

(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
2022年6月16日(16.06.2022)



(10) 国際公開番号

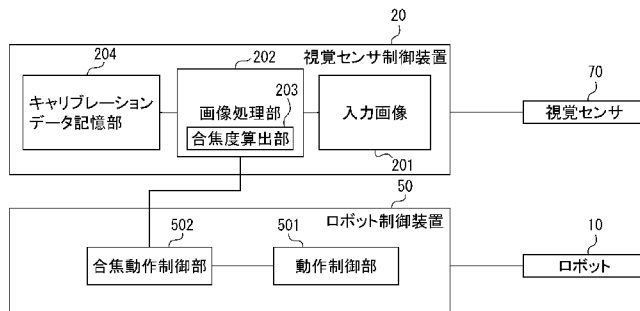
WO 2022/124232 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 9/10 (2006.01) *B25J 13/08* (2006.01) 都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/044535 (74) 代理人: 青 木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 3 番 1 号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (22) 国際出願日: 2021年12月3日(03.12.2021)
- (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 2020-204868 2020年12月10日(10.12.2020) JP
- (71) 出願人: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 Yamanashi (JP).
- (72) 発明者: 傅 万峰(FU, Wanfeng); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP). 並木 勇太(NAMIKI, Yuta); 〒4010597 山梨県南
- (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, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, 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,

(54) Title: IMAGE PROCESSING SYSTEM AND IMAGE PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 画像処理システム及び画像処理方法

図3



- 10 Robot
20 Visual sensor control device
50 Robot control device
70 Visual sensor
201 Input image
202 Image processing unit
203 Focus degree calculation unit
204 Calibration data storage unit
501 Operation control unit
502 Focusing operation control unit

(57) Abstract: The present invention allows an image processing system employing a visual sensor to easily obtain a focused state of the visual sensor. An image processing system (100) is provided with: an industrial machine; a visual sensor; a visual pattern arranged on a part to be detected, for identifying a relative positional relationship between the visual sensor and the visual pattern; an image processing unit (202) that determines the relative positional relationship between the visual sensor and the visual pattern on the basis of an image of the visual pattern captured by the visual sensor; and a focusing operation control unit (502) that, with the visual pattern within the field of view of the visual sensor, causes the visual sensor to capture the visual pattern while changing the relative positions of the visual sensor and the visual pattern in a predetermined direction with reference to the visual pattern, on the basis of the determined relative positional relationship to obtain a focus degree of the visual pattern, whereby the visual sensor is focused on the visual pattern.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 視覚センサを用いる画像処理システムにおいて簡易に視覚センサの合焦状態を得るようにする。産業機械と、視覚センサと、検出対象箇所に配置された視覚パターンであって、視覚センサと当該視覚パターンとの相対位置関係を特定するための視覚パターンと、視覚センサにより視覚パターンが撮影された画像から、視覚センサと視覚パターンとの相対位置関係を決定する画像処理部(202)と、視覚センサの視野に視覚パターンが写っている状態で、決定された相対位置関係に基づいて視覚パターンを基準とする所定方向において視覚センサと視覚パターンとの相対位置を変更させながら視覚センサにより視覚パターンを撮像させて視覚パターンの合焦度を求めることで、視覚センサを視覚パターンに合焦させる合焦動作制御部(502)と、を備える画像処理システム(100)である。

明 細 書

発明の名称：画像処理システム及び画像処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、画像処理システム及び画像処理方法に関する。

背景技術

[0002] 産業用ロボットその他の産業機械の可動部に視覚センサを搭載し、ワークの外観検査や位置検出などを画像処理により行うように構成されたシステムが知られている（例えば、特許文献1参照）。産業ロボット等の可動部に視覚センサを搭載して、ワークの位置検出等を行うためには、産業用ロボット等に設定した基準座標系に対する視覚センサの座標系の相対位置関係を求めておくこと、すなわち、視覚センサのキャリブレーションを行うことが必要になる。視覚センサのキャリブレーションを行う技術については、当分野において各種手法が知られている（例えば、特許文献2－5）。

[0003] 上述のようなロボットシステムでは、検査対象位置に対してカメラのピントが合うように調整を行う必要が生じる。このような場合、ユーザがカメラのピント調節リングを回して調整を行ったり、教示操作盤を操作してロボットを動かすことにより対象物とカメラの距離を調節したりするのが一般的である。他方、特許文献5は、「画像処理システムSYSは、特定したワークWの配置状況に応じて、設定されたワークWの計測点Wpについての法線Vを特定し、特定した法線Vと2次元カメラ310の光軸とが一致するように2次元カメラ310の位置姿勢を変化させる（S1）。画像処理システムSYSは、特定した法線Vと2次元カメラ310の光軸とが一致するように、2次元カメラ310と計測点Wpとの距離を変化させることで、2次元カメラ310のピントを計測点Wpに合わせる。」と記載する（要約書）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018－91774号公報

特許文献2：特開2014-128845号公報

特許文献3：特開平8-210816号公報

特許文献4：特開2018-192569号公報

特許文献5：特開2018-194542号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 特許文献5は、カメラと特定のワークとの距離を調整することでピント調整を行う構成を記載するものであるが、特許文献5による構成では、ワークの形状を指定するための処理、ワークの配置状態を特定するための処理、ワークの法線を求めるための処理等、複雑な処理やその為の設定が必要になる。また、ワークには様々な形状が有り得るため、ワークの配置情報の取得、法線の取得、合焦度の計算が正しくできない場合も有り得る。

課題を解決するための手段

- [0006] 本開示の一態様は、産業機械と、視覚センサと、検出対象箇所に配置された視覚パターンであって、前記視覚センサと当該視覚パターンとの相対位置関係を特定するための視覚パターンと、前記視覚センサにより前記視覚パターンが撮影された画像から、前記視覚センサと前記視覚パターンとの相対位置関係を決定する画像処理部と、前記視覚センサの視野に前記視覚パターンが写っている状態で、決定された前記相対位置関係に基づいて前記視覚パターンを基準とする所定方向において前記視覚センサと前記視覚パターンとの相対位置を変更させながら前記視覚センサにより前記視覚パターンを撮像させて前記視覚パターンの合焦度を求めることで、前記視覚センサを前記視覚パターンに合焦させる合焦動作制御部と、を備える画像処理システムである。
- [0007] 本開示の別の態様は、検出対象箇所に配置された視覚パターンを視覚センサで撮像した画像から当該視覚センサと当該視覚パターンとの相対位置関係を決定し、視覚センサの視野に前記視覚パターンが写っている状態で、決定された前記相対位置関係に基づいて前記視覚パターンを基準とする所定の方

向において前記視覚センサと前記視覚パターンとの相対位置を変更させながら前記視覚センサにより前記視覚パターンを撮像させて前記視覚パターンの合焦度を求めることで、前記視覚センサを前記視覚パターンに合焦させる、画像処理方法である。

発明の効果

- [0008] 視覚パターンを検出対象箇所に配置することで、視覚センサを、視覚パターンを配置した箇所に自動的に合焦させることができる。
- [0009] 添付図面に示される本発明の典型的な実施形態の詳細な説明から、本発明のこれらの目的、特徴および利点ならびに他の目的、特徴および利点がさらに明確になるであろう。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]一実施形態に係るロボットシステム（画像処理システム）の機器構成を表す図である。
- [図2]視覚センサ制御装置及びロボット制御装置のハードウェアの概略構成を表す図である。
- [図3]視覚センサ制御装置及びロボット制御装置の機能構成を表す機能ブロック図である。
- [図4]キャリブレーション治具の平面図である。
- [図5]合焦動作を表すフローチャートである。
- [図6]カメラが指標を撮影した画像データの一例を表す図である。

発明を実施するための形態

- [0011] 次に、本開示の実施形態について図面を参照して説明する。参照する図面において、同様の構成部分または機能部分には同様の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これらの図面は縮尺を適宜変更している。また、図面に示される形態は本発明を実施するための一つの例であり、本発明は図示された形態に限定されるものではない。
- [0012] 図1は、一実施形態に係るロボットシステム100の機器構成を表す図である。図1に示されるように、ロボットシステム100は、産業機械として

の産業用ロボット（以下、ロボットと記す）１０と、ロボット１０を制御するロボット制御装置５０と、視覚センサ７０と、視覚センサ７０を制御する視覚センサ制御装置２０とを備える。ロボットシステム１００は、視覚センサ７０で撮像されたワークの撮影画像に基づいてワークの位置を認識し、ワークの検査、ハンドリング、加工等の所定の作業を実行するためのシステムである。ロボット１０は、図１の例では垂直多関節ロボットであるが、他のタイプのロボットが用いられても良い。

[0013] 視覚センサ制御装置２０とロボット制御装置５０とは通信インタフェースを介して接続され、各種情報をやり取りすることができる。

[0014] ロボット１０のアーム先端部のフランジ１１の先端面には、エンドエフェクタとしてのツール３１が取り付けられている。ツール３１は、例えば、ワークを把持するハンドである。ロボット１０は、ロボット制御装置５０の制御により、ワークのハンドリング等を所定の作業を実行する。視覚センサ７０は、ツール３１の支持部（すなわち、ロボット１０の所定の可動部位）に取り付けられている。

[0015] 視覚センサ７０は、視覚センサ制御装置２０により制御され、ワーク等の撮像対象物を撮像する。視覚センサ７０としては、一般的な二次元カメラを用いても良く、ステレオカメラ等の三次元センサを用いても良い。視覚センサ７０は、被写体像を受光して光電変換する撮像センサ（ＣＣＤ、ＣＭＯＳ等）、及び、被写体像を撮像センサに集光させる光学レンズ等を有する。視覚センサ７０は、撮像した画像データを視覚センサ制御装置２０に送信する。なお、図１には、図１の状態にある視覚センサ７０がキャリブレーション治具Ｊを撮像した画像Ｍ１を示した。

[0016] 図２は、視覚センサ制御装置２０及びロボット制御装置５０のハードウェアの概略構成を表す図である。図２に示されるように、視覚センサ制御装置２０は、プロセッサ２１に対して、メモリ（ＲＯＭ、ＲＡＭ、不揮発性メモリ等を含む）２２、外部機器との通信を行うための入出力インタフェース２３等がバスを介して接続される一般的なコンピュータとしての構成を有して

いても良い。また、ロボット制御装置50は、プロセッサ51に対して、メモリ（ROM、RAM、不揮発性メモリ等を含む）52、外部機器との通信を行うための入出力インタフェース53、各種操作スイッチ類を含む操作部54等がバスを介して接続される一般的なコンピュータとしての構成を有していても良い。なお、ロボット制御装置50には、ロボット10の教示を行うための教示装置（教示操作盤等）が更に接続されていても良い。なお、本実施形態では視覚センサ制御装置20とロボット制御装置50とを別々の装置とする場合の機器構成としているが、視覚センサ制御装置20とロボット制御装置50とは同一の装置として構成することもできる。例えば、ロボット制御装置50内に視覚センサ制御装置20の機能を取り込んでも良い。

[0017] ロボット10には、ロボット座標系C1が設定されている。ロボット座標系C1は、ロボット10の各可動要素の動作を制御するための制御座標系であって3次元空間に固定されている。本実施形態では、一例として、ロボット座標系C1は、その原点がロボット10のベース部の中心に設定されているものとするが、ロボット座標系C1はこれとは異なる位置や姿勢となるように設定されても良い。

[0018] フランジ11の先端面には、フランジ座標系C2が設定されている。フランジ座標系C2は、ロボット座標系C1におけるフランジ11の位置及び姿勢を制御するための制御座標系である。本実施形態では、一例として、フランジ座標系C2は、その原点がフランジ11の先端面の中心に配置され、そのz軸がフランジ11の中心軸線に一致するように設定されているものとするが、フランジ座標系C2はこれとは異なる位置や姿勢となるように設定されても良い。ロボット10の手首部（ツール31）を移動させるとき、ロボット制御装置50（プロセッサ51）は、ロボット座標系C1にフランジ座標系C2を設定し、設定したフランジ座標系C2によって表される位置及び姿勢にフランジ11を配置させるように、ロボット10の各関節部のサーボモータを制御する。このようにして、ロボット制御装置50は、ロボット座標系C1における任意の位置及び姿勢にフランジ11（ツール31）を位置

決めすることができる。

[0019] 視覚センサ 70 には、センサ座標系 C3 が設定される。センサ座標系 C3 は、視覚センサ 70 が撮像した画像データの各画素の座標を規定する座標系であって、その原点が、視覚センサ 70 の撮像センサの受光面（又は光学レンズ）の中心に配置され、その x 軸及び y 軸が、撮像センサの横方向及び縦方向と平行に配置され、且つ、その z 軸が視覚センサ 70 の視線（光軸）と一致するように、視覚センサ 70 に対して設定されている。

[0020] 後に詳細に説明するように、ロボットシステム 100 は、視覚センサ 70 による検出対象箇所配置された視覚パターンであって、視覚センサ 70 と当該視覚パターンの相対位置関係を特定するための視覚パターンを撮像することで、視覚パターンに対して所定の方に視覚センサ 70 を移動させて合焦動作を行う画像処理システムとして構成されている。本実施形態において、視覚センサ 70 による検出対象箇所は、ワークを搭載する台 60 の上面であり、視覚パターンはキャリブレーション治具 J に形成されている。視覚パターンは、塗料を用いた模様、又は、刻印（凹凸）等、視覚的に認識可能な形態であれば良い。なお、視覚パターンは、検出対象位置（台 60 の上面）に直接形成されていても良い。本明細書において、視覚パターンというときには、模様、マーク、指標、識別標識、記号その他の各種の視覚的な表示物を含む。視覚センサ 70 との相対位置関係の取得に視覚パターンを用いることで高い精度で相対位置関係を取得することができる。特に上述の特許文献 5 に記載されているようなカメラと特定のワークとの間の相対位置関係を求めるような構成と比較して精度を高めることができる。

[0021] 以下では、ロボットシステム 100 におけるこのような画像処理システムとしての機能に着目して説明を行う。

[0022] 図 3 は、ロボットシステム 100 の画像処理システムとしての機能に着目した場合の視覚センサ制御装置 20 及びロボット制御装置 50 の機能構成を表す機能ブロック図である。図 3 に示すように、視覚センサ制御装置 20 は、視覚センサ 70 で撮像された入力画像 201 に対する画像処理を実行する

画像処理部202と、ロボット10に設定された基準座標系（ロボット座標系C1、或いは、フランジ座標系C2）に対する視覚センサ70（センサ座標系C3）の相対的位置を定めるキャリブレーションデータを記憶するキャリブレーションデータ記憶部204とを備える。

[0023] 画像処理部202は、ワークのハンドリング等を実現するための機能として、例えばモデルパターンを用いて入力画像からワークを検出し、ワークの位置及び姿勢を検出する機能を有する。更に、本実施形態に係る画像処理部202は、撮影画像中に写った対象物の合焦度を算出する合焦度算出部203を備える。

[0024] キャリブレーションデータ記憶部204は、視覚センサ70のキャリブレーションデータを記憶する。キャリブレーションデータ記憶部204は、例えば不揮発性メモリ（EEPROM等）である。視覚センサ70のキャリブレーションデータは、視覚センサ70（カメラ）の内部パラメータ及び外部パラメータを含む。内部パラメータは、レンズひずみや焦点距離等の光学的データを含む。外部パラメータは、所定の基準位置（例えばフランジ11の位置）を基準とした視覚センサ70の位置である。

[0025] キャリブレーションデータを利用することにより、カメラ内部の幾何学的変換特性及び物体が存在する三次元空間と二次元画像平面との幾何学的関係が求まり、さらに、キャリブレーション治具Jの特性から視覚センサ70で撮像したキャリブレーション治具Jの画像から、視覚センサ70とキャリブレーション治具Jの三次元空間位置を一意に決定することができる。すなわち、キャリブレーション済みの視覚センサ70を用いて撮像した撮像画像内のキャリブレーション治具Jの情報から、視覚センサ70の位置を基準としたキャリブレーション治具の位置・姿勢を求めることができる。

[0026] 図4は、キャリブレーション治具Jの平面図である。キャリブレーション治具Jとしては、視覚センサ70で撮影した画像から視覚センサ70の位置を基準としてキャリブレーション治具の位置及び姿勢を求めることが可能な当分野で知られた各種のキャリブレーション治具を用いることができる。図

4のキャリブレーション治具Jは、平面上に配置されたドットパターンを視覚センサ70で撮像することで視覚センサ70のキャリブレーションに必要な情報を取得することができる治具であり、(1)ドットパターンの格子点間隔が既知であること、(2)一定数以上の格子点が存在すること、(3)各格子点がどの格子点にあたるか一意に特定可能である、の3つの要件を満たしている。キャリブレーション治具Jは、図4に示されるような二次元の平面に所定のドットパターン等の特徴が配置されたものに限られず、三次元の立体に特徴が配置されたものでもよく、二次元位置情報(X方向、Y方向)に加えて高さ方向(図1の矢印91方向)の位置情報を含めた三次元位置情報が得られるものであればよい。また、このキャリブレーション治具Jは、視覚センサ70のキャリブレーションデータを取得する際に用いたものと同じものでもよく、異なるものであってもよい。なお、視覚センサ70により撮像したドットパターンから、視覚センサ70の位置を基準としたドットパターンの位置姿勢を計算するためには、上述のキャリブレーションデータの内部パラメータが使用される。なお、本実施形態では撮像装置からみた対象物の位置姿勢を求めるための対象物として図4のようなドットパターンを有するキャリブレーション治具Jを用いているが、これに代えて、撮影装置(視覚センサ70)からみた対象物の位置姿勢を求め得るあらゆるタイプの対象物を用いることができる。

[0027] 本実施形態では、キャリブレーション治具Jは視覚センサ70を合焦させる対象の場所(すなわち、台60の上面)に設置される。

[0028] 図3に示されるように、ロボット制御装置50は、動作プログラムにしたがってロボット10の動作を制御する動作制御部501を備える。更に、本実施形態に係るロボット制御装置50は、合焦度算出部203により算出された合焦度に基づいてロボット10を移動させて視覚センサ70を合焦位置に移動させる制御を行う合焦動作制御部502を備える。

[0029] なお、図3に示した視覚センサ制御装置20或いはロボット制御装置50の機能ブロックは、視覚センサ制御装置20或いはロボット制御装置50の

プロセッサ（CPU）が、メモリに格納された各種ソフトウェアを実行することで実現されても良く、或いは、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）等のハードウェアを主体とした構成により実現されても良い。

[0030] 図5は、合焦動作制御部による合焦動作（画像処理方法）の流れを表すフローチャートである。なお、ここでは、視覚センサ70のキャリブレーションデータは、予めキャリブレーションデータ記憶部204に格納されている場合を想定する。図5の合焦動作は、ロボット制御装置50のプロセッサ51による制御の下で実行される。

[0031] はじめに、合焦動作制御部502は、視覚センサ70によりキャリブレーション治具Jが撮像された画像に基づいて、キャリブレーション治具Jと視覚センサ70の位置関係を計算し取得する。この場合、合焦動作制御部502は、キャリブレーションデータ記憶部Jに記憶されたキャリブレーションデータを用いる。

[0032] ステップS1により得られた視覚センサ70とキャリブレーション治具Jの相対位置関係を用いて、合焦動作制御部502は、視覚センサ70の光軸とキャリブレーション治具Jの上面の法線方向（図1において矢印91方向）とが平行になるように視覚センサ70を移動させながらキャリブレーション治具Jの撮影を行う（ステップS2）。このとき、合焦動作制御部502は、合焦度算出部203に画像に映った対象物（すなわち、キャリブレーション治具Jのドット点）の像の合焦度を算出させる（ステップS3）。

[0033] そして、合焦動作制御部502は、合焦度算出部203により算出される合焦度を、キャリブレーション治具Jのドット点の合焦度が最も高い時の値としての基準値（合焦度基準値）と比較することで、ステップS3で取得された合焦度が最も高い合焦度となっているか否かを判定する（ステップS4）。ここで用いる基準値（合焦度基準値）は、ロボット制御装置50（合焦動作制御部502）が予め記憶しておいても良く、或いは、合焦動作制御部502が例えば所定の移動範囲で視覚センサ70を移動させて最も高かった

合焦度を合焦度基準値として設定する動作を行うようにしても良い。合焦度が最も高いと判定されない場合（S4：NO）、合焦動作制御部502は、視覚センサ70を移動させながら合焦度を確認する処理（ステップS2－S4）を継続する。合焦度が最も高くなっていると判定された場合（S4：YES）、合焦動作制御部502は、合焦度が最も高くなっているときの視覚センサ70の位置（合焦位置）を撮像位置として記録する（ステップS5）。

[0034] 合焦度算出部203は、合焦度の算出手法として、位相差検出法やコントラスト検出法など、当分野で知られた各種の算出手法を採用することができる。一例として、合焦度算出部203は、特開2013－29803号公報に記載されているような、位相差検出法により検出された合焦度の信頼度が低いと判定された場合にコントラスト検出法による検出結果に基づいて位相差検出法を用いる画素範囲を選択し、当該選択された画素範囲の信号を用いて位相差検出法による合焦度の算出を行うような手法を用いても良い。合焦度算出部203は、合焦度の算出に用いるデータを視覚センサ70内の合焦計算のための機能要素から取得することができる。

[0035] ステップS2からS4の処理で視覚センサ70を移動させる所定の動作範囲は、カメラの焦点距離の調節範囲に基づいて決定しても良い。例えば、視覚センサ70の焦点調節リングでの焦点調節範囲に基づき決定される撮影距離の範囲内で視覚センサ70を移動させるようにロボット10を制御しても良い。ステップS1により視覚センサ70とキャリブレーション治具Jとの位置関係が既知となっているので、このような視覚センサ70の移動制御が可能となっている。

[0036] ステップS5で記録した撮像位置は、台60の上面に置かれたワークの外見検査等の所定の作業を実行する場合に視覚センサ70を位置付けるための撮影位置として用いられる。このように、図5の合焦動作によれば、キャリブレーション治具Jを設置した位置に対して焦点が合う位置に自動的に視覚センサ70を位置付けることができる。すなわち、視覚センサ70の焦点調

節を自動で効率的に実施することができる。

[0037] 以上では、視覚センサ70のキャリブレーションが予め実施済みの場合（すなわち、視覚センサ制御装置20がキャリブレーションデータを予め保有している場合）の例について説明したが、視覚センサ70のキャリブレーションが未実施の場合（すなわち、視覚センサ制御装置20がキャリブレーションデータを保有していない場合）には、ロボット制御装置50及び視覚センサ制御装置20は、当分野で知られた各種のキャリブレーション手法（例えば、前述の特許文献2-5）を用いてキャリブレーションデータを取得しても良い。

[0038] 以上のように本実施形態においては図5の合焦制御動作においてキャリブレーション治具Jを用いる構成としているため、図5の合焦制御動作を行う際にキャリブレーション治具Jを用いてその場でキャリブレーションを行うことも容易である。カメラを校正（キャリブレーション）する方法自体は周知技術であるので説明は省略するが、例えばRoger Y. Tsaiによる「An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision」（CVPR, pp.364-374, 1986 IEEE）に詳述されている。具体的手段としては、図4に示したキャリブレーション治具Jのような治具（既知の幾何学的配置でドットが形成されたドットパターンプレート）をカメラの光軸に直交させ、既知の2箇所の位置で計測を行うことによりカメラを校正することができる。

[0039] ここでは、ロボット10に設定した基準座標系（ロボット座標系C1或いはフランジ座標系C2）を基準としたセンサ座標系C3の姿勢を決定するための画像処理手法の例を説明する。合焦動作制御部502は、更に、このような機能を司るように構成されていても良い。ここで説明する手法によりロボット10に設定した基準座標系に対するセンサ座標系C3の姿勢を既知にすることで、上述の合焦動作において視覚センサ70の光軸をキャリブレーション治具Jに対して所定方向（例えば、法線方向）に向けることが可能となる。

[0040] 本例では、視覚センサ70が撮像した指標IDの画像データに基づいて、基準座標系における視覚センサ70の姿勢のデータを取得する。図6に、指標IDの一例を示す。指標IDは、検出対象位置（台60の上面）に設けられており、円線Cと、互いに直交する2つの直線D及びEから構成されている。指標IDは、例えば、塗料を用いた模様、又は、台60の上面に形成された刻印（凹凸）等、視覚的に認識可能な形態であれば良い。

[0041] ロボット制御装置50（合焦動作制御部502）は、ロボット10に設定した基準座標系を基準としたセンサ座標系C3の姿勢を以下のような手順で求める。

（A1）ロボット制御装置50によって指標IDが視覚センサ70の視野に入るように視覚センサ70が初期位置 PS_0 及び初期姿勢 OR_0 に配置された状態で、指標IDが撮像され、指標IDの画像データ JD_0 が取得される。図6に示すような画像（ JD_n ）が取得されたとする。

（A2）画像処理部202は、画像 JD_n に写る指標IDの画像から、交点Fの座標（ x_n , y_n ）を指標IDの位置として取得し、円Cの面積を指標IDのサイズ IS_n （単位：pixel）として取得する。画像処理部202は、予め保存されたデータとして、実空間にける指標IDのサイズRS（単位：mm）、視覚センサ70の光学レンズの焦点距離FD、撮像センサのサイズSS（単位：mm/pixel）を取得する。

[0042] （A3）画像処理部202は、取得した座標（ x_n , y_n ）、サイズ IS_n 、サイズRS、焦点距離FD、及びサイズSSを用いて、ベクトル（ X_n , Y_n , Z_n ）を取得する。ここで、 X_n は、 $X_n = x_n \times IS_n \times SS / RS$ なる式から求めることができる。また、 Y_n は、 $Y_n = y_n \times IS_n \times SS / RS$ なる式から求めることができる。また、 Z_n は、 $Z_n = IS_n \times SS \times FD / RS$ なる式から求めることができる。このベクトル（ X_n , Y_n , Z_n ）は、画像データ JD_n を撮像したときの視覚センサ70（つまり、センサ座標系C3の原点）から指標ID（具体的には、交点F）までのベクトルであって、視覚センサ70に対する指標IDの相対位置（又は、センサ

座標系 C 3 の座標) を示すデータである。

[0043] (A 4) 同様に、画像処理部 202 は、視覚センサ 70 を初期位置からフランジ座標系の x 軸方向に所定の距離 δx だけ並進移動させた位置 PS_1 及び姿勢 OR_0 で指標 I D を撮像した画像 JD_1 から、画像データ JD_1 を撮像したときの視覚センサ 70 から指標 I D までのベクトルを取得する。

(A 5) 同様に、画像処理部 202 は、視覚センサ 70 を初期位置からフランジ座標系の y 軸方向に所定の距離 δy だけ並進移動させた位置 PS_2 及び姿勢 OR_0 で指標 I D を撮像した画像 JD_2 から、画像データ JD_2 を撮像したときの視覚センサ 70 から指標 I D までのベクトルを取得する。

(A 6) 同様に、画像処理部 202 は、視覚センサ 70 を初期位置からフランジ座標系の z 軸方向に所定の距離 δz だけ並進移動させた位置 PS_3 及び姿勢 OR_0 で指標 I D を撮像した画像 JD_3 から、画像データ JD_3 を撮像したときの視覚センサ 70 から指標 I D までのベクトルを取得する。

(A 7) 以上のデータから、画像処理部 202 は、フランジ座標系 C 2 における視覚センサ 70 (センサ座標系 C 3) の姿勢 (W, P, R) を表す回転行列を以下の数式 (1) により取得する。

[0044] [数1]

$$M1 = \begin{pmatrix} (X_1 - X_0)/\delta x & (X_2 - X_0)/\delta y & (X_3 - X_0)/\delta z \\ (Y_1 - Y_0)/\delta x & (Y_2 - Y_0)/\delta y & (Y_3 - Y_0)/\delta z \\ (Z_1 - Z_0)/\delta x & (Z_2 - Z_0)/\delta y & (Z_3 - Z_0)/\delta z \end{pmatrix} \cdots (1)$$

[0045] ロボット制御装置 50 (合焦動作制御部 502) は、更に、ロボット 10 に設定した基準座標系を基準としたセンサ座標系 C 3 の位置を求めるように構成されていても良い。この場合の動作手順を以下に示す。

(B 1) ロボット制御装置 50 は、まず、初期位置 PS_0 及び初期姿勢 OR_0 でのフランジ座標系 C 2 において、参照座標系 C 4 を設定する。本実施形態においては、ロボット制御装置 50 は、参照座標系 C 4 を、その原点が、フランジ座標系 C 2 の原点に配置され、その姿勢 (各軸の方向) が、上述の手順で取得した姿勢 (W, P, R) に一致するように、フランジ座標系 C 2

において設定する。したがって、参照座標系C 4のx軸、y軸、及びz軸の方向は、それぞれ、センサ座標系C 3のx軸、y軸、及びz軸と平行となる。

[0046] (B 2) 次いで、ロボット制御装置5 0は、ロボット1 0を動作させて、視覚センサ7 0（つまり、フランジ1 1）を、初期位置P S 0及び初期姿勢O R 0から、参照座標系C 4のz軸の周りに、姿勢変化量 θ_1 （第1の姿勢変化量）だけ回転させることによって、位置P S 4及び姿勢O R 1に配置させる。

(B 3) 画像処理部2 0 2は、上述の姿勢を求める場合と同様の手法により、視覚センサ7 0を動作させて指標I Dを撮像し、このときの視覚センサ7 0に対する指標I Dの相対位置データ(X 4, Y 4, Z 4)を取得する。

[0047] (B 4) 次に、ロボット制御装置5 0は、ロボット1 0を動作させて、視覚センサ7 0を、初期位置P S 0及び初期姿勢O R 0から、参照座標系C 4のx軸又はy軸（すなわち、視線の方向と直交する軸）の周りに、姿勢変化量 θ_2 （第1の姿勢変化量）だけ回転させることによって、位置P S 5及び姿勢O R 2に配置させる。

(B 5) 画像処理部2 0 2は、上述の姿勢を求める場合と同様の手法により、視覚センサ7 0を動作させて指標I Dを撮像し、このときの視覚センサ7 0に対する指標I Dの相対位置データ(X 5, Y 5, Z 5)を取得する。

[0048] フランジ座標系C 2における、参照座標系C 4の原点（本実施形態においては、M I F座標系C 2の原点）から、位置が未知であるセンサ座標系C 3の原点までのベクトルを(ΔX_1 , ΔY_1 , ΔZ_1)とすると、以下の式(2)、(3)が成立する。

[0049] [数2]

$$\begin{pmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_0 + \Delta X_1 \\ Y_0 + \Delta Y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_4 + \Delta X_1 \\ Y_4 + \Delta Y_1 \end{pmatrix} \quad \cdots (2)$$

[0050]

[数3]

$$\cos \theta_2 \cdot Y_0 - \sin \theta_2 \cdot (Z_0 + \Delta Z_1) = Y_5 \quad \cdots (3)$$

[0051] ロボット制御装置50は、上述の式(2)及び(3)を解くことによって、フレンジ座標系C2における参照座標系C4の原点から、未知であるセンサ座標系C3の原点までのベクトル(ΔX_1 , ΔY_1 , ΔZ_1)を推定できる。

[0052] 以上説明したように、指標IDは、視覚センサ70と指標IDとの相対位置関係を特定可能な視覚パターンであるため、上述の合焦動作で用いたキャリブレーション治具Jに代えて指標IDを用いることも可能である。

[0053] 以上説明したように本実施形態によれば、視覚パターンを検出対象箇所に配置することで、視覚センサを、視覚パターンを配置した箇所に自動的に合焦させることができる。すなわち、視覚センサの焦点調節を自動で効率的に実施することができる。

[0054] 以上、典型的な実施形態を用いて本発明を説明したが、当業者であれば、本発明の範囲から逸脱することなしに、上述の各実施形態に変更及び種々の他の変更、省略、追加を行うことができるのを理解できるであろう。

[0055] 上述の実施形態で説明した構成は、可動部位に視覚センサを搭載した各種の産業機械における焦点調節動作に適用することができる。

[0056] 図1に示した機器構成例では視覚センサをロボットに搭載し、キャリブレーション治具を固定位置に配置した構成例であったが、視覚センサを作業空間に固定した固定カメラとし、キャリブレーション治具(視覚パターン)をロボットのツールに搭載するような構成も有り得る。この場合も、図3で示した機能ブロック構成と同様の機能ブロック構成が適用され得る。この場合、合焦動作制御部502は、視覚センサの視野にキャリブレーション治具(視覚パターン)が写っている状態で、決定された相対位置関係に基づいて視覚パターンを視覚センサに対して移動させながら(視覚パターンを基準とする所定の方向において視覚センサと視覚パターンとの相対位置を変更させな

がら) 視覚センサにより視覚パターンを撮像させて視覚パターンの合焦度を求めることで、視覚センサを視覚パターンに合焦させる。

[0057] 図2に示した機能ブロック図における視覚センサ制御装置20及びロボット制御装置50の機能ブロックの配置は例示であり、機能ブロックの配置については様々な変形例が有り得る。例えば、画像処理部202としての機能の少なくとも一部をロボット制御装置50側に配置しても良い。

[0058] 図5で示した合焦動作においては、合焦度が合焦度基準値と一致するか否かを比較することによって(ステップS4)、合焦位置を特定する構成となっているが、このような構成に替えて、所定の動作範囲でカメラを移動させて合焦度のピークが得られる位置を探索することによって合焦位置を得るようにしても良い。

[0059] 上述した実施形態における合焦動作その他の各種処理を実行するためのプログラムは、コンピュータに読み取り可能な各種記録媒体(例えば、ROM、EEPROM、フラッシュメモリ等の半導体メモリ、磁気記録媒体、CD-ROM、DVD-ROM等の光ディスク)に記録することができる。

符号の説明

- [0060]
- | | |
|----|------------|
| 10 | ロボット |
| 11 | フランジ |
| 20 | 視覚センサ制御装置 |
| 21 | プロセッサ |
| 22 | メモリ |
| 23 | 入出力インタフェース |
| 31 | ツール |
| 50 | ロボット制御装置 |
| 51 | プロセッサ |
| 52 | メモリ |
| 53 | 入出力インタフェース |
| 54 | 操作部 |

- 6 0 台
- 7 0 視覚センサ
- 1 0 0 ロボットシステム
- 2 0 1 入力画像
- 2 0 2 画像処理部
- 2 0 3 合焦度算出部
- 2 0 4 キャリブレーションデータ記憶部

請求の範囲

[請求項1]

産業機械と、
視覚センサと、

検出対象箇所に配置された視覚パターンであって、前記視覚センサと当該視覚パターンとの相対位置関係を特定するための視覚パターンと、

前記視覚センサにより前記視覚パターンが撮影された画像から、前記視覚センサと前記視覚パターンとの相対位置関係を決定する画像処理部と、

前記視覚センサの視野に前記視覚パターンが写っている状態で、決定された前記相対位置関係に基づいて前記視覚パターンを基準とする所定の方向において前記視覚センサと前記視覚パターンとの相対位置を変更させながら前記視覚センサにより前記視覚パターンを撮像させて前記視覚パターンの合焦度を求めることで、前記視覚センサを前記視覚パターンに合焦させる合焦動作制御部と、

を備える画像処理システム。

[請求項2]

前記合焦動作制御部は、前記視覚パターンが形成された面に対して予め定められた方向において前記視覚センサと前記視覚パターンとの相対位置を変更する、請求項1に記載の画像処理システム。

[請求項3]

前記視覚センサは前記産業機械の所定の可動部位に搭載され、

前記合焦動作制御部は、前記視覚センサの視野に前記視覚パターンが写っている状態で、前記相対位置関係に基づいて前記産業機械により前記視覚センサを前記所定の方向に移動させながら前記視覚センサにより前記視覚パターンを撮像させて前記視覚パターンの合焦度を求めることで、前記視覚センサを前記視覚パターンに合焦する合焦位置に移動させる、請求項1又は2に記載の画像処理システム。

[請求項4]

前記合焦動作制御部は、前記視覚センサを前記視覚パターンに対して所定の動作範囲内で移動させ、前記視覚パターンの合焦度が最も高

いときの合焦度基準値と、前記視覚センサを移動させながら得られる前記合焦度とを比較することで前記視覚センサを前記合焦位置に移動させる、請求項3に記載の画像処理システム。

[請求項5] 前記視覚センサはキャリブレーション実施済みであり、前記合焦動作制御部は、前記視覚センサを前記視覚パターンを基準とする前記所定の方向に向けるために、前記視覚センサの前記産業機械の所定の基準位置を基準とした位置及び姿勢を表すキャリブレーションデータを用いる、請求項3又は4に記載の画像処理システム。

[請求項6] 前記視覚センサはキャリブレーション未実施であり、前記合焦動作制御部は、前記視覚センサが前記視覚パターンを撮影した画像に基づいて前記産業機械の基準位置を基準とする前記視覚センサの姿勢を求め、求められた当該姿勢に基づいて前記視覚センサを前記前記視覚パターンを基準とする前記所定の方向に向けて移動させる、請求項3又は4に記載の画像処理システム。

[請求項7] 前記産業機械は産業用ロボットである、請求項1から6のいずれか一項に記載の画像処理システム。

[請求項8] 検出対象箇所に配置された視覚パターンを視覚センサで撮像した画像から当該視覚センサと当該視覚パターンとの相対位置関係を決定し、

視覚センサの視野に前記視覚パターンが写っている状態で、決定された前記相対位置関係に基づいて前記視覚パターンを基準とする所定の方向において前記視覚センサと前記視覚パターンとの相対位置を変更させながら前記視覚センサにより前記視覚パターンを撮像させて前記視覚パターンの合焦度を求めることで、前記視覚センサを前記視覚パターンに合焦させる、画像処理方法。

[図1]

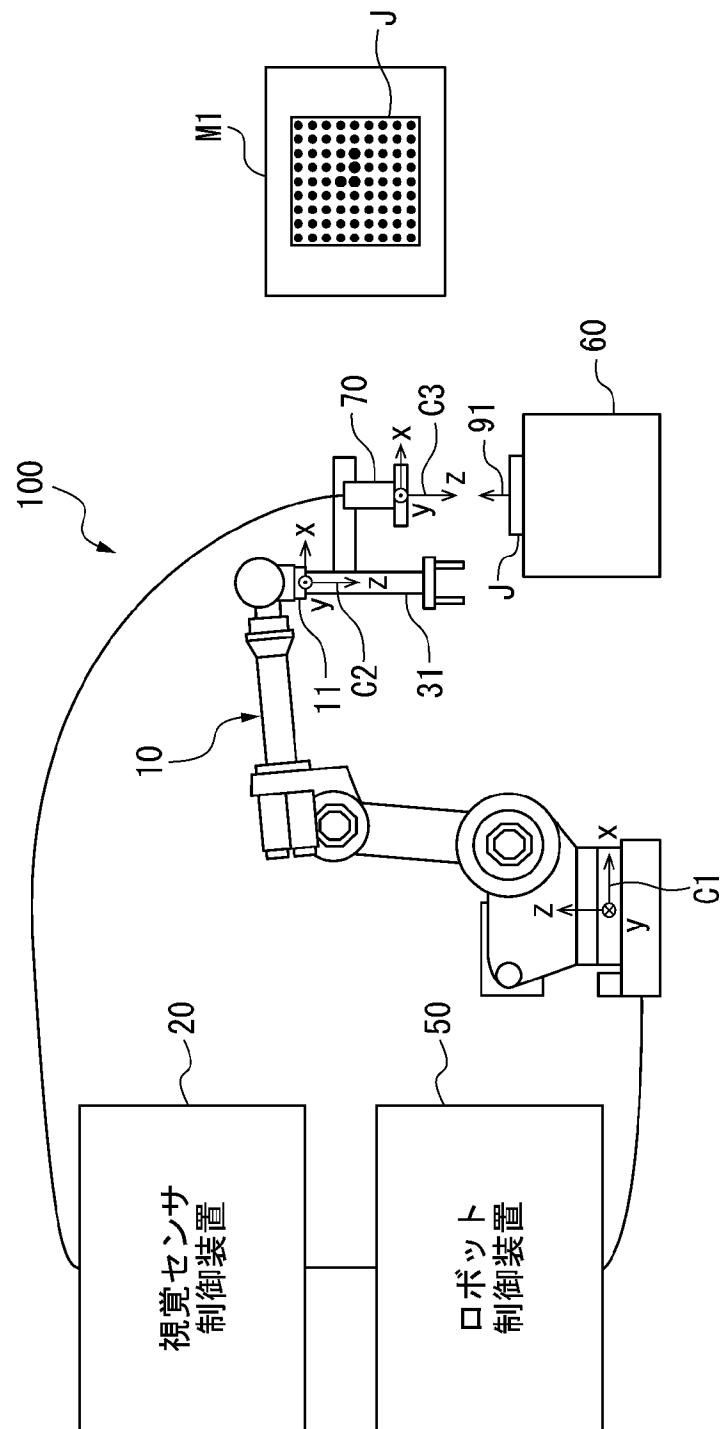


図1

[図2]

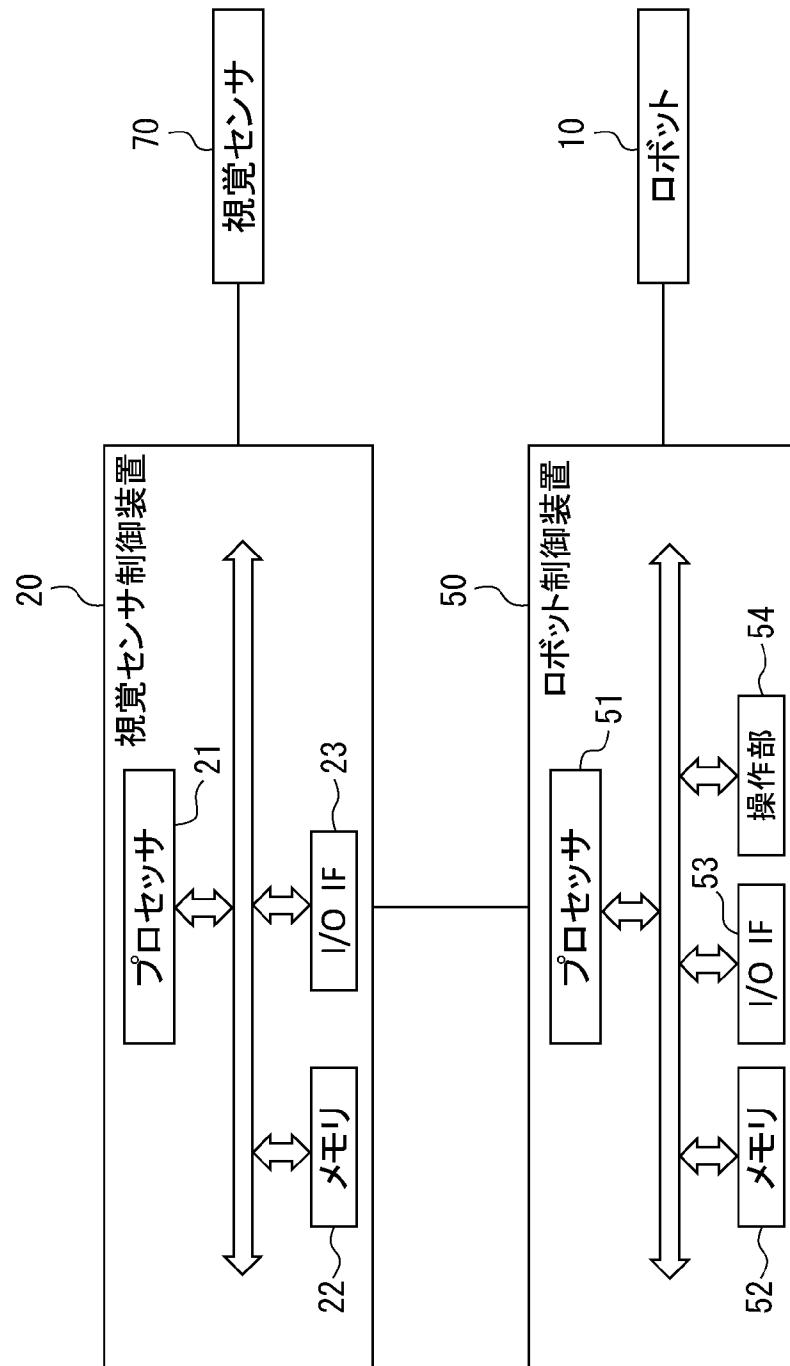


図2

[図3]

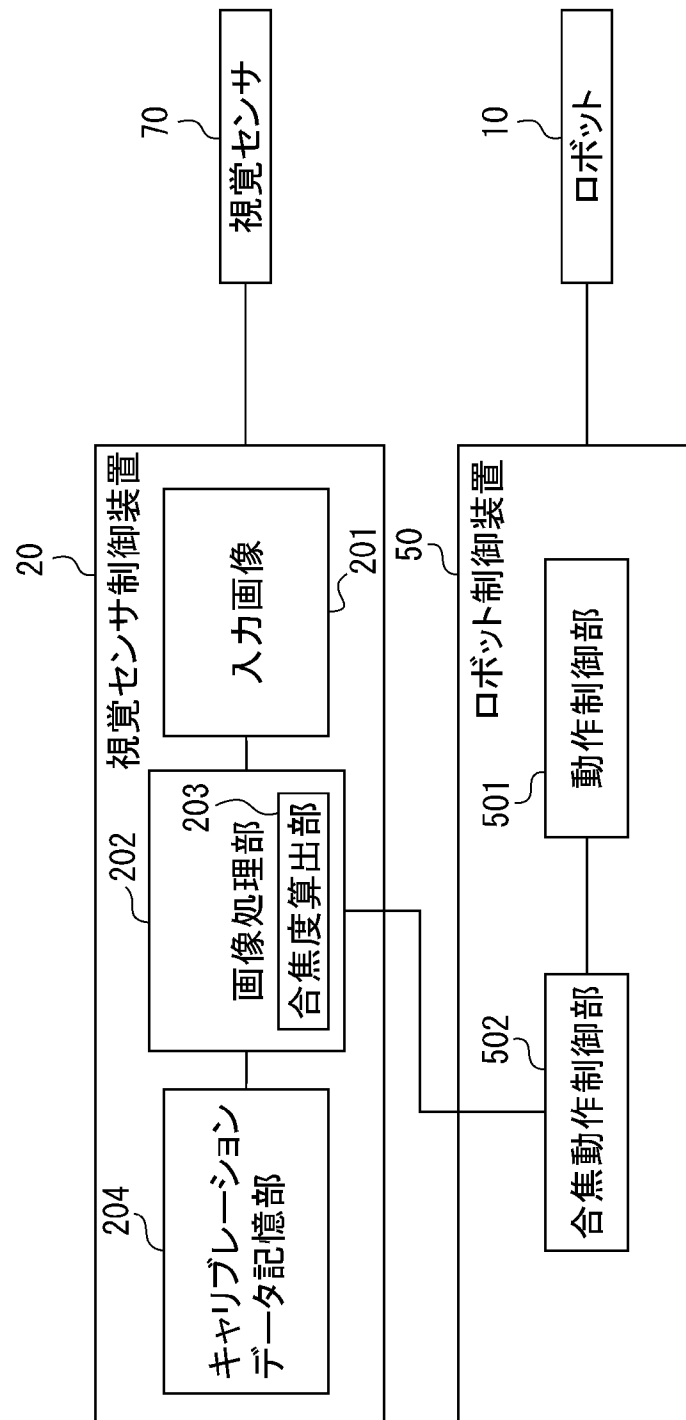
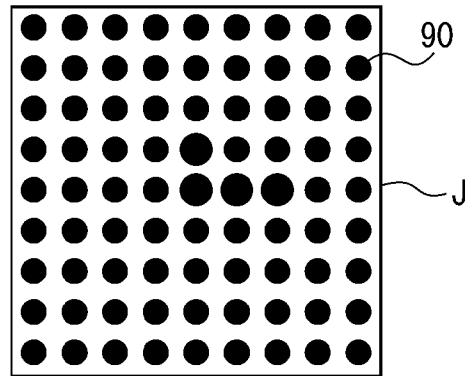


図3

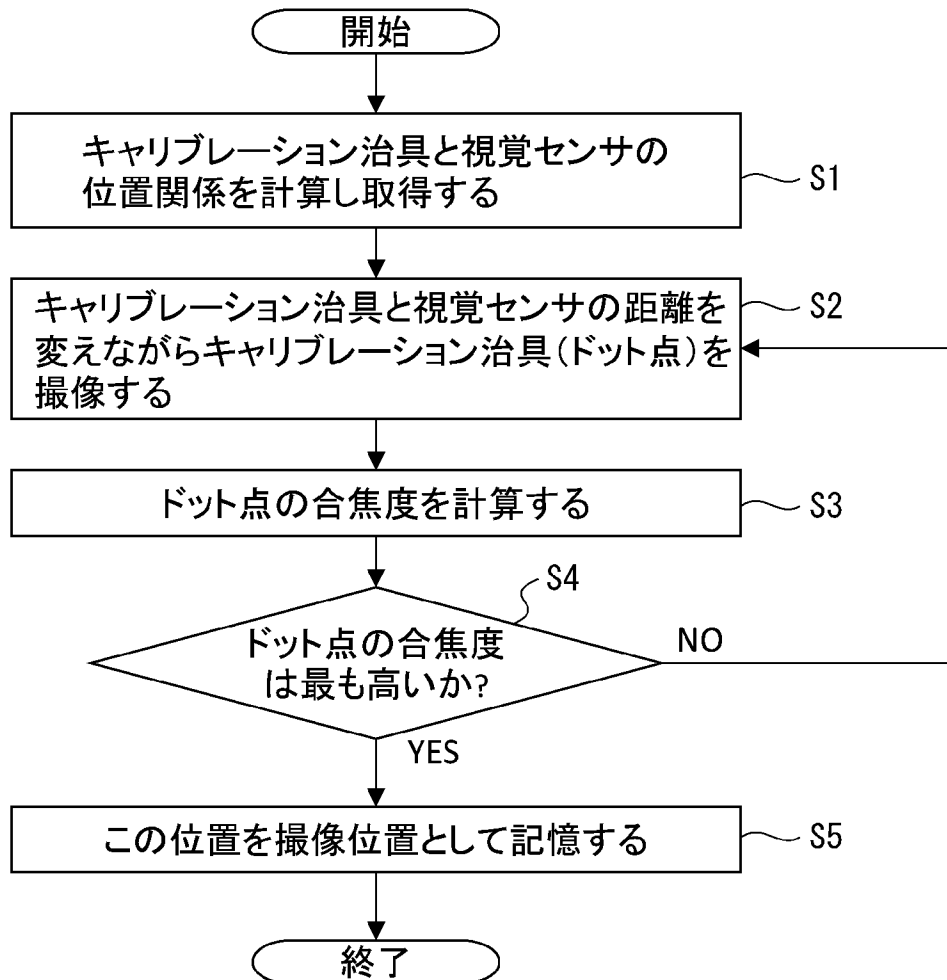
[図4]

図4



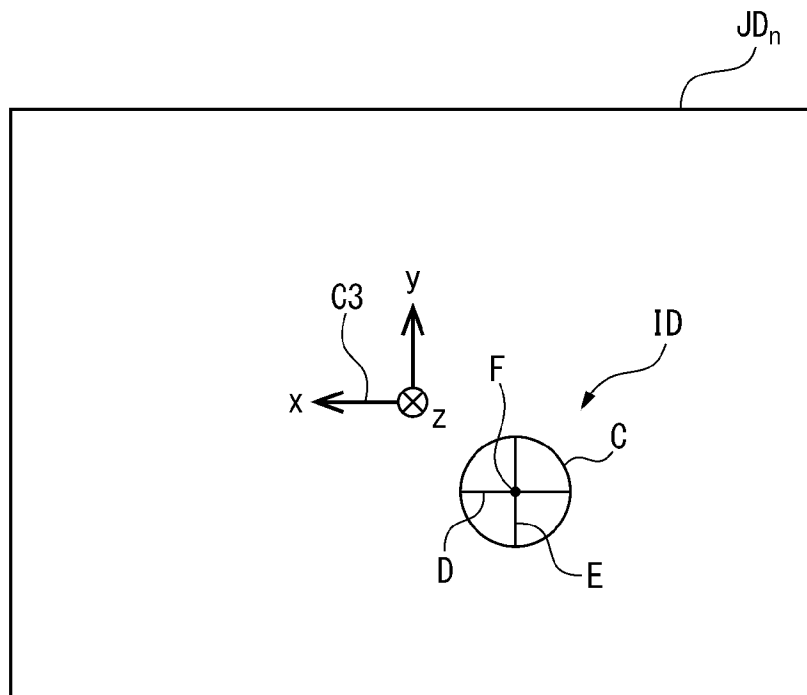
[図5]

図5



[図6]

図6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/044535

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B25J 9/10**(2006.01)i; **B25J 13/08**(2006.01)i

FI: B25J13/08 A; B25J9/10 A

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)

B25J9/10; B25J13/08

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
X	JP 2016-221645 A (SEIKO EPSON CORP.) 28 December 2016 (2016-12-28) paragraphs [0011]-[0086], fig. 1-15	1-8
A	JP 2016-097474 A (SEIKO EPSON CORP.) 30 May 2016 (2016-05-30) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2014-180720 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 29 September 2014 (2014-09-29) entire text, all drawings	1-8
A	US 2006/0017720 A1 (LI, You Fu) 26 January 2006 (2006-01-26) entire text, all drawings	1-8
A	CN 110136208 A (VRTRIX, INC.) 16 August 2019 (2019-08-16) entire text, all drawings	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

14 February 2022

Date of mailing of the international search report

22 February 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/044535

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-221645	A	28 December 2016	US 2016/0354929 A1 paragraphs [0031]-[0110], fig. 1-15 CN 106217372 A	
JP	2016-097474	A	30 May 2016	US 2018/0243911 A1 entire text, all drawings WO 2016/079967 A1 EP 3221095 A1 TW 201618913 A CN 107073719 A	
JP	2014-180720	A	29 September 2014	US 2014/0288710 A1 entire text, all drawings EP 2783814 A2 CN 104057457 A	
US	2006/0017720	A1	26 January 2006	US 2009/0102840 A1	
CN	110136208	A	16 August 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 9/10(2006.01)i; B25J 13/08(2006.01)i FI: B25J13/08 A; B25J9/10 A		
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）） B25J9/10; B25J13/08		
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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
X	JP 2016-221645 A (セイコーエプソン株式会社) 28.12.2016 (2016 - 12 - 28) 段落[0011]-[0086], 図1-15	1-8
A	JP 2016-097474 A (セイコーエプソン株式会社) 30.05.2016 (2016 - 05 - 30) 全文、全図	1-8
A	JP 2014-180720 A (株式会社安川電機) 29.09.2014 (2014 - 09 - 29) 全文、全図	1-8
A	US 2006/0017720 A1 (LI, You Fu) 26.01.2006 (2006 - 01 - 26) 全文、全図	1-8
A	CN 110136208 A (VRTRIX, INC.) 16.08.2019 (2019 - 08 - 16) 全文、全図	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抵触するものではなく、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 14.02.2022		国際調査報告の発送日 22.02.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 白井 卓巳 3U 4550 電話番号 03-3581-1101 内線 3364

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/044535

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-221645	A	28.12.2016	US 2016/0354929 A1 段落[0031]-[0110], FIGS. 1-15 CN 106217372 A	
JP	2016-097474	A	30.05.2016	US 2018/0243911 A1 全文、全図 WO 2016/079967 A1 EP 3221095 A1 TW 201618913 A CN 107073719 A	
JP	2014-180720	A	29.09.2014	US 2014/0288710 A1 全文、全図 EP 2783814 A2 CN 104057457 A	
US	2006/0017720	A1	26.01.2006	US 2009/0102840 A1	
CN	110136208	A	16.08.2019	(ファミリーなし)	