(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年2月27日(27.02.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/039922 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 7/28 (2006.01) *H04N 5/232* (2006.01)
G06T 7/70 (2017.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/031042

(22) 国際出願日： 2019年8月7日(07.08.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2018-156216 2018年8月23日(23.08.2018) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (**OMRON CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 加藤 豊 (**KATO, Yutaka**); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町８０１番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

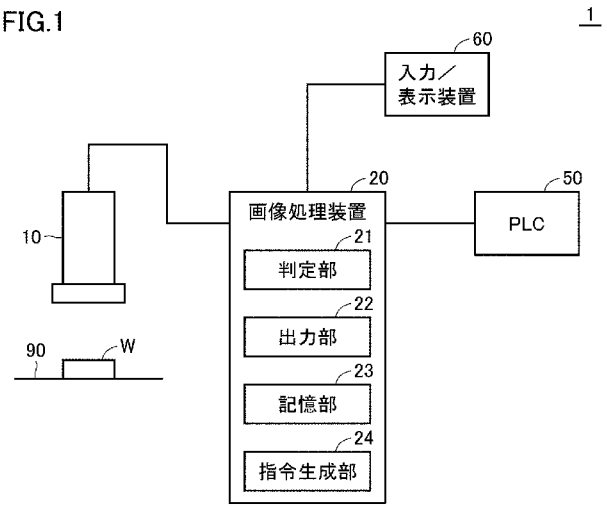
(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** IMAGE PROCESSING SYSTEM, IMAGE PROCESSING METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称： 画像処理システム、画像処理方法およびプログラム

FIG.1



20 Image processing device
21 Determination unit
22 Output unit
23 Storage unit
24 Command generation unit
60 Input/display device

(57) **Abstract:** This image processing system is provided with: an imaging device (10) which images an object and generates an image including the object; and an image processing device (20) which acquires the image from the imaging device and executes image pattern matching on the image. The image pattern is a pattern that is a reference for the position orientation of the object in the image. The imaging device (10) can change a focal position. The image processing device (20) searches the focal position and the position orientation and specifies the position orientation and the focal position

WO 2020/039922 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

by executing image pattern matching while narrowing the range of the focal position.

(57) 要約:画像処理システムは、対象物を撮像して、対象物を含む画像を生成する撮像装置(１０)と、撮像装置から画像を取得して、画像に対して画像パターンのマッチングを実行する画像処理装置(２０)とを備える。画像パターンは、対象物の画像内の位置姿勢の基準となるパターンである。撮像装置(１０)は、フォーカス位置を変化させることが可能である。画像処理装置(２０)は、フォーカス位置の範囲を狭めながら画像パターンのマッチングを実行することにより、フォーカス位置と位置姿勢とを探索して、位置姿勢とフォーカス位置とを特定する。

明　細　書

発明の名称 ： 画像処理システム、画像処理方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、画像処理システム、画像処理方法およびプログラムに関する。

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レンズユニット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）は、コントラスト検出方式または位相差検出方式を用いて、制限された範囲内で合焦を判断する焦点調節装置を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：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] 撮像装置からの距離が不明のところに置かれた対象物を撮像する際に、その対象物のフォーカス位置（ピントの合う位置）に加え、画像内の対象物の位置姿勢を特定したい場合がある。このための方法として、たとえば以下の２通りの方法が考えられる。

[0005] １つの方法は、フォーカス位置の異なる複数の画像から、画像パターンを検索する方法である。画像パターンの検索は、たとえば画像処理装置により実行される。この方法では、複数の画像の各々に対して画像パターンを検索しなければならない。したがって処理時間が長くなるという問題がある。たとえば製造ラインを流れる製品の外観検査等においては、短時間での処理が要求される。長い処理時間は、検査のスループットを低下させる要因となる。

[0006] 別の方法は、フォーカス位置を決めてから画像探索をする方法である。た

とえば撮像装置がフォーカス位置を変化させながら対象物を撮像する。画像処理装置は、画像処理により合焦度合いを評価して、最適なフォーカス位置を決定する。撮像装置は、その最適なフォーカス位置で対象物を撮像した画像を用いて、画像パターンを検索する。この方法では、最適なフォーカス位置を求めるために、画像処理装置は、対象物の像が画像内のどの位置にあるかを予め把握しておく必要がある。しかしながら、対象物の画像内の位置は予め決定できないため、最適なフォーカス位置を求めることが容易ではない。

[0007] 本発明の目的は、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を短時間で特定することを可能にすることである。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一例によれば、画像処理システムは、対象物を撮像して、対象物を含む画像を生成する撮像部と、撮像部から画像を取得して、画像に対して画像パターンのマッチングを実行する画像処理部とを備える。画像パターンは、対象物の画像内の位置姿勢の基準となるパターンである。撮像部は、フォーカス位置を変化させることが可能である。画像処理部は、フォーカス位置の範囲を狭めながら画像パターンのマッチングを実行することにより、フォーカス位置と位置姿勢とを探索して、位置姿勢とフォーカス位置とを特定する。

[0009] この開示によれば、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を短時間で特定することができる。画像処理システムは、フォーカス位置および画像内の位置姿勢という２つの方向の自由度を有する探索空間から、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を探索する。フォーカス位置の範囲を狭めながら、画像パターンのマッチングを実行することにより、マッチングの処理における一致度が向上する。マッチングにおける一致度が高い状態でフォーカス位置を求めることにより、フォーカス位置の精度がより向上する。したがって、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を短時間で特定できる。さらに、フォーカス位置および画像内の位置姿勢をより正確に特定することができる

。

[0010] 上述の開示において、画像処理部は、フォーカス位置および位置姿勢の探索を、粗探索から密探索へと移行させる。

[0011] この開示によれば、フォーカス位置および位置姿勢を短時間で特定することができる。なお、粗（コース）探索から密（ファイン）探索への移行は、情報量を次第に増やす、探索の刻み幅を次第に細かくするといった特徴とする。

[0012] 上述の開示において、画像処理部は、画像内にマッチングのための検索範囲を設定して、マッチングの結果から求められた一致度に基づいて検索範囲を再設定する。

[0013] この開示によれば、一致度に基づいて検索範囲を再設定することにより、フォーカス位置、および画像内の姿勢位置を短時間で特定することができる。

[0014] 上述の開示において、画像処理部は、一致度から少なくとも１つの候補点を求めて、少なくとも１つの候補点が検索範囲に含まれ、かつ検索範囲が狭まるように、検索範囲を再設定する。

[0015] この開示によれば、マッチングのための検索範囲を次第に狭くすることにより、フォーカス位置および画像内の姿勢位置を短時間で特定することができる。

[0016] 上述の開示において、フォーカス位置の修正において、画像処理部は、フォーカス位置が異なる複数の画像に対してマッチングを実行して、マッチングの結果に基づいて、複数の画像から合焦度の最も高い画像を選択する。画像処理部は、フォーカス位置の修正の回数が増加するにつれて、複数の画像の間のフォーカス位置の変化を小さくする。

[0017] この開示によれば、フォーカス位置の検索範囲を次第に狭くすることにより、フォーカス位置および画像内の姿勢位置を短時間で特定することができる。

[0018] 上述の開示において、画像処理部は、撮像部がフォーカス位置を変化させ

ながら撮像された複数の画像を間引くことにより、フォーカス位置の修正に用いる画像を選択する。

[0019] この開示によれば、予め取得された複数の画像に基づいて、粗探索および密探索を実行することができる。

[0020] 本開示の一例によれば、画像処理方法は、対象物を撮像して対象物を含む画像を生成する撮像部と、画像処理部とを備えた画像処理システムによる画像処理方法である。撮像部は、対象物の撮像時にフォーカス位置を変化させることが可能である。画像処理方法は、フォーカス位置の範囲を狭めながら、撮像部により生成された対象物を含む画像に対して、対象物の画像内の位置姿勢の基準となる画像パターンのマッチングを実行することにより、フォーカス位置と位置姿勢とを探索するステップと、探索するステップによる探索の結果から、位置姿勢とフォーカス位置とを特定するステップとを備える。

[0021] この開示によれば、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を短時間で特定することができる。

[0022] 本開示の一例によれば、プログラムは、撮像装置によって対象物を撮像することにより得られた画像を処理するためのプログラムである。撮像装置は、対象物の撮像時にフォーカス位置を変化させることが可能である。プログラムは、コンピュータに、フォーカス位置の範囲を狭めながら、撮像装置により生成された対象物を含む画像に対して、対象物の画像内の位置姿勢の基準となる画像パターンのマッチングを実行することにより、フォーカス位置と位置姿勢とを探索するステップと、探索するステップによる探索の結果から、位置姿勢とフォーカス位置とを特定するステップとを実行させる。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を短時間で特定することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本実施の形態に係る画像処理システムの１つの適用例である外観検査シ

ステムの概要を示す模式図である。

[図2]撮像装置の内部構成の一例を示す図である。

[図3]フォーカス位置の調整を説明するための模式図である。

[図4]レンズの構成の一例を示す図である。

[図5]フォーカス位置調整用レンズの他の一例を示す図である。

[図6]撮像装置による撮像により得られた画像を模式的に示した図である。

[図7]ワークのフォーカス位置および位置姿勢を特定するための第１の方法を説明した模式図である。

[図8]ワークのフォーカス位置および位置姿勢を特定するための第２の方法を説明した模式図である。

[図9]本実施の形態に係る探索方法を実行するために指定される画像内の領域を示した模式図である。

[図10]本実施の形態に係る探索方法を説明するための模式図である。

[図11]本実施の形態による探索方法による探索経路を示した図である。

[図12]本実施の形態に係る探索方法のための事前設定のフローを示したフローチャートである。

[図13]探索のフローを示したフローチャートである。

[図14]本実施の形態による探索の第１の応用例を示した図である。

[図15]ワーク表面の検査領域を示した模式図である。

[図16]検査領域および基準領域の設定例を示した図である。

[図17]本実施の形態による探索の第２の応用例を示した図である。

[図18]本実施の形態による探索の第３の応用例を示した図である。

発明を実施するための形態

[0025] §１　適用例

まず、図１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、本実施の形態に係る画像処理システムの１つの適用例を示す模式図である。

[0026] 図１に示すように、本実施の形態に係る画像処理システム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上の複数の検査対象位置を撮像し、得られた画像を用いて、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。

[0027] 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。

[0028] 図１に示すように、画像処理システム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とを備える。この実施の形態では、画像処理システム１は、さらに、ＰＬＣ（Programmable Logic Controller）５０と、入力／表示装置６０とを備える。

[0029] 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、フォーカス位置を変化させることが可能な撮像系である。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。

[0030] 撮像装置１０は、フォーカス位置が可変のレンズモジュールを含む。フォーカス位置とは、ワークWの像が形成される位置を意味する。撮像装置１０とワークWとの間の距離に応じてレンズモジュールのフォーカス位置が変更される。これにより、ワークWにフォーカスの合った画像を撮像することができる。なお、撮像装置１０はオートフォーカス機能を有し、ワークWに自動的にフォーカスを合わせることができる。

[0031] 画像処理装置２０は、撮像装置１０からワークWの画像を取得する。画像処理装置２０は、その画像に対して所定の処理を実行する。画像処理装置２０は、判定部２１と、出力部２２と、記憶部２３と、指令生成部２４とを含

む。

[0032] 判定部２１は、撮像装置１０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。出力部２２は、判定部２１による判定結果を出力する。たとえば、出力部２２は、入力／表示装置６０に判定結果を表示させる。

[0033] 記憶部２３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２３は、撮像装置１０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２３は、判定部２１による判定結果を保存してもよい。さらに、記憶部２３は、各種の処理を画像処理装置２０に実行させるためのプログラムを記憶する。

[0034] 指令生成部２４は、ＰＬＣ５０からの制御指令を受けて、撮像装置１０に撮像指令（撮像トリガ）を出力する。

[0035] 画像処理装置２０はＰＬＣ５０に接続される。ＰＬＣ５０は画像処理装置２０を制御する。たとえばＰＬＣ５０は、画像処理装置２０が撮像指令（撮像トリガ）を撮像装置１０に出力するためのタイミングを制御する。

[0036] 入力／表示装置６０は、画像処理装置２０に接続される。入力／表示装置６０は、画像処理システム１の各種の設定に関するユーザの入力を受け付ける。さらに、入力／表示装置６０は、画像処理システム１の設定に関する情報、画像処理装置２０によるワーク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）を表示する。

[0037] 本実施の形態では、画像処理装置２０は、撮像装置１０から取得した画像に対して画像パターンのマッチングを実行する。この画像パターンは、ワークＷの画像内の位置姿勢の基準となるパターンである。画像処理装置２０は、フォーカス位置の範囲を狭めながら画像パターンのマッチングを実行することにより、フォーカス位置と位置姿勢とを探索して、位置姿勢とフォーカス位置とを特定する。画像処理システムは、フォーカス位置および画像内の位置姿勢という２つの方向の自由度を有する探索空間から、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を探索する。フォーカス位置の範囲を狭めながら、

画像パターンのマッチングを実行することにより、マッチングの処理における一致度が向上する。マッチングにおける一致度が高い状態でフォーカス位置を求めることにより、フォーカス位置の精度がより向上する。したがって、フォーカス位置および画像内の位置姿勢を短時間で特定できる。さらに、フォーカス位置および画像内の位置姿勢をより正確に特定することができる。

[0038] 図２は、撮像装置１０の内部構成の一例を示す図である。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。

[0039] 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の表面で反射し、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。

[0040] レンズモジュール１２は、ワークＷからの反射光を撮像素子１３の撮像面１３ａ上に結像させる。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、主としてフォーカス位置を変更す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、フォーカス位置を変更する。

[0041] 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。

[0042] 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、撮像視野からの光を画像信号に変換する。

[0043] 撮像素子制御部１４は、通信Ｉ／Ｆ部１８を介して画像処理装置２０から撮像指令を受けると、図示しないシャッターを開いて露光し、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、撮像位置に対応するシャッター速度（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。撮像位置に対応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。撮像素子制御部１４は、生成した画像データを通信Ｉ／Ｆ部１８を介して画像処理装置２０に出力する。

[0044] 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。具体的には、レンズ制御部１６は、ワークＷの撮像される領域に応じてフォーカス位置が変化するように、フォーカス調整部１２ｅを制御する。フォーカス調整部１２ｅは、レンズ制御部１６の制御により、レンズ１２ａの位置を調整する。つまり、レンズ制御部１６は、ワークＷの撮像対象領域にフォーカスが合うように、レンズ１２ａを制御する。「フォーカスが合う」とは、ワークＷの撮像対象領域の像が撮像素子１３の撮像面１３ａに形成されることを意味する。レンズ１２ａについては、後で詳細に説明する。

[0045] レンズ制御部１６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１２ｄを制御して、レンズ群１２ｂの位置を調整してもよい。言い換えると、レンズ制御部１６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１２ｄを制御することができる。レンズ制御部１６は、撮像位置とワークＷとの距離に応じてレンズ群１２ｂ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。

[0046] §２ 具体例

＜Ａ．フォーカス調整のための構成例＞

図３は、フォーカス位置の調整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、１枚のレンズ（レンズ１２ａ）のみを示している。

[0047] 図３に示すように、レンズ１２ａの主点Ｏから対象面（ワークＷの表面）

までの距離をａとし、レンズ１２ａの主点Ｏから撮像面１３ａまでの距離をｂとし、レンズ１２ａの主点Ｏからレンズ１２ａの焦点Ｆまでの距離（焦点距離）をｆとする。ワークＷの像の位置が撮像面１３ａの位置に等しい場合、以下の式（１）が成立する。

[0048] １／ａ＋１／ｂ＝１／ｆ・・・（１）

ワークＷの表面の高さに応じて、ワーキングディスタンス（ＷＤ）が変化し得る。ワーキングディスタンスは、レンズ１２ａのワークＷ側の面から、ワークＷまでの距離であると定義される。式（１）が成り立つときに、ワークＷの表面にフォーカスが合った状態の画像を撮像することができる。たとえば距離ｂを変化させることによって、フォーカスの調整が可能である。

[0049] 距離ｂの変化量は、基準となる距離からのオフセットとして表すことができる。本実施の形態では、このオフセットを「レンズの繰り出し量」と呼ぶ。レンズ１２ａのワークＷ側の面からワークＷの表面までの距離をレンズ操出し量に関連づけることによって、ワークＷの表面にフォーカスの合った画像を得るためのレンズ操出し量を決定することができる。なお、距離ｂの基準値は任意に定めることができる。たとえば距離ｂの基準値を焦点距離ｆの値としてもよい。

[0050] 上述のように、撮像装置１０は、オートフォーカス機能を有する。したがって、撮像装置１０が、ワークＷの画像から合焦の度合いを判断して、フォーカス位置を調整する。フォーカス位置を調整するためのレンズ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。

[0051] 図４は、レンズ１２ａの構成の一例を示す図である。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の位置を変更することによって、レンズ１２ａの繰り出し量が変化する。したがって、ワーキングディスタンスＷＤの変化に応じて、ワークＷの像が撮像面１３ａに形成されるように、レンズ１２ａが移動する。

[0052] なお、図３および図４では、１枚のレンズの例が示されている。通常では

、ＦＡ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、各レンズの焦点距離ｆと、レンズ間の位置関係を用いて、合成された焦点距離ｆおよびレンズ主点の位置を求めることができる。その特性値を用いることでＷＤを計算することができる。

[0053] 図４では、機械的な方式によりフォーカス位置が調整される例が示される。しかし、フォーカス位置の調整の方式は機械的な方式に限定されない。図５は、フォーカス位置調整用レンズの他の一例を示す図である。

[0054] 図５に例示されているのは、液体レンズである。レンズ１２ａは、透光性容器７０と、電極７３ａ，７３ｂ，７４ａ，７４ｂと、絶縁体７５ａ，７５ｂと、絶縁層７６ａ，７６ｂとを含む。

[0055] 透光性容器７０内の密閉空間には、水などの導電性液体７１と、油などの絶縁性液体７２とが充填される。導電性液体７１と絶縁性液体７２とは混合せず、互いに屈折率が異なる。

[0056] 電極７３ａ，７３ｂは、絶縁体７５ａ，７５ｂと透光性容器７０との間にそれぞれ固定され、導電性液体７１中に位置する。

[0057] 電極７４ａ，７４ｂは、導電性液体７１と絶縁性液体７２との界面の端部付近に配置される。電極７４ａと導電性液体７１および絶縁性液体７２との間には絶縁層７６ａが介在する。電極７４ｂと導電性液体７１および絶縁性液体７２との間には絶縁層７６ｂが介在する。電極７４ａと電極７４ｂとは、レンズ１２ａの光軸に対して対称な位置に配置される。

[0058] 図５に示す構成において、フォーカス調整部１２ｅは、電圧源１２ｅ１と、電圧源１２ｅ２とを含む。電圧源１２ｅ１は、電極７４ａと電極７３ａとの間に電圧Ｖａを印加する。電圧源１２ｅ２は、電極７４ｂと電極７３ｂとの間に電圧Ｖｂを印加する。

[0059] 電極７４ａと電極７３ａとの間に電圧Ｖａを印加すると、導電性液体７１は、電極７４ａに引っ張られる。同様に、電極７４ｂと電極７３ｂとの間に電圧Ｖｂを印加すると、導電性液体７１は、電極７４ｂに引っ張られる。これにより、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。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１２ａの焦点距離（図３に示す焦点距離ｆに相当）が変化する。当該界面の曲率は、電圧Ｖａ，Ｖｂの大きさに依存する。そのため、電圧Ｖａ，Ｖｂの大きさを変えることにより、ワーキングディスタンスＷＤが変化しても撮像面１３ａに像が形成されるように、レンズ１２ａのフォーカス位置を調整することができる。

[0060] 通常は、電圧Ｖａと電圧Ｖｂ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Ｖａと電圧Ｖｂ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。

[0061] 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、焦点距離ｆに加えてレンズの主点の位置が変化する。したがって距離ｂが変化するため、その変化分を考慮したフォーカス調整を行えばよい。

[0062] ＜Ｂ．画像処理装置＞

画像処理装置２０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、補助記憶装置、通信Ｉ／Ｆ等を含み、情報処理を行なう。補助記憶装置は、たとえば、ハードディスクドライブ、ソリッドステートドライブ等で構成され、ＣＰＵが実行するプログラム等を記憶する。

[0063] 画像処理装置２０の判定部２１は、たとえば、記憶部２３に予め記憶しておいた良品ワークの画像との間の差分画像を２値化し、しきい値を超えた画素数と基準値とを照合することにより、検査対象位置の良否を判定してもよい。画像処理装置２０の出力部２２は、判定結果を入力／表示装置６０に表示してもよい。

[0064] ＜Ｃ．ワークのフォーカス位置および位置姿勢の探索の課題＞

図６は、撮像装置による撮像により得られた画像を模式的に示した図であ

る。図６に示すように、画像１００は、ワークＷの像を含む。撮像装置１０のレンズからワークまでの距離（ワークディスタンス）は、ワークごとに異なり得るので、フォーカスの合ったワークＷの像を得るためには、ワークＷごとに最適なフォーカス位置を特定することが必要である。

[0065] さらに、ワークＷの撮像のため、ワークＷは、本来は、ステージ９０の予め定められた位置に、予め定められた姿勢で載置される。しかしながら、ワークＷはステージ９０を動かすことによって、撮像装置１０の下に移動する。ワークＷの移動により、ワークＷの位置が本来の撮影位置からずれている可能性、あるいは、ワークＷがステージ９０上で回転している可能性がある。位置姿勢のずれの程度もワークごとに異なり得る。

[0066] したがってワークＷを撮像する際には、ワークＷのフォーカス位置に加え、画像１００内のワークＷの位置姿勢を特定することが求められる。このための方法として、たとえば以下の２通りの方法が考えられる。

[0067] 図７は、ワークＷのフォーカス位置および位置姿勢を特定するための第１の方法を説明した模式図である。図７に示すように、撮像装置１０がフォーカス位置を変えながらワークＷを撮像して、複数（Ｍ枚）の画像を取得する。画像処理装置２０は、そのＭ枚の各々において、ワークＷの画像パターンを検索する。そして、画像処理装置２０は、Ｍ枚の画像から、ワークＷに最もフォーカスの合った１枚の画像を特定する。

[0068] 上述の方法を実行する場合には、処理時間が長くなるという課題がある。たとえば製造ラインを流れる製品の外観検査等においては、短時間での処理が要求される。処理時間が長いことは、検査のスループットを低下させる要因となる。

[0069] 図８は、ワークＷのフォーカス位置および位置姿勢を特定するための第２の方法を説明した模式図である。第２の方法では、フォーカス位置を決めてから画像を探索をする。第１の方法と同じように、撮像装置１０が、フォーカス位置を変化させながらワークＷを撮像して、Ｍ枚の画像を取得する。画像処理装置２０は、画像処理によりＭ枚の画像の合焦度合いを評価して、最

適なフォーカス位置を決定する。撮像装置１０は、Ｍ枚の画像の中から、その最適なフォーカス位置でワークＷを撮像した画像を選択して、その画像において画像パターンを検索する。

[0070] この方法によれば、最適なフォーカス位置を求めるために、画像処理装置２０は、ワークＷの像の画像内の位置およびワークＷの姿勢を予め把握しておく必要がある。しかし、上述の通り、ワークＷの位置姿勢はワークＷごとに異なり得るため、ワークＷの位置姿勢を予め特性することができない。このため探索経路が長くなる。言い換えると、最適なフォーカス位置およびワークの位置姿勢の特定に時間がかかる。したがって本実施の形態では、探索経路を短くする探索方法が用いられる。

[0071] ＜Ｄ．本実施の形態に係る探索方法＞

図９は、本実施の形態に係る探索方法を実行するために指定される画像内の領域を示した模式図である。図９に示すように、画像１００内の所定の領域が基準領域Ｂ１として設定される。基準領域Ｂ１の画像パターンが、モデルとして画像処理装置２０に登録される。次に、基準領域Ｂ１を含む画像１００内のある範囲が、検索範囲Ａ１として設定される。さらに、検索範囲Ａ１およびフォーカス位置の探索範囲が画像処理装置２０に登録される。

[0072] 図１０は、本実施の形態に係る探索方法を説明するための模式図である。図１０に示すように、本実施の形態では、まず、フォーカス位置の探索範囲内で、フォーカス位置の異なる画像群をまとめて撮影する。これにより、Ｎ枚の画像が得られる。フォーカス位置の探索範囲は、たとえば撮像装置１０の焦点制御可能な範囲である。しかしながらフォーカス位置の探索範囲は、焦点制御可能な範囲よりも狭くてもよい。

[0073] 次に、画像処理装置２０は、Ｎ枚の画像群を間引くことにより、Ｍ枚の画像を抽出する。Ｍ枚の画像は、いわばＮ枚の画像群の部分集合である。抽出されたＭ枚の画像に対して、登録した画像モデルを用いてパターンマッチングを実行する。これにより、Ｍ枚の画像から、合焦度およびパターンのマッチングの度合いともに最も高い１枚の画像が選択される。

[0074] 続いて、パターンマッチングの結果に基づき検索領域を限定するとともに、フォーカス位置の異なる複数の画像を抽出する。このときに選ばれた複数の画像は、前回に選択された１枚の画像を含む。さらに複数の画像の間でのフォーカス位置の変化の度合いが、前回の探索において選ばれた複数の画像の間でのフォーカス位置の変化の度合いよりも小さくなっている。すなわち、複数の画像の間でフォーカス位置が細かく変化する。画像処理装置２０は、複数の画像の合焦度を判定して、最も合焦度の高い画像を選択する。その画像において画像処理装置２０は、検索範囲を狭くしてパターンマッチングを実行する。このように、フォーカス位置の変化の度合いを小さくしながら、検索範囲を狭くしてパターンマッチングを実行することを繰り返す。

[0075] 図１１は、本実施の形態による探索方法による探索経路を示した図である。図１１に示されるように、フォーカス位置の変化の度合いを小さくしながら、検索範囲を限定してパターンマッチングを実行することを繰り返す。フォーカス位置および位置姿勢の探索を、粗探索から密探索へと移行させる。探索のたびに探索経路を短くすることができる。したがって本実施の形態によれば、より短時間で、対象物のフォーカス位置と画像内位置姿勢とを特定することができる。

[0076] ＜Ｅ．本実施の形態に係る探索方法のフロー＞

以下に説明する処理は、画像処理装置２０の判定部２１が、記憶部２３に記憶されたプログラムを読み出すことにより実行される。

[0077] 図１２は、本実施の形態に係る探索方法のための事前設定のフローを示したフローチャートである。図１２を参照して、まずステップＳ１１において、検査対象物（ワーク）のサンプルが準備される。ステップＳ１２において、サンプルが規定の位置（撮像装置１０のレンズの前）に配置される。ステップＳ１３において、撮像装置１０のレンズが制御されて、対象物（サンプル）に焦点を合わせる。

[0078] ステップＳ１４において、ユーザが画像内の基準領域を指定する。たとえば入力／表示装置６０のディスプレイにサンプルの画像１００が表示される

。ユーザが、ポインティングデバイス等の入力デバイスを操作することにより、画像内の基準領域の指定が受け付けられて、その領域が基準領域Ｂ１として設定される。ステップＳ１５において、画像処理装置２０は、基準領域Ｂ１の画像パターンを記憶部２３に格納する。これにより画像パターンがモデルとして画像処理装置２０に登録される。

[0079] ステップＳ１６において、ユーザが画像内の検索範囲を指定する。ステップＳ１４の処理と同様に、たとえば入力／表示装置６０のディスプレイにサンプルの画像１００が表示される。ユーザが、ポインティングデバイス等の入力デバイスを操作することにより、画像内の検索範囲の指定が受け付けられて、その領域が検索範囲Ａ１として設定される。画像処理装置２０は、検索範囲Ａ１の情報を記憶部２３に格納する。これにより指定された検索範囲が画像処理装置２０に登録される。

[0080] ステップＳ１７において、ユーザがフォーカス位置の探索範囲を指定する。入力／表示装置６０は、フォーカス位置の探索範囲の指定を受け付ける。画像処理装置２０は、フォーカス位置の探索範囲の情報を記憶部２３に格納する。これにより指定されたフォーカス位置の探索範囲が画像処理装置２０に登録される。

[0081] 図１３は、探索のフローを示したフローチャートである。図１３を参照して、ステップＳ２１において、撮像装置１０は、フォーカス位置の探索範囲内でフォーカス位置の異なる画像群をまとめて撮影する。これにより、Ｎ枚（Ｎは２以上の整数）の画像が得られる。各画像のフォーカス位置は、被写界深度の漏れがないように配置されていることが望ましい。

[0082] ステップＳ２２において、画像処理装置２０は、Ｎ枚の画像群から間引いてＭ枚の画像（部分集合）を抽出する。ここでＭは、１＜Ｍ＜Ｎを満たす整数である。抽出の方法は特に限定されない。例えば、等間隔（所定の画像の枚数ごと）に画像を抽出するのでもよい。

[0083] ステップＳ２３において、画像処理装置２０は、Ｍ枚の画像に対して、ステップＳ１５（図１２を参照）において登録したモデルを用いて、パターン

マッチングを実行する。ここでパターンマッチングの自由度は、Ｘ，Ｙ，θに関する自由度である。ＸおよびＹは画像内の直交する２つの軸をそれぞれ表す。θは、画像内での回転角度を表す。

[0084] ステップＳ２４において、画像処理装置２０は、高い相関値（一致度）を与える複数の候補点を求める。候補点の属性は、相関値、Ｘ、Ｙ、θである。

[0085] 相関値の算出方法は、公知の種々の方法を適用することができる。一例としては、正規化相互相関法を用いることができる。正規化相互相関法は、画像パターンを検索する方法として広く用いられるものであり、対象物を映した画像の濃淡情報を統計的に処理する方法である（たとえば「正規化相互相関法」（画像解析ハンドブック、高木幹雄・下田陽久監修、東京大学出版会）を参照）。あるいは、特開平７－７８２５７号公報に開示されるような相関法を用いてもよい。この方法では、カメラで濃淡画像を撮像し、その濃淡画像の各画素位置における評価値を算出する。そして評価値が走査線方向に連続してしきい値以上となる点列の中の最大評価値を検出する。

[0086] 相関法としては、エッジベース相関法を用いてもよい。エッジベース相関法とは、対象物を映した画像のエッジ（境界）部分の特徴を用いて、一致度を算出する方法である。一致度には、エッジ強度あるいはエッジ勾配が反映される。たとえば特開平１０－１７１９８９号公報に開示されるような方法を用いてもよい。この方法では、入力画像の各画素における濃度勾配方向が算出されて、入力画像の濃度勾配方向と、所定のパターンの各画素の濃度勾配方向との間で濃度勾配方向の差異を評価する値が求められる。

[0087] ステップＳ２５において、画像処理装置２０は、検索範囲を再設定する。一実施形態として、画像処理装置２０は、検索範囲を候補点位置付近の領域に限定して、フォーカス位置の異なる複数の画像の合焦度を判定する。すなわち、検索範囲は、候補点を含む範囲に狭められる。画像処理装置２０は、複数の画像の中から最も合焦度の高い画像を選択する。たとえば、各画像の候補点位置付近の領域からエッジが抽出される。合焦度は、そのエッジに基

づいて判定される。

[0088] ステップＳ２６において、画像処理装置２０は、選択された画像に対して、パターンマッチングを実行する。このときに検索範囲の再設定によって検索範囲が限定されてもよい。パターンマッチングの代表的なパラメータとして、「サーチ刻み」と「モデル間引き」とがある。「サーチ刻み」とは探索の刻み（分解能）を意味するものであり、「モデル間引き」とは、モデルとする画像パターンを、全画素で表現せずに、間引いた画素によって近似的に表現するものである。探索の初期段階である粗探索では、これらのパラメータの値を大きくしておき、詳細探索（密探索）に向かうにつれて、これらのパラメータの値を次第に小さくする。このような手法は、パターンマッチングでは常套的な手法である。ただし従来では、１枚の画像の探索に閉じて利用されてきた。本実施の形態では、画像内に閉じずに上記の方法を利用する。これによって、探索の効率化（高速化）を期待することができる。

[0089] ステップＳ２７において、画像処理装置２０は、高い相関値を与える候補点を求める。上記の通り、候補点の属性は、相関値、Ｘ、Ｙ、θである。

[0090] ステップＳ２８において、画像処理装置２０は、終了条件が満たされているかどうかを判定する。なお、終了の条件は特に限定されるものではない。たとえば最終の探索の分解能を予め規定しておいて、その分解能に達した段階で、全体の処理を終了してもよい。たとえばｘｙ方向の位置については最終の分解能を１ピクセルとしてもよい。角度については、最終の分解能を１ｄｅｇとしてもよい。フォーカス位置については、レンズ繰り出し量の最終の分解能を１ｍｍとしてもよい。

[0091] また、探索の終了後に、相関値を利用した各種の手法（たとえばパラボラフィッティングなど）により、刻み幅よりも細かい精度の推定（サブピクセル推定）を行ってもよい。

[0092] 終了条件が満たされない場合、処理はステップＳ２５に戻り、ステップＳ２５～Ｓ２８の処理が反復される。これによりフォーカス位置と画像内位置姿勢の精度を高めることができる。終了条件が満たされると（Ｓ２８におい

てＹＥＳ）、探索処理は終了する。したがって、フォーカス位置および画像内のワークの位置姿勢が最適化された状態となる。

[0093] 本実施の形態では、反復の初期は粗い探索を実行し、反復の回数が多いほど細かい探索を実行する。これにより、精度を低下させることなく探索処理を高速化することができる。候補点が複数ある場合は、相関値を用いて最終的に１点のみ残してもよいし、複数出力してもよい。

[0094] ＜Ｆ．本実施の形態による効果＞

本実施の形態によれば、短時間の探索が可能である。このような効果について具体例を挙げて説明する。前提となる条件を以下とする。

[0095] ・画像サイズ：１６００×１２００ピクセル

・基準パターンのサイズ：３００×３００ピクセル

・探索範囲：１０００×１０００ピクセル

・ＷＤの探索範囲：１００ｍｍ～５００ｍｍ

・１枚の画像からパターンを検索するのに要する時間：２０ｍｓ・・・（１）（一般的には下記（２）の時間と（３）の時間との合計である）

・１枚の画像からパターンを粗く検索するのにかかる時間：１０ｍｓ・・・（２）（候補点が求められる）

・画像の候補点周辺でパターンを細かく検索するのにかかる時間：１０ｍｓ・・・（３）

・フォーカス位置を現在位置から変化させて１回の画像撮影にかかる時間：１０ｍｓ

・ＷＤの探索範囲におけるフォーカス位置のバリエーション数：２０枚

・合焦点の評価値計算にかかる時間：５ｍｓ

（全探索の場合）

・フォーカス位置を変化させた画像撮影に要する時間：１０ｍｓ×２０回＝２００ｍｓ

・画像パターンの検索時間：２０ｍｓ×２０枚＝４００ｍｓ

・合計時間：６００ｍｓ　（本実施の形態による探索の場合）

・フォーカス位置を（間引いて）変化させた画像撮影に要する時間：１０ｍｓ×５回＝５０ｍｓ

・間引いた画像セットから画像パターンを粗く検索する時間：１０ｍｓ×５枚＝５０ｍｓ

・見つかった候補の周辺で画像撮影に要する時間：１０ｍｓ×４回＝４０ｍｓ

・フォーカス位置の探索に要する時間：５ｍｓ×４回＝２０ｍｓ

・候補１点の周辺で画像パターンを細かく検索する時間：１０ｍｓ×１回＝１０ｍｓ

・合計時間：１７０ｍｓ

以上のように、従来のような全探索に比べて、本実施の形態に係る探索は３～４倍程度高速である。なお、上記の例によれば、撮像した画像の枚数は９枚（＝５枚＋４枚）であるが、仮に、全探索の場合と同じく、フォーカス位置を変化させて２０枚の画像を撮像した場合にも、本実施の形態による探索では、全探索に比べて高速である。画像撮影に要する時間は、１０ｍｓ×２０回＝２００ｍｓであるが、他の処理に要する時間は同じであるので、合計時間は３２０ｍｓとなる。したがって本実施の形態による探索は、全探索の場合に比べて約２倍高速である。

[0096] ＜Ｇ．本実施の形態による探索の応用例＞

図１４は、本実施の形態による探索の第１の応用例を示した図である。図１４に示すように、本実施の形態による探索は、ワークＷの外観検査に用いることができる。図１４に示した例において、ワークＷは、領域Ｗ１と領域Ｗ２とを有する。領域Ｗ１は、たとえば透明体（ガラスなど）の表面である。領域Ｗ２は領域Ｗ１を囲む領域であり、たとえば電子機器の筐体の表面である。このようなワークＷの例として、ディスプレイを有する電子機器（一例では、スマートフォンあるいはタブレットなど）を挙げることができる。すなわち領域Ｗ１は、表示画面でありえる。

[0097] 図１５は、ワーク表面の検査領域を示した模式図である。図１５を参照し

て、検査領域Ａ２がワークＷの領域Ｗ１内に設定される。外観検査では、検査領域Ａ２を含む領域が撮像装置１０により撮像されて、検査領域内に傷、汚れ、あるいは異物の有無などが検査される。

[0098] この例では、検査領域とは別に、フォーカスの基準となる領域（基準領域Ｂ１）を設定してもよい。図１６は、検査領域Ａ２および基準領域Ｂ１の設定例を示した図である。図１６を参照して、基準領域Ｂ１は、明確なパターンを含む領域である。図１６に示す例によれば、基準領域Ｂ１は、領域Ｗ２の一部を含む。たとえば基準領域は、領域Ｗ２の端部を含む領域であり、ワークＷの外郭線を含む。したがって基準領域Ｂ１は、ワークＷと、ワークＷの周囲との境界を含む。これにより、基準領域Ｂ１は、明確なパターンを含むことができる。このように、基準領域Ｂ１の画像は、合焦度を判定可能な程度のコントラストを有している。したがって、基準領域Ｂ１からフォーカス位置および画像内のワークＷの位置姿勢を求めることができる。

[0099] 実際の検査に先立って、フォーカス位置を設定する。サンプルのワークＷを撮像装置１０により撮像して、ワークＷの画像を取得する。ワークＷの画像から基準領域Ｂ１および検査領域Ａ２がそれぞれ指定されて、基準領域Ｂ１および検査領域Ａ２の画像が画像処理装置２０に登録される。さらに、基準領域Ｂ１にフォーカスが合うときのフォーカス位置、および検査領域Ａ２にフォーカスが合うときのフォーカス位置がそれぞれ画像処理装置２０に登録される。本実施の形態に係る探索を、フォーカス位置の探索に用いることができる。さらに、本実施の形態に係る探索を、画像内のワークＷのＸＹ位置のずれを修正するために用いてもよい。

[0100] 図１７は、本実施の形態による探索の第２の応用例を示した図である。第２の応用例は、ワークのピッキングである。図１７に示すように、ベルトコンベア９１上を運ばれるワークＷ（たとえば部品）がロボット３０で把持されて移設される。ロボットは、たとえばパラレルリンクロボットであるがこれに限定されない。

[0101] 従来は、二次元カメラにより部品を認識していた。しかし、部品が横倒し

になったり、互いに重なりあったりする場合に、把持に失敗することがあった。このようなケースでは、本来は、把持不可能な部品を避けて、把持可能な部品だけを確実に把持することが望ましい。三次元センサを用いれば、部品の高さや姿勢を認識することができるので、このような状況にも対応できる。しかし三次元センサは、二次元カメラに比べてコストが高いという点で問題がある。本実施の形態によれば、特殊なセンサを用いることなく、部品の位置と高さを認識できる。したがって、ローコストなシステムで、把持可能な部品だけを確実に把持することが可能である。

[0102] 図１８は、本実施の形態による探索の第３の応用例を示した図である。第３の応用例は、物品（ワークに限定されない）の表面のバーコードあるいは文字の読み取りである。図１８を参照して、撮像装置１０は、ベルトコンベア９１上を運ばれるワークＷ（たとえば部品あるいは梱包箱）に印字されたバーコード５を撮像する。画像処理装置２０は、撮像装置１０から画像を取得して、バーコード５を読み取る。バーコードに限らず、本実施の形態では、文字あるいは二次元コードの認識にも利用することができる。

[0103] 品種の異なる製造物がベルトコンベア９１を流れる場合、様々な高さのワークに対して、バーコード５等の読み取りを行う必要がある。従来の撮像方法では、フォーカスの合う画像を得るために、レンズ絞りを絞った状態（すなわちＦナンバーを大きくした状態）にして、被写界深度を深くして読み取りを行う方法が用いられていた。しかし、レンズ絞りを絞ることで撮像装置に入る光の量が少なくなる。したがって、光量を補うために、大型の照明を準備する必要があった。別の方法として、高さセンサと可変焦点レンズとを組み合わせる方法もあるが、その場合には、高さセンサを別途準備する必要がある。

[0104] 本実施の形態によれば、外部センサや大型照明を必要とせずとも、短時間かつ正確にフォーカス位置と画像パターンとを特定することができる。バーコードあるいは文字等を短時間で正確に読み取ることができる。

[0105] ＜Ｈ．付記＞

以上のように、本実施の形態は以下のような開示を含む。

[0106] （構成１）

対象物（Ｗ）を撮像して、前記対象物（Ｗ）を含む画像を生成する撮像部（１０）と、

前記撮像部（１０）から前記画像を取得して、前記画像に対して画像パターンのマッチングを実行する画像処理部（２０）とを備え、

前記画像パターンは、前記対象物（Ｗ）の前記画像内の位置姿勢の基準となるパターンであり、

前記撮像部（１０）は、フォーカス位置を変化させることが可能であり、

前記画像処理部（２０）は、前記フォーカス位置の範囲を狭めながら前記画像パターンの前記マッチングを実行することにより、前記フォーカス位置と前記位置姿勢とを探索して、前記位置姿勢と前記フォーカス位置とを特定する、画像処理システム（１）。

[0107] （構成２）

前記画像処理部（２０）は、前記フォーカス位置および前記位置姿勢の探索を、粗探索から密探索へと移行させる、構成１に記載の画像処理システム（１）。

[0108] （構成３）

前記画像処理部（２０）は、前記画像内に前記マッチングのための検索範囲を設定して、前記マッチングの結果から求められた一致度に基づいて前記検索範囲を再設定する、構成１または構成２に記載の画像処理システム（１）。

[0109] （構成４）

前記画像処理部（２０）は、前記一致度から少なくとも１つの候補点を求めて、前記少なくとも１つの候補点が前記検索範囲に含まれ、かつ前記検索範囲が狭まるように、前記検索範囲を再設定する、構成３に記載の画像処理システム（１）。

[0110] （構成５）

前記フォーカス位置の修正において、前記画像処理部（２０）は、前記フォーカス位置が異なる複数の画像に対して前記マッチングを実行して、前記マッチングの結果に基づいて、前記複数の画像から合焦度の最も高い画像を選択し、

前記画像処理部（２０）は、前記フォーカス位置の修正の回数が増加するにつれて、前記複数の画像の間の前記フォーカス位置の変化を小さくする、構成１から構成４のいずれかに記載の画像処理システム（１）。

[0111] （構成６）

前記画像処理部（２０）は、前記撮像部（１０）が前記フォーカス位置を変化させながら撮像された複数の画像を間引くことにより、前記フォーカス位置の修正に用いる画像を選択する、構成５に記載の画像処理システム（１）。

[0112] （構成７）

対象物（Ｗ）を撮像して前記対象物（Ｗ）を含む画像を生成する撮像部（１０）と、画像処理部（２０）とを備えた画像処理システム（１）による画像処理方法であって、

前記撮像部（１０）は、前記対象物（Ｗ）の撮像時にフォーカス位置を変化させることが可能であり、

前記画像処理方法は、

前記フォーカス位置の範囲を狭めながら、前記撮像部（１０）により生成された前記対象物（Ｗ）を含む画像に対して、前記対象物（Ｗ）の前記画像内の位置姿勢の基準となる画像パターンのマッチングを実行することにより、前記フォーカス位置と前記位置姿勢とを探索するステップ（Ｓ２５－Ｓ２８）と、

前記探索するステップによる探索の結果から、前記位置姿勢と前記フォーカス位置とを特定するステップとを備える、画像処理方法。

[0113] （構成８）

撮像装置（１０）によって対象物（Ｗ）を撮像することにより得られた画

像を処理するためのプログラムであって、

前記撮像装置（１０）は、前記対象物（Ｗ）の撮像時にフォーカス位置を変化させることが可能であり、

前記プログラムは、コンピュータに、

前記フォーカス位置の範囲を狭めながら、前記撮像装置により生成された前記対象物（Ｗ）を含む画像に対して、前記対象物（Ｗ）の前記画像内の位置姿勢の基準となる画像パターンのマッチングを実行することにより、前記フォーカス位置と前記位置姿勢とを探索するステップ（Ｓ２５－Ｓ２８）と、

前記探索するステップによる探索の結果から、前記位置姿勢と前記フォーカス位置とを特定するステップとを実行させる、プログラム。

[0114] 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。本発明の範囲は請求の範囲によって示され、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

[0115] １　画像処理システム、５　バーコード、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、１２ｅ　フォーカス調整部、１２ｅ１，１２ｅ２　電圧源、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、１８　通信Ｉ／Ｆ部、２０　画像処理装置、２１　判定部、２２　出力部、２３　記憶部、２４　指令生成部、３０　ロボット、６０　表示装置、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、９０　ステージ、９１　ベルトコンベア、１００　画像、Ａ１　検索範囲、Ａ２　検査領域、Ｂ１　基準領域、Ｆ　焦点、Ｏ　主点、Ｓ１１～Ｓ１７，Ｓ２１～Ｓ２８　ステップ、Ｗ　ワーク、Ｗ１，Ｗ２　領域。

請求の範囲

[請求項1] 対象物を撮像して、前記対象物を含む画像を生成する撮像部と、

前記撮像部から前記画像を取得して、前記画像に対して画像パターンのマッチングを実行する画像処理部とを備え、

前記画像パターンは、前記対象物の前記画像内の位置姿勢の基準となるパターンであり、

前記撮像部は、フォーカス位置を変化させることが可能であり、

前記画像処理部は、前記フォーカス位置の範囲を狭めながら前記画像パターンの前記マッチングを実行することにより、前記フォーカス位置と前記位置姿勢とを探索して、前記位置姿勢と前記フォーカス位置とを特定する、画像処理システム。

[請求項2] 前記画像処理部は、前記フォーカス位置および前記位置姿勢の探索を、粗探索から密探索へと移行させる、請求項１に記載の画像処理システム。

[請求項3] 前記画像処理部は、前記画像内に前記マッチングのための検索範囲を設定して、前記マッチングの結果から求められた一致度に基づいて前記検索範囲を再設定する、請求項１または請求項２に記載の画像処理システム。

[請求項4] 前記画像処理部は、前記一致度から少なくとも１つの候補点を求めて、前記少なくとも１つの候補点が前記検索範囲に含まれ、かつ前記検索範囲が狭まるように、前記検索範囲を再設定する、請求項３に記載の画像処理システム。

[請求項5] 前記フォーカス位置の修正において、前記画像処理部は、前記フォーカス位置が異なる複数の画像に対して前記マッチングを実行して、前記マッチングの結果に基づいて、前記複数の画像から合焦度の最も高い画像を選択し、

前記画像処理部は、前記フォーカス位置の修正の回数が増加するにつれて、前記複数の画像の間の前記フォーカス位置の変化を小さくす

る、請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の画像処理システム。

[請求項6] 前記画像処理部は、前記撮像部が前記フォーカス位置を変化させながら撮像された複数の画像を間引くことにより、前記フォーカス位置の修正に用いる画像を選択する、請求項５に記載の画像処理システム。

[請求項7] 対象物を撮像して前記対象物を含む画像を生成する撮像部と、画像処理部とを備えた画像処理システムによる画像処理方法であって、

前記撮像部は、前記対象物の撮像時にフォーカス位置を変化させることが可能であり、

前記画像処理方法は、

前記フォーカス位置の範囲を狭めながら、前記撮像部により生成された前記対象物を含む画像に対して、前記対象物の前記画像内の位置姿勢の基準となる画像パターンのマッチングを実行することにより、前記フォーカス位置と前記位置姿勢とを探索するステップと、

前記探索するステップによる探索の結果から、前記位置姿勢と前記フォーカス位置とを特定するステップとを備える、画像処理方法。

[請求項8] 撮像装置によって対象物を撮像することにより得られた画像を処理するためのプログラムであって、

前記撮像装置は、前記対象物の撮像時にフォーカス位置を変化させることが可能であり、

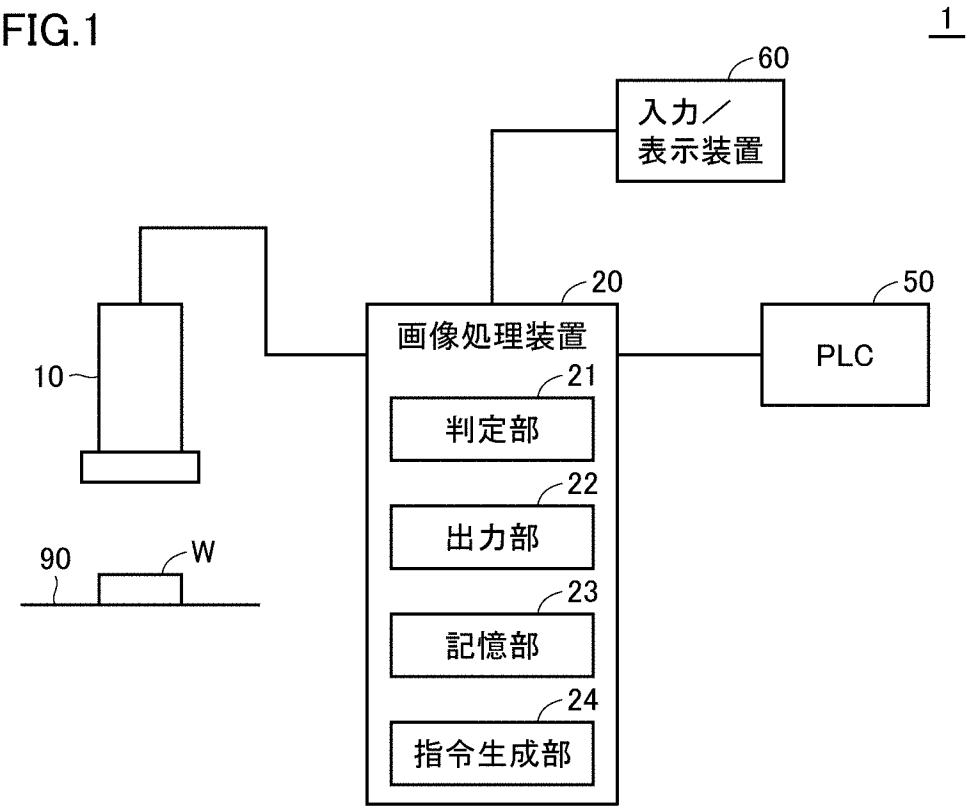
前記プログラムは、コンピュータに、

前記フォーカス位置の範囲を狭めながら、前記撮像装置により生成された前記対象物を含む画像に対して、前記対象物の前記画像内の位置姿勢の基準となる画像パターンのマッチングを実行することにより、前記フォーカス位置と前記位置姿勢とを探索するステップと、

前記探索するステップによる探索の結果から、前記位置姿勢と前記フォーカス位置とを特定するステップとを実行させる、プログラム。

[図1]

FIG.1



[図2]

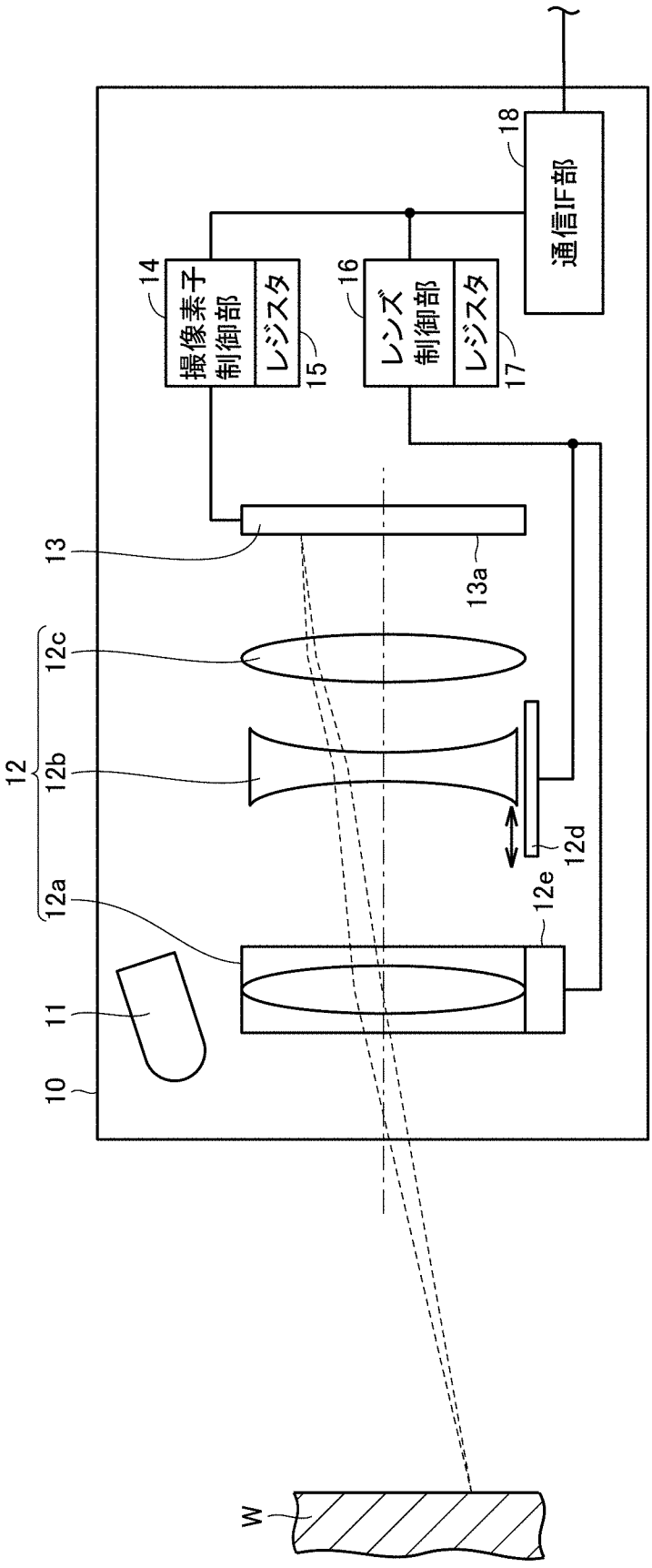

18
通信IF部
14
撮像素子制御部
レジスタ
15
16
レンズ制御部
レジスタ
17
13
13a
12c
12
12b
12d
12e
12a
11
10
W

FIG.2

[図3]

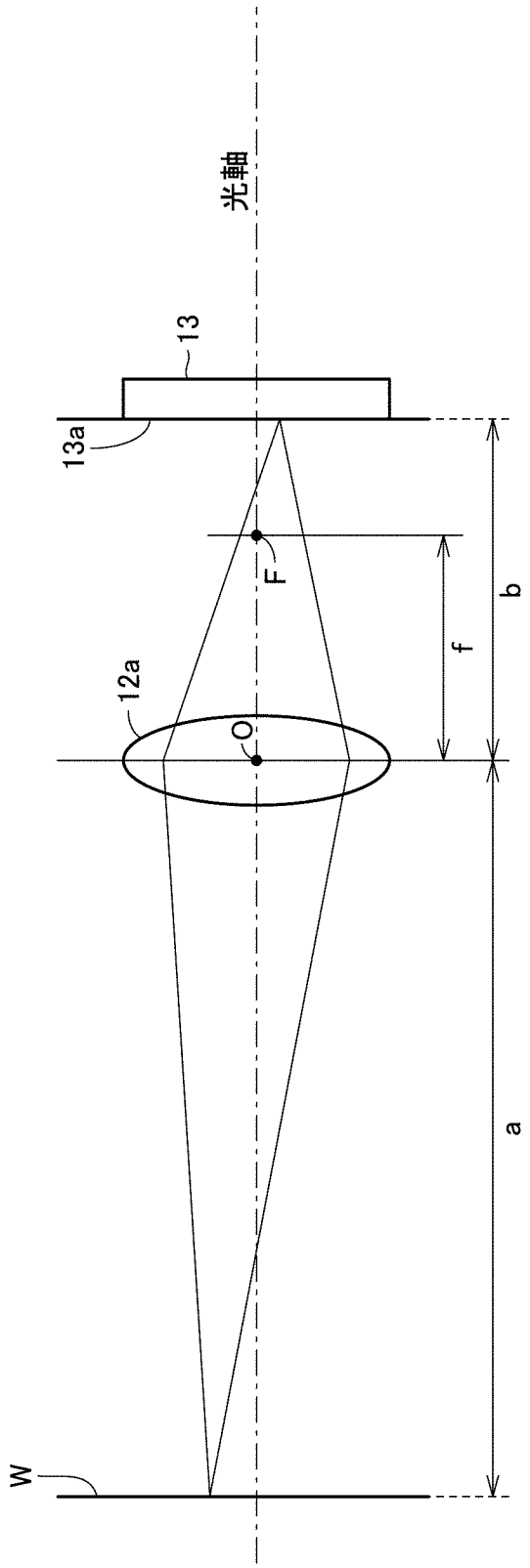
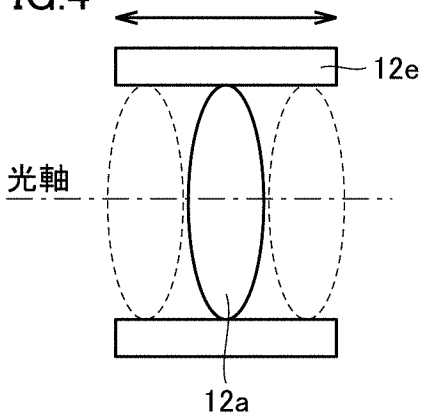


FIG.3

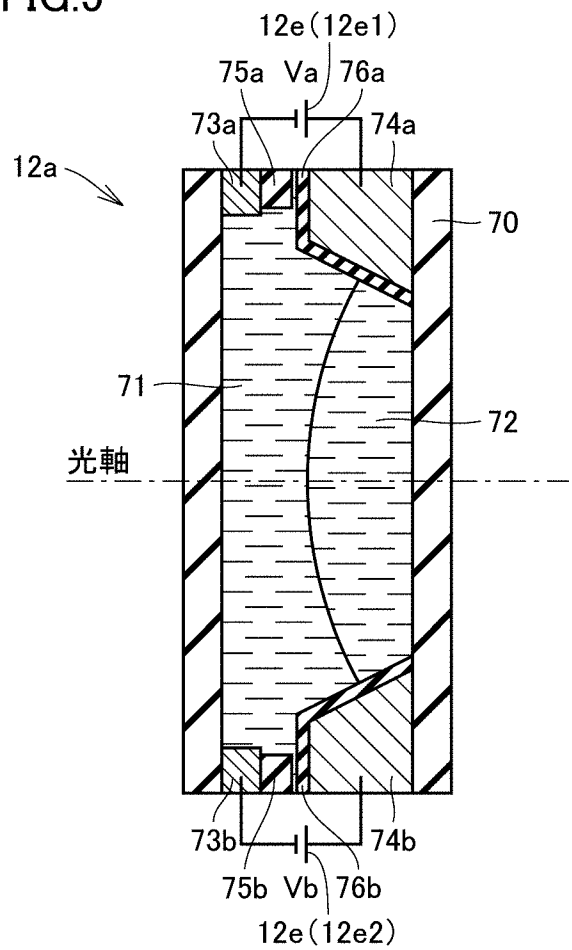
[図4]

FIG.4



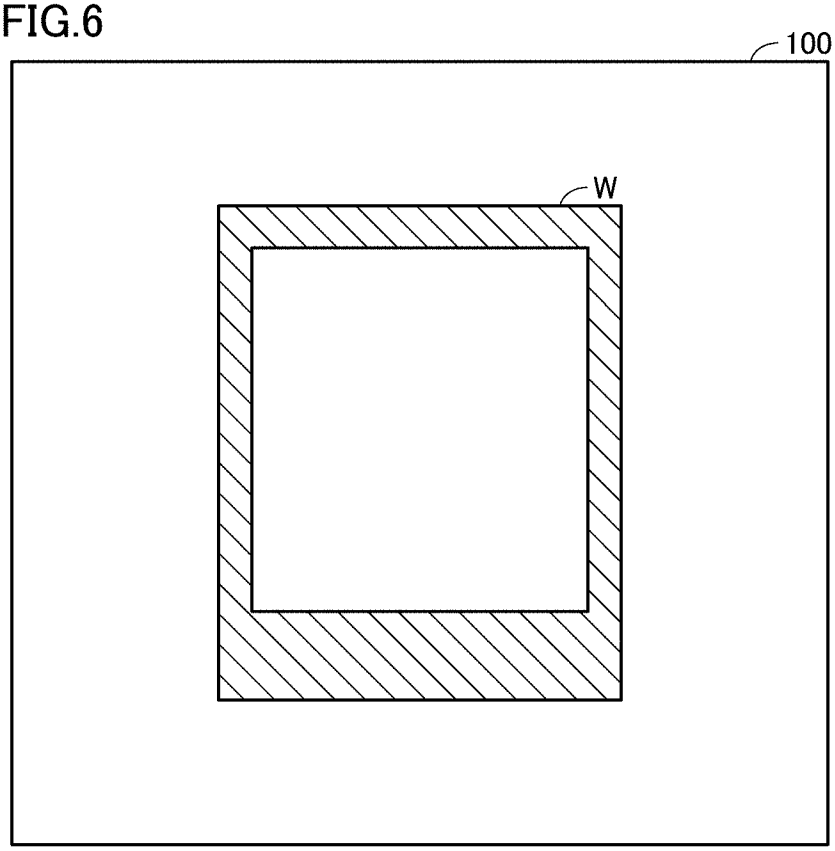
[図5]

FIG.5



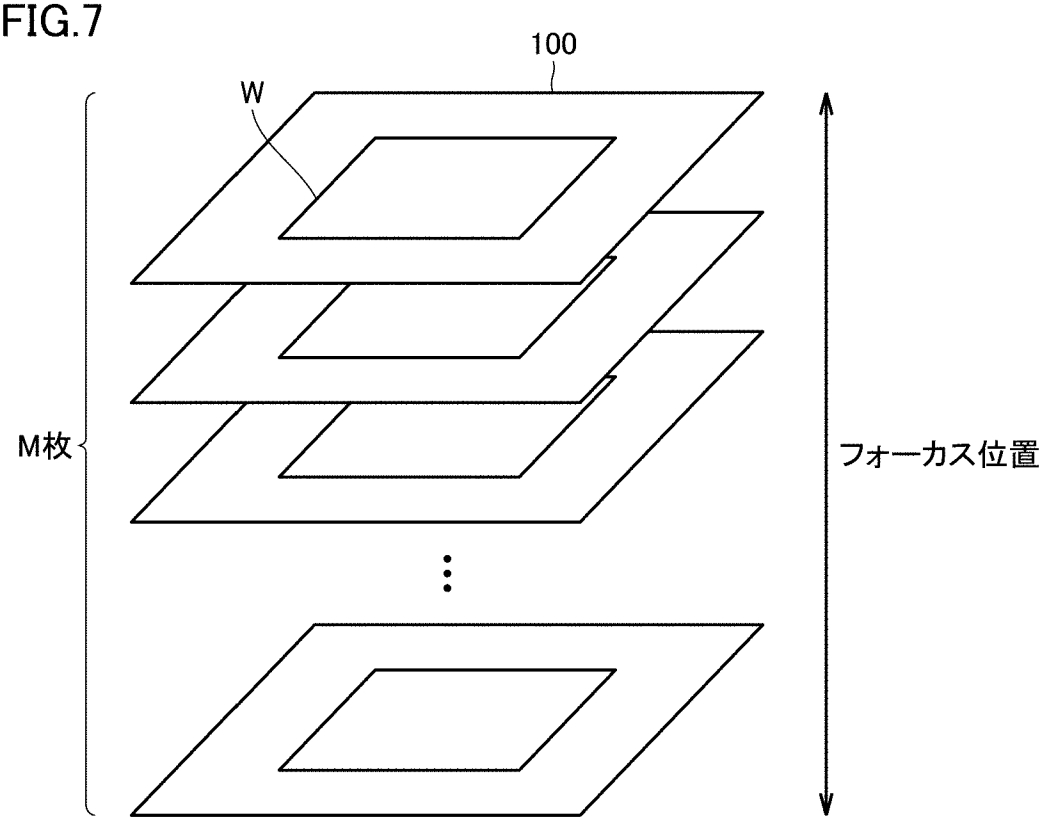
[図6]

FIG.6



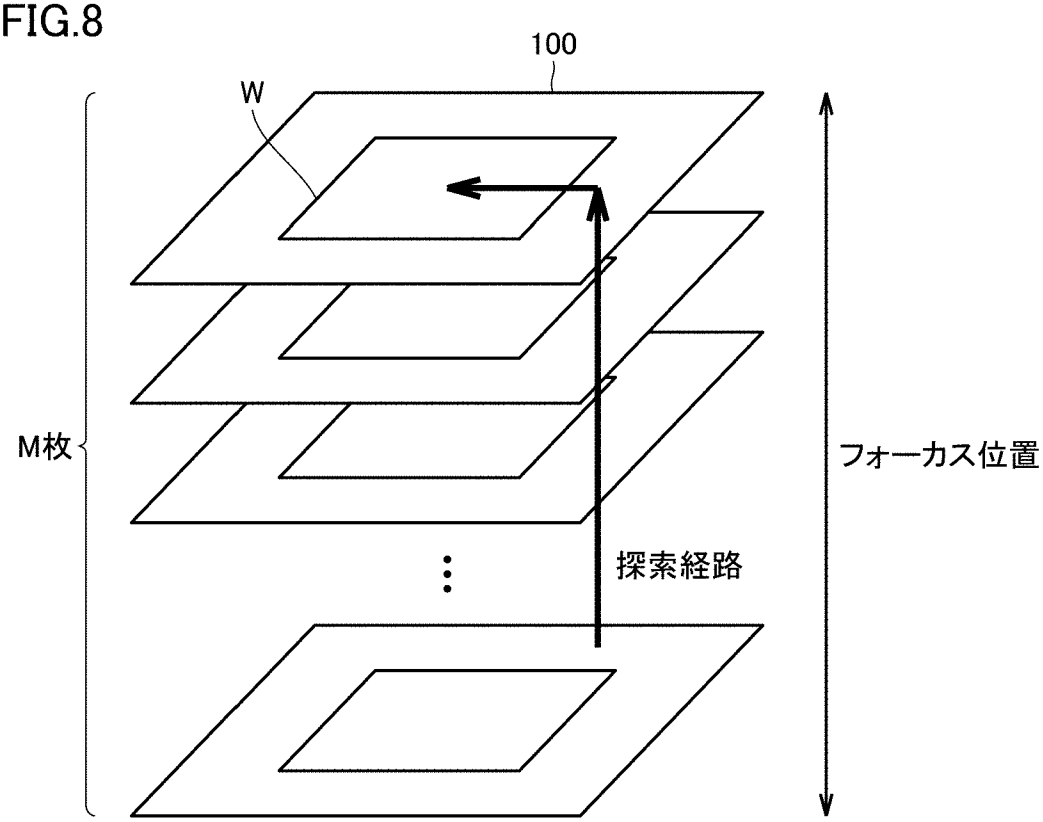
[図7]

FIG.7



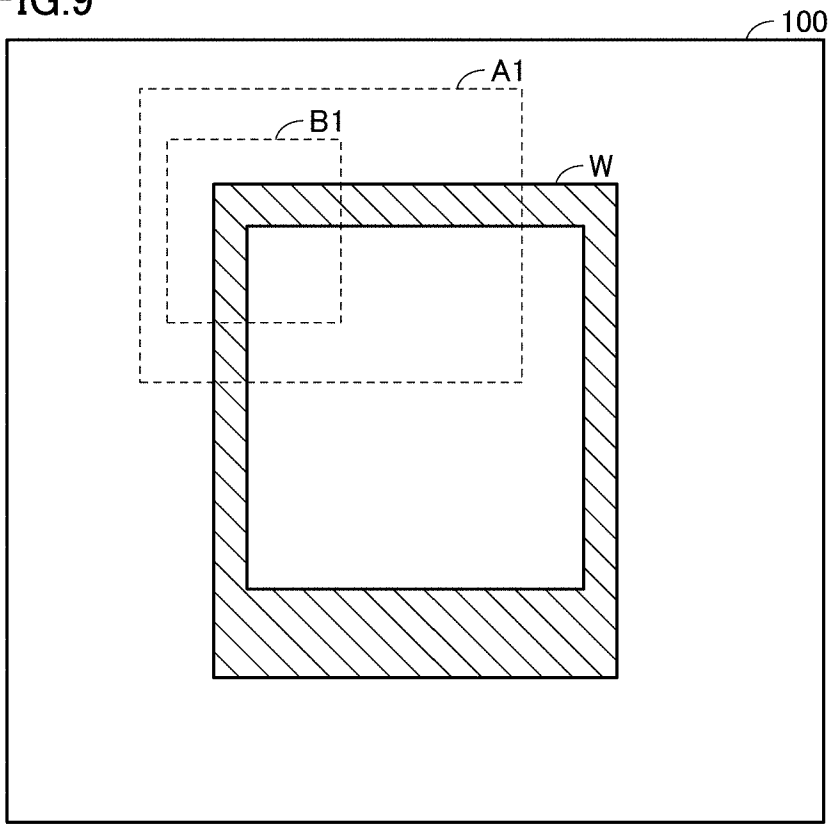
[図8]

FIG.8



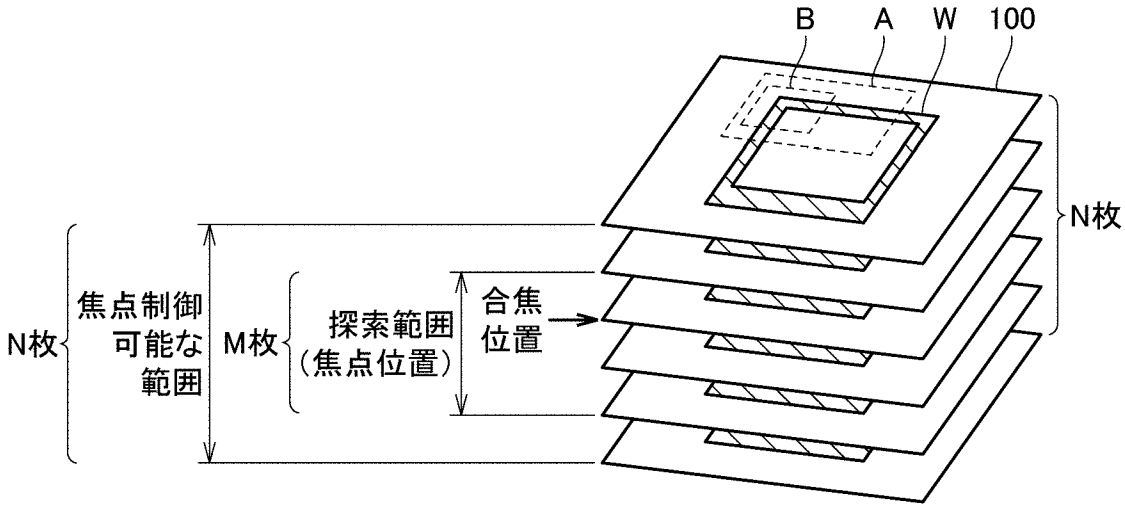
[図9]

FIG.9



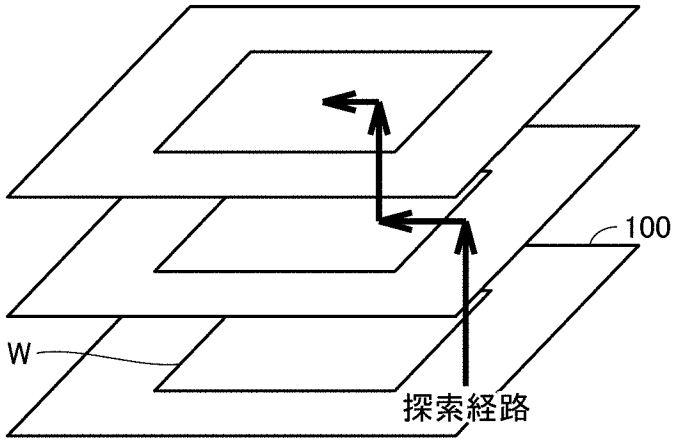
[図10]

FIG.10



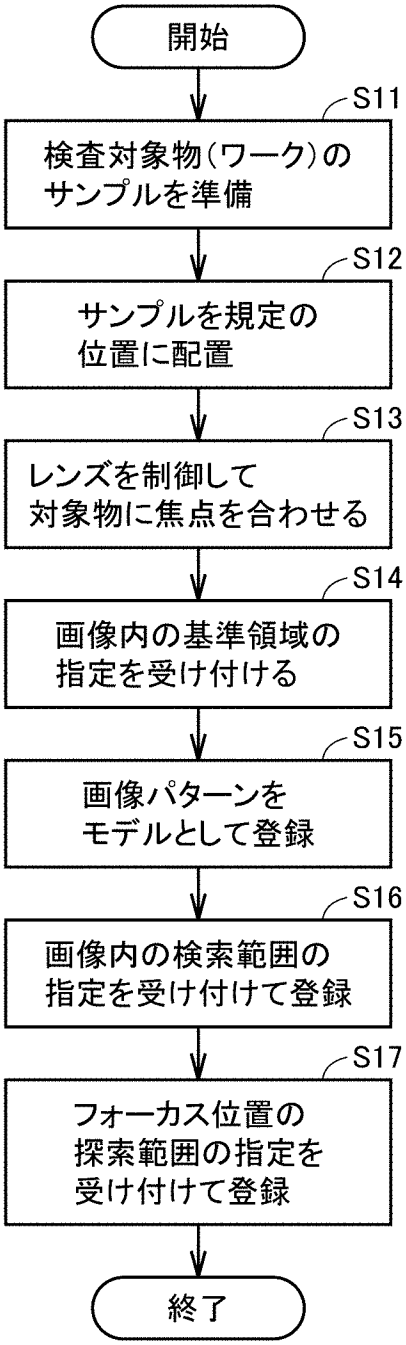
[図11]

FIG.11



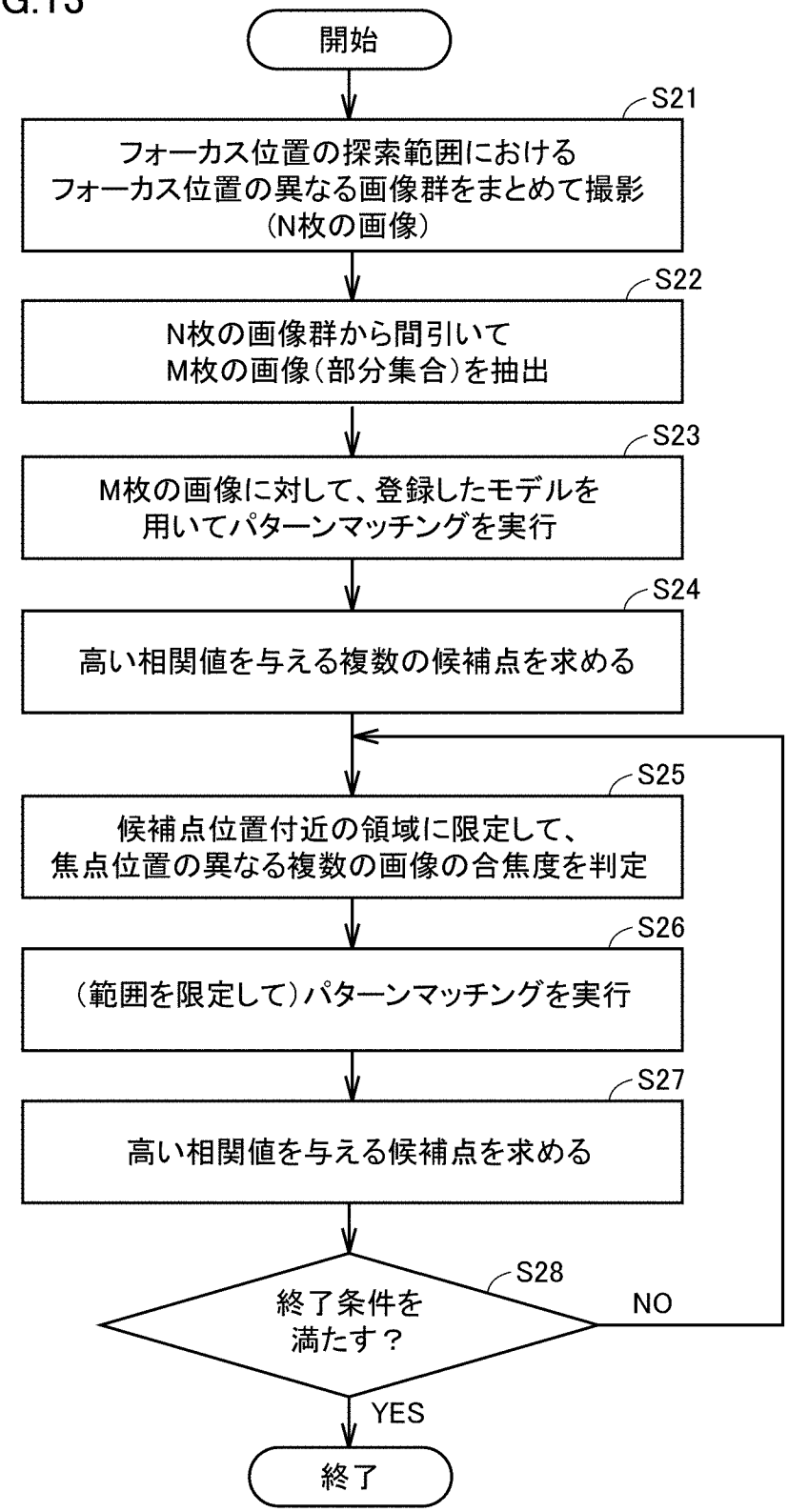
[図12]

FIG.12


開始
S11
検査対象物(ワーク)の
サンプルを準備
S12
サンプルを規定の
位置に配置
S13
レンズを制御して
対象物に焦点を合わせる
S14
画像内の基準領域の
指定を受け付ける
S15
画像パターンを
モデルとして登録
S16
画像内の検索範囲の
指定を受け付けて登録
S17
フォーカス位置の
探索範囲の指定を
受け付けて登録
終了

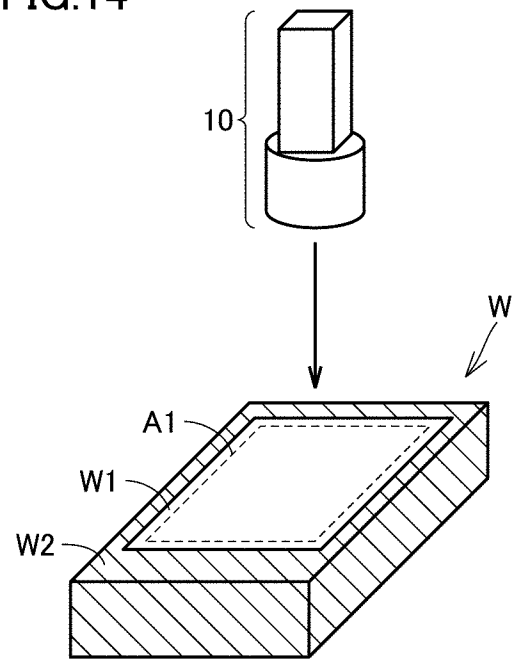
[図13]

FIG.13


開始
S21
フォーカス位置の探索範囲における
フォーカス位置の異なる画像群をまとめて撮影
(N枚の画像)
S22
N枚の画像群から間引いて
M枚の画像(部分集合)を抽出
S23
M枚の画像に対して、登録したモデルを
用いてパターンマッチングを実行
S24
高い相関値を与える複数の候補点を求める
S25
候補点位置付近の領域に限定して、
焦点位置の異なる複数の画像の合焦度を判定
S26
(範囲を限定して)パターンマッチングを実行
S27
高い相関値を与える候補点を求める
S28
終了条件を
満たす?
NO
YES
終了

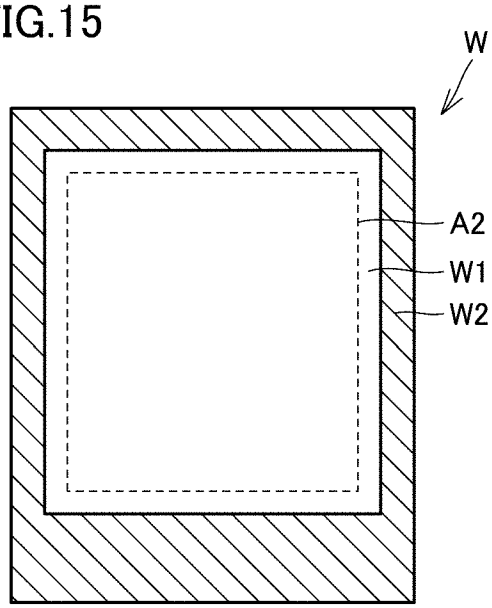
[図14]

FIG.14



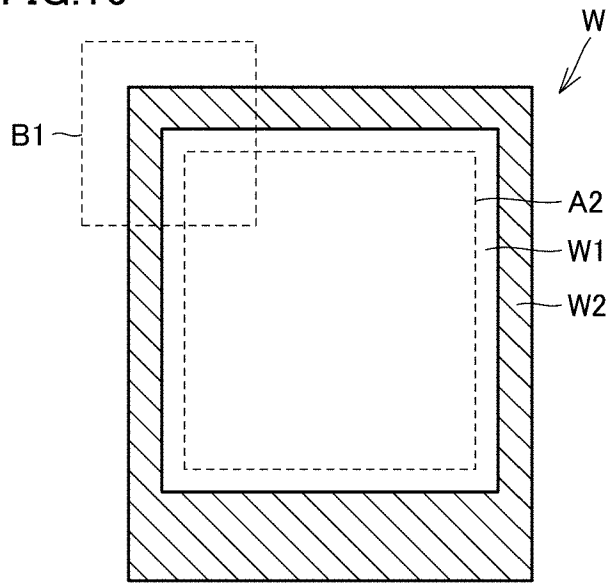
[図15]

FIG.15



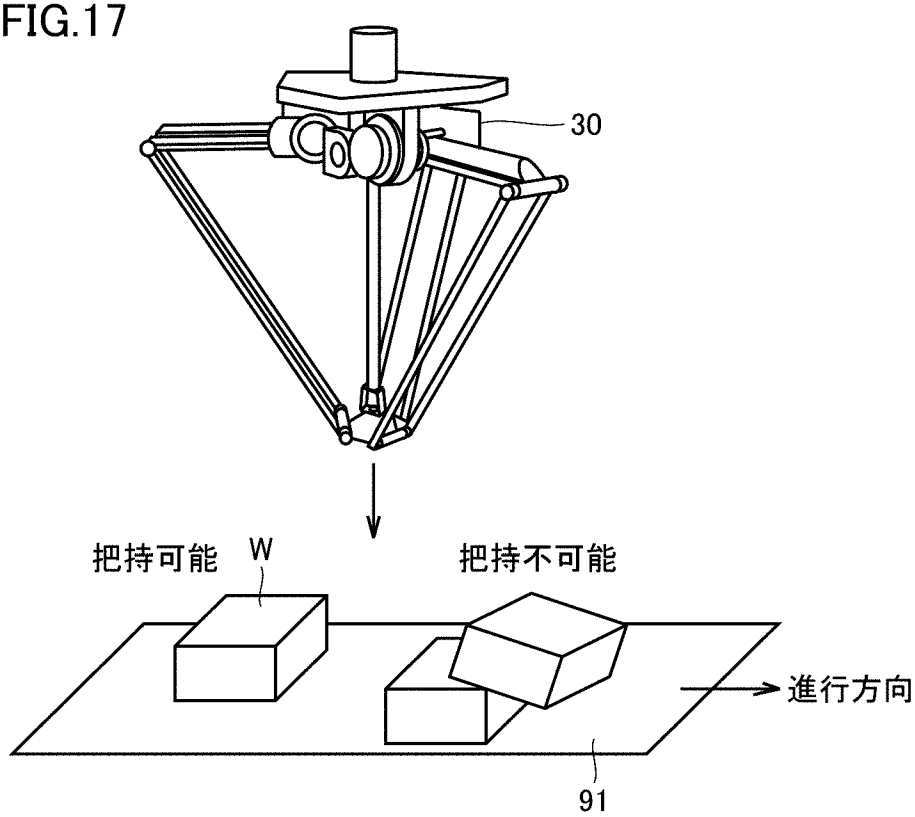
[図16]

FIG.16



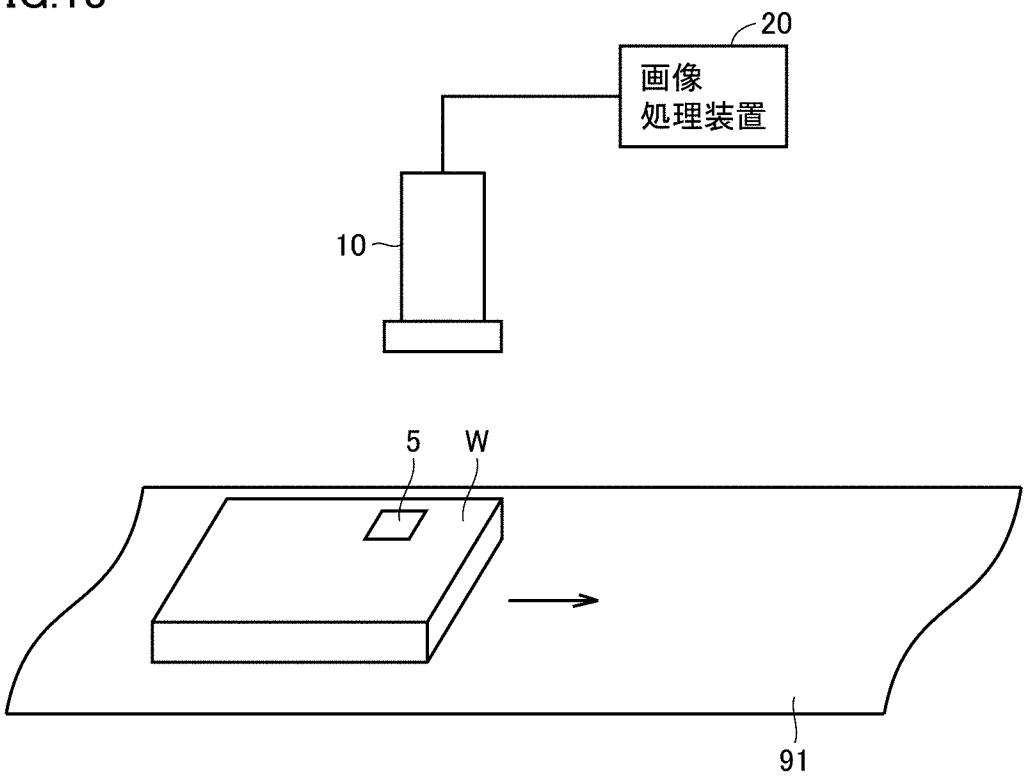
[図17]

FIG.17



[図18]

FIG.18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/031042

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G02B7/28(2006.01)i, G06T7/70(2017.01)i, H04N5/232(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G02B7/28, G06T7/70, H04N5/232

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-106388 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 09 June 2014, claims, paragraphs [0016]-[0035], (in particular, paragraphs [0024]-[0032]), fig. 1-6 (in particular, fig. 1) (Family: none)	1-8
Y	JP 04-318509 A (SANKYO SEIKI MFG CO., LTD.) 10 November 1992, claims, paragraphs [0003]-[0018], fig. 1-13 (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
31 October 2019 (31.10.2019)	12 November 2019 (12.11.2019)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/031042

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-303994 A (DENSO CORP.) 22 November 2007, claims, paragraphs [0007]-[0077] (in particular, paragraph [0012]), fig. 1-5 (Family: none)	1-8
A	JP 10-100415 A (FUJI XEROX CO., LTD.) 21 April 1998, claims, entire text, all drawings (Family: none)	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０３１０４２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B7/28(2006.01)i, G06T7/70(2017.01)i, H04N5/232(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B7/28, G06T7/70, H04N5/232

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2014-106388 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2014.06.09, 特許請求の範囲、段落【0016】-【0035】(特に【0024】-【0032】)、第１図-第６図（特に第１図）（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 04-318509 A (株式会社三協精機製作所) 1992.11.10, 特許請求の範囲、段落【0003】-【0018】、第１図-第13図（ファミリーなし）	1-8

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
３１．１０．２０１９	１２．１１．２０１９

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｖ　９３１３
越河　勉
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７１

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2007-303994 A（株式会社デンソー）2007.11.22，特許請求の範囲、段落【0007】-【0077】（特に【0012】）、第１図-第５図（ファミリーなし）	1-8
A	JP 10-100415 A（富士ゼロックス株式会社）1998.04.21，特許請求の範囲、全文、全図（ファミリーなし）	1-8