

(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  
2023年2月23日(23.02.2023)



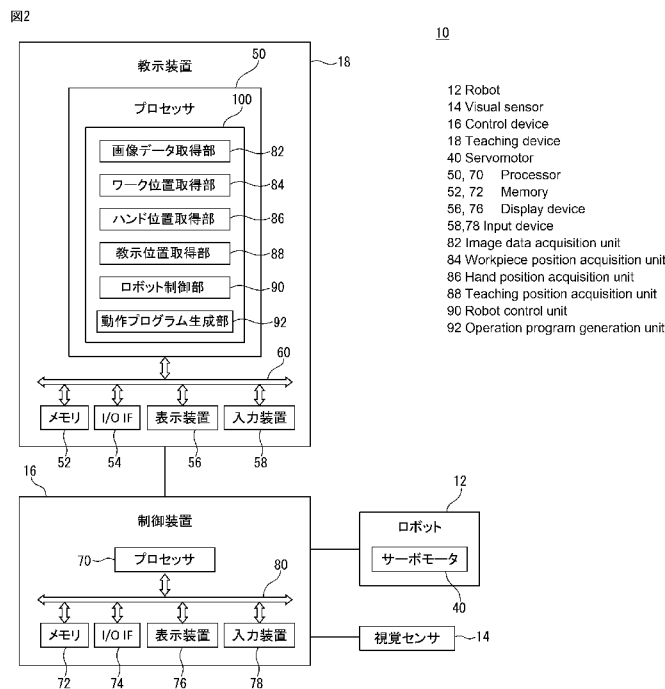
(10) 国際公開番号

WO 2023/021703 A1

- (51) 国際特許分類:  
B25J 13/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/030660
- (22) 国際出願日: 2021年8月20日(20.08.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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3580番地 Yamanashi (JP).
- (72) 発明者: 安藤 俊之 (ANDO, Toshiyuki); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草
- 字古馬場3580番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目23番1号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (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, 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,

(54) Title: DEVICE FOR TEACHING POSITION AND POSTURE FOR ROBOT TO GRASP WORKPIECE, ROBOT SYSTEM, AND METHOD

(54) 発明の名称: ロボットがワークを把持する位置及び姿勢を教示する装置、ロボットシステム、及び方法



(57) Abstract: Conventionally, there has been a need for technologies enabling highly-accurate teaching of a position at which a robot is made to grasp a workpiece by a hand. A device 100 includes: an image data acquisition unit 82 that acquires, when a robot 12 is grasping a workpiece by a hand, image data of the workpiece imaged by a visual sensor 14 disposed at a known position on a control coordinate system; a workpiece position acquisition unit 84 that acquires workpiece position data indicating a position and a posture of the workpiece on the basis of the image data; a hand position

WO 2023/021703 A1

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
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 :

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

acquisition position 86 that acquires hand position data indicating a position and a posture of the hand obtained when the visual sensor has imaged the image data; and a teaching position acquisition unit 88 that acquires, on the basis of the workpiece position data and the hand position data, teaching position data indicating a positional relationship between the hand and the workpiece obtained when the visual sensor 14 has imaged the image data.

(57) 要約 : 従来、ロボットにハンドでワークを把持させる位置を高精度に教示可能とする技術が求められている。装置100は、ロボット12がハンドでワークを把持しているときに、制御座標系の既知の位置に配置された視覚センサ14が該ワークを撮像した画像データを取得する画像データ取得部82と、画像データに基づいて、ワークの位置及び姿勢を示すワーク位置データを取得するワーク位置取得部84と、視覚センサが画像データを撮像したときのハンドの位置及び姿勢を示すハンド位置データを取得するハンド位置取得部86と、ワーク位置データ及びハンド位置データに基づいて、視覚センサ14が画像データを撮像したときのハンドとワークとの位置関係を示す教示位置データを取得する教示位置取得部88とを備える。

## 明 細 書

発明の名称：

ロボットがワークを把持する位置及び姿勢を教示する装置、ロボットシステム、及び方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、ロボットがワークを把持する位置及び姿勢を教示する装置、ロボットシステム、及び方法に関する。

### 背景技術

[0002] 視覚センサが撮像した画像データに基づいて、ロボットにハンドでワークを把持させる動作を実行するロボットシステムが知られている（例えば、特許文献1）。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-209979号公報

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0004] 従来、ロボットにハンドでワークを把持させる位置を高精度に教示可能とする技術が求められている。

### 課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様において、ロボットを制御するための制御座標系において該ロボットがハンドでワークを把持する位置及び姿勢を教示する装置は、ロボットがハンドでワークを把持しているときに、制御座標系の既知の位置に配置された視覚センサが該ワークを撮像した画像データを取得する画像データ取得部と、画像データに基づいて、視覚センサが該画像データを撮像したときの制御座標系におけるワークの位置及び姿勢を示すワーク位置データを取得するワーク位置取得部と、視覚センサが画像データを撮像したときの制

御座標系におけるハンドの位置及び姿勢を示すハンド位置データを取得するハンド位置取得部と、ワーク位置データ及びハンド位置データに基づいて、視覚センサが画像データを撮像したときの制御座標系におけるハンドとワークとの位置関係を示す教示位置データを取得する教示位置取得部とを備える。

- [0006] 本開示の他の態様において、ロボットを制御するための制御座標系において該ロボットがハンドでワークを把持する位置及び姿勢を教示する方法は、プロセッサが、ロボットがハンドでワークを把持しているときに、制御座標系の既知の位置に配置された視覚センサが該ワークを撮像した画像データを取得し、画像データに基づいて、視覚センサが該画像データを撮像したときの制御座標系におけるワークの位置及び姿勢を示すワーク位置データを取得し、視覚センサが画像データを撮像したときの制御座標系におけるハンドの位置及び姿勢を示すハンド位置データを取得し、ワーク位置データ及びハンド位置データに基づいて、視覚センサが画像データを撮像したときの制御座標系におけるハンドとワークとの位置関係を示す教示位置データを取得する。

### 発明の効果

- [0007] オペレータが教示したい把持位置でワークをハンドで実際に把持させたときに撮像された画像データに基づいて教示位置データを取得することにより、オペレータが教示したい把持位置を、高精度にロボットに教示することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0008] [図1]一実施形態に係るロボットシステムの斜視図である。  
[図2]図1に示すロボットシステムのブロック図である。  
[図3]図1に示すハンドの拡大図である。  
[図4]一実施形態に係るワークの図である。  
[図5]図3に示すハンドで、図4に示すワークを把持した状態を示す。  
[図6]図1に示す視覚センサが、ハンドが把持しているワークを撮像した画像

データの一例である。

[図7]図6に示す画像データにワークモデルを適用した状態を模式的に示す。

[図8]図1に示すロボットシステムにおいてロボットにハンドでワークを把持させる位置及び姿勢を教示する方法の一例を示すフローチャートである。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に説明する種々の実施形態において、同様の要素には同じ符号を付し、重複する説明を省略する。まず、図1及び図2を参照して、一実施形態に係るロボットシステム10について説明する。ロボットシステム10は、容器Aにバラ積みにされたワークWをピックアップする作業を行うものであって、ロボット12、視覚センサ14、制御装置16、及び教示装置18を備える。

[0010] 本実施形態においては、ロボット12は、垂直多関節ロボットであって、ロボットベース20、旋回胴22、下腕部24、上腕部26、手首部28、及びハンド30を有する。ロボットベース20は、作業セルの床の上に固定される。旋回胴22は、鉛直軸周りに回動可能となるようにロボットベース20に設けられている。下腕部24は、水平軸周りに回動可能となるように旋回胴22に設けられ、上腕部26は、下腕部24の先端部に回動可能に設けられている。手首部28は、上腕部26の先端部に回動可能に設けられている。

[0011] ロボットベース20、旋回胴22、下腕部24、上腕部26、及び手首部28には、複数のサーボモータ40(図2)がそれぞれ設けられている。サーボモータ40は、制御装置16からの指令に応じて、旋回胴22、下腕部24、上腕部26、及び手首部28を駆動軸周りにそれぞれ回動させ、これによりロボット12を動作させる。なお、本稿においては、ロボットベース20、旋回胴22、下腕部24、上腕部26、及び手首部28を、ロボット12の機構部42として言及する。

[0012] ハンド30は、手首部28の先端部(いわゆる、手首フランジ)に着脱可能に取り付けられ、ロボット12の機構部42によって移動される。具体的

には、図3に示すように、ハンド30は、ハンドアーム32、爪部34及び36、並びに爪部駆動部38を有する。ハンドアーム32は、その基端部が手首部28の先端部に連結されている。

[0013] 爪部34及び36は、ハンドアーム32の先端部に開閉可能に設けられている。本実施形態においては、爪部34及び36の各々は、直線状に延びる円柱状の棒部材である。爪部駆動部38は、例えば、空圧式又は油圧式のシリンダ、若しくはサーボモータを有し、制御装置16からの指令に応じて、爪部34及び36を開閉させる。ハンド30は、爪部34及び36を開閉させることで、ワークWを把持したり、解放したりできる。

[0014] 再度、図1及び図2を参照して、視覚センサ14は、ワークWを撮像する。具体的には、視覚センサ14は、保持フレーム44に固定されている。保持フレーム44は、作業セルの床の上に固定されており、視覚センサ14を、容器Aの上方の位置に静止して配置する。

[0015] 本実施形態においては、視覚センサ14は、撮像センサ（CMOS、CCD等）と、該撮像センサへ被写体像を導光する光学レンズ（コリメートレンズ、フォーカスレンズ等）とを有する3次元視覚センサであって、視線方向VLに沿って被写体を撮像するとともに、該被写体像までの距離dを測定するように構成されている。

[0016] 教示装置18は、ロボット12が容器Aにバラ積みにされたワークWをハンド30で把持する動作を教示する。具体的には、教示装置18は、例えば、教示ペンダント又はタブレット型端末装置等の携帯型コンピュータであって、プロセッサ50、メモリ52、I/Oインターフェース54、表示装置56、及び入力装置58を有する。プロセッサ50は、CPU又はGPU等を有し、メモリ52、I/Oインターフェース54、表示装置56、及び入力装置58とバス60を介して通信可能に接続され、これらコンポーネントと通信しつつ、後述する教示機能を実現するための演算処理を行う。

[0017] メモリ52は、RAM又はROM等を有し、各種データを一時的又は恒久的に記憶する。I/Oインターフェース54は、例えば、イーサネット（登

録商標)ポート、USBポート、光ファイバコネクタ、又はHDMI(登録商標)端子を有し、プロセッサ50からの指令の下、外部機器との間でデータを有線又は無線で通信する。

[0018] 表示装置56は、液晶ディスプレイ又は有機ELディスプレイ等を有し、プロセッサ50からの指令の下、各種データを視認可能に表示する。入力装置58は、押しボタン、キーボード、マウス、又はタッチパネル等を有し、オペレータからの入力データを受け付ける。

[0019] 教示装置18は、入力装置58への入力データに応じて、制御装置16を介してロボット12へ指令を送り、該指令に従って該ロボット12をジョグ動作させることができるように構成されている。なお、表示装置56及び入力装置58は、教示装置18の筐体に一体に組み込まれてもよいし、又は、教示装置18の筐体とは別体として該筐体に外付けされてもよい。

[0020] 制御装置16は、ロボット12及び視覚センサ14の動作を制御する。具体的には、制御装置16は、プロセッサ70、メモリ72、I/Oインターフェース74、表示装置76、及び入力装置78を有するコンピュータである。プロセッサ70、メモリ72、I/Oインターフェース74、表示装置76、及び入力装置78の構成及び機能は、上述のプロセッサ50、メモリ52、表示装置56、及び入力装置58と同様であるので、重複する説明を省略する。

[0021] プロセッサ70は、バス80を介して、メモリ72、I/Oインターフェース74、表示装置76、及び入力装置78に通信可能に接続され、これらコンポーネントと通信しつつ、ロボット12及び視覚センサ14を動作させる機能を実現するための演算処理を行う。教示装置18のI/Oインターフェース54、ロボット12の各サーボモータ40、及び視覚センサ14は、I/Oインターフェース74に接続され、プロセッサ70は、I/Oインターフェース74を通して、これらコンポーネントと通信する。

[0022] 図1に示すように、ロボット12の機構部42には、ロボット座標系C1が設定される。ロボット座標系C1は、ロボット12がハンド30でワーク

Wを把持する動作を自動制御するための制御座標系Cである。本実施形態においては、ロボット座標系C1は、その原点がロボットベース20の中心に配置され、そのz軸が旋回胴22の回転軸と一致するように、機構部42に対して設定されている。

[0023] 一方、ロボット12のハンド30には、図3に示すように、ツール座標系C2が設定される。ツール座標系C2は、制御座標系Cであって、ロボット座標系C1におけるハンド30の位置及び姿勢を規定する。本実施形態においては、ツール座標系C2は、その原点が、爪部34及び36の中間位置に配置され、そのy軸方向が、爪部34及び36の開閉方向と平行であり、そのz軸方向が、各々の爪部34及び36の延在方向と平行になるように、ハンド30に対して設定される。

[0024] ツール座標系C2とロボット座標系C1との位置関係は既知であり、ツール座標系C2の座標とロボット座標系C1の座標とは、既知の変換行列M1（例えば、同次変換行列）を介して、相互に変換可能となっている。したがって、ロボット座標系C1におけるツール座標系C2の原点位置及び各軸の方向は、ロボット座標系C1の座標 $(X_{RT}, Y_{RT}, Z_{RT}, W_{RT}, P_{RT}, R_{RT})$ として表される。ここで、座標 $(X_{RT}, Y_{RT}, Z_{RT})$ は、ロボット座標系C1におけるツール座標系C2の原点位置を示し、座標 $(W_{RT}, P_{RT}, R_{RT})$ は、ロボット座標系C1におけるツール座標系C2の各軸の方向（いわゆる、ヨー、ピッチ、ロール）を示している。

[0025] ロボット12の機構部42によってハンド30を所定の位置及び姿勢に位置決めするとき、制御装置16のプロセッサ70は、まず、該所定の位置及び姿勢を表すツール座標系C2をロボット座標系C1に設定する。そして、プロセッサ70は、設定したツール座標系C2によって規定される位置及び姿勢にハンド30を配置させるように、各サーボモータ40への指令を生成し、該指令に応じて機構部42を動作させることで、ハンド30を移動させる。こうして、プロセッサ70は、ロボット座標系C1において、機構部42の動作によってハンド30を所定の位置及び姿勢に位置決めできる。

- [0026] 図1に示すように、視覚センサ14には、センサ座標系C3が設定される。センサ座標系C3は、制御座標系Cであって、ロボット座標系C1における視覚センサ14の位置及び姿勢（つまり、視線方向VL）を規定するとともに、該視覚センサ14が撮像した画像データ（又は、撮像センサ）の各画素の座標を規定する。本実施形態においては、センサ座標系C3は、その原点が撮像センサの中心に配置され、そのz軸方向が視覚センサ14の視線方向VLと一致するように、視覚センサ14に対して設定されている。
- [0027] ここで、本実施形態においては、視覚センサ14は、保持フレーム44によって、ロボット座標系C1の既知の位置に配置されている。より具体的には、センサ座標系C3とロボット座標系C1との位置関係は、キャリブレーションにより既知となっており、センサ座標系C3の座標とロボット座標系C1の座標とは、既知の変換行列M2（例えば、同次変換行列）を介して、相互に変換可能となっている。こうして、ロボット座標系C1における視覚センサ14の位置及び姿勢（つまり、センサ座標系C3の原点位置及び各軸の方向）が既知となっている。
- [0028] 実際の作業ラインにおいて、制御装置16のプロセッサ70は、容器A内にバラ積みされたワークWを視覚センサ14で撮像し、撮像された画像データIDに基づいて、ロボット12にハンド30でワークWを把持させて容器Aからピックアップする動作を実行する。図4に、ワークWの一例を示す。
- [0029] 図4に示す例では、ワークWは、例えば自動車用のコンロッドであって、シャフト部W1、大リング部W2、及び小リング部W3を有する。シャフト部W1は、軸線Bに沿って真直ぐに延在している。大リング部W2は、シャフト部W1の一端に固設され、貫通孔H1を有する。一方、小リング部W3は、シャフト部W1の他端に固設され、貫通孔H2を有する。
- [0030] ロボット12がハンド30でワークWを把持する動作を実行するために、該ワークWに、ワーク座標系C4が設定される。ワーク座標系C4は、制御座標系Cであって、ロボット座標系C1におけるワークWの位置及び姿勢を規定する。本実施形態においては、ワーク座標系C4は、その原点がシャフ

ト部W 1 の中心に配置され、その y 軸が、軸線 B と平行であり（又は一致し）、その z 軸が、貫通孔 H 1 及び H 2 の中心軸と平行となるように、ワーク W に対して設定される。

[0031] 図 5 に、ロボット 1 2 がハンド 3 0 でワーク W を把持した状態の一例を示す。図 5 に示す例では、ハンド 3 0 は、その爪部 3 4 及び 3 6 を貫通孔 H 1 に挿入した状態で開くことにより、ワーク W の大リング部 W 2 を該爪部 3 4 及び 3 6 で把持している。図 5 に示すようにワーク W を把持する動作をロボット 1 2 に実行させるためには、ロボット 1 2 がハンド 3 0 でワーク W を把持する位置及び姿勢を教示する必要がある。

[0032] 以下、ロボットシステム 1 0 においてロボット 1 2 にワーク W を把持する動作を教示する方法について説明する。まず、オペレータは、ロボット 1 2 のハンド 3 0 に、ワーク W を、教示したい把持位置で把持させる。例えば、オペレータは、教示装置 1 8 を操作してロボット 1 2 をジョグ動作することで、ワーク W をハンド 3 0 で把持させる。

[0033] より具体的には、オペレータは、教示装置 1 8 の表示装置 5 6 を視認しつつ、入力装置 5 8 を操作して、ロボット 1 2 の機構部 4 2 によりハンド 3 0 を移動させ、閉状態の爪部 3 4 及び 3 6 を、予め定められた保管場所に配置されているワーク W の貫通孔 H 1 に挿入する。次いで、オペレータは、入力装置 5 8 を操作して爪部 3 4 及び 3 6 を開状態とし、該爪部 3 4 及び 3 6 を貫通孔 H 1 の内壁面に押し当てることで、該ワーク W を把持する。

[0034] このとき、オペレータは、ハンド 3 0 にワーク W を、教示したい把持位置で把持させるように、ロボット 1 2 をジョグ動作させる。以下、オペレータが、ハンド 3 0 でワーク W を、図 5 に示す把持位置で把持させた場合について、説明する。次いで、オペレータは、入力装置 5 8 を操作してロボット 1 2 をジョグ動作し、ハンド 3 0 が把持するワーク W を視覚センサ 1 4 の視野内に収めるように、ロボット 1 2 の機構部 4 2 によってハンド 3 0 を移動させる。

[0035] 次いで、オペレータは、入力装置 5 8 を操作して、視覚センサ 1 4 にハン

ド30が把持しているワークWを撮像させる。視覚センサ14は、制御装置16を介して教示装置18から撮像指令を受け付け、ワークWの画像データID<sub>1</sub>を撮像する。画像データID<sub>1</sub>の一例を、図6に示す。

[0036] 図6に示す例では、画像データID<sub>1</sub>に、ワークW及びハンド30の視覚的特徴（エッジ、孔、又は頂点等）が3次元点群として表示されている。3次元点群を構成する各点は、上述の距離dの情報を有しており、センサ座標系C3の3次元座標（X<sub>s</sub>, Y<sub>s</sub>, Z<sub>s</sub>）として表すことができるようになっている。すなわち、本実施形態においては、画像データID<sub>1</sub>は、3次元画像データである。

[0037] 教示装置18のプロセッサ50は、制御装置16、及びI/Oインターフェース54を通して、視覚センサ14から画像データID<sub>1</sub>を取得する。このように、本実施形態においては、プロセッサ50は、ロボット12がハンド30でワークWを把持しているときに視覚センサ14が該ワークWを撮像した画像データIDを取得する画像データ取得部82（図2）として機能する。

[0038] 次に、プロセッサ50は、画像データID<sub>1</sub>に基づいて、視覚センサ14が該画像データID<sub>1</sub>を撮像したときのロボット座標系C1におけるワークWの位置及び姿勢を示すワーク位置データWPD<sub>1</sub>を取得する。具体的には、プロセッサ50は、まず、ワークWをモデル化したワークモデルWMを取得する。このワークモデルWMは、例えば3次元CADモデルであって、メモリ52に予め格納される。

[0039] プロセッサ50は、予め定められたパターンマッチングパラメータを用いて、画像データID<sub>1</sub>に写るワークWの3次元点群画像を解析し、ワークモデルWMを、該画像データID<sub>1</sub>に写るワークWに一致させるように、該画像データID<sub>1</sub>内に模擬的に配置する。図7に、画像データID<sub>1</sub>に模擬的に配置されたワークモデルWMを示す。なお、図7においては、理解の容易のために、ハンド30の画像を省略している。

[0040] そして、プロセッサ50は、画像データID<sub>1</sub>に配置したワークモデルWM

に対し、図4に示す位置関係でワーク座標系C4を設定する。このワーク座標系C4は、画像データID<sub>1</sub>に写るワークWの、センサ座標系C3における位置及び姿勢を示し、センサ座標系C3の座標 $Q_{SW\_1}$  ( $X_{SW\_1}$ ,  $Y_{SW\_1}$ ,  $Z_{SW\_1}$ ,  $W_{SW\_1}$ ,  $P_{SW\_1}$ ,  $R_{SW\_1}$ ) (第1座標)として表される。

[0041] ここで、座標 ( $X_{SW\_1}$ ,  $Y_{SW\_1}$ ,  $Z_{SW\_1}$ ) は、センサ座標系C3におけるワーク座標系C4の原点位置を示し、座標 ( $W_{SW\_1}$ ,  $P_{SW\_1}$ ,  $R_{SW\_1}$ ) は、センサ座標系C3におけるワーク座標系C4の各軸の方向 (いわゆる、ヨー、ピッチ、ロール) を示している。プロセッサ50は、画像データID<sub>1</sub>に写るワークWのセンサ座標系C3における位置及び姿勢を示すデータとして、センサ座標系C3におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{SW\_1}$ を取得する。

[0042] 次に、プロセッサ50は、上述の変換行列M2を用いて、取得した座標 $Q_{SW\_1}$ をロボット座標系C1に変換することで、図7に示すワーク座標系C4の、ロボット座標系C1における座標 $Q_{RW\_1}$  ( $X_{RW\_1}$ ,  $Y_{RW\_1}$ ,  $Z_{RW\_1}$ ,  $W_{RW\_1}$ ,  $P_{RW\_1}$ ,  $R_{RW\_1}$ ) (第2座標)を取得する。この座標 $Q_{RW\_1}$ は、画像データID<sub>1</sub>に写るワークW (具体的には、図7中のワークモデルWM) の、ロボット座標系C1における位置及び姿勢を示すデータである。

[0043] プロセッサ50は、この座標 $Q_{RW\_1}$ を、ワーク位置データ $WPD_1$ として取得する。このように、本実施形態においては、プロセッサ50は、画像データID<sub>1</sub>に基づいてワーク位置データ $WPD_1$  (座標 $Q_{RW\_1}$ )を取得するワーク位置取得部84 (図2)として機能する。

[0044] 一方、プロセッサ50は、視覚センサ14が画像データID<sub>1</sub>を撮像したときのロボット座標系C1におけるハンド30の位置及び姿勢を示すハンド位置データ $HPD_1$ を取得する。具体的には、プロセッサ50は、視覚センサ14が画像データID<sub>1</sub>を撮像したときの、ロボット座標系C1におけるツール座標系C2の座標 $Q_{RT\_1}$  ( $X_{RT\_1}$ ,  $Y_{RT\_1}$ ,  $Z_{RT\_1}$ ,  $W_{RT\_1}$ ,  $P_{RT\_1}$ ,  $R_{RT\_1}$ ) (第3座標)を、ハンド位置データ $HPD_1$ として取得する。このように、本実施形態においては、プロセッサ50は、ハンド位置データ $HPD_1$  (座標 $Q_{RT\_1}$ )を取得するハンド位置取得部86 (図2)として機能する。

- [0045] そして、プロセッサ50は、取得したワーク位置データ $WPD_1$ 及びハンド位置データ $HPD_1$ に基づいて、視覚センサ14が画像データ $ID_1$ を撮像したときの、制御座標系Cにおけるハンド30とワークWとの位置関係を示す教示位置データ $TPD_1$ を取得する。
- [0046] 一例として、プロセッサ50は、ワーク位置データ $WPD_1$ として取得した座標 $Q_{RW_1}$ と、ハンド位置データ $HPD_1$ として取得した座標 $Q_{RT_1}$ とに基づいて、ワーク位置データ $WPD_1$ としての座標 $Q_{RW_1}$ を、ハンド位置データ $HPD_1$ としての座標 $Q_{RT_1}$ で表されるツール座標系C2の座標に変換する。ここで、座標 $Q_{RW_1}$ 及び $Q_{RT_1}$ によって、ロボット座標系C1におけるツール座標系C2とワーク座標系C4との位置関係が既知となっているので、ロボット座標系C1におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{RW_1}$ をツール座標系C2に変換できる。
- [0047] この座標変換によって、プロセッサ50は、視覚センサ14が画像データ $ID_1$ を撮像したときの、ツール座標系C2におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{TW_1}$  ( $X_{TW_1}$ ,  $Y_{TW_1}$ ,  $Z_{TW_1}$ ,  $W_{TW_1}$ ,  $P_{TW_1}$ ,  $R_{TW_1}$ )を取得する。この座標 $Q_{TW_1}$ は、視覚センサ14が画像データ $ID_1$ を撮像したときの、ハンド30（つまり、ツール座標系C2）に対する、ワークWの位置及び姿勢（つまり、ワーク座標系C4の原点位置及び各軸の方向）を示すデータである。プロセッサ50は、この座標 $Q_{TW_1}$ を、教示位置データ $TPD_1$ として取得する。
- [0048] 他の例として、プロセッサ50は、ワーク位置データ $WPD_1$ としての座標 $Q_{RW_1}$ と、ハンド位置データ $HPD_1$ としての座標 $Q_{RT_1}$ とに基づいて、ハンド位置データ $HPD_1$ としての座標 $Q_{RT_1}$ を、ワーク位置データ $WPD_1$ としての座標 $Q_{RW_1}$ で表されるワーク座標系C4の座標に変換する。これにより、プロセッサ50は、視覚センサ14が画像データ $ID_1$ を撮像したときの、ワーク座標系C4におけるツール座標系C2の座標 $Q_{WT_1}$  ( $X_{WT_1}$ ,  $Y_{WT_1}$ ,  $Z_{WT_1}$ ,  $W_{WT_1}$ ,  $P_{WT_1}$ ,  $R_{WT_1}$ )を取得する。
- [0049] この座標 $Q_{WT_1}$ は、視覚センサ14が画像データ $ID_1$ を撮像したときの、

ワークW（つまり、ワーク座標系C4）に対する、ハンド30の位置及び姿勢（つまり、ツール座標系C2の原点位置及び各軸の方向）を示すデータである。プロセッサ50は、この座標 $Q_{WT\_1}$ を、教示位置データ $TPD_1$ として取得する。

[0050] このように、本実施形態においては、プロセッサ50は、ワーク位置データ $WPD_1$ 及びハンド位置データ $HPD_1$ に基づいて、視覚センサ14が画像データ $ID_1$ を撮像したときの、制御座標系C（ツール座標系C2、ワーク座標系C4）におけるハンド30とワークWとの位置関係を示す教示位置データ $TPD_1$ （座標 $Q_{TW\_1}$ 、座標 $Q_{WT\_1}$ ）を取得する教示位置取得部88（図1）として機能する。

[0051] 教示位置データ $TPD_1$ を取得した後、オペレータは、入力装置58を操作して、ロボット12の機構部42の動作により、ワークWを把持した状態でハンド30の姿勢を変化させる。例えば、オペレータは、入力装置58を操作して、ハンド30を、この時点でロボット座標系C1に設定されているツール座標系C2のx軸、y軸、又はz軸周りに所定の角度 $\theta$ （例えば、 $10^\circ$ ）だけ回転させるための入力データを入力する。

[0052] 代替的には、オペレータは、ハンド30を、この時点でロボット座標系C1に設定されているワーク座標系C4のx軸、y軸、又はz軸周りに所定の角度 $\theta$ だけ回転させるための入力データを入力してもよい。例えば、ワーク座標系C4のy軸がワークWの軸線Bと一致する場合、オペレータは、ワーク座標系C4のy軸（つまり、軸線B）の周りにハンド30を回転させる入力データを入力してもよい。

[0053] プロセッサ50は、オペレータからの入力データに応じて、制御装置16を介してロボット12のサーボモータ40に指令を送り、ワークWを把持しているハンド30の姿勢を変化させるように機構部42を動作させる。このように、本実施形態においては、プロセッサ50は、ハンド30の姿勢を変化させるようにロボット12を動作させるロボット制御部90（図2）として機能する。

- [0054] ハンド30の姿勢を変化させたとき、オペレータは、入力装置58を操作して視覚センサ14にハンド30が把持しているワークWを撮像させ、プロセッサ50は、画像データ取得部82として機能して、ワークWの画像データ $ID_2$ を取得する。そして、プロセッサ50は、ワーク位置取得部84として機能し、上述した方法により、画像データ $ID_2$ にワークモデルWMを適用することで、センサ座標系C3におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{SW_2}$  ( $X_{SW_2}$ ,  $Y_{SW_2}$ ,  $Z_{SW_2}$ ,  $W_{SW_2}$ ,  $P_{SW_2}$ ,  $R_{SW_2}$ ) (第1座標)を取得する。
- [0055] 次に、プロセッサ50は、ワーク位置取得部84として機能し、上述した方法により、取得した座標 $Q_{SW_2}$ をロボット座標系C1に変換することで、画像データ $ID_2$ の撮像時のワーク位置データ $WPD_2$ として、ロボット座標系C1におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{RW_2}$  ( $X_{RW_2}$ ,  $Y_{RW_2}$ ,  $Z_{RW_2}$ ,  $W_{RW_2}$ ,  $P_{RW_2}$ ,  $R_{RW_2}$ ) (第2座標)を取得する。
- [0056] また、プロセッサ50は、ハンド位置取得部86として機能し、上述した方法により、画像データ $ID_2$ の撮像時のハンド位置データ $HPD_2$ として、ロボット座標系C1におけるツール座標系C2の座標 $Q_{RT_2}$  ( $X_{RT_2}$ ,  $Y_{RT_2}$ ,  $Z_{RT_2}$ ,  $W_{RT_2}$ ,  $P_{RT_2}$ ,  $R_{RT_2}$ ) (第3座標)を取得する。
- [0057] そして、プロセッサ50は、教示位置取得部88として機能し、上述した方法により、画像データ $ID_2$ の撮像時の教示位置データ $TPD_2$ として、ツール座標系C2におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{TW_2}$  ( $X_{TW_2}$ ,  $Y_{TW_2}$ ,  $Z_{TW_2}$ ,  $W_{TW_2}$ ,  $P_{TW_2}$ ,  $R_{TW_2}$ )、又は、ワーク座標系C4におけるツール座標系C2の座標 $Q_{WT_2}$  ( $X_{WT_2}$ ,  $Y_{WT_2}$ ,  $Z_{WT_2}$ ,  $W_{WT_2}$ ,  $P_{WT_2}$ ,  $R_{WT_2}$ ) (第4座標)を取得する。
- [0058] このようにして、オペレータは、入力装置58を操作してハンド30の姿勢を繰り返し変化させ、視覚センサ14は、ハンド30の姿勢が変化される毎に、該ハンド30が把持するワークWを撮像し、プロセッサ50は、画像データ取得部82として機能して、視覚センサ14が撮像した複数の画像データ $ID_n$  ( $n=1, 2, 3, \dots$ )を取得する。
- [0059] そして、プロセッサ50は、ワーク位置取得部84として機能して、上述

した方法により、各々の画像データ  $I D_n$  が撮像されたときのワーク位置データ  $W P D_n$  : 座標  $Q_{R W_n}$  ( $X_{R W_n}$ ,  $Y_{R W_n}$ ,  $Z_{R W_n}$ ,  $W_{R W_n}$ ,  $P_{R W_n}$ ,  $R_{R W_n}$ ) をそれぞれ取得するとともに、ハンド位置取得部 86 として機能して、上述した方法により、各々の画像データ  $I D_n$  が撮像されたときのハンド位置データ  $H P D_n$  : 座標  $Q_{R T_n}$  ( $X_{R T_n}$ ,  $Y_{R T_n}$ ,  $Z_{R T_n}$ ,  $W_{R T_n}$ ,  $P_{R T_n}$ ,  $R_{R T_n}$ ) をそれぞれ取得する。

[0060] そして、プロセッサ 50 は、教示位置取得部 88 として機能して、上述した方法により、取得した各々のワーク位置データ  $W P D_n$  (座標  $Q_{R W_n}$ ) と、各々のハンド位置データ  $H P D_n$  (座標  $Q_{R T_n}$ ) とに基づいて、各々の画像データ  $I D_n$  が撮像されたときの教示位置データ  $T P D_n$  : 座標  $Q_{T W_n}$  ( $X_{T W_n}$ ,  $Y_{T W_n}$ ,  $Z_{T W_n}$ ,  $W_{T W_n}$ ,  $P_{T W_n}$ ,  $R_{T W_n}$ )、又は、座標  $Q_{W T_n}$  ( $X_{W T_n}$ ,  $Y_{W T_n}$ ,  $Z_{W T_n}$ ,  $W_{W T_n}$ ,  $P_{W T_n}$ ,  $R_{W T_n}$ ) を、それぞれ取得する。こうして、プロセッサ 50 は、ハンド 30 及びワーク  $W$  の様々な姿勢に対応する、複数の教示位置データ  $T P D_n$  を取得できる。

[0061] 次に、プロセッサ 50 は、教示位置取得部 88 として機能して、取得した複数の教示位置データ  $T P D_n$  に基づいて、ロボット 12 にワーク  $W$  をハンド 30 で実際に把持させる動作に用いられる新たな教示位置データ  $T P D_0$  を求める。以下、プロセッサ 50 が、教示位置データ  $T P D_n$  として、ツール座標系  $C 2$  の座標  $Q_{T W_n}$  ( $X_{T W_n}$ ,  $Y_{T W_n}$ ,  $Z_{T W_n}$ ,  $W_{T W_n}$ ,  $P_{T W_n}$ ,  $R_{T W_n}$ ) を取得した場合において、新たな教示位置データ  $T P D_0$  を求める方法について説明する。

[0062] まず、プロセッサ 50 は、複数の座標  $Q_{T W_n}$  の各々に関し、予め定めた許容範囲外の座標を除外する処理  $P R 1$  を行う。具体的には、プロセッサ 50 は、座標  $Q_{T W_n}$  のうち、位置を表す座標 ( $X_{T W_n}$ ,  $Y_{T W_n}$ ,  $Z_{T W_n}$ ) について、許容範囲外の座標を除外する処理  $P R 1$  を行う。

[0063] 一例として、プロセッサ 50 は、ツール座標系  $C 2$  の原点からの距離  $\Delta_n$  を、 $\Delta_n = (X_{T W_n}^2 + Y_{T W_n}^2 + Z_{T W_n}^2)^{1/2}$  なる式から求める。そして、プロセッサ 50 は、求めた距離  $\Delta_n$  が、予め定めた許容範囲 [ $\Delta_{t h 1}$ ,  $\Delta_{t h 2}$ ]

内にあるか否かを判定し、距離 $\Delta_n$ が許容範囲 $[\Delta_{th1}, \Delta_{th2}]$ 内である（すなわち、 $\Delta_{th1} \leq \Delta_n \leq \Delta_{th2}$ ）場合は、取得した座標 $Q_{TW_n}$ を、有効座標グループGRPとしてメモリ52に登録する一方、距離 $\Delta_n$ が許容範囲 $[\Delta_{th1}, \Delta_{th2}]$ 外である（すなわち、 $\Delta_n < \Delta_{th1}$ 、又は、 $\Delta_{th2} < \Delta_n$ ）場合は、取得した座標 $Q_{TW_n}$ を、有効座標グループGRPから除外（又は、メモリ52から削除）する。

[0064] 他の例として、プロセッサ50は、座標 $Q_{TW_n}$  ( $X_{TW_n}, Y_{TW_n}, Z_{TW_n}$ ) の平均の座標 $Q_{TW_{AV}}$  ( $X_{TW_{AV}}, Y_{TW_{AV}}, Z_{TW_{AV}}$ ) を求める。具体的には、プロセッサ50は、 $X_{TW_{AV}} = 1/n \cdot \sum (X_{TW_n})$ 、 $Y_{TW_{AV}} = 1/n \cdot \sum (Y_{TW_n})$ 、及び、 $Z_{TW_{AV}} = 1/n \cdot \sum (Z_{TW_n})$  なる式から、平均の座標 $Q_{TW_{AV}}$  ( $X_{TW_{AV}}, Y_{TW_{AV}}, Z_{TW_{AV}}$ ) を求める。

[0065] また、プロセッサ50は、座標 $Q_{TW_n}$  ( $X_{TW_n}, Y_{TW_n}, Z_{TW_n}$ ) の標準偏差 $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 及び $\sigma_z$ をそれぞれ求める。例えば、プロセッサ50は、 $\sigma_x = (1/n \cdot \sum \{X_{TW_n} - X_{TW_{AV}}\})^{1/2}$ 、 $\sigma_y = (1/n \cdot \sum \{Y_{TW_n} - Y_{TW_{AV}}\})^{1/2}$ 、 $\sigma_z = (1/n \cdot \sum \{Z_{TW_n} - Z_{TW_{AV}}\})^{1/2}$  なる式から求める。

[0066] そして、プロセッサ50は、座標 $Q_{TW_n}$ における座標 $X_{TW_n}$ 、 $Y_{TW_n}$ 、及び $Z_{TW_n}$ の各々に対し、許容範囲を、求めた平均及び標準偏差 $\sigma$ と、予め定めた係数 $\alpha$ （例えば、 $\alpha$ は、正の整数）とを用いて、 $[X_{TW_{AV}} - \alpha\sigma_x, X_{TW_{AV}} + \alpha\sigma_x]$ （つまり、 $X_{TW_{AV}} - \alpha\sigma_x \leq X_{TW_n} \leq X_{TW_{AV}} + \alpha\sigma_x$ ）、 $[Y_{TW_{AV}} - \alpha\sigma_y, Y_{TW_{AV}} + \alpha\sigma_y]$ （つまり、 $Y_{TW_{AV}} - \alpha\sigma_y \leq Y_{TW_n} \leq Y_{TW_{AV}} + \alpha\sigma_y$ ）、及び、 $[Z_{TW_{AV}} - \alpha\sigma_z, Z_{TW_{AV}} + \alpha\sigma_z]$ （つまり、 $Z_{TW_{AV}} - \alpha\sigma_z \leq Z_{TW_n} \leq Z_{TW_{AV}} + \alpha\sigma_z$ ）として定める。

[0067] プロセッサ50は、座標 $X_{TW_n}$ が許容範囲 $[X_{TW_{AV}} - \sigma_x, X_{TW_{AV}} + \sigma_x]$ 内であるか否か、座標 $Y_{TW_n}$ が許容範囲 $[Y_{TW_{AV}} - \sigma_y, Y_{TW_{AV}} + \sigma_y]$ 内であるか否か、及び、座標 $Z_{TW_n}$ が許容範囲 $[Z_{TW_{AV}} - \sigma_z, Z_{TW_{AV}} + \sigma_z]$ 内であるか否かを、それぞれ判定する。

[0068] そして、プロセッサ50は、座標 $X_{TW_n}$ 、 $Y_{TW_n}$ 、及び $Z_{TW_n}$ の全てが許

容範囲内であった場合は、取得した座標 $Q_{TW\_n}$ を有効座標グループGRPとして登録する一方、座標 $X_{TW}$ 、 $Y_{TW\_n}$ 、及び $Z_{TW\_n}$ の少なくとも1つが許容範囲外であった場合は、取得した座標 $Q_{TW\_n}$ を有効座標グループGRPから除外する。

[0069] また、プロセッサ50は、座標 $Q_{TW\_n}$ のうち、姿勢を表す座標 $(W_{TW\_n}, P_{TW\_n}, R_{TW\_n})$ について、許容範囲外の座標を除外する処理PR1を行う。具体的には、プロセッサ50は、まず、姿勢を表す座標 $(W_{TW\_n}, P_{TW\_n}, R_{TW\_n})$ を、 $3 \times 3$ の既知の行列 $M3\_n$ として表す。

[0070] この行列 $M3\_n$ においては、第1列目の3つのパラメータで表されるベクトル $VT1\_n$ は、ツール座標系C2のx軸周りの回転成分を示す単位ベクトルであり、第2列目の3つのパラメータで表されるベクトル $VT2\_n$ は、ツール座標系C2のy軸周りの回転成分を示す単位ベクトルであり、第3列目の3つのパラメータで表されるベクトル $VT3\_n$ は、ツール座標系C2のz軸周りの回転成分を示す単位ベクトルである。

[0071] 例えば、プロセッサ50は、第1の座標 $Q_{TW\_n}$  ( $W_{TW\_n}, P_{TW\_n}, R_{TW\_n}$ )を表す行列 $M3\_n$ のベクトル $VT1\_n$ と、第2の座標 $Q_{TW\_n+1}$  ( $W_{TW\_n+1}, P_{TW\_n+1}, R_{TW\_n+1}$ )を表す行列 $M3\_n+1$ のベクトル $VT1\_n+1$ との内積 $IP1_n$ を求める。この内積 $IP1_n$ は、ベクトル $VT1\_n$ とベクトル $VT1\_n+1$ との間の角度 $\phi1$  (具体的には、 $\cos \phi1$ )、すなわち、ツール座標系C2のx軸周りの回転成分の変化量を表している。

[0072] また、プロセッサ50は、行列 $M3\_n$ のベクトル $VT3\_n$ と、行列 $M3\_n+1$ のベクトル $VT3\_n+1$ との内積 $IP3_n$ を求める。この内積 $IP3_n$ は、ベクトル $VT3\_n$ とベクトル $VT3\_n+1$ との間の角度 $\phi3$  (具体的には、 $\cos \phi3$ )、すなわち、ツール座標系C2のz軸周りの回転成分の変化量を表している。

[0073] そして、プロセッサ50は、求めた内積 $IP1_n$ が、予め定めた閾値 $IP1_{th}$ 以上 ( $IP1_n \geq IP1_{th}$ ) であるか否かを判定するとともに、求めた内積 $IP3_n$ が、予め定めた閾値 $IP3_{th}$ 以上 ( $IP3_n \geq IP3_{th}$ ) か否かを判

定する。プロセッサ50は、 $IP1_n \geq IP1_{th}$ 、且つ、 $IP3_n \geq IP3_{th}$ である場合は、取得した第1の座標 $Q_{TW_n}$ 及び第2の座標 $Q_{TW_{n+1}}$ の双方を有効座標グループGRPとしてメモリ52に登録する。

[0074] その一方で、プロセッサ50は、 $IP1_n < IP1_{th}$ 、又は、 $IP3_n < IP3_{th}$ である場合は、取得した第1の座標 $Q_{TW_n}$ 及び第2の座標 $Q_{TW_{n+1}}$ のいずれか一方を有効座標グループGRPから除外（又は、メモリ52から削除）する。なお、第1の座標 $Q_{TW_n}$ 及び第2の座標 $Q_{TW_{n+1}}$ のいずれを除外するのか、オペレータが予め定めてもよい。

[0075] なお、プロセッサ50は、第1の座標 $Q_{TW_n}$  ( $W_{TW_n}$ ,  $P_{TW_n}$ ,  $R_{TW_n}$ )を表す行列 $M3_n$ のベクトル $VT1_n$ と、該第1の座標 $Q_{TW_n}$ 以外の各々の座標 $Q_{TW_i}$  ( $W_{TW_i}$ ,  $P_{TW_i}$ ,  $R_{TW_i}$ )を表す行列 $M3_i$ のベクトル $VT1_i$ （「i」は、「n」以外の正の整数）との内積 $IP1_i$ をそれぞれ求めてもよい。同様に、プロセッサ50は、第1の座標 $Q_{TW_n}$ の行列 $M3_n$ のベクトル $VT3_n$ と、該第1の座標 $Q_{TW_n}$ 以外の各々の座標 $Q_{TW_i}$ の行列 $M3_i$ のベクトル $VT3_i$ との内積 $IP3_i$ をそれぞれ求めてもよい。

[0076] そして、プロセッサ50は、求めた内積 $IP1_i$ の各々が閾値 $IP1_{th}$ 以上（ $IP1_i \geq IP1_{th}$ ）であるか否かを判定するとともに、求めた内積 $IP3_i$ の各々が閾値 $IP3_{th}$ 以上（ $IP3_i \geq IP3_{th}$ ）か否かを判定してもよい。プロセッサ50は、求めた内積 $IP1_i$ の少なくとも1つ（又は、全て）が、 $IP1_i \geq IP1_{th}$ を満たし、且つ、求めた内積 $IP3_i$ の少なくとも1つ（又は、全て）が、 $IP3_i \geq IP3_{th}$ を満たす場合は、取得した第1の座標 $Q_{TW_n}$ を有効座標グループGRPとしてメモリ52に登録してもよい。

[0077] その一方で、プロセッサ50は、求めた内積 $IP1_i$ の全て（又は、少なくとも1つ）が、 $IP1_i < IP1_{th}$ であるか、又は、求めた内積 $IP3_i$ の全て（又は、少なくとも1つ）が、 $IP3_i < IP3_{th}$ である場合は、取得した第1の座標 $Q_{TW_n}$ を有効座標グループGRPから除外してもよい。プロセッサ50は、このような処理PR1を、取得した座標 $Q_{TW_n}$ の全てについて繰り返してもよい。

[0078] 代替的には、プロセッサ50は、ベクトル $VT1_{1\_1}$ 、 $VT1_{1\_2}$ 、 $VT1_{1\_3}$ 、  
 $\dots$ 、 $VT1_{1\_n}$ の合成ベクトル $VT1_R = \sum (VT1_{1\_n})$ を求め、該合成ベク  
 トル $VT1_R$ と、各々のベクトル $VT1_{1\_n}$ との内積 $IP1_{R\_n}$ を求める。そして  
 、プロセッサ50は、求めた内積 $IP1_{R\_n}$ が、予め定めた閾値 $IP1_{R\_th}$ 以  
 上 ( $IP1_{R\_n} \geq IP1_{R\_th}$ ) であるか否かを判定する。プロセッサ50は、  
 $IP1_{R\_n} \geq IP1_{R\_th}$ である場合は、座標 $Q_{TW\_n}$ を有効座標グループGRP  
 としてメモリ52に登録する一方、 $IP1_{R\_n} < IP1_{R\_th}$ である場合は、座  
 標 $Q_{TW\_n}$ を有効座標グループGRP (又は、メモリ52から削除) する。

[0079] なお、プロセッサ50は、ベクトル $VT1_{1\_n}$ と同様に、ベクトル $VT2_{2\_n}$ 又  
 は $VT3_{3\_n}$ についても、合成ベクトル $VT2_R = \sum (VT2_{2\_n})$ 、又は、 $VT$   
 $3_R = \sum (VT3_{3\_n})$ を求め、該合成ベクトル $VT2_R$ 又は $VT3_R$ と、各々の  
 ベクトル $VT2_{2\_n}$ 又は $VT3_{3\_n}$ の内積 $IP2_{R\_n}$ 又は $IP3_{R\_n}$ を求めて閾値 $IP$   
 $2_{R\_th}$ 又は $IP3_{R\_th}$ と比較することで、有効座標グループGRPから除外  
 する座標 $Q_{TW\_n}$ を決定することもできる。

[0080] このようにして、プロセッサ50は、複数の座標 $Q_{TW\_n}$ の各々に対し、除  
 外する処理PR1を行う。この処理PR1によって、誤検出によって取得さ  
 れた座標 $Q_{TW\_n}$ を除外することができる。なお、上述した種々の許容範囲を  
 画定する閾値 $\Delta_{th1}$ 、 $\Delta_{th2}$ 、 $IP1_{th}$ 、 $IP3_{th}$ 、 $IP1_{R\_th}$ 、 $IP2_{R\_th}$   
 又は $IP3_{R\_th}$  (又は係数 $\alpha$ ) は、オペレータによって予め定められる。

[0081] 除外する処理PR1の後、プロセッサ50は、有効座標グループGRPに  
 登録されている座標 $Q_{TW\_m}$  ( $m$ は、有効座標グループGRPに登録されてい  
 る座標 $Q_{TW\_n}$ の番号 $n$ を表す) を平均化する処理PR2を行う。具体的には  
 、プロセッサ50は、有効座標グループGRPに登録されている座標 $Q_{TW\_m}$   
 のうち、位置を表す座標 ( $X_{TW\_m}$ 、 $Y_{TW\_m}$ 、 $Z_{TW\_m}$ ) の平均の座標 ( $X_{TW\_0}$   
 ,  $Y_{TW\_0}$ 、 $Z_{TW\_0}$ ) を求める。

[0082] 具体的には、プロセッサ50は、 $X_{TW\_0} = 1/k \cdot \sum (X_{TW\_m})$ 、 $Y_{TW\_0}$   
 $= 1/k \cdot \sum (Y_{TW\_m})$ 、及び、 $Z_{TW\_0} = 1/k \cdot \sum (Z_{TW\_m})$  なる式から  
 、平均の座標 ( $X_{TW\_0}$ 、 $Y_{TW\_0}$ 、 $Z_{TW\_0}$ ) を求める。なお、この式における

「 $k$ 」は、有効座標グループGRPに登録されている座標 $Q_{TW\_m}$ の数を示す。

[0083] また、プロセッサ50は、有効座標グループGRPに登録されている座標 $Q_{TW\_m}$ のうち、姿勢を表す座標 $(W_{TW\_m}, P_{TW\_m}, R_{TW\_m})$ を平均化する処理PR2を行う。具体的には、プロセッサ50は、姿勢を表す座標 $(W_{TW\_m}, P_{TW\_m}, R_{TW\_m})$ について、上述したベクトル $VT1\_m$ の合成ベクトル $VT1_R = \sum (VT1\_m)$ と、ベクトル $VT3\_m$ の合成ベクトル $VT3_R = \sum (VT3\_m)$ を求める。

[0084] 次いで、プロセッサ50は、合成ベクトル $VT1_R$ の単位ベクトル $VT1_R'$ と、合成ベクトル $VT3_R$ の単位ベクトル $VT3_R'$ との外積OP1を求める。この外積OP1は、単位ベクトル $VT1_R'$ と単位ベクトル $VT3_R'$ とに直交する方向のベクトルを表す。そして、プロセッサ50は、外積OP1によって表されるベクトルを正規化することで、単位ベクトル $VT2_R'$ を求める。

[0085] 次いで、プロセッサ50は、単位ベクトル $VT2_R'$ と単位ベクトル $VT3_R'$ との外積OP2を求め、該外積OP2によって表されるベクトルを正規化することで、単位ベクトル $VT1_R''$ を求める。こうして、プロセッサ50は、単位ベクトル $VT1_R''$ 、 $VT2_R'$ 及び $VT3_R'$ を取得する。

[0086] そして、プロセッサ50は、これら単位ベクトル $VT1_R''$ 、 $VT2_R'$ 及び $VT3_R'$ によって表される姿勢 $(W_{TW_0}, P_{TW_0}, R_{TW_0})$ を求める。この姿勢の座標は、ツール座標系C2におけるワーク座標系C4の各軸の方向を示し、ワーク座標系C4のx軸方向は、上述の単位ベクトル $VT1_R''$ の方向であり、y軸方向は、上述の単位ベクトル $VT2_R'$ の方向であり、z軸方向は、上述の単位ベクトル $VT3_R'$ の方向である。

[0087] 代替的には、プロセッサ50は、姿勢の座標 $(W_{TW_0}, P_{TW_0}, R_{TW_0})$ を求めるために、上述の単位ベクトル $VT1_R'$ とともに、ベクトル $VT2\_m$ の合成ベクトル $VT2_R = \sum (VT2\_m)$ の単位ベクトル $VT2_R'$ を求め、該単位ベクトル $VT1_R'$ と、該単位ベクトル $VT2_R'$ との外積OP3を求

めてもよい。

[0088] そして、プロセッサ50は、外積 $OP_3$ によって表されるベクトルを正規化することで、単位ベクトル $VT_{3R}'$ を求め、該単位ベクトル $VT_{3R}'$ と単位ベクトル $VT_{1R}'$ との外積 $OP_4$ を求め、該外積 $OP_4$ によって表されるベクトルを正規化することで、単位ベクトル $VT_{2R}''$ を求めてもよい。プロセッサ50は、このように求めた単位ベクトル $VT_{1R}'$ 、 $VT_{2R}''$ 及び $VT_{3R}'$ から、姿勢の座標 $(W_{TW_0}, P_{TW_0}, R_{TW_0})$ を求めることができる。

[0089] 上述の方法により、プロセッサ50は、有効座標グループGRPに登録されている座標 $Q_{TW_m}$ を平均化する処理PR2を行う。その結果、プロセッサ50は、教示位置データTPD<sub>0</sub>として、座標 $Q_{TW_0}(X_{TW_0}, Y_{TW_0}, Z_{TW_0}, W_{TW_0}, P_{TW_0}, R_{TW_0})$ を取得することができる。

[0090] この座標 $Q_{TW_0}$ は、ツール座標系C2におけるワーク座標系C4の原点位置 $(X_{TW_0}, Y_{TW_0}, Z_{TW_0})$ 、及び各軸の方向 $(W_{TW_0}, P_{TW_0}, R_{TW_0})$ を示す。こうして、プロセッサ50は、教示位置取得部88として機能して、取得した複数の座標 $Q_{TW_n}(n=1, 2, 3, 4 \dots)$ から、1つの教示位置データTPD<sub>0</sub>(座標 $Q_{TW_0}$ )を求める。

[0091] なお、プロセッサ50は、教示位置データTPD<sub>n</sub>として、ワーク座標系C4におけるツール座標系C2の座標 $Q_{WT_n}(X_{WT_n}, Y_{WT_n}, Z_{WT_n}, W_{WT_n}, P_{WT_n}, R_{WT_n})$ を取得した場合においても、上述の方法によって、新たな教示位置データTPD<sub>0</sub>として、ワーク座標系C4におけるツール座標系C2の座標 $Q_{WT_0}(X_{WT_0}, Y_{WT_0}, Z_{WT_0}, W_{WT_0}, P_{WT_0}, R_{WT_0})$ を求めることができることを理解されたい。

[0092] 次いで、プロセッサ50は、求めた教示位置データTPD<sub>0</sub>を用いて、該教示位置データTPD<sub>0</sub>(つまり、座標 $Q_{TW_0}$ 又は $Q_{WT_0}$ )が命令コードとして規定された動作プログラムOPを生成する。したがって、プロセッサ50は、動作プログラムOPを生成する動作プログラム生成部92(図2)として機能する。

- [0093] 制御装置16のプロセッサ70は、実際の作業ラインにおいて、動作プログラムOPに従ってロボット12を動作させ、容器A内にバラ積みされたワークWをハンド30で把持してピックアップする動作を実行する。具体的には、プロセッサ70は、視覚センサ14を動作させて容器A内のワークWを撮像し、撮像された画像データ $I_{D_w}$ （第2画像データ）を視覚センサ14から取得する。
- [0094] 次いで、プロセッサ70は、上述のワーク位置取得部84と同様に、取得した画像データ $I_{D_w}$ に基づいて、該画像データ $I_{D_w}$ に写るワークWのロボット座標系C1における位置及び姿勢を示すワーク位置データ $WPD_w$ （第2ワーク位置データ）を取得する。具体的には、プロセッサ70は、ワークモデルWMを、画像データ $I_{D_w}$ に写るワークWに一致させるように配置し、配置した該ワークモデルWMにワーク座標系C4を設定する。
- [0095] そして、プロセッサ70は、設定したワーク座標系C4のセンサ座標系C3の座標 $Q_{SW_w}$ （ $X_{SW_w}$ ,  $Y_{SW_w}$ ,  $Z_{SW_w}$ ,  $W_{SW_w}$ ,  $P_{SW_w}$ ,  $R_{SW_w}$ ）を取得し、該座標 $Q_{SW_w}$ をロボット座標系C1に変換することで、ワーク位置データ $WPD_w$ として、ロボット座標系C1におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{RW_w}$ （ $X_{RW_w}$ ,  $Y_{RW_w}$ ,  $Z_{RW_w}$ ,  $W_{RW_w}$ ,  $P_{RW_w}$ ,  $R_{RW_w}$ ）を取得する。こうして、プロセッサ70は、ロボット座標系C1におけるワークWの位置及び姿勢を示すワーク位置データ $WPD_w$ （座標 $Q_{RW_w}$ ）を取得する。
- [0096] 次いで、プロセッサ70は、取得したワーク位置データ $WPD_w$ と、動作プログラムOPに規定されている教示位置データ $TPD_0$ とに基づいて、視覚センサ14が撮像したワークWを把持するときの、ロボット座標系C1におけるハンド30の位置及び姿勢を決定する。
- [0097] 具体的には、プロセッサ70は、ワーク位置データ $WPD_w$ として取得した座標 $Q_{RW_w}$ と、教示位置データ $TPD_0$ （具体的には、座標 $Q_{TW_0}$ 又は $Q_{WT_0}$ ）とを用いて、座標 $Q_{RW_w}$ で表されるワーク座標系C4に対して教示位置データ $TPD_0$ によって示される位置関係を有する、ロボット座標系C1の座標 $Q_{RT_0}$ （ $X_{RT_0}$ ,  $Y_{RT_0}$ ,  $Z_{RT_0}$ ,  $W_{RT_0}$ ,  $P_{RT_0}$ ,  $R_{RT_0}$ ）を求める。プ

ロセッサ70は、ロボット座標系C1において、ツール座標系C2を、求めた座標 $Q_{RT_0}$ に設定することによって、ワークWを把持するときのハンド30の位置及び姿勢を決定する。

[0098] そして、プロセッサ70は、爪部34及び36を閉状態に維持したハンド30を、ロボット座標系C1の座標 $Q_{RT_0}$ に設定したツール座標系C2によって規定される位置及び姿勢に配置させるように機構部42を動作させることで、該ハンド30を移動させる。これにより、爪部34及び36は、ワークWの貫通孔H1に挿入される。

[0099] そして、プロセッサ70は、爪部駆動部38を動作させて爪部34及び36を開くことで、該爪部34及び36によってワークWの大リング部W2を把持する。その結果、図5に示すように、ハンド30は、ワークWを、教示位置データTPD<sub>0</sub>によって教示された把持位置で把持することができる。

[0100] そして、プロセッサ70は、機構部42を動作させて、ワークWを把持するハンド30を容器Aから退避させることで、ワークWをピックアップすることができる。その後、プロセッサ70は、上述した一連の動作を、容器A内にバラ積みされた各々のワークWに対して繰り返し実行することで、容器A内にバラ積みされたワークWをハンド30でピックアップする作業を実行する。

[0101] 以上のように、本実施形態においては、教示装置18のプロセッサ50は、画像データ取得部82、ワーク位置取得部84、ハンド位置取得部86、教示位置取得部88、ロボット制御部90、及び動作プログラム生成部92として機能して、ロボット座標系C1においてロボット12がハンド30でワークWを把持する位置及び姿勢を教示している。

[0102] したがって、画像データ取得部82、ワーク位置取得部84、ハンド位置取得部86、教示位置取得部88、ロボット制御部90、及び動作プログラム生成部92は、ロボット12がハンド30でワークWを把持する位置及び姿勢を教示する装置100（図2）を構成する。つまり、本実施形態においては、装置100は、教示装置18に実装され、該教示装置18のプロセッ

サ50が、装置100の機能を実行する。

- [0103] この装置100においては、画像データ取得部82は、ロボット12がハンド30でワークWを把持しているときに、制御座標系C（ロボット座標系C1）の既知の位置に配置された視覚センサ14が該ワークWを撮像した画像データID<sub>n</sub>を取得し、ワーク位置取得部84は、画像データID<sub>n</sub>に基づいて、該画像データID<sub>n</sub>の撮像時の制御座標系C（ロボット座標系C1）におけるワークWの位置及び姿勢を示すワーク位置データWPD<sub>n</sub>を取得する。
- [0104] また、ハンド位置取得部86は、該画像データID<sub>n</sub>の撮像時の制御座標系C（ロボット座標系C1）におけるハンド30の位置及び姿勢を示すハンド位置データHPD<sub>n</sub>を取得し、教示位置取得部88は、ワーク位置データWPD<sub>n</sub>及びハンド位置データHPD<sub>n</sub>に基づいて、該画像データID<sub>n</sub>の撮像時の制御座標系C（ツール座標系C2、ワーク座標系C4）におけるハンド30とワークWとの位置関係を示す教示位置データTPD<sub>n</sub>を取得する。
- [0105] このように、オペレータが教示したい把持位置でワークWをハンド30で実際に把持させたときに撮像された画像データID<sub>n</sub>に基づいて教示位置データTPD<sub>n</sub>を取得することにより、オペレータが教示したい把持位置を、高精度にロボット12に教示することができる。
- [0106] また、装置100においては、ロボット制御部90は、ワークWを把持しているハンド30の姿勢を繰り返し変化させるようにロボット12を動作させ、画像データ取得部82は、ロボット制御部90がハンド30の姿勢を変化させる毎に視覚センサ14が撮像した複数の画像データID<sub>n</sub>を取得する。また、ワーク位置取得部84は、各々の画像データID<sub>n</sub>に基づいてワーク位置データWPD<sub>n</sub>をそれぞれ取得し、ハンド位置取得部86は、各々の画像データID<sub>n</sub>の撮像時のハンド位置データHPD<sub>n</sub>をそれぞれ取得する。
- [0107] そして、教示位置取得部88は、各々のワーク位置データWPD<sub>n</sub>と、各々のハンド位置データHPD<sub>n</sub>に基づいて、各々の画像データID<sub>n</sub>の撮像時の教示位置データTPD<sub>n</sub>をそれぞれ取得する。このように様々な姿勢のワークWの画像データID<sub>n</sub>に基づく複数の教示位置データTPD<sub>n</sub>を収集するこ

とによって、ワークWの把持位置をロボット12に、より高精度に教示することができる。

[0108] また、装置100においては、教示位置取得部88は、複数の教示位置データ $TPD_n$ に基づいて、ロボット12にワークWをハンド30で把持させる動作に用いられる新たな教示位置データ $TPD_0$ を求める。このように、様々な姿勢のワークWの画像データ $ID_n$ に対応する複数の教示位置データ $TPD_n$ から教示位置データ $TPD_0$ を求めることにより、該様々な姿勢のワークWを把持するときのハンド30の位置及び姿勢を、該教示位置データ $TPD_0$ によって、より高精度に決定できる。

[0109] また、装置100においては、教示位置データ $TPD_n$ は、制御座標系C（ツール座標系C2、ワーク座標系C4）の座標 $Q_{TW_n}$ 、 $Q_{WT_n}$ として表され、教示位置取得部88は、複数の教示位置データ $TPD_n$ の座標 $Q_{TW_n}$ 、 $Q_{WT_n}$ のうち、予め定めた許容範囲外の座標を除外し、座標 $Q_{TW_m}$ 、 $Q_{WT_m}$ の平均を求めることで、新たな教示位置データ $TPD_0$ を求める。

[0110] この構成によれば、誤検出等によって取得された座標 $Q_{TW_n}$ 、 $Q_{WT_n}$ を除外することができるとともに、座標 $Q_{TW_m}$ 、 $Q_{WT_m}$ を平均化することで、より高精度な教示位置データ $TPD_0$ を取得できる。これにより、様々な姿勢のワークWを把持するときのハンド30の位置及び姿勢を、さらに高精度に決定できる。また、装置100においては、動作プログラム生成部92は、教示位置データ $TPD_0$ が規定された動作プログラムOPを生成する。この構成によれば、上述のように取得した教示位置データ $TPD_0$ を規定した動作プログラムOPを自動で生成できる。

[0111] また、装置100においては、ワーク位置取得部84は、ワークモデルWMを、画像データ $ID_n$ に写るワークW（3次元点群画像）に一致させたときの、該ワークモデルWMの制御座標系C（ロボット座標系C2）における位置及び姿勢を示すデータを、ワーク位置データ $WPD_n$ として取得する。この構成によれば、視覚センサ14が撮像した画像データ $ID_n$ からワーク位置データ $WPD_n$ を高精度に検出できる。

- [0112] また、装置100においては、制御座標系Cは、ロボット座標系C1と、ワーク座標系C4と、ロボット座標系C1との位置関係が既知であるツール座標系C2と、ロボット座標系C1との位置関係が既知であるセンサ座標系C3とを有し、視覚センサ14は、ロボット座標系C1の既知の位置に配置されている。
- [0113] そして、ワーク位置取得部84は、画像データID<sub>n</sub>に写るワークWの位置及び姿勢を示すワーク座標系C4の、センサ座標系C3における第1座標Q<sub>sw<sub>n</sub></sub>を取得し、該第1座標Q<sub>sw<sub>n</sub></sub>をロボット座標系C1に変換することで、ロボット座標系C1におけるワーク座標系C4の第2座標Q<sub>rw<sub>n</sub></sub>をワーク位置データWPD<sub>n</sub>として取得する。
- [0114] また、ハンド位置取得部86は、ハンド30の位置及び姿勢を示すツール座標系C2の、ロボット座標系C1における第3座標Q<sub>rt<sub>n</sub></sub>をハンド位置データHPD<sub>n</sub>として取得し、教示位置取得部88は、第2座標Q<sub>rw<sub>n</sub></sub>及び第3座標Q<sub>rt<sub>n</sub></sub>に基づいて、教示位置データTPD<sub>n</sub>を、ツール座標系C2におけるワーク座標系C4の座標Q<sub>tw<sub>n</sub></sub>、又は、ワーク座標系C4におけるツール座標系C2の座標Q<sub>w<sub>t</sub><sub>n</sub></sub>として取得する。この構成によれば、制御座標系Cとして用いるロボット座標系C1、ツール座標系C2、センサ座標系C3、及びワーク座標系C4を基準として、教示位置データTPD<sub>n</sub>を、制御座標系Cの座標Q<sub>tw<sub>n</sub></sub>又はQ<sub>w<sub>t</sub><sub>n</sub></sub>として取得できる。
- [0115] なお、上述の実施形態においては、オペレータが教示装置18を手動で操作して、ワークWを把持するハンド30の姿勢を変化させる場合について述べた。しかしながら、これに限らず、プロセッサ50が、ハンド30の姿勢の変化、画像データID<sub>n</sub>の取得、ワーク位置データWPD<sub>n</sub>の取得、ハンド位置データHPD<sub>n</sub>の取得、及び教示位置データTPD<sub>n</sub>の取得という一連の動作を自動で実行してもよい。
- [0116] 以下、図8を参照して、このような実施形態について説明する。図8に示すフローは、教示装置18のプロセッサ50が教示開始指令CMを受け付けたときに、開始される。例えば、オペレータは、教示装置18の入力装置5

8を操作して、図5に示すようにワークWをハンド30に把持させたときに、教示開始指令CMを教示装置18に入力する。

- [0117] ステップS1において、プロセッサ50は、取得する教示位置データTPD<sub>n</sub>の個数を規定する数「n」を、「1」にセットする。この数「n」は、上述の画像データID<sub>n</sub>、ワーク位置データWPD<sub>n</sub>、ハンド位置データHPD<sub>n</sub>、及び教示位置データTPD<sub>n</sub>の「n」に対応する。
- [0118] ステップS2において、プロセッサ50は、ロボット12の機構部42を動作させて、ハンド30が把持するワークWを、視覚センサ14の視野内に収めるように移動させる。一例として、プロセッサ50は、予め定められた移動経路に沿ってハンド30を移動させてもよい。この移動経路は、オペレータによってロボット12に予め教示することによって定められ得る。他の例として、プロセッサ50は、ロボット座標系C1におけるツール座標系C2及びセンサ座標系C3の座標を取得し、該座標に基づいてハンド30を移動させてもよい。
- [0119] ステップS3において、プロセッサ50は、画像データ取得部82として機能して、画像データID<sub>n</sub>を取得する。具体的には、プロセッサ50は、視覚センサ14に撮像指令を送り、該視覚センサ14を動作させて、ハンド30が把持するワークWの画像データID<sub>n</sub>を撮像する。そして、プロセッサ50は、画像データ取得部82として機能して、視覚センサ14から該画像データID<sub>n</sub>を取得する。
- [0120] ステップS4において、プロセッサ50は、ワーク位置取得部84として機能して、上述した方法により、直近のステップS3で取得した画像データID<sub>n</sub>に基づいて、ワーク位置データWPD<sub>n</sub>（例えば、座標Q<sub>RW\_n</sub>）を取得する。ステップS5において、プロセッサ50は、ハンド位置取得部86として機能して、上述した方法により、直近のステップS3で取得した画像データID<sub>n</sub>の撮像時のハンド位置データHPD<sub>n</sub>（例えば、座標Q<sub>RT\_n</sub>）を取得する。
- [0121] ステップS6において、プロセッサ50は、教示位置取得部88として機

能して、上述した方法により、直近のステップS4で取得したワーク位置データ $WPD_n$ と、直近のステップS5で取得したハンド位置データ $HPD_n$ とに基づいて、教示位置データ $TPD_n$ （例えば、座標 $Q_{TW_n}$ 又は $Q_{WT_n}$ ）を取得する。

[0122] ステップS7において、プロセッサ50は、数「 $n$ 」が、予め定めた数 $n_{MAX}$ に達した（ $n = n_{MAX}$ ）か否かを判定する。この数 $n_{MAX}$ は、オペレータによって予め定められ得る。プロセッサ50は、 $n = n_{MAX}$ となった場合はYESと判定し、ステップS10へ進む一方、 $n < n_{MAX}$ である場合はNOと判定し、ステップS8へ進む。ステップS8において、プロセッサ50は、数「 $n$ 」を「1」だけインクリメントする（ $n = n + 1$ ）。

[0123] ステップS9において、プロセッサ50は、ロボット制御部90として機能して、ロボット12の機構部42を動作させて、ワークWを把持したハンド30の姿勢を変更させる。具体的には、プロセッサ50は、ハンド30を、この時点でロボット座標系C1に設定されているツール座標系C2のx軸、y軸、又はz軸周りに、所定の角度 $\theta$ だけ回転させる。

[0124] 代替的には、プロセッサ50は、ハンド30を、この時点でロボット座標系C1に設定されているワーク座標系C4のx軸、y軸（つまり、ワークWの軸線B）、又はz軸周りに角度 $\theta$ だけ回転させてもよい。このステップS9を実行するときハンド30を回転させる角度 $\theta$ 及び方向は、オペレータによって予め定められてもよいし、又は、プロセッサ50が、ステップS9を実行する毎に、この時点で設定されているツール座標系C2（又はワーク座標系C4）とセンサ座標系C3との位置関係を考慮して、ワークWの全体が視覚センサ14の視野内に入る姿勢となるように、自動で（例えば、ランダムに）決定してもよい。

[0125] ステップS9の後、プロセッサ50は、ステップS3へ戻り、ステップS7でYESと判定するまで、ステップS3～S9のループを繰り返し実行する。こうして、プロセッサ50は、複数の教示位置データ $TPD_n$ （ $n = 1, 2, 3, 4 \dots$ ）を自動で取得することができる。

- [0126] ステップS7でYESと判定したとき、ステップS10において、プロセッサ50は、教示位置取得部88として機能して、上述した方法により、取得した複数の教示位置データTPD<sub>n</sub>に基づいて、新たな教示位置データTPD<sub>0</sub>（例えば、座標Q<sub>TW\_0</sub>又はQ<sub>WT\_0</sub>）を求める。
- [0127] ステップS11において、プロセッサ50は、動作プログラム生成部92として機能して、上述の実施形態と同様に、教示位置データTPD<sub>0</sub>（つまり、座標Q<sub>TW\_0</sub>又はQ<sub>WT\_0</sub>）が規定された動作プログラムOPを生成する。以上のように、本実施形態によれば、プロセッサ50は、ステップS1～S11の一連の動作を自動で実行することにより、動作プログラムOPを自動で生成できる。この構成によれば、ロボット12にワークWを把持する位置を教示するプロセスを迅速化且つ簡単化できる。
- [0128] なお、上述のステップS9において、プロセッサ50は、ロボット制御部90として機能して、ハンド30の姿勢を変更させる代わりに、該ハンド30の位置を変更させてもよい。具体的には、ステップS9において、プロセッサ50は、ロボット12の機構部42を動作させて、ハンド30を、この時点でロボット座標系C1に設定されているツール座標系C2（又は、ワーク座標系C4）のx軸、y軸、又はz軸の方向へ所定の距離δだけ並進移動させることで、該ハンド30の位置を変更させてもよい。ここで、「並進移動」とは、ハンド30の姿勢（すなわち、ツール座標系C2の各軸の方向）を変えずに、該ハンド30を移動させる動作として、定義され得る。
- [0129] 代替的には、プロセッサ50は、ステップS9を実行する毎に、ハンド30の姿勢を変更させる動作と、ハンド30の位置を変更させる動作とを交互に実行してもよいし、又は、ステップS9において、ハンド30の姿勢を変更するとともに該ハンド30の位置を変更してもよい。
- [0130] なお、上述の実施形態においては、装置100の機能が教示装置18に実装される場合について述べた。しかしながら、これに限らず、装置100の機能は、制御装置16（又は、視覚センサ14）に実装することもできる。この場合、制御装置16のプロセッサ70（又は、視覚センサ14のプロセ

ッサ)が、装置100(すなわち、画像データ取得部82、ワーク位置取得部84、ハンド位置取得部86、教示位置取得部88、ロボット制御部90、及び動作プログラム生成部92)として機能する。

[0131] また、画像データ取得部82、ワーク位置取得部84、ハンド位置取得部86、教示位置取得部88、ロボット制御部90、及び動作プログラム生成部92のうちの一部が、制御装置16、教示装置18、及び視覚センサ14の1つに実装される一方、他の部分が、制御装置16、教示装置18、及び視覚センサ14の他の1つに実装されてもよい。

[0132] 例えば、画像データ取得部82が、視覚センサ14に実装され、ワーク位置取得部84、ハンド位置取得部86、及びロボット制御部90が、制御装置16に実装され、教示位置取得部88、及び動作プログラム生成部92が、教示装置18に実装されてもよい。この場合、視覚センサ14のプロセッサ、制御装置16のプロセッサ70、及び教示装置18のプロセッサ50が、装置100を構成することになる。

[0133] なお、上述の実施形態において、プロセッサ50は、ハンド位置取得部86として機能し、画像データ $ID_n$ に基づいて、センサ座標系 $C_2$ におけるハンド30の位置及び姿勢を示すデータを取得し、該データからハンド位置データ $HPD_n$ を取得してもよい。具体的には、視覚センサ14は、図6に示すように、ワーク $W$ と、該ワーク $W$ を把持するハンド30とを視野に収めた状態で、画像データ $ID_n$ を撮像する。

[0134] プロセッサ50は、画像データ取得部82として機能して画像データ $ID_n$ を視覚センサ14から取得したときに、上述のワークモデル $WM$ とともに、ハンド30をモデル化したハンドモデル $30M$ を取得する。このハンドモデル $30M$ は、例えば3次元CADモデルであって、メモリ52に予め格納される。

[0135] そして、プロセッサ50は、予め定められたパターンマッチングパラメータを用いて、画像データ $ID_n$ に写るハンド30の3次元点群画像を解析し、ハンドモデル $30M$ を、該画像データ $ID_n$ に写るハンド30に一致させるよ

うに模擬的に配置する。次いで、プロセッサ50は、画像データ $I D_n$ に配置したハンドモデル30Mに対し、図3に示す位置関係でツール座標系C2を設定する。そして、プロセッサ50は、設定した該ツール座標系C2のセンサ座標系C3における座標 $Q_{ST_n}$ を取得し、該座標 $Q_{ST_n}$ をロボット座標系C1に変換することで、ハンド位置データ $HPD_n$ （座標 $Q_{RT_n}$ ）を取得する。

[0136] このような機能を、視覚センサ14に実行させることもできる。例えば、視覚センサ14（具体的には、プロセッサ）は、撮像した画像データ $I D_n$ にワークモデルWM及びハンドモデル30Mを適用することで、センサ座標系C3におけるツール座標系C2の座標 $Q_{ST_n}$ と、センサ座標系C3におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{SW_n}$ とを取得し、教示装置18に提供してもよい。

[0137] 代替的には、視覚センサ14は、ワーク位置取得部84として機能して、センサ座標系C3におけるワーク座標系C4の座標 $Q_{SW_n}$ を、ワーク位置データ $WPD_n$ として取得するとともに、ハンド位置取得部86として機能して、センサ座標系C3におけるツール座標系C2の座標 $Q_{ST_n}$ を、ハンド位置データ $HPD_n$ として取得してもよい。

[0138] そして、視覚センサ14は、教示位置取得部88として機能して、ワーク位置データ $WPD_n$ （座標 $Q_{SW_n}$ ）及びハンド位置データ $HPD_n$ （座標 $Q_{ST_n}$ ）に基づいて、教示位置データ $TPD_n$ （例えば、座標 $Q_{TW_n}$ 又は $Q_{WT_n}$ ）を取得してもよい。すなわち、この場合、視覚センサ14のプロセッサが、装置100として機能する。

[0139] なお、上述の実施形態においては、プロセッサ50は、複数の座標 $Q_{TW_n}$ 又は $Q_{WT_n}$ の各々に対して除外する処理PR1を行った上で、有効座標グループGRPに登録されている座標 $Q_{TW_m}$ 又は $Q_{WT_n}$ を平均化する処理PR2を行う場合について述べた。しかしながら、これに限らず、プロセッサ50は、複数の座標 $Q_{TW_n}$ 又は $Q_{WT_n}$ に対し、除外する処理PR1と、平均化する処理PR2とのいずれか一方のみを実行してもよい。

- [0140] 例えば、プロセッサ50は、除外する処理PR1を行うことなく、取得した複数の座標 $Q_{TW\_n}$ 又は $Q_{WT\_n}$ を平均化する処理PR2を実行することで、新たな教示位置データTPD<sub>0</sub>を求めてもよい。又は、プロセッサ50は、複数の座標 $Q_{TW\_n}$ 又は $Q_{WT\_n}$ に対して除外する処理PR1のみを行い、該処理PR1の結果、有効座標グループGRPに登録された座標 $Q_{TW\_m}$ 又は $Q_{WT\_n}$ の中から、予め定めた条件に従って1つの教示位置データTPD<sub>0</sub>を自動で選択してもよい。
- [0141] なお、上述の実施形態においては、プロセッサ50が、取得した複数の教示位置データTPD<sub>n</sub>に基づいて新たな教示位置データTPD<sub>0</sub>を求める場合について述べた。しかしながら、これに限らず、プロセッサ50は、例えば、取得した複数の教示位置データTPD<sub>n</sub>をリスト形式で表示した画像データを生成し、表示装置56に表示させてもよい。
- [0142] そして、オペレータは、入力装置58を操作して、表示装置56に表示された複数の教示位置データTPD<sub>n</sub>の中から、所望の教示位置データTPD<sub>0</sub>を選択する入力データをプロセッサ50に与える。該入力データを受けて、プロセッサ50は、オペレータによって選択された教示位置データTPD<sub>0</sub>が規定された動作プログラムOPを作成する。
- [0143] なお、上述の実施形態においては、プロセッサ50が、ロボット制御部90として機能してハンド30の姿勢を繰り返し変化させることで、複数の教示位置データTPD<sub>n</sub>を取得する場合について述べた。しかしながら、これに限らず、プロセッサ50は、ハンド30の姿勢を変更させることなく、上述の教示位置データTPD<sub>1</sub>のみを取得するものであってもよい。この場合において、プロセッサ50は、該教示位置データTPD<sub>1</sub>が規定された動作プログラムOPを作成してもよい。すなわち、この場合、装置100からロボット制御部90を省略できる。
- [0144] また、上述の実施形態においては、プロセッサ50が、動作プログラム生成部92として機能して動作プログラムOPを作成する場合について述べた。しかしながら、これに限らず、オペレータが、プロセッサ50によって取

得された教示位置データ $TPD_n$ を基に、動作プログラム $OP$ を手動で作成してもよい。すなわち、この場合、装置 $100$ から動作プログラム生成部 $92$ を省略できる。

[0145] また、上述の実施形態においては、プロセッサ $50$ は、ワークモデル $WM$ を画像データ $ID_n$ に適用することで、ワーク位置データ $WPD_n$ を取得する場合について述べた。しかしながら、これに限らず、プロセッサ $50$ は、ワークモデル $WM$ を用いることなく、画像データ $ID_n$ に写るワーク $W$ の画像を解析することで、ワーク位置データ $WPD_n$ を取得することもできる。

[0146] また、上述の実施形態においては、制御座標系 $C$ としてのロボット座標系 $C1$ 、ツール座標系 $C2$ 、センサ座標系 $C3$ 、及びワーク座標系 $C4$ を基準として、教示位置データ $TPD_n$ を取得する場合について述べた。しかしながら、これに限らず、例えばワールド座標系 $C5$ を基準として、教示位置データ $TPD_n$ を取得することもできる。ワールド座標系 $C5$ は、作業セルの3次元空間を規定する制御座標系 $C$ であって、作業セルに固定して設定される。

[0147] なお、視覚センサ $14$ は、保持フレーム $44$ ではなく、ロボット $12$ の機構部 $42$ （例えば、上腕部 $26$ 又は下腕部 $24$ ）に固定してもよい。この場合、視覚センサ $14$ は、ハンド $30$ が把持するワーク $W$ を撮像可能となるように、機構部 $42$ に取り付けられる。また、上述の実施形態においては、ワーク位置データ $WPD_n$ 、ハンド位置データ $HPD_n$ 、及び教示位置データ $TPD_n$ が、制御座標系 $C$ の座標 $Q$ である場合について述べたが、これに限らず、他の如何なるデータとして表されてもよい。

[0148] また、ハンド $30$ は、大リング部 $W2$ を把持する代わりに、爪部 $34$ 及び $36$ を貫通孔 $H2$ の内壁面に押し当てることで小リング部 $W3$ を把持してもよい。この場合、教示装置 $50$ は、上述の実施形態と同様の方法により、ハンド $30$ で小リング部 $W3$ を把持する位置及び姿勢を教示する。

[0149] また、ワーク $W$ は、図4に示すような形態（コンロッド）に限らず、如何なる形状のものであってもよいし、ハンド $30$ は、如何なるタイプのものであってもよい。例えば、ハンド $30$ は、開閉可能な爪部 $34$ 及び $36$ の代わ

りに、例えば吸着部（バキューム装置、吸盤、磁石等）を有し、該吸着部でワークWを吸着把持するものであってもよい。

[0150] また、視覚センサ14は、2次元カメラであってよい。この場合において、ロボットシステム10は、視覚センサ14に固定され、該視覚センサ14と被写体（ワークW）との距離dを測定可能な距離センサをさらに備えてもよい。また、教示装置18は、ロボット12（サーボモータ40）又は視覚センサ14と直接接続されてもよい。以上、実施形態を通じて本開示を説明したが、上述の実施形態は、特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。

### 符号の説明

[0151]	10	ロボットシステム
	12	ロボット
	14	視覚センサ
	16	制御装置
	18	教示装置
	30	ハンド
	70, 100	プロセッサ
	82	画像データ取得部
	84	ワーク位置取得部
	86	ハンド位置取得部
	88	教示位置取得部
	90	ロボット制御部
	92	動作プログラム生成部

## 請求の範囲

### [請求項1]

ロボットを制御するための制御座標系において該ロボットがハンドでワークを把持する位置及び姿勢を教示する装置であって、

前記ロボットが前記ハンドで前記ワークを把持しているときに、前記制御座標系の既知の位置に配置された視覚センサが該ワークを撮像した画像データを取得する画像データ取得部と、

前記画像データに基づいて、前記視覚センサが該画像データを撮像したときの前記制御座標系における前記ワークの位置及び姿勢を示すワーク位置データを取得するワーク位置取得部と、

前記視覚センサが前記画像データを撮像したときの前記制御座標系における前記ハンドの位置及び姿勢を示すハンド位置データを取得するハンド位置取得部と、

前記ワーク位置データ及び前記ハンド位置データに基づいて、前記視覚センサが前記画像データを撮像したときの前記制御座標系における前記ハンドと前記ワークとの位置関係を示す教示位置データを取得する教示位置取得部と、を備える、装置。

### [請求項2]

前記ワークを把持している前記ハンドの姿勢を繰り返し変化させるように前記ロボットを動作させるロボット制御部をさらに備え、

前記画像データ取得部は、前記ロボット制御部が前記ハンドの姿勢を変化させる毎に前記視覚センサが撮像した複数の前記画像データを取得し、

前記ワーク位置取得部は、前記画像データ取得部が取得した各々の前記画像データに基づいて、該各々の画像データが撮像されたときの前記ワーク位置データをそれぞれ取得し、

前記ハンド位置取得部は、前記各々の画像データが撮像されたときの前記ハンド位置データをそれぞれ取得し、

前記教示位置取得部は、前記ワーク位置取得部が取得した各々の前記ワーク位置データと、前記ハンド位置取得部が取得した各々の前記

ハンド位置データとに基づいて、前記各々の画像データが撮像されたときの前記教示位置データをそれぞれ取得する、請求項1に記載の装置。

[請求項3] 前記教示位置取得部は、取得した複数の前記教示位置データに基づいて、前記ロボットに前記ワークを前記ハンドで把持させる動作に用いられる新たな教示位置データを求める、請求項2に記載の装置。

[請求項4] 前記教示位置データは、前記制御座標系の座標として表され、  
前記教示位置取得部は、前記複数の教示位置データの前記座標のうち、予め定めた許容範囲外の前記座標を除外するか、又は、前記複数の教示位置データの前記座標の平均を求めることで、前記新たな教示位置データを求める、請求項3に記載の装置。

[請求項5] 前記教示位置データが規定された動作プログラムを生成する動作プログラム生成部をさらに備える、請求項1～4のいずれか1項に記載の装置。

[請求項6] 前記ワーク位置取得部は、前記ワークをモデル化したワークモデルを、前記画像データに写る前記ワークに一致させたときの該ワークモデルの前記制御座標系における位置及び姿勢を示すデータを、前記ワーク位置データとして取得する、請求項1～5のいずれか1項に記載の装置。

[請求項7] 前記制御座標系は、  
前記ロボットに設定されたロボット座標系と、  
前記ワークに設定されたワーク座標系と、  
前記ハンドに設定され、前記ロボット座標系との位置関係が既知であるツール座標系と、  
前記視覚センサに設定され、前記ロボット座標系との位置関係が既知であるセンサ座標系と、を有し、  
前記視覚センサは、前記ロボット座標系の前記既知の位置に配置され、

前記ワーク位置取得部は、

前記画像データに写る前記ワークの位置及び姿勢を示す前記ワーク座標系の、前記センサ座標系における第1座標を取得し、

前記第1座標を前記ロボット座標系に変換することで、該ロボット座標系における前記ワーク座標系の第2座標を前記ワーク位置データとして取得し、

前記ハンド位置取得部は、前記ハンドの位置及び姿勢を示す前記ツール座標系の、前記ロボット座標系における第3座標を前記ハンド位置データとして取得し、

前記教示位置取得部は、前記第2座標及び前記第3座標に基づいて、前記教示位置データを、前記ツール座標系における前記ワーク座標系の座標、又は、前記ワーク座標系における前記ツール座標系の座標、として取得する、請求項1～6のいずれか1項に記載の装置。

[請求項8]

ワークを把持可能なハンドを有するロボットと、

前記ワークを撮像する視覚センサと、

前記請求項1～7のいずれか1項に記載の装置と、を備える、ロボットシステム。

[請求項9]

前記視覚センサが撮像した前記ワークの第2画像データに基づいて、前記ハンドで前記ワークを把持するように前記ロボットを制御する制御装置を備え、

前記制御装置は、

前記第2画像データに写る前記ワークの前記制御座標系における位置及び姿勢を示すデータを、第2ワーク位置データとして取得し、

前記第2ワーク位置データ及び前記教示位置データに基づいて、前記視覚センサが撮像した前記ワークを把持するときの前記制御座標系における前記ハンドの位置及び姿勢を決定する、請求項8に記載のロボットシステム。

[請求項10]

ロボットを制御するための制御座標系において該ロボットがハンド

でワークを把持する位置及び姿勢を教示する方法であって、

プロセッサが、

前記ロボットが前記ハンドで前記ワークを把持しているときに、  
前記制御座標系の既知の位置に配置された視覚センサが該ワークを撮  
像した画像データを取得し、

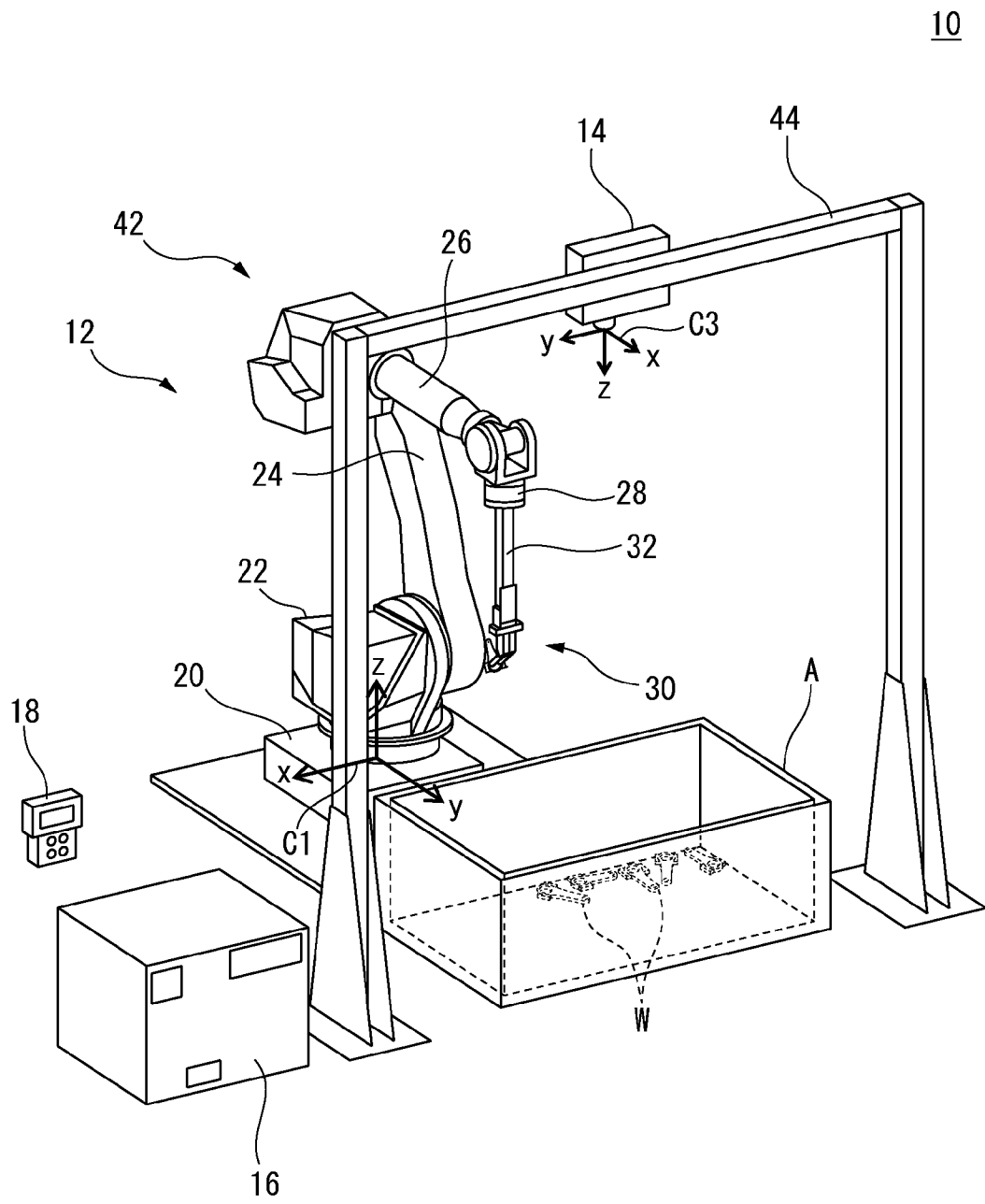
前記画像データに基づいて、前記視覚センサが該画像データを撮  
像したときの前記制御座標系における前記ワークの位置及び姿勢を示  
すワーク位置データを取得し、

前記視覚センサが前記画像データを撮像したときの前記制御座標  
系における前記ハンドの位置及び姿勢を示すハンド位置データを取得  
し、

前記ワーク位置データ及び前記ハンド位置データに基づいて、前  
記視覚センサが前記画像データを撮像したときの前記制御座標系にお  
ける前記ハンドと前記ワークとの位置関係を示す教示位置データを取  
得する、方法。

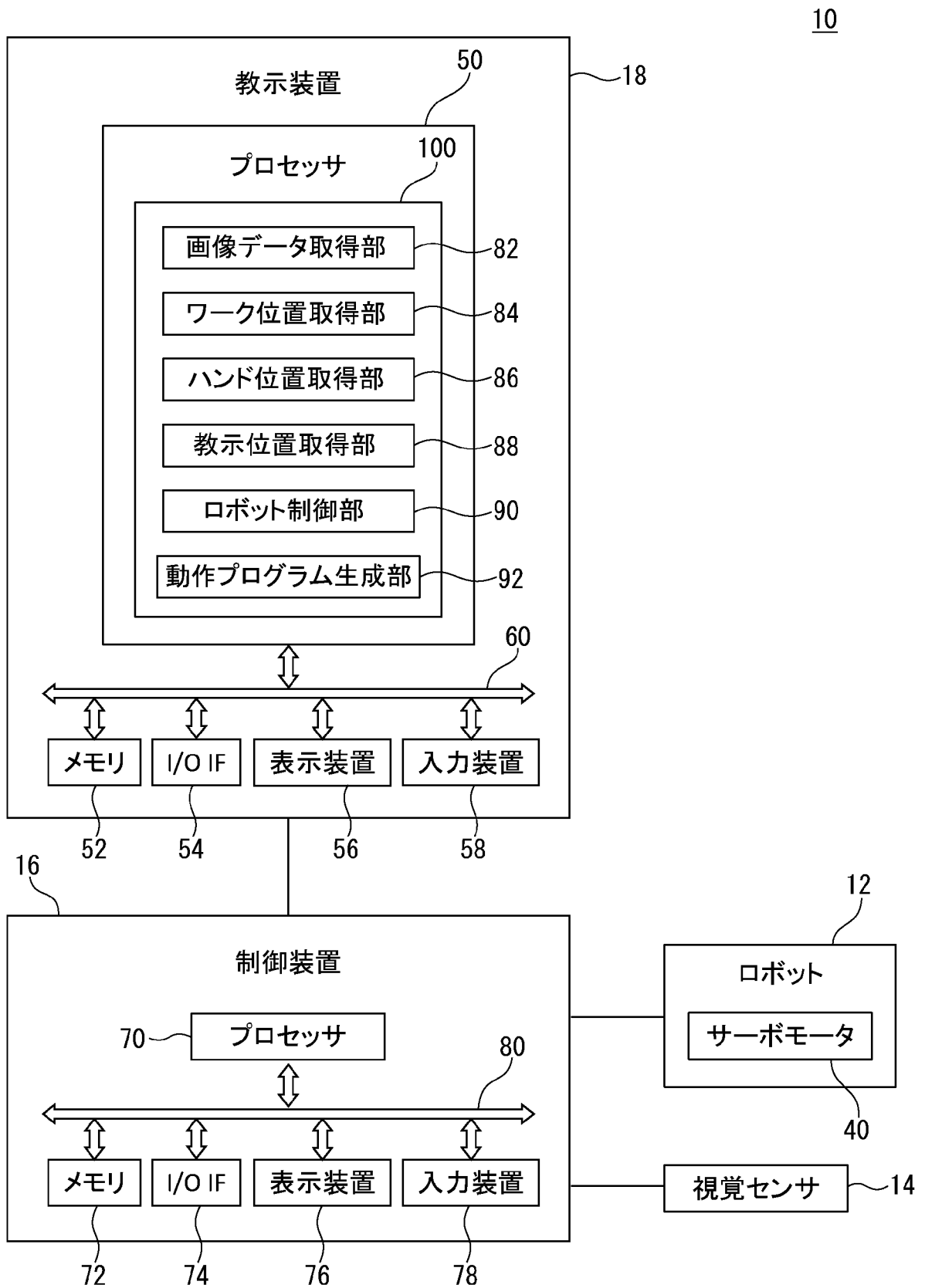
[図1]

図1



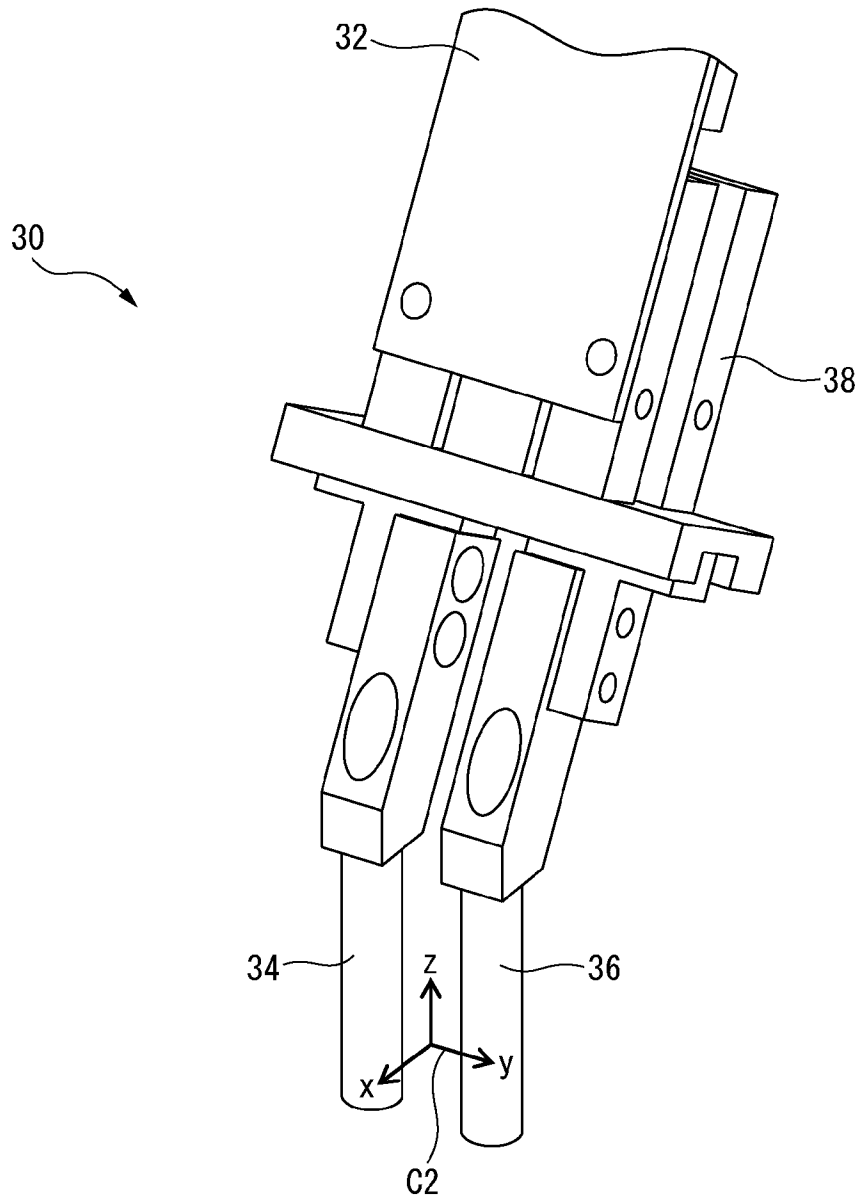
[図2]

図2



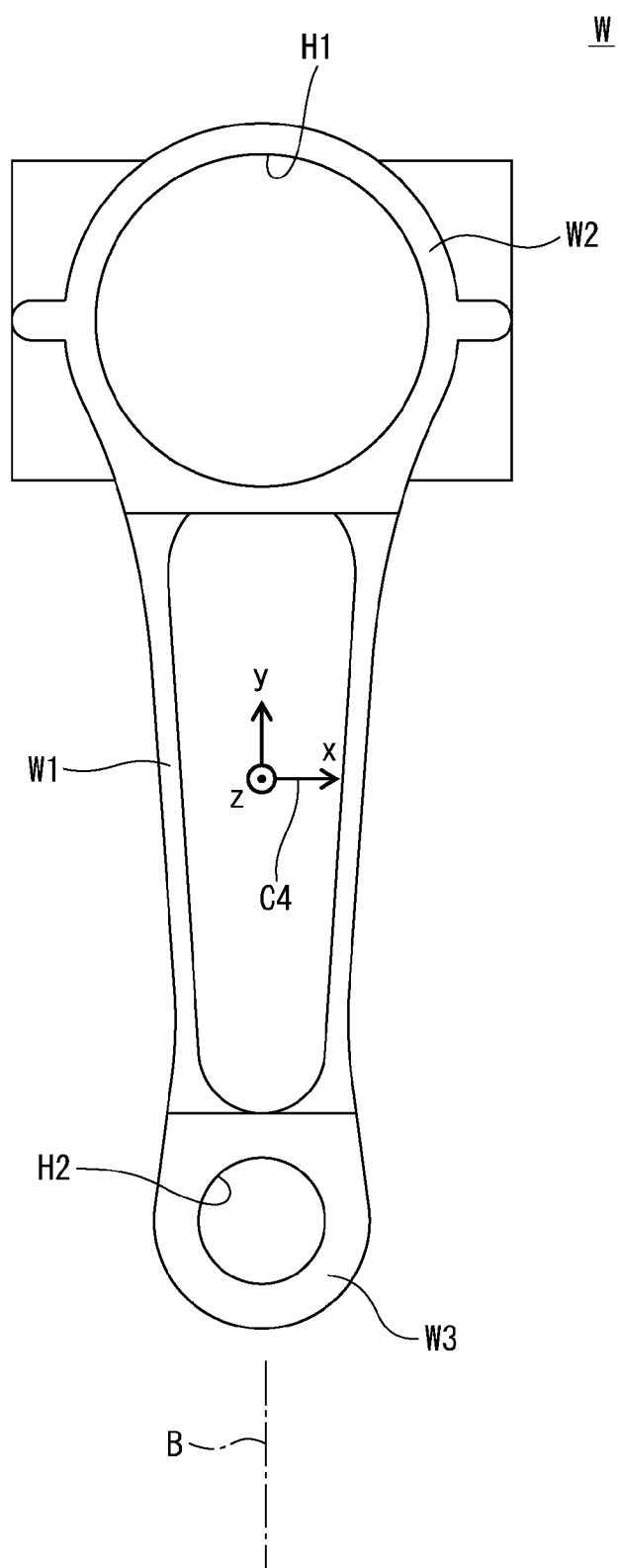
[図3]

図3



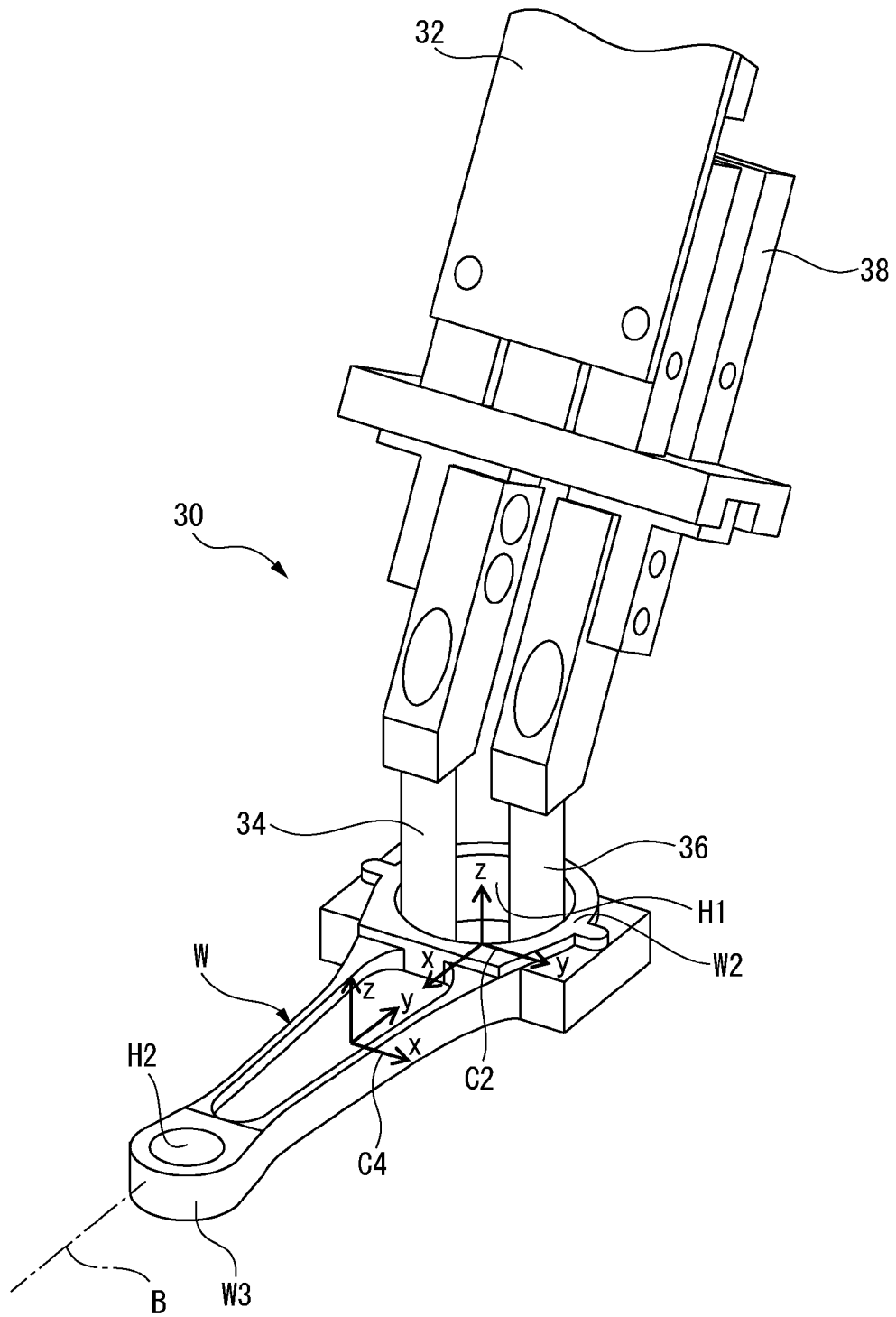
[図4]

図4



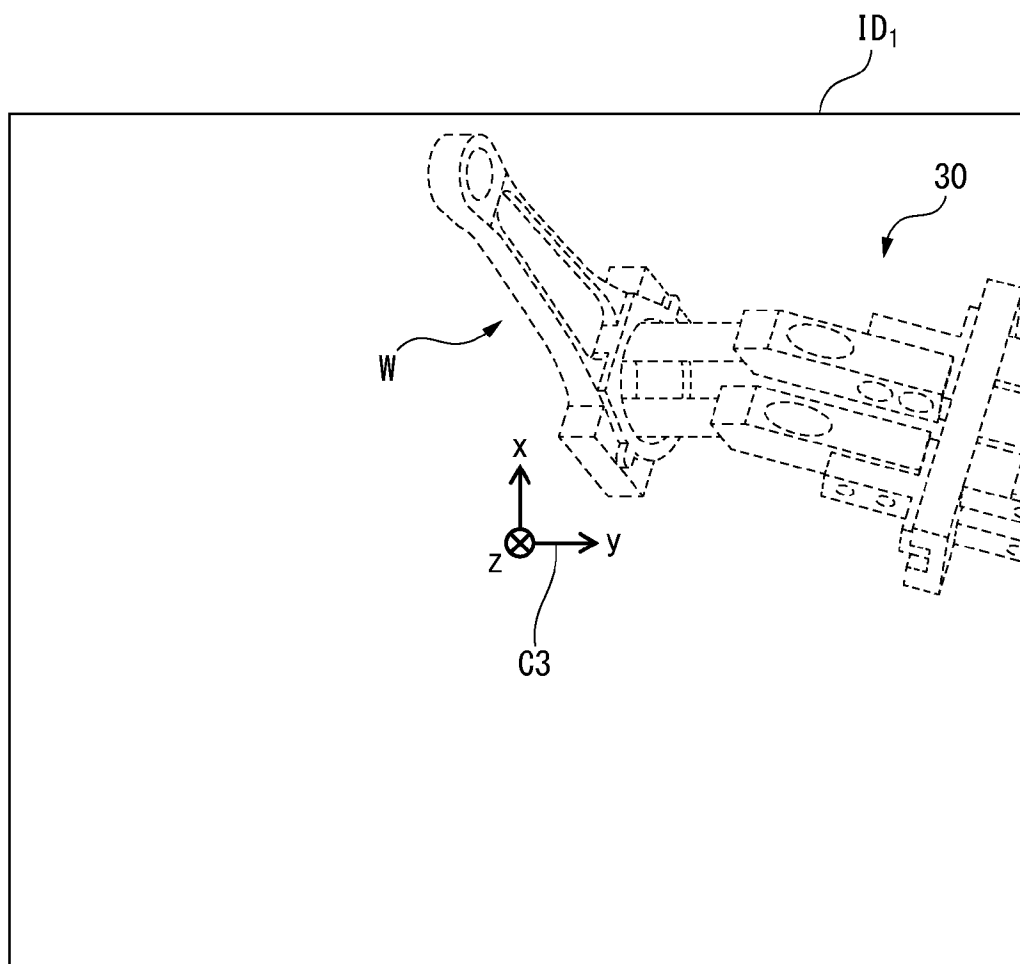
[図5]

図5



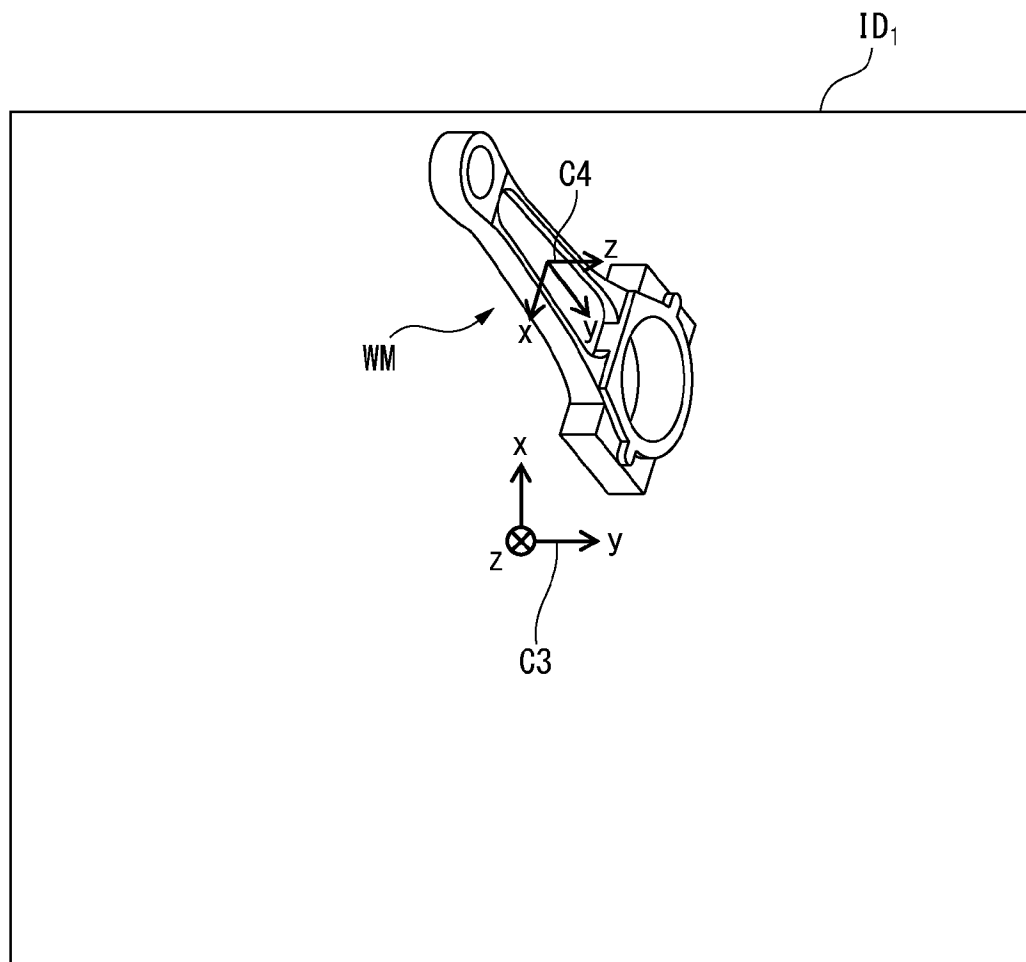
[図6]

図6



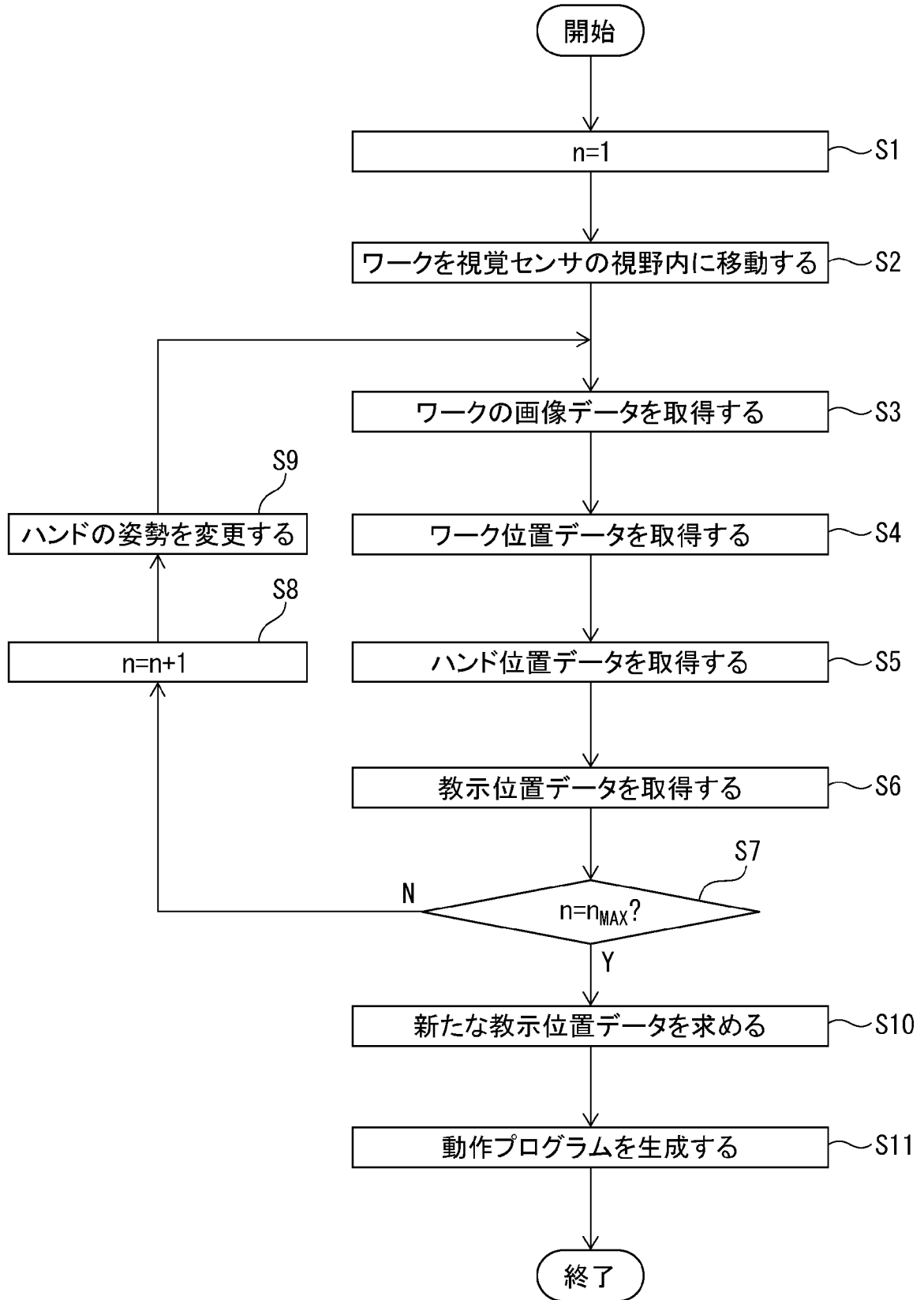
[図7]

図7



[図8]

図8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2021/030660**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B25J 13/08</i> (2006.01)i FI: B25J13/08 A		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) 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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6326765 B2 (SEIKO EPSON CORP) 23 May 2018 (2018-05-23) paragraphs [0023]-[0175]	1, 5-6, 8-10
Y		2-4, 7
Y	JP 5588089 B1 (PANASONIC CORPORATION) 10 September 2014 (2014-09-10) fig. 3-5	2-4, 7
Y	WO 2021/145311 A1 (FANUC CORP) 22 July 2021 (2021-07-22) paragraphs [0010]-[0085]	7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>04 November 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>16 November 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/030660**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 6326765 B2	23 May 2018	(Family: none)	
JP 5588089 B1	10 September 2014	US 2014/0343729 A1 fig. 3-5 WO 2014/080621 A1	
WO 2021/145311 A1	22 July 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 13/08(2006.01)i FI: B25J13/08 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）） 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 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021年		
国際調査でを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 6326765 B2 (セイコーエプソン株式会社) 23.05.2018 (2018 - 05 - 23) 段落 [0023] - [0175]	1,5-6,8-10
Y		2-4,7
Y	JP 5588089 B1 (パナソニック株式会社) 10.09.2014 (2014 - 09 - 10) 第3-5図	2-4,7
Y	WO 2021/145311 A1 (ファナック株式会社) 22.07.2021 (2021 - 07 - 22) 段落 [0010] - [0085]	7
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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	
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
04.11.2021	16.11.2021	
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）  杉山 悟史 3U 3322  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/JP2021/030660

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	6326765	B2	23.05.2018	(ファミリーなし)	
JP	5588089	B1	10.09.2014	US 2014/0343729 A1 第3-5図 WO 2014/080621 A1	
WO	2021/145311	A1	22.07.2021	(ファミリーなし)	