形態に係る撮像システムの適用例を示す模式図である。

20

【図2】撮像システムに備えられる撮像装置の内部構成の一例を示す図である。

【図3】合焦位置の探索を説明するための模式図である。

【図4】レンズモジュールの焦点位置を変化させるためのレンズの構成の一例を示す図である。

【図5】レンズモジュールの焦点位置を変化させるためのレンズの構成の別の例を示す図である。

【図6】実施の形態に係る画像処理装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【図7】撮像装置によるワークの撮像を模式的に示した図である。

【図8】合焦位置の探索範囲の設定を支援するための設定画面の一例を示す図である。

30

【図9】探索範囲の設定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図10】探索範囲の設定画面の第1の変形例を示す図である。

【図11】探索範囲の設定画面の第2の変形例を示す図である。

【図12】表示装置に表示される探索範囲候補の一例を示す図である。

【図13】変形例2に係る撮像システムの構成を示す図である。

【図14】第3の変形例に係る設定画面の領域52bの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照しつつ、本発明に従う実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品および構成要素には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同じである。したがって、これらについての詳細な説明は繰り返さない。

40

【0020】

§1 適用例

まず、図1および図2を参照して、本発明が適用される場面の一例について説明する。図1は、実施の形態に係る撮像システムの1つの適用例を示す模式図である。図2は、撮像システムに備えられる撮像装置の内部構成の一例を示す図である。

【0021】

図1に示すように、本実施の形態に係る撮像システム1は、たとえば外観検査システムとして実現される。外観検査システムは、たとえば工業製品の生産ラインなどにおいて、ステージ90上に載置されたワークW上の検査対象箇所を撮像し、得られた画像を用いて、

50

ワークWの外観検査を行う。外観検査では、ワークWの傷、汚れ、異物の有無、寸法などが検査される。

【0022】

ステージ90上に載置されたワークWの外観検査が完了すると、次のワーク（図示せず）がステージ90上に搬送される。ワークWの撮像の際、ワークWは、ステージ90上の予め定められた位置に予め定められた姿勢で静止してもよい。あるいは、ワークWがステージ90上を移動しながら、ワークWが撮像されてもよい。

【0023】

図1に示すように、撮像システム1は、基本的な構成要素として、撮像装置10と、画像処理装置20と、入力装置40と、表示装置50とを備える。この実施の形態では、撮像システム1は、さらに、PLC（Programmable Logic Controller）30を備える。

10

【0024】

撮像装置10は、画像処理装置20に接続される。撮像装置10は、画像処理装置20からの指令に従って、撮像視野に存在する被写体（ワークW）を撮像して、ワークWの像を含む画像データを生成する。本実施の形態では、撮像装置10は、オートフォーカス機能を有する撮像系である。撮像装置10と画像処理装置20とは一体化されていてもよい。

【0025】

図2に示されるように、撮像装置10は、照明部11と、レンズモジュール12と、撮像素子13と、撮像素子制御部14と、レンズ制御部16と、レジスタ15、17と、通信I/F部18とを含む。

20

【0026】

照明部11は、ワークWに対して光を照射する。照明部11から照射された光は、ワークWで反射し、レンズモジュール12に入射する。照明部11は省略されてもよい。

【0027】

レンズモジュール12は、ワークWからの光を撮像素子13の撮像面13a上に結像させるための光学系である。レンズモジュール12の焦点位置は、所定の可動範囲内で可変である。焦点位置とは、光軸に平行な入射光線が光軸と交わる点の位置である。

【0028】

レンズモジュール12は、レンズ12aと、レンズ群12bと、レンズ12cと、可動部12dと、フォーカス調整部12eとを有する。レンズ12aは、レンズモジュール12の焦点位置を変化させるためのレンズである。フォーカス調整部12eは、レンズ12aを制御して、レンズモジュール12の焦点位置を変化させる。

30

【0029】

レンズ群12bは、焦点距離を変更するためのレンズ群である。焦点距離が変更されることにより、ズーム倍率が制御される。レンズ群12bは、可動部12dに設置され、光軸方向に沿って可動する。レンズ12cは、撮像装置10内の予め定められた位置に固定されるレンズである。

【0030】

撮像素子13は、たとえばCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサなどの光電変換素子であり、ワークWからの光をレンズモジュール12を介して受けることによって画像信号を生成する。

40

【0031】

撮像素子制御部14は、撮像素子13からの画像信号に基づいて画像データを生成する。このとき、撮像素子制御部14は、予め設定されたシャッター速度（露光時間）となるようにシャッターを開閉し、予め設定された解像度の画像データを生成する。シャッター速度および解像度を示す情報は、予めレジスタ15に記憶されている。

【0032】

レンズ制御部16は、レジスタ17が記憶する命令に従って、撮像装置10のフォーカスを調整する。図2に示されるように、レンズ制御部16は、算出部16aと、フォーカス制御部16bとを含む。

50

【 0 0 3 3 】

算出部 1 6 a は、撮像素子制御部 1 4 によって生成された画像データから、合焦度合を示す評価値を算出する。たとえば、算出部 1 6 a は、画像データに対してハイパスフィルタを適用することにより高周波成分を抽出し、抽出された高周波成分の積算値を評価値として算出する。このような評価値は、画像におけるエッジ成分量に対応し、画像のコントラストを数値化したものである。画像のコントラストは、合焦度合に応じて変化し、合焦度合が低いほどコントラストが低下する。

【 0 0 3 4 】

フォーカス制御部 1 6 b は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置を変化させ、ワーク W の合焦度合を制御する。フォーカス制御部 1 6 b は、オートフォーカスモードと、設定モードと、マニュアルフォーカスモードとを有する。

10

【 0 0 3 5 】

オートフォーカスモードにおいて、フォーカス制御部 1 6 b は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置を探索範囲内で変化させながら評価値を取得し、取得した評価値に基づいて、ワーク W に合焦する焦点位置（以下、「合焦位置」という）を探索する。「合焦する」とは、ワーク W の像が撮像素子 1 3 の撮像面 1 3 a に形成されることを意味する。探索範囲は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置が取り得る可動範囲の一部の範囲であり、予め画像処理装置 2 0 によって設定される。探索範囲を示す情報（以下、「探索範囲情報」という）は、予めレジスタ 1 7 に記憶されている。フォーカス制御部 1 6 b は、フォーカス調整部 1 2 e を制御することにより、レンズモジュール 1 2 の焦点位置を変化させる。フォーカス制御部 1 6 b は、評価値が最大となる焦点位置を合焦位置として探索する。

20

【 0 0 3 6 】

設定モードにおいて、フォーカス制御部 1 6 b は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置を可動範囲内において所定の間隔（ステップ間隔）ずつ変化させ、各位置における評価値を取得する。フォーカス制御部 1 6 b は、可動範囲内の各焦点位置と評価値との対応関係を示す情報（以下、「評価値情報」という）を生成する。可動範囲を示す情報は、予めレジスタ 1 7 に記憶されている。

【 0 0 3 7 】

マニュアルフォーカスモードにおいて、フォーカス制御部 1 6 b は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置を指定された位置（以下、「指定位置」という）に調整する。

30

【 0 0 3 8 】

レンズ制御部 1 6 は、ワーク W のうち撮像視野内に含まれる領域の大きさが略一定になるように、可動部 1 2 d を制御して、レンズ群 1 2 b の位置を調整してもよい。言い換えると、レンズ制御部 1 6 は、ワーク W のうち撮像視野内に含まれる領域の大きさが予め定められた範囲内になるように、可動部 1 2 d を制御することができる。レンズ制御部 1 6 は、撮像位置とワーク W との距離に応じてレンズ群 1 2 b の位置を調整すればよい。なお、この実施の形態では、ズームの調整は必須ではない。

【 0 0 3 9 】

通信 I / F 部 1 8 は、画像処理装置 2 0 との間でデータを送受信する。通信 I / F 部 1 8 は、オートフォーカスモードの撮像指示、設定モードの撮像指示、マニュアルフォーカスモードの撮像指示を画像処理装置 2 0 から受信する。

40

【 0 0 4 0 】

オートフォーカスモードの撮像指示を受信した場合、通信 I / F 部 1 8 は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置が合焦位置に調整されたときに撮像素子制御部 1 4 によって生成された画像データを画像処理装置 2 0 に送信する。

【 0 0 4 1 】

設定モードの撮像指示を受信した場合、通信 I / F 部 1 8 は、フォーカス制御部 1 6 b によって生成された評価値情報を画像処理装置 2 0 に送信する。

【 0 0 4 2 】

マニュアルフォーカスモードの撮像指示を受信した場合、通信 I / F 部 1 8 は、レンズモ

50

ジュール 1 2 の焦点位置が指定位置に調整されたときに撮像素子制御部 1 4 によって生成された画像データを画像処理装置 2 0 に送信する。

【 0 0 4 3 】

図 1 に戻って、画像処理装置 2 0 は、撮像装置 1 0 からワーク W の画像を取得する。画像処理装置 2 0 は、その画像に対して所定の処理を実行する。さらに、画像処理装置 2 0 は、オートフォーカスモードにおける探索範囲を設定する設定装置としても動作する。画像処理装置 2 0 は、指令生成部 2 1 と、判定部 2 2 と、出力部 2 3 と、記憶部 2 4 と、設定部 2 5 とを含む。

【 0 0 4 4 】

指令生成部 2 1 は、 P L C 3 0 からの制御指令を受けて、撮像装置 1 0 にオートフォーカスモードの撮像指示を出力する。さらに、指令生成部 2 1 は、設定部 2 5 からの指令を受けて、撮像装置 1 0 に設定モードの撮像指示またはマニュアルフォーカスモードの撮像指示を出力する。

10

【 0 0 4 5 】

判定部 2 2 は、撮像装置 1 0 によって生成された画像データに対して予め定められた処理を実行することにより、ワーク W の外観の良否を判定する。判定部 2 2 は、オートフォーカスモードの撮像指示に対して撮像装置 1 0 から取得した画像データを処理対象とする。出力部 2 3 は、判定部 2 2 による判定結果を出力する。たとえば、出力部 2 3 は、表示装置 5 0 に判定結果を表示させる。

【 0 0 4 6 】

記憶部 2 4 は、各種のデータ、プログラム等を記憶する。たとえば記憶部 2 4 は、撮像装置 1 0 から取得された画像データ、および所定の処理が施された画像データを保存する。記憶部 2 4 は、判定部 2 2 による判定結果を保存してもよい。さらに、記憶部 2 4 は、各種の処理を画像処理装置 2 0 に実行させるためのプログラムを記憶する。

20

【 0 0 4 7 】

設定部 2 5 は、入力装置 4 0 への入力に従って、オートフォーカスモードにおける合焦位置の探索範囲を設定する。

【 0 0 4 8 】

設定部 2 5 は、入力装置 4 0 に探索範囲の設定指示が入力されると、指令生成部 2 1 に対してマニュアルフォーカスモードの撮像指示を指令生成部 2 1 から出力させ、撮像装置 1 0 から評価値情報を取得する。設定部 2 5 は、取得した評価値情報に基づいて、レンズモジュール 1 2 の焦点位置と評価値との関係を示す図形を表示装置 5 0 に表示させる。

30

【 0 0 4 9 】

さらに、設定部 2 5 は、図形上において指定された焦点位置を指定位置とするマニュアルフォーカスモードの撮像指示を指令生成部 2 1 から出力させ、レンズモジュール 1 2 の焦点位置が当該指定位置に調整されたときの画像データを取得する。設定部 2 5 は、取得した画像データで示される画像を図形とともに表示装置 5 0 に表示させる。これにより、設定部 2 5 は、入力装置 4 0 への探索範囲の入力を支援する。

【 0 0 5 0 】

設定部 2 5 の支援を受けることにより、作業者は、ワーク W の検査対象箇所に合焦した画像を得るための探索範囲を容易に設定できる。その結果、ワーク W の検査対象箇所に安定して合焦させることができる。

40

【 0 0 5 1 】

入力装置 4 0 は、たとえばキーボード、マウス、タッチパネル、専用コンソールなどによって構成され、作業者の入力を受け付ける。

【 0 0 5 2 】

表示装置 5 0 は、たとえば液晶ディスプレイなどによって構成され、探索範囲の設定画面、およびワーク W の画像処理の結果（たとえば製品の外観の良否を判定した結果）を示す画面などを表示する。

【 0 0 5 3 】

50

PLC 30は画像処理装置20を制御する。たとえばPLC 30は、画像処理装置20がオートフォーカスモードの撮像指示を撮像装置10に出力するためのタイミングを制御する。

【0054】

§2 具体例

< A . 合焦位置の探索のための構成例 >

図3は、合焦位置の探索を説明するための模式図である。説明を簡単にするため、図3には、レンズモジュール12のうちの1枚のレンズのみを示している。

【0055】

図3に示すように、レンズモジュール12の主点Oから対象面(ワークWにおける検査対象箇所表面)までの距離をaとし、レンズモジュール12の主点Oから撮像面13aまでの距離をbとし、レンズモジュール12の主点Oからレンズモジュール12の焦点位置(後側焦点位置)Fまでの距離(焦点距離)をfとする。ワークWの検査対象箇所の像が撮像面13aの位置で結ばれる場合に、以下の式(1)が成立する。

$$1/a + 1/b = 1/f \cdots (1)$$

すなわち、式(1)が成り立つときに、ワークWの検査対象箇所に合焦した画像を撮像することができる。

【0056】

ワークWの検査対象箇所の高さに応じて、撮像面13aと検査対象箇所との距離が変化し得る。撮像面13aと検査対象箇所との距離が変化した場合であっても検査対象箇所に合焦した画像を得るために、レンズ12aを制御することにより、レンズモジュール12の焦点位置Fが調整される。レンズ12aを制御することによりレンズモジュール12の焦点位置Fを調整する方法には、以下の方法(A)および方法(B)がある。

【0057】

方法(A)は、レンズモジュール12を構成する少なくとも1つのレンズ(例えばレンズ12a)を光軸方向に平行移動させる方法である。方法(A)によれば、レンズモジュール12の主点Oが光軸方向に移動するとともに、焦点位置Fが変化する。その結果、距離bが変化する。式(1)を満たす距離bに対応する焦点位置Fが合焦位置として探索される。

【0058】

方法(B)は、定位置に固定されたレンズ12aの屈折方向を変化させる方法である。方法(B)によれば、レンズモジュール12の焦点距離fが変化するに伴い、焦点位置Fが変化する。式(1)を満たす焦点距離fに対応する焦点位置Fが合焦位置として探索される。

【0059】

上述のように、フォーカス制御部16bは、オートフォーカスモードを有する。オートフォーカスモードにおいて、フォーカス制御部16bは、レンズモジュール12の焦点位置Fを変化させながら評価値を取得し、評価値が最大となる焦点位置Fを合焦位置として探索する。レンズモジュール12の焦点位置Fを変化させるためのレンズ12aの構成は特に限定されない。以下に、レンズ12aの構成の例を説明する。

【0060】

図4は、レンズモジュールの焦点位置を変化させるためのレンズモジュール12の構成の一例を示す図である。なお、図4に示す例では、レンズモジュール12を構成するレンズ12aを平行移動させる。ただし、レンズモジュール12を構成する少なくとも1つのレンズ(レンズ12a、レンズ群12bおよびレンズ12cのうちの少なくとも1つのレンズ)を平行移動させてもよい。

【0061】

図4に示す構成のレンズ12aを用いることにより、上記の方法(A)に従って、レンズモジュール12の焦点位置Fが変化する。すなわち、図4に示した構成では、フォーカス調整部12eは、レンズ12aを光軸方向に沿って移動させる。レンズ12aの位置を移

10

20

30

40

50

動かせることによって、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F が変化する。焦点位置 F が取り得る可動範囲 R a は、レンズ 1 2 a の可動範囲 R b に対応する。

【 0 0 6 2 】

フォーカス制御部 1 6 b は、レンズ 1 2 a の移動量を制御することにより、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F を調整する。レンズ 1 2 a の移動量は、基準位置（たとえば可動範囲 R b の一方端の位置）からレンズ 1 2 a までの距離で表される。

【 0 0 6 3 】

オートフォーカスモードの撮像指示を受けた場合、フォーカス制御部 1 6 b は、レンズ 1 2 a の移動量を変化させたときの評価値を取得し、評価値が最大となるレンズ 1 2 a の移動量に対応する焦点位置 F を合焦位置として探索する。

10

【 0 0 6 4 】

設定モードの撮像指示を受けた場合、フォーカス制御部 1 6 b は、レンズ 1 2 a を可動範囲 R b の一方端から他方端まで所定の間隔ずつ変化させることにより、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F を可動範囲 R a の全域で変化させる。そして、フォーカス制御部 1 6 b は、レンズ 1 2 a の移動量と評価値とを対応付けた評価値情報を生成する。

【 0 0 6 5 】

マニュアルフォーカスモードの撮像指示を受けた場合、フォーカス制御部 1 6 b は、指定位置に対応する移動量だけレンズ 1 2 a を移動させる。

【 0 0 6 6 】

図 3 では、1 枚のレンズ 1 2 a の例が示されている。通常では、フォーカス調整用のレンズは複数枚の組レンズで構成されることが多い。しかしながら、組レンズにおいても、組レンズを構成する少なくとも 1 枚のレンズの移動量を制御することにより、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F を変化させることができる。

20

【 0 0 6 7 】

図 5 は、レンズモジュールの焦点位置を変化させるためのレンズ 1 2 a の構成の別の例を示す図である。図 5 に示す構成のレンズ 1 2 a を用いることにより、上記の方法（B）に従って、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F が変化する。

【 0 0 6 8 】

図 5 に示すレンズ 1 2 a は液体レンズである。レンズ 1 2 a は、透光性容器 7 0 と、電極 7 3 a , 7 3 b , 7 4 a , 7 4 b と、絶縁体 7 5 a , 7 5 b と、絶縁層 7 6 a , 7 6 b とを含む。

30

【 0 0 6 9 】

透光性容器 7 0 内の密閉空間には、水などの導電性液体 7 1 と、油などの絶縁性液体 7 2 とが充填される。導電性液体 7 1 と絶縁性液体 7 2 とは混合せず、互いに屈折率が異なる。

【 0 0 7 0 】

電極 7 3 a , 7 3 b は、絶縁体 7 5 a , 7 5 b と透光性容器 7 0 との間にそれぞれ固定され、導電性液体 7 1 中に位置する。

【 0 0 7 1 】

電極 7 4 a , 7 4 b は、導電性液体 7 1 と絶縁性液体 7 2 との界面の端部付近に配置される。電極 7 4 a と導電性液体 7 1 および絶縁性液体 7 2 との間には絶縁層 7 6 a が介在する。電極 7 4 b と導電性液体 7 1 および絶縁性液体 7 2 との間には絶縁層 7 6 b が介在する。電極 7 4 a と電極 7 4 b とは、レンズ 1 2 a の光軸に対して対称な位置に配置される。

40

【 0 0 7 2 】

図 5 に示す構成において、フォーカス調整部 1 2 e は、電圧源 1 2 e 1 と、電圧源 1 2 e 2 とを含む。電圧源 1 2 e 1 は、電極 7 4 a と電極 7 3 a との間に電圧 V a を印加する。電圧源 1 2 e 2 は、電極 7 4 b と電極 7 3 b との間に電圧 V b を印加する。

【 0 0 7 3 】

電極 7 4 a と電極 7 3 a との間に電圧 V a を印加すると、導電性液体 7 1 は、電極 7 4 a に引っ張られる。同様に、電極 7 4 b と電極 7 3 b との間に電圧 V b を印加すると、導電性液体 7 1 は、電極 7 4 b に引っ張られる。これにより、導電性液体 7 1 と絶縁性液体 7

50

2との界面の曲率が変化する。導電性液体71と絶縁性液体72との屈折率が異なるため、導電性液体71と絶縁性液体72との界面の曲率が変化することにより、レンズモジュール12の焦点位置Fが変化する。

【0074】

導電性液体71と絶縁性液体72との界面の曲率は、電圧V_a、V_bの大きさに依存する。そのため、フォーカス制御部16bは、電圧V_a、V_bの大きさを制御することにより、レンズモジュール12の焦点位置Fを変化させる。焦点位置Fが取り得る可動範囲R_aは、電圧V_a、V_bが取り得る電圧範囲によって定まる。

【0075】

オートフォーカスモードの撮像指示を受けた場合、フォーカス制御部16bは、電圧V_a、V_bの大きさを変化させたときの評価値を取得し、評価値が最大となる電圧V_a、V_bの大きさに対応する焦点位置Fを合焦位置として探索する。

10

【0076】

設定モードの撮像指示を受けた場合、フォーカス制御部16bは、電圧V_a、V_bの大きさを最小値から最大値まで所定の間隔ずつ変化させることにより、レンズモジュール12の焦点位置Fを可動範囲R_aの全域で変化させる。そして、フォーカス制御部16bは、電圧V_a、V_bの大きさと評価値とを対応付けた評価値情報を生成する。

【0077】

マニュアルフォーカスモードの撮像指示を受けた場合、フォーカス制御部16bは、指定位置に対応する大きさの電圧V_a、V_bをレンズ12aに印加する。

20

【0078】

通常は、電圧V_aと電圧V_bとは同値に制御される。これにより、導電性液体71と絶縁性液体72との界面は、光軸に対して対称に変化する。ただし、電圧V_aと電圧V_bとが異なる値に制御されてもよい。これにより、導電性液体71と絶縁性液体72との界面が光軸に対して非対称となり、撮像装置10の撮像視野の向きを変更することができる。

【0079】

さらに液体レンズと固体レンズとを組み合わせてもよい。この場合、上記の方法(A)および方法(B)の両方を用いてレンズモジュール12の焦点位置Fを変化させ、式(1)を満たすときの焦点位置Fが合焦位置として探索される。

【0080】

< B . 画像処理装置のハードウェア構成 >

30

図6は、実施の形態に係る画像処理装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。図6に示す例の画像処理装置20は、演算処理部であるCPU(Central Processing Unit)210と、記憶部としてのメインメモリ212およびハードディスク214と、カメラインターフェイス216と、入力インターフェイス218と、表示コントローラ220と、PLCインターフェイス222と、通信インターフェイス224と、データリーダー/ライター226とを含む。これらの各部は、バス228を介して、互いにデータ通信可能に接続される。

【0081】

CPU210は、ハードディスク214に格納されたプログラム(コード)をメインメモリ212に展開して、これらを所定順序で実行することで、各種の演算を実施する。図1に示す指令生成部21、判定部22および設定部25は、CPU210が各種の演算を実施することにより実現される。メインメモリ212は、典型的には、DRAM(Dynamic Random Access Memory)などの揮発性の記憶装置であり、ハードディスク214から読み出されたプログラムに加えて、撮像装置10によって取得された画像データ、ワークデータなどを保持する。さらに、ハードディスク214には、各種設定値などが格納されてもよい。図1に示す記憶部24は、メインメモリ212およびハードディスク214によって構成される。なお、ハードディスク214に加えて、あるいは、ハードディスク214に代えて、フラッシュメモリなどの半導体記憶装置を採用してもよい。

40

【0082】

50

カメラインターフェイス 216 は、CPU 210 と撮像装置 10 との間のデータ伝送を仲介する。すなわち、カメラインターフェイス 216 は、ワーク W を撮像して画像データを生成するための撮像装置 10 と接続される。より具体的には、カメラインターフェイス 216 は、撮像装置 10 からの画像データを一時的に蓄積するための画像バッファ 216 a を含む。そして、カメラインターフェイス 216 は、画像バッファ 216 a に所定コマ数の画像データが蓄積されると、その蓄積されたデータをメインメモリ 212 へ転送する。また、カメラインターフェイス 216 は、CPU 210 が発生した内部コマンドに従って、撮像装置 10 に対して撮像指示または探索範囲を示す情報を送る。

【0083】

入力インターフェイス 218 は、CPU 210 と入力装置 40 との間のデータ伝送を仲介する。すなわち、入力インターフェイス 218 は、作業者が入力装置 40 を操作することで与えられる操作指令を受付ける。

10

【0084】

表示コントローラ 220 は、表示装置 50 と接続され、CPU 210 における処理の結果などをユーザに通知する。すなわち、表示コントローラ 220 は、表示装置 50 の画面を制御する。図 1 に示す出力部 23 は、表示コントローラ 220 によって構成される。

【0085】

PLC インターフェイス 222 は、CPU 210 と PLC 30 との間のデータ伝送を仲介する。より具体的には、PLC インターフェイス 222 は、PLC 30 からの制御指令を CPU 210 へ伝送する。

20

【0086】

通信インターフェイス 224 は、CPU 210 とコンソール（あるいは、パーソナルコンピュータやサーバ装置）などとの間のデータ伝送を仲介する。通信インターフェイス 224 は、典型的には、イーサネット（登録商標）や USB（Universal Serial Bus）などからなる。なお、後述するように、メモリカード 206 に格納されたプログラムを画像処理装置 20 にインストールする形態に代えて、通信インターフェイス 224 を介して、配信サーバなどからダウンロードしたプログラムを画像処理装置 20 にインストールしてもよい。

【0087】

データリーダ/ライタ 226 は、CPU 210 と記録媒体であるメモリカード 206 との間のデータ伝送を仲介する。すなわち、メモリカード 206 には、画像処理装置 20 で実行されるプログラムなどが格納された状態で流通し、データリーダ/ライタ 226 は、このメモリカード 206 からプログラムを読み出す。また、データリーダ/ライタ 226 は、CPU 210 の内部指令にตอบสนองして、撮像装置 10 によって取得された画像データおよび/または画像処理装置 20 における処理結果などをメモリカード 206 へ書込む。なお、メモリカード 206 は、SD（Secure Digital）などの汎用的な半導体記憶デバイスや、フレキシブルディスク（Flexible Disk）などの磁気記憶媒体や、CD-ROM（Compact Disk Read Only Memory）などの光学記憶媒体等からなる。

30

【0088】

< C . ワークの例およびオートフォーカスの課題 >

40

図 7 は、撮像装置によるワーク W の撮像を模式的に示した図である。図 7 に示す例のワーク W は、透明体（ガラスなど）である。レンズモジュール 12 の焦点位置が取り得る可動範囲の全域から合焦位置を探索させると、ワーク W のおもて面に合焦した画像が得られる場合と、ワーク W の裏面に合焦した画像が得られる場合とがあり得る。そのため、ワーク W のおもて面を検査したいにもかかわらず、ワーク W の裏面に合焦した画像が得られることがある。逆に、ワーク W の裏面を検査したいにもかかわらず、ワーク W のおもて面に合焦した画像が得られることがある。

【0089】

このように、ワーク W において合焦しやすい箇所が複数存在する場合に、ワーク W の個体差などの要因によって、合焦する箇所が安定しないという問題が生じる。実施の形態に係

50

る撮像システム 1 は、このような問題を解決するために、オートフォーカスモードにおける合焦位置の探索範囲を設定する。

【 0 0 9 0 】

< D . 探索範囲の設定画面 >

図 8 は、合焦位置の探索範囲の設定を支援するための設定画面の一例を示す図である。図 8 に示されるような設定画面 5 1 は、設定部 2 5 (図 1 参照) によって表示装置 5 0 に表示される。

【 0 0 9 1 】

図 8 に示す例の設定画面 5 1 は、領域 5 2 a , 5 2 b と、つまみ 5 5 , 5 7 と、OK ボタン 6 0 と、キャンセルボタン 6 1 とを含む。図 8 に示す例の設定画面 5 1 は、レンズモジュール 1 2 が図 4 に示す例のレンズ 1 2 a を含む撮像システム 1 において表示される。

10

【 0 0 9 2 】

設定部 2 5 は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置と評価値との関係を示す図形である折れ線グラフ 5 3 を領域 5 2 a に表示させる。設定部 2 5 は、設定モードの撮像指示を撮像装置 1 0 に送信することにより撮像装置 1 0 から取得した評価値情報に基づいて、折れ線グラフ 5 3 を作成する。評価値情報は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F を可動範囲 R a の全域で変化させることにより生成される。そのため、折れ線グラフ 5 3 は、可動範囲 R a 全域の焦点位置と評価値との関係を示す。

【 0 0 9 3 】

図 4 に示す例のレンズ 1 2 a を含むレンズモジュール 1 2 の焦点位置 F は、レンズ 1 2 a の移動量に応じて変化する。そのため、図 8 に示す例の折れ線グラフ 5 3 は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F に相関するレンズ 1 2 a の移動量と評価値との関係を示す。折れ線グラフ 5 3 において、横軸はレンズ 1 2 a の移動量を示し、縦軸は評価値を示す。なお、設定画面 5 1 において、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F が可動範囲 R a の一方端であるときのレンズ 1 2 a の移動量は 0 であり、レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F が可動範囲 R a の他方端であるときのレンズ 1 2 a の移動量は 1 0 0 である。

20

【 0 0 9 4 】

折れ線グラフ 5 3 上には、合焦位置の探索範囲の中心に対応する点 5 6 a が表示される。さらに、領域 5 2 b には、点 5 6 a から横軸に下した垂線 5 6 b が表示される。点 5 6 a のデフォルト位置は予め設定される。点 5 6 a のデフォルト位置は、たとえば、レンズ 1 2 a の移動量が 0 の位置である。

30

【 0 0 9 5 】

さらに、折れ線グラフ 5 3 には、探索範囲の下限に対応するレンズ 1 2 a の移動量を示す点線 5 8 と、探索範囲の上限に対応するレンズ 1 2 a の移動量を示す点線 5 9 とが重畳して表示される。

【 0 0 9 6 】

設定部 2 5 は、点 5 6 a に対応するレンズ 1 2 a の移動量を指定したマニュアルフォーカスモードの撮像指示を指令生成部 2 1 から出力させ、撮像装置 1 0 から画像データを取得する。当該画像データは、点 5 6 a に対応する移動量にレンズ 1 2 a が調整されたときに撮像された画像を示す。設定部 2 5 は、当該画像データで示される画像 5 4 を領域 5 2 b に表示させる。設定部 2 5 は、点 5 6 a の位置が変更されるたびに、マニュアルフォーカスモードの撮像指示を指令生成部 2 1 から出力させ、変更後の点 5 6 a に対応する画像データで示される画像 5 4 を領域 5 2 b に表示させる。

40

【 0 0 9 7 】

つまみ 5 5 は、点 5 6 a の現在位置を示す。設定部 2 5 は、つまみ 5 5 に対する操作に応じて、点 5 6 a 、垂線 5 6 b および点線 5 8 , 5 9 の位置を更新する。作業者は、入力装置 4 0 を用いてつまみ 5 5 を操作することにより、探索範囲の中心に対応する点 5 6 a を折れ線グラフ 5 3 上の任意の位置に変更することができる。

【 0 0 9 8 】

つまみ 5 7 は、合焦位置の探索範囲の幅を調整するためのものである。探索範囲の幅とは

50

、探索範囲の下限に対応するレンズ12aの移動量と、探索範囲の上限に対応するレンズ12aの移動量との差分である。具体的には、つまみ57で示される値「±d」（dは0～100）の「d」は、点56aに対応する移動量と探索範囲の下限に対応する移動量との差を示すとともに、探索範囲の上限に対応する移動量と点56aに対応する移動量との差を示す。つまり、つまみ57で示される値「±d」の「d」の2倍が探索範囲の幅となる。設定部25は、つまみ57の操作に応じて、点線58, 59の位置を更新する。作業者は、入力装置40を用いてつまみ57を操作することにより、点56aを中心とする探索範囲の幅を変更することができる。

【0099】

OKボタン60は、現在設定されている探索範囲を登録するためのボタンである。設定部25は、OKボタン60が操作されると、現在設定されている探索範囲を示す探索範囲情報を生成する。設定部25は、カメラインターフェイス216を介して、生成した探索範囲情報を撮像装置10に送る。これにより、撮像装置10では、画像処理装置20から受けた探索範囲情報がレジスタ17に記憶され、オートフォーカスモードにおいて、当該探索範囲情報で示される探索範囲から合焦位置が探索される。

10

【0100】

キャンセルボタン61は、現在設定されている探索範囲を破棄するためのボタンである。

【0101】

ワークWにおいて合焦しやすい箇所が複数存在する場合に、折れ線グラフ53は、当該複数の箇所にそれぞれ対応する複数の極大点を有する。一般に、作業者は、ワークWの検査対象箇所に対応する極大点の位置を認識していない。しかしながら、図8に示す設定画面51によれば、作業者は、つまみ55を操作することにより、点56aを折れ線グラフ53の極大点に移動させ、レンズモジュール12の焦点位置が当該極大点に対応する位置に調整されたときの画像を領域52aで確認できる。これにより、作業者は、ワークWの検査対象箇所に合焦したときの点を折れ線グラフ53から容易に選択でき、当該点を含む探索範囲を設定できる。

20

【0102】

さらに、探索範囲の中に複数の極大点が含まれる場合に、オートフォーカスモードで探索される合焦位置が不安定になる可能性がある。しかしながら、図8に示す設定画面51によれば、作業者は、つまみ57を操作することにより、探索範囲の中に検査対象箇所に対応する1つの極大点だけが含まれ、他の極大点が含まれないように、探索範囲の幅を設定することができる。

30

【0103】

このように、作業者は、設定画面51を用いることにより、ワークWの検査対象箇所に合焦した画像を安定して取得するための探索範囲を設定することができる。

【0104】

< E . 探索範囲の設定処理 >

図9は、探索範囲の設定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【0105】

作業者は、ワークWのサンプルをステージ90（図1参照）に設置した状態で、探索範囲の設定指示を入力する。画像処理装置20は、探索範囲の設定指示を受け付けると、設定モードの撮像指示を撮像装置10に出力する。これにより、撮像装置10では、レンズモジュール12の焦点位置Fが可動範囲Raの全域で変化する（ステップS1）。

40

【0106】

次に、撮像装置10では、可動範囲Raにおける各焦点位置と評価値とを対応付けた評価値情報が生成される（ステップS2）。

【0107】

画像処理装置20は、撮像装置10によって生成された評価値情報を取得し、取得した評価値情報に基づいて、図8に示されるような設定画面51を表示装置50に表示させる（ステップS3）。すなわち、画像処理装置20は、焦点位置と評価値との関係を示す折れ

50

線グラフ 5 3、探索範囲、および探索範囲の中心に対応する画像 5 4 を含む設定画面 5 1 を表示装置 5 0 に表示させる。探索範囲は、折れ線グラフ 5 3 に重畳して表示される、点 5 6 a、垂線 5 6 b および点線 5 8 , 5 9 によって示される。点 5 6 a は、探索範囲の中心に対応する。そのため、画像 5 4 は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置が点 5 6 a に対応する指定位置に調整されたときの画像データによって示される。

【 0 1 0 8 】

画像処理装置 2 0 は、探索範囲の登録の指示が入力装置 4 0 に入力されたか否かを判定する（ステップ S 4）。画像処理装置 2 0 は、設定画面 5 1 に含まれる OK ボタン 6 0 が操作されたことにより、探索範囲の登録の指示が入力されたと判定する。

【 0 1 0 9 】

探索範囲の登録の指示が入力された場合（ステップ S 4 で YES）、画像処理装置 2 0 は、設定画面 5 1 上で設定されている探索範囲を示す探索範囲情報を生成し、生成した探索範囲情報を撮像装置 1 0 に送信する。これにより、撮像装置 1 0 に新たな探索範囲が登録される（ステップ S 5）。ステップ S 5 の後、探索範囲の設定処理は終了する。

【 0 1 1 0 】

探索範囲の登録の指示が入力されていない場合（ステップ S 4 で NO）、画像処理装置 2 0 は、探索範囲の設定のキャンセル指示が入力装置 4 0 に入力されたか否かを判定する（ステップ S 6）。画像処理装置 2 0 は、設定画面 5 1 に含まれるキャンセルボタン 6 1 が操作されたことにより、探索範囲の設定のキャンセル指示が入力されたと判定する。キャンセル指示が入力された場合（ステップ S 6 で YES）、探索範囲の設定処理は終了する。

【 0 1 1 1 】

キャンセル指示が入力されていない場合（ステップ S 6 で NO）、画像処理装置 2 0 は、探索範囲の中心の変更指示が入力装置 4 0 に入力されたか否かを判定する（ステップ S 7）。画像処理装置 2 0 は、設定画面 5 1 に含まれるつまみ 5 5 が操作されたことにより、探索範囲の中心の変更指示が入力されたと判定する。

【 0 1 1 2 】

探索範囲の中心の変更指示が入力された場合（ステップ S 7 で YES）、画像処理装置 2 0 は、設定画面 5 1 において探索範囲を更新するとともに、領域 5 2 b に表示される画像を更新する（ステップ S 8）。具体的には、画像処理装置 2 0 は、つまみ 5 5 の操作に応じて、点 5 6 a、垂線 5 6 b および点線 5 8 , 5 9 の位置を変更する。さらに、画像処理装置 2 0 は、レンズモジュール 1 2 の焦点位置が更新後の点 5 6 a に対応する指定位置に調整されたときの画像データを撮像装置 1 0 から取得し、取得した画像データで示される画像 5 4 を領域 5 2 b に表示する。

【 0 1 1 3 】

探索範囲の中心の変更指示が入力されていない場合（ステップ S 7 で NO）、画像処理装置 2 0 は、探索範囲の幅の変更指示が入力装置 4 0 に入力されたか否かを判定する（ステップ S 9）。画像処理装置 2 0 は、設定画面 5 1 に含まれるつまみ 5 7 が操作されたことにより、探索範囲の幅の変更指示が入力されたと判定する。

【 0 1 1 4 】

探索範囲の幅の変更指示が入力された場合（ステップ S 9 で YES）、画像処理装置 2 0 は、設定画面 5 1 において探索範囲を更新する（ステップ S 1 0）。具体的には、画像処理装置 2 0 は、つまみ 5 7 の操作に応じて、点線 5 8 , 5 9 の位置を変更する。ステップ S 1 0 の後、探索範囲の設定処理はステップ S 4 に戻る。

【 0 1 1 5 】

< F . 作用・効果 >

以上のように、撮像システム 1 は、レンズモジュール 1 2 と、撮像素子 1 3 と、算出部 1 6 a と、フォーカス制御部 1 6 b と、入力装置 4 0 と、設定部 2 5 と、表示装置 5 0 とを備える。レンズモジュール 1 2 の焦点位置 F は、所定の可動範囲 R a で可変である。撮像素子 1 3 は、ワーク W からの光をレンズモジュール 1 2 を介して受けることによって画像信号を生成する。算出部 1 6 a は、画像信号に基づいて、合焦度合を示す評価値を算出す

10

20

30

40

50

る。フォーカス制御部 16 b は、評価値に基づいて、ワーク W に合焦する焦点位置（合焦位置）を探索する。設定部 25 は、入力装置 40 への入力に従って、可動範囲 R a の中から、フォーカス制御部 16 b による探索範囲を設定する。設定部 25 は、折れ線グラフ 53 と画像 54 とを表示装置 50 に表示させることにより、入力装置 40 への探索範囲の入力を支援する。折れ線グラフ 53 は、レンズモジュール 12 の焦点位置 F と評価値との関係を示す。画像 54 は、レンズモジュール 12 の焦点位置 F が折れ線グラフ 53 上において指定された位置に調整されたときの画像信号で示される。

【0116】

本実施の形態によれば、作業者は、折れ線グラフ 53 上の位置を指定することにより、レンズモジュール 12 の焦点位置 F が当該位置に調整されたときの画像 54 を確認できる。これにより、作業者は、折れ線グラフ 53 の中から、ワーク W の検査対象箇所合焦する焦点位置を容易に選択できる。さらに、作業者は、折れ線グラフ 53 を確認しながら、評価値が極大となる焦点位置が複数含まれないように探索範囲を設定できる。その結果、探索される合焦位置が不安定になることを避けることができる。以上から、作業者は、設定部 25 による支援を受けることにより、ワーク W の検査対象箇所合焦した画像を安定して取得するための探索範囲を設定することができる。その結果、ワーク W の検査対象箇所合焦させることができる。

10

【0117】

< G . 設定画面の第 1 の変形例 >

図 10 は、探索範囲の設定画面の第 1 の変形例を示す図である。図 10 に示す第 1 の変形例の設定画面 51 A は、図 8 に示す設定画面 51 と比較して、つまみ 55 の代わりにつまみ 62 を含む点で相違する。

20

【0118】

つまみ 62 は、レンズモジュール 12 とワーク W の検査対象箇所との間の距離（ワーキングディスタンス（WD））を示す。設定部 25 は、つまみ 62 に対する操作に応じて、レンズモジュール 12 とワーク W の検査対象箇所との間の距離の入力を受け付ける。

【0119】

ワーク W の設計データなどに基づいて、レンズモジュール 12 とワーク W の検査対象箇所との間の距離を作業者が認識できる場合がある。このような場合に、作業者は、つまみ 62 を操作して、レンズモジュール 12 とワーク W の検査対象箇所との間の距離を入力する。設定部 25 は、入力された当該距離に応じて、折れ線グラフ 53 上の点 56 a の位置を変更する。具体的には、設定部 25 は、レンズモジュール 12 から当該距離だけ離れた箇所合焦するときの焦点位置に対応するレンズ 12 a の移動量の位置に点 56 a を変更する。なお、レンズモジュール 12 から当該距離だけ離れた箇所合焦するときの焦点位置は、上記の式（1）に基づいて特定される。

30

【0120】

第 1 の変形例に係る設定画面 51 A によれば、作業者は、ワーク W の検査対象箇所合焦するときの焦点位置に対応する点 56 a の位置を容易に指定することができる。

【0121】

なお、図 10 に示す例では、折れ線グラフ 53 の横軸をレンズ 12 a の移動量とした。しかしながら、折れ線グラフ 53 の横軸は、つまみ 62 と同様に、レンズモジュール 12 とワーク W の検査対象箇所との間の距離（WD）であってもよい。同様に、つまみ 57 の単位を、つまみ 62 と同様に、レンズモジュール 12 とワーク W の検査対象箇所との間の距離（WD）に合わせてもよい。

40

【0122】

< H . 設定画面の第 2 の変形例 >

図 11 は、探索範囲の設定画面の第 2 の変形例を示す図である。図 11 に示す第 2 の変形例の設定画面 51 B は、図 8 に示す設定画面 51 と比較して、候補表示ボタン 63 と自動調整ボタン 64 とを含む点で相違する。

【0123】

50

候補表示ボタン 63 は、探索範囲候補を表示させるためのボタンである。設定部 25 は、候補表示ボタン 63 が操作されると、評価値が極大となる焦点位置を含む範囲を探索範囲候補として抽出する。具体的には、設定部 25 は、折れ線グラフ 53 の中から極大点を抽出する。設定部 25 は、抽出した 1 つの極大点を中心とする探索範囲候補を決定する。このとき、設定部 25 は、抽出した 1 つの極大点と当該極大点に最も近い極小点とのレンズ 12 a の移動量の差分の 2 倍を探索範囲候補の幅として決定すればよい。これにより、探索範囲候補の中には 1 つの極大点のみが含まれる。

【0124】

折れ線グラフ 53 の中に複数の極大点が含まれる場合、設定部 25 は、当該複数の極大点の各々に対応する探索範囲候補を決定してもよい。もしくは、設定部 25 は、当該複数の極大点のうち評価値が上位所定数番目までの極大点の各々に対応する探索範囲候補を決定してもよい。設定部 25 は、決定した複数の探索範囲候補の中から選択された探索範囲候補を表示装置 50 に表示させる。

10

【0125】

図 12 は、表示装置に表示される探索範囲候補の一例を示す図である。図 12 (a) には、最も評価値が大きい極大点に対応する探索範囲候補が示される。図 12 (b) には、2 番目に評価値が大きい極大点に対応する探索範囲候補が示される。作業者は、タブ 65 a、65 b を操作することにより、探索範囲候補を切り替える。

【0126】

なお、探索範囲候補が表示される場合、探索範囲候補の中心の極大点が点 56 a として設定される。そのため、設定画面 51 B の領域 52 b には、点 56 a として設定された極大点に対応する画像が表示される。

20

【0127】

候補表示ボタン 63 が設けられることにより、作業者は、探索範囲候補の中から探索範囲を容易に設定することができる。さらに、作業者は、つまみ 57 を操作して、探索範囲候補の幅を調整してもよい。

【0128】

図 13 は、変形例 2 に係る撮像システムの構成を示す図である。図 13 に示されるように、変形例 2 に係る撮像システムは、撮像装置 10 に取り付けられた距離センサ 80 をさらに備える。距離センサ 80 は、レンズモジュール 12 とワーク W との間の距離を計測する。

30

【0129】

図 11 に示す自動調整ボタン 64 は、距離センサ 80 によって計測された距離に基づいて点 56 a を設定するためのボタンである。

【0130】

設定部 25 は、自動調整ボタン 64 が操作されると、距離センサ 80 によって計測された距離を取得する。設定部 25 は、取得した距離に応じて、折れ線グラフ 53 上の点 56 a の位置を変更する。具体的には、設定部 25 は、レンズモジュール 12 から当該距離だけ離れた箇所に合焦するときの焦点位置に対応するレンズ 12 a の移動量の位置に点 56 a を変更する。なお、レンズモジュール 12 から当該距離だけ離れた箇所に合焦するときの焦点位置は、上記の式 (1) に基づいて特定される。

40

【0131】

自動調整ボタン 64 が設定されることにより、作業者は、ワーク W に合焦するときの焦点位置に対応する点 56 a を容易に指定することができる。

【0132】

なお、図 11 に示す設定画面 51 B は、候補表示ボタン 63 と自動調整ボタン 64 との両方を含む。しかしながら、設定画面 51 B は、候補表示ボタン 63 と自動調整ボタン 64 との一方のみを含んでいてもよい。

【0133】

< I . 他の変形例 >

設定部 25 は、ワーク W の複数のサンプルに対してそれぞれ設定された複数の探索範囲を

50

調整することにより、撮像装置 10 に登録する探索範囲を決定してもよい。たとえば、設定部 25 は、当該複数の探索範囲の下限の平均値から上限の平均値までの範囲を撮像装置 10 に登録する探索範囲として決定してもよい。もしくは、設定部 25 は、当該複数の探索範囲が重なり合う範囲を撮像装置 10 に登録する探索範囲として決定してもよい。これにより、設定部 25 は、ワーク W の個体差を考慮した探索範囲を撮像装置 10 に登録することができる。

【0134】

あるいは、設定部 25 は、ワーク W の複数のサンプルの各々に対して得られた折れ線グラフを重畳して領域 52a に表示させてもよい。この場合、画像処理装置 20 は、複数のサンプルの各々に対応する評価値情報を取得すればよい。

10

【0135】

図 14 は、第 3 の変形例に係る設定画面の領域 52a の一例を示す図である。図 14 に示されるように、領域 52a には、3 つのサンプルにそれぞれ対応する 3 つの折れ線グラフ 53a ~ 53c が重畳して表示される。これにより、作業者は、ワーク W の個体差を考慮して探索範囲を設定することができる。

【0136】

上記の説明では、点 56a の位置が変更されるたびに、設定部 25 は、マニュアルフォーカスモードの撮像指示を指令生成部 21 から出力させ、変更後の点 56a に対応する画像データで示される画像 54 を領域 52b に表示させるものとした。しかしながら、撮像装置 10 は、設定モードの撮像指示を受けたときに、可動範囲の各焦点位置と画像データとを対応付けた画像情報を生成し、評価値情報とともに画像情報を画像処理装置 20 に送信してもよい。これにより、画像処理装置 20 は、画像情報の中から、点 56a によって指定される焦点位置（指定位置）に対応する画像データを読み出し、読み出した画像データで示される画像を領域 52b に表示させてもよい。

20

【0137】

図 14 に示されるように複数の折れ線グラフが表示される場合、作業者は、当該複数の折れ線グラフの中から任意に選択した折れ線グラフ上に点 56a を指定してもよい。設定部 25 は、選択された折れ線グラフに対応する画像情報を特定する。設定部 25 は、特定した画像情報の中から点 56a に対応する画像データを読み出し、読み出した画像データで示される画像を領域 52b に表示させればよい。

30

【0138】

図 8 に示す例の設定画面は、レンズモジュール 12 が図 4 に示す例のレンズ 12a を含む撮像システムにおいて表示される。レンズモジュール 12 が図 5 に示す例のレンズ 12a を含む撮像システムにおいて表示される設定画面では、レンズモジュール 12 の焦点位置に相関する電圧 V_a 、 V_b の大きさと評価値との関係を示す折れ線グラフが表示されてもよい。

【0139】

上記の例では、レンズモジュール 12 の焦点位置と評価値との関係を示す図形として、折れ線グラフが表示される。しかしながら、レンズモジュール 12 の焦点位置と評価値との関係を示す図形は、折れ線グラフに限定されず、折れ線グラフ以外の各種グラフでもよい。あるいは、レンズモジュール 12 の焦点位置と評価値との関係を示す図形において、評価値の高低は、色度、彩度および明度の少なくとも 1 つによって表されてもよい。

40

【0140】

上記の例では、つまみ 57 により探索範囲の幅が設定される。すなわち、つまみ 57 により探索範囲の上限と下限との両方が同時に設定される。しかしながら、設定画面は、探索範囲の上限を設定するためのつまみと、探索範囲の下限を設定するためのつまみとを含んでもよい。これにより、作業者は、探索範囲の上限と下限とを個別に設定することができる。

【0141】

§ 3 付記

50

以上のように、実施の形態および変形例は以下のような開示を含む。

【0142】

(構成1)

焦点位置が所定範囲で可変である光学系(12)と、
被写体(W)からの光を前記光学系(12)を介して受けることによって画像信号を生成するための撮像素子(13)と、
前記画像信号に基づいて、合焦度合を示す評価値を算出するための算出手段(16a、)と、
前記評価値に基づいて、前記被写体に合焦する焦点位置を探索するオートフォーカス手段(16b)と、
入力装置(40)と、
前記入力装置(40)への入力に従って、前記所定範囲の中から、前記オートフォーカス手段(16b)による探索範囲を設定するための設定手段(25, 210)と、
表示装置(50)とを備え、
前記設定手段(25, 210)は、
前記光学系(12)の焦点位置と前記評価値との関係を示す図形と、前記光学系(12)の焦点位置が前記図形上において指定された位置に調整されたときの前記画像信号で示される画像とを前記表示装置(50)に表示させることにより、前記入力装置(40)への前記探索範囲の入力を支援する、撮像システム(1)。

10

【0143】

(構成2)

前記入力装置(40)は、前記光学系(12)と前記被写体(W)との間の距離の入力を受け付け可能であり、
前記設定手段(25, 210)は、前記入力装置(40)が前記距離の入力を受け付けた場合に、前記光学系(12)から当該距離だけ離れた前記被写体(W)の表面に合焦するときの焦点位置を前記指定された位置として設定する、構成1に記載の撮像システム(1)。

20

【0144】

(構成3)

前記光学系(12)と前記被写体(W)との間の距離を計測するセンサ(80)をさらに備え、
前記入力装置(40)は、前記センサ(80)によって計測された距離に基づいて前記指定された位置を設定させる指示を受け付け可能であり、
前記設定手段(25, 210)は、前記入力装置(40)が前記指示を受け付けた場合に、前記計測された距離だけ前記光学系(12)から離れた前記被写体(W)の表面に合焦するときの焦点位置を前記指定された位置として設定する、構成1に記載の撮像システム(1)。

30

【0145】

(構成4)

前記入力装置(40)は、前記探索範囲の候補を表示させる指示を受け付け可能であり、
前記設定手段(25, 210)は、前記入力装置(40)が前記指示を受け付けた場合に、前記図形から少なくとも1つの探索範囲候補を抽出し、抽出した前記少なくとも1つの探索範囲候補の中から選択された1つの探索範囲候補を前記探索範囲として設定し、
前記少なくとも1つの探索範囲候補は、前記図形において前記評価値が極大値となる焦点位置を含む範囲である、構成1に記載の撮像システム(1)。

40

【0146】

(構成5)

前記図形は、前記評価値が極大値となる複数の焦点位置を含み、
前記設定手段(25, 210)は、前記複数の焦点位置にそれぞれ対応する複数の探索範囲候補を前記少なくとも1つの探索範囲候補として抽出する、構成4に記載の撮像システム

50

ム(1)。

【0147】

(構成6)

前記設定手段(25, 210)は、前記被写体(W)の複数のサンプルの各々に対して得られた前記図形を重畳して前記表示装置(50)に表示させる、構成1に記載の撮像システム(1)。

【0148】

(構成7)

構成1から6のいずれか1項に記載の撮像システム(1)で用いられる設定装置(20)であって、

前記設定手段(25, 210)を備える、設定装置(210)。

【0149】

本発明の実施の形態について説明したが、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0150】

1 撮像システム、10 撮像装置、11 照明部、12 レンズモジュール、12a, 12c レンズ、12b レンズ群、12d 可動部、12e1, 12e2 電圧源、12e フォーカス調整部、13 撮像素子、13a 撮像面、14 撮像素子制御部、15, 17 レジスタ、16 レンズ制御部、16a 算出部、16b フォーカス制御部、18 通信I/F部、20 画像処理装置、21 指令生成部、22 判定部、23 出力部、24 記憶部、25 設定部、30 PLC、40 入力装置、50 表示装置、51, 51A, 51B 設定画面、52a, 52b 領域、53, 53a, 53c 折れ線グラフ、54 画像、55, 57, 62 つまみ、56a 点、56b 垂線、58, 59 点線、60 OKボタン、61 キャンセルボタン、63 候補表示ボタン、64 自動調整ボタン、65a, 65b タブ、70 透光性容器、71 導電性液体、72 絶縁性液体、73a, 73b, 74a, 74b 電極、75a, 75b 絶縁体、76a, 76b 絶縁層、80 距離センサ、90 ステージ、206 メモリカード、210 CPU、212 メインメモリ、214 ハードディスク、216 カメラインターフェイス、216a 画像バッファ、218 入力インターフェイス、220 表示コントローラ、222 PLCインターフェイス、224 通信インターフェイス、226 データリーダー/ライター、228 バス、W ワーク。

10

20

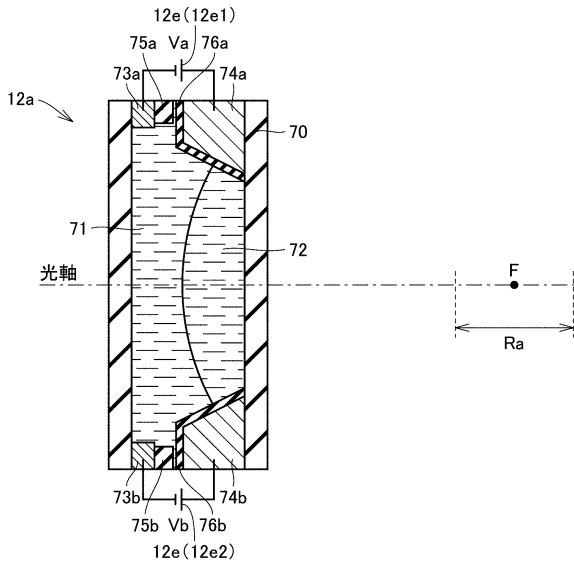
30

40

50

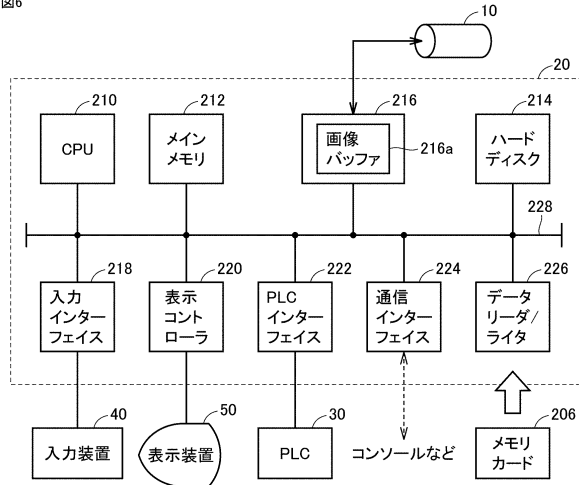
【図5】

図5



【図6】

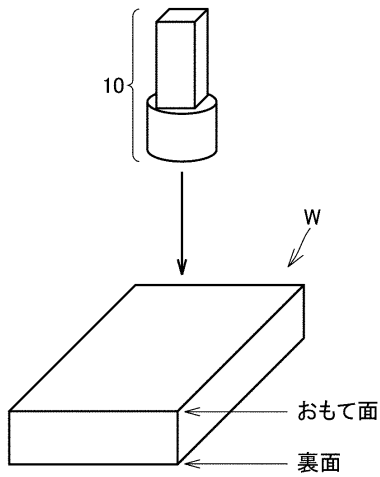
図6



10

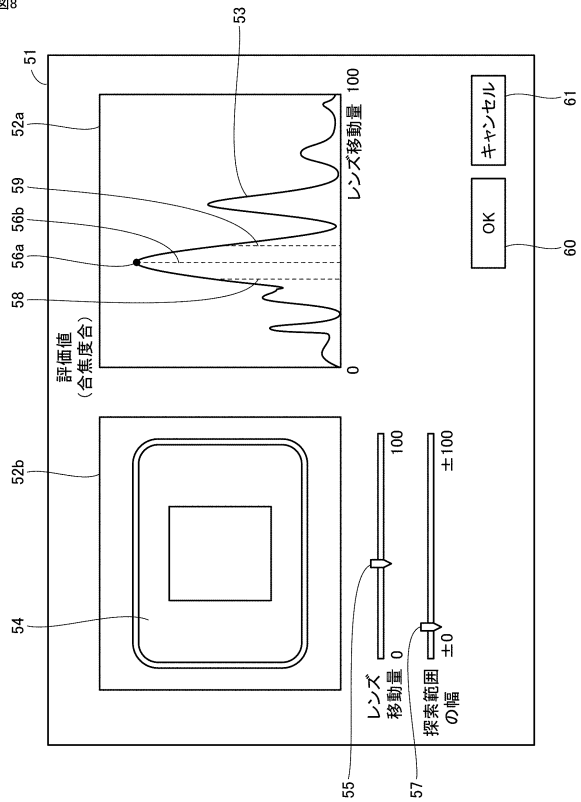
【図7】

図7



【図8】

図8



20

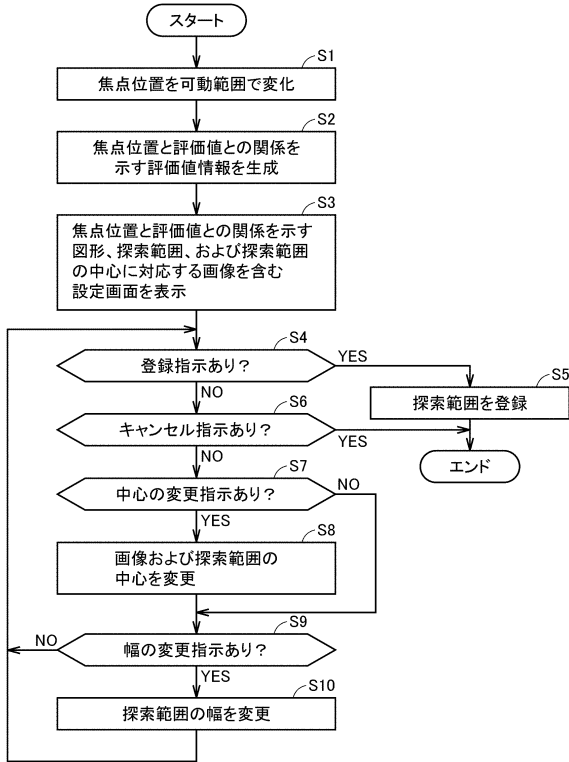
30

40

50

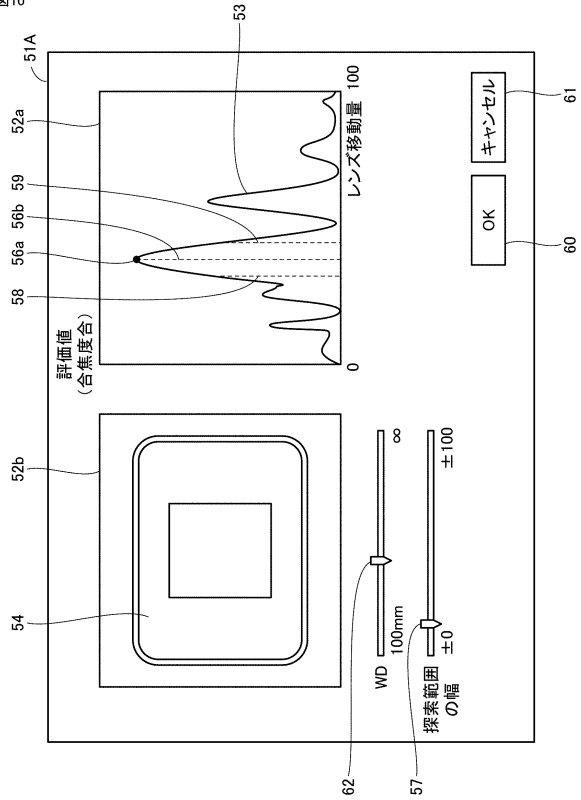
【図9】

図9



【図10】

図10

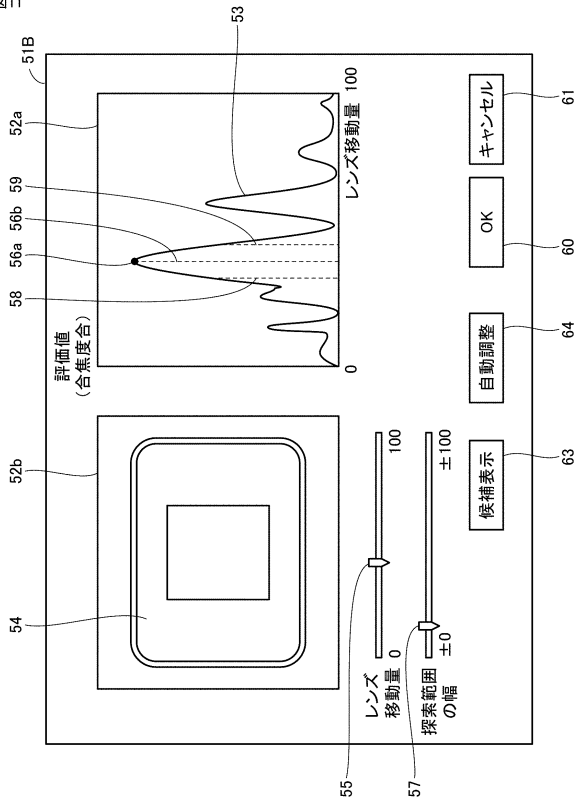


10

20

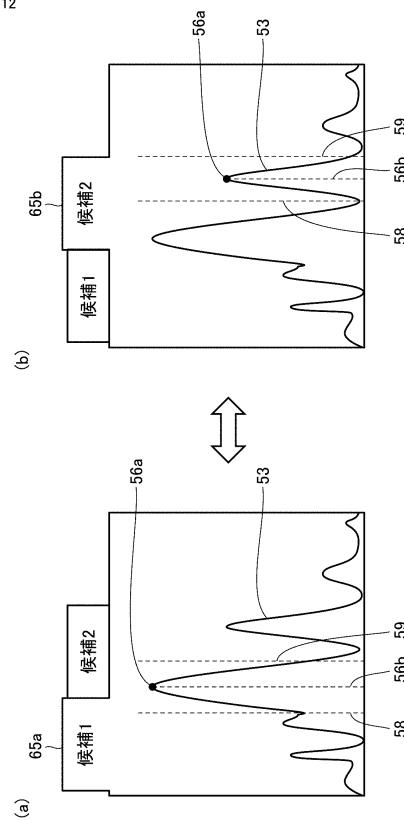
【図11】

図11



【図12】

図12



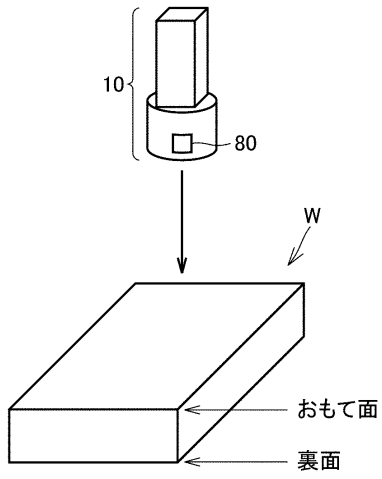
30

40

50

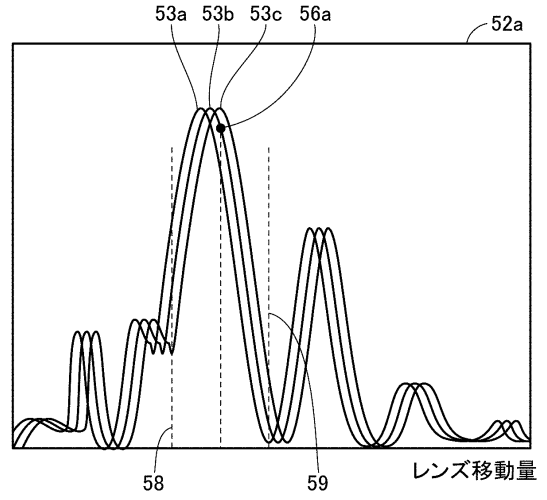
【図13】

図13



【図14】

図14



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

H 0 4 N 5/232(2006.01)

F I

H 0 4 N 5/232 9 3 9

H 0 4 N 5/232 2 2 0

H 0 4 N 5/232 1 2 0

(56)参考文献

特開 2 0 0 5 - 1 7 3 1 6 3 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 1 4 4 1 4 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B名)

G 0 2 B 7 / 2 8 - 7 / 3 6

G 0 3 B 1 3 / 3 6

G 0 3 B 1 7 / 1 8

H 0 4 N 5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7