(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6月1日(01.06.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/095927 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 13/08 (2006.01) *B25J 15/08* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/044047

(22) 国際出願日： 2022年11月29日(29.11.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

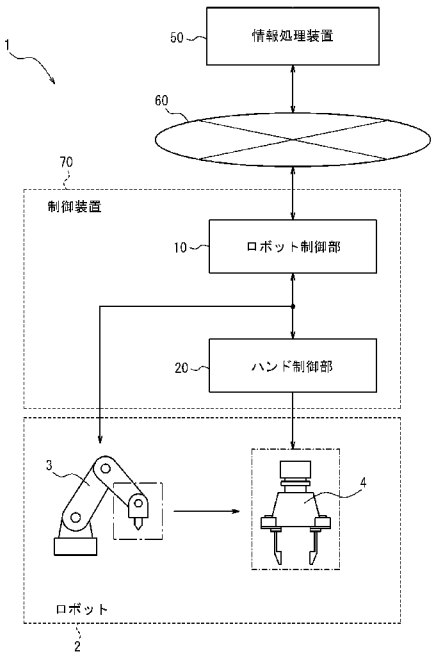
(30) 優先権データ：
特願 2021-193652 2021年11月29日(29.11.2021) JP

(71) 出願人: 京セラ株式会社 (**KYOCERA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 大野 一樹(**ONO Kazuki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 山岸 友樹(**YAMAGISHI Yuki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 阿南 尚宏(**ANAN Naohiro**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 石田 敬之(**ISHIDA Takayuki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 宮村 博昭(**MIYAMURA Hiroaki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).

(54) **Title:** CONTROL DEVICE, ROBOT CONTROL SYSTEM, AND ROBOT CONTROL METHOD

(54) 発明の名称： 制御装置、ロボット制御システム、及びロボット制御方法



2 Robot
10 Robot control unit
20 Hand control unit
50 Information processing device
70 Control device

(57) **Abstract:** This control device comprises a hand control unit for controlling a hand that is capable of gripping a to-be-gripped object and has a plurality of sensors. The hand control unit is configured to be capable of acquiring, on the basis of the output of the plurality of sensors, information regarding a gripping force acting on the to-be-gripped object from the hand or information regarding a moment acting on the to-be-gripped object in the hand, and estimates a state in which the hand is gripping the to-be-gripped object on the basis of the gripping force information or the moment information.

WO 2023/095927 A1

［続葉有］

(74) 代理人：杉村　憲司 (SUGIMURA Kenji)；〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目２番１号 霞が関コモンゲート西館３６階 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, 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, CV, 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, ME, 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：制御装置は、把持対象物を把持可能であり、複数のセンサを有するハンド部を制御するハンド制御部を備える。ハンド制御部は、複数のセンサの出力に基づいた、ハンド部から把持対象物に作用する把持力情報又はハンド部の中で把持対象物に作用するモーメント情報を取得可能に構成され、把持力情報又はモーメント情報に基づいて、ハンド部による把持対象物の把持状態を推定する。

明　細　書

発明の名称 ：

制御装置、ロボット制御システム、及びロボット制御方法

関連出願へのクロスリファレンス

[0001] 本出願は、日本国特許出願２０２１－１９３６５２号（２０２１年１１月２９日出願）の優先権を主張するものであり、当該出願の開示全体を、ここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本開示は、制御装置、ロボット制御システム、及びロボット制御方法に関する。

背景技術

[0003] ワークからの反力を受けながら組立又は分解作業をする際に、ハンドとワークとの間の滑りを小さくしてワークの詰まりを防ぎ、高精度の組立又は分解を行えるロボットの制御方法が知られている（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００３－３０５６７８号公報

発明の概要

[0005] 本開示の一実施形態に係る制御装置は、ハンド部を制御するハンド制御部を備える。前記ハンド部は、把持対象物を把持可能であり、複数のセンサを有する。前記ハンド制御部は、前記複数のセンサの出力に基づいた、前記ハンド部から前記把持対象物に作用する把持力情報又は前記ハンド部の中で前記把持対象物に作用するモーメント情報を取得可能に構成される。前記ハンド制御部は、前記把持力情報又は前記モーメント情報に基づいて、前記ハンド部による前記把持対象物の把持状態を推定する。

[0006] 本開示の一実施形態に係るロボット制御システムは、前記制御装置と、ハ

ンド部を有するロボットとを備える。

[0007] 本開示の一実施形態に係るロボット制御方法は、ハンド部から把持対象物に作用する把持力情報又は前記ハンド部の中で前記把持対象物に作用するモーメント情報を取得することを含む。前記ロボット制御方法は、前記把持力情報又は前記モーメント情報に基づいて、前記ハンド部による前記把持対象物の把持状態を推定することを含む。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]一実施形態に係るロボット制御システムの構成例を示すブロック図である。

[図2]ハンド制御部及びハンド部の構成例を表すブロック図である。

[図3]ハンド部が把持対象物を把持する態様の一例を示す模式図である。

[図4]図３の側面図である。

[図5]把持補正状態の場合に対応する手順例を示すフローチャートである。

[図6]把持異常状態の場合に対応する手順例を示すフローチャートである。

[図7]把持不可状態の場合に対応する手順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] 摩擦係数に基づいて把持を制御する場合、ハンドの経年劣化等に起因したハンドとワークとの間の摩擦係数の低下によって、把持が不安定となることがある。また、把持対象物に作用する力の大きさに基づいて把持を制御する場合、把持対象物に回転モーメントが作用することによって、把持が不安定となることがある。ロボットによる把持の安定性の向上が求められる。

[0010] 図１に示されるように、一実施形態に係るロボット制御システム１は、ロボット２と、制御装置７０とを備える。ロボット２は、アーム３とハンド部４とを備える。アーム３は、関節とリンクとを備えてよい。ハンド部４は、把持対象物８（図３参照）を把持可能に構成される。本実施形態の制御装置７０は、ロボット制御部１０とハンド制御部２０とを備える。なお、制御装置７０は、少なくともハンド制御部２０を備えていればよい。ロボット制御部１０は、ロボット２の動作を制御する情報に基づいてロボット２のアーム

３を動作させてハンド部４を把持対象物８の位置まで移動させる。ハンド部４が把持対象物８の位置に近づく動作は、アプローチ動作とも称される。ロボット制御部１０は、ハンド部４の把持対象物８へのアプローチ動作を制御する。ハンド制御部２０は、ハンド部４を制御してハンド部４に把持対象物８を把持させる。

[0011] ロボット制御部１０及びハンド制御部２０は、例えば以下に説明する動作を実行してよい。ロボット制御部１０は、把持対象物８を把持できる位置にハンド部４を移動させるようにアーム３を制御する。ハンド制御部２０は、ハンド部４が把持対象物８まで移動した状態で把持対象物８を把持するように把持対象物８を把持する目標位置を決定してハンド部４を制御する。ロボット制御部１０は、ハンド部４が把持対象物８を把持した状態でハンド部４を上昇させるようにアーム３を制御することによって、把持対象物８を持ち上げて把持対象物８を移動させる目標地点まで移動させる。ハンド制御部２０は、持ち上げた把持対象物８が目標地点まで移動した状態で把持対象物８の把持力を低下させて把持対象物８をハンド部４から離して目標地点に置く。

[0012] ロボット制御部１０は、ロボット２の動作を制御する情報を自身で生成して取得してよい。ロボット制御部１０は、ネットワーク６０を介して、又は、ネットワーク６０を介さずに接続される情報処理装置５０等の外部装置から、ロボット２の動作を制御する情報を取得してもよい。ハンド制御部２０は、ハンド部４の動作を制御する情報を自身で生成して取得してよい。ハンド制御部２０は、ロボット制御部１０から、ハンド部４の動作を制御する情報を取得してもよい。ロボット制御部１０とハンド制御部２０とは一体に構成されてもよい。

[0013] ロボット制御部１０は、種々の機能を実行するための制御及び処理能力を提供するために、少なくとも１つのプロセッサを含んで構成されてよい。プロセッサは、ロボット制御部１０の種々の機能を実現するプログラムを実行しうる。プロセッサは、単一の集積回路として実現されてよい。集積回路は

、ＩＣ（Integrated Circuit）ともいう。プロセッサは、複数の通信可能に接続された集積回路及びディスクリート回路として実現されてよい。プロセッサは、他の種々の既知の技術に基づいて実現されてよい。

[0014] ロボット制御部１０は、記憶部を備えてよい。記憶部は、磁気ディスク等の電磁記憶媒体を含んでよいし、半導体メモリ又は磁気メモリ等のメモリを含んでもよい。記憶部は、各種情報及びロボット制御部１０で実行されるプログラム等を格納する。記憶部は、ロボット制御部１０のワークメモリとして機能してよい。記憶部の少なくとも一部は、ロボット制御部１０とは別体として構成されてもよい。

[0015] 図２に示されるように、ハンド制御部２０は、状態推定部２１と、変換部２２と、位置制御部２４と、加算器２５、２６及び２７とを備える。ハンド制御部２０は、少なくとも１つのプロセッサを含んで構成されてよい。ハンド制御部２０は、記憶部を含んで構成されてよい。

[0016] ロボット制御部１０は、ロボット制御部１０に接続されたカメラなどから画像情報を取得し、ロボット２のアーム３の制御又は把持対象物８を認識するための画像処理等を実行する。ハンド制御部２０は、例えば認識した把持対象物８を把持するように、ハンド部４を制御する。ロボット制御部１０の演算負荷とハンド制御部２０の演算負荷とは、互いに異なる。ロボット制御部１０とハンド制御部２０とは、別体で構成されてよい。ロボット制御部１０は、ロボット２の本体又はアーム３の足元に設置されたコンピュータとして構成されてよい。ハンド制御部２０は、ハンド部４の内部に組み込まれたＣＰＵ等のプロセッサとして構成されてよい。ハンド制御部２０は、ロボット制御部１０と同一又は類似に構成されてもよい。

[0017] ハンド部４は、モータ４１と、エンコーダ４２と、接触力センサ４３と、力覚センサ４４とを備える。モータ４１は、例えばステッピングモータ等のサーボモータとして構成され、制御信号に基づいて回転角度を制御する。エンコーダ４２は、モータ４１の回転角度を検出してハンド制御部２０に出力する。エンコーダ４２は、ロボット２のアーム３又はハンド部４の位置若し

くは姿勢、又は、速度若しくは加速度等を検出する。ハンド部４は、モーションセンサを更に備えてもよい。モーションセンサは、ロボット２のアーム３の関節に設置されてよい。

[0018] エンコーダ４２、接触力センサ４３及び力覚センサ４４は、単にセンサとも称される。ハンド部４は、複数のセンサを有する。接触力センサ４３及び力覚センサ４４の説明は、後述される。

[0019] 図３及び図４に示されるように、ハンド部４は、複数の指を備える。本実施形態では、ハンド部４は、例えば２本の指４５Ａ及び４５Ｂを備える。ハンド部４は、モータ４１を駆動することによって２本の指４５Ａ及び４５Ｂの間隔を制御し、２本の指４５Ａ及び４５Ｂによって把持対象物８を把持する。ハンド部４は、把持対象物８を把持した状態で、Ｚ軸の正の方向に移動することによって、把持対象物８をＺ軸方向に持ち上げる。図３及び図４において、Ｚ軸の負の方向は把持対象物８に重力が作用する方向に対応する。把持対象物８に重力が作用する方向は鉛直方向とも称される。

[0020] 指４５Ａは、把持対象物８に接触する部分に接触力センサ４３Ａを備える。指４５Ｂは、把持対象物８に接触する部分に接触力センサ４３Ｂを備える。つまり、接触力センサ４３は、接触力センサ４３Ａ及び４３Ｂを含む。接触力センサ４３Ａ及び４３Ｂは、指４５Ａ及び４５Ｂが把持対象物８を把持する場合に把持対象物８から受ける力を検出する。指４５Ａ及び４５Ｂが把持対象物８から受ける力は、接触力とも称される。接触力センサ４３は、圧電センサ又は歪みゲージ等として構成されてよい。接触力センサ４３は、複数の軸に沿った方向の力を検出できるように構成されてよい。接触力センサ４３は、複数の方向それぞれの力に対応する複数のセンサを含んで構成されてよい。接触力の情報は、接触力センサ４３の検出結果だけでなく、ロボット２を駆動するモータに流れる電流を検出する電流センサの検出結果に基づいて取得されてもよい。

[0021] ハンド部４は、２本の指４５Ａ及び４５Ｂを支持する本体部分とロボット２のアーム３との間に力覚センサ４４を備える。力覚センサ４４は、２本の

指４５Ａ及び４５Ｂを介して本体部分に作用する力又はトルクを検出することができる。具体的には、力覚センサ４４は、ハンド部４に対して、図３に示すようなＸ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向のそれぞれに加わる把持力を検出することができる。また、力覚センサ４４は、ハンド部４に対して、Ｘ軸回り、Ｙ軸回り、Ｚ軸回りのそれぞれに働くモーメント力を検出することができる。

[0022] 本実施形態では、例えば図４において、２本の指４５Ａ及び４５Ｂは、把持対象物８を、把持対象物８の重心８ＧよりもＸ軸の正の方向にずれた位置で把持したとする。この場合、把持対象物８から指４５Ａ及び指４５Ｂに対してＹ軸回りのトルク８Ｔが作用する。トルク８Ｔは、把持対象物８が重心８Ｇからずれて把持されていることに起因して把持対象物８に生じるモーメントに対応する。トルク８Ｔは、把持対象物８を把持している２本の指４５Ａ及び４５Ｂを介して本体部分に作用する。力覚センサ４４は、２本の指４５Ａ及び４５Ｂを介して本体部分に作用するトルクを検出する。また、力覚センサ４４は、Ｚ軸の負の方向の力、つまり把持対象物８及びハンド部４に作用する重力を検出する。力覚センサ４４は、圧電センサ又は歪みゲージ等として構成されてよい。力覚センサ４４は、複数の方向それぞれの力又はトルクに対応する複数のセンサを含んで構成されてよい。力覚センサ４４は、ハンド部４だけでなく、ロボット２のアーム３等に設置されてもよい。

[0023] ハンド制御部２０は、エンコーダ４２、接触力センサ４３又は力覚センサ４４等を含む複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいてハンド部４の位置を表す情報を取得してよい。ハンド部４の位置を表す情報は、ハンド部４の位置情報とも称される。ハンド部４の位置情報は、把持対象物８を把持する位置の情報を含んでもよい。

[0024] ロボット制御部１０がロボット２のハンド部４に把持対象物８を把持させる場合、ハンド制御部２０は、以下に説明されるようにハンド部４を制御してよい。

[0025] ハンド制御部２０は、位置制御部２４からハンド部４のモータ４１に対し

てモータ４１の回転角度を制御する制御信号を出力する。ハンド制御部２０は、ハンド部４に対して信号を増幅するドライバ２８を介して制御信号を出力する。モータ４１は、制御信号に基づいて回転角度を制御する。エンコーダ４２は、モータ４１の回転角度を検出してハンド制御部２０の位置制御部２４と状態推定部２１とに出力する。

[0026] 接触力センサ４３は、指４５Ａ及び４５Ｂが把持対象物８に接触した場合の接触力を検出してハンド制御部２０の状態推定部２１と加算器２５とに出力する。ハンド部４が把持対象物８を把持しているときに接触力センサ４３が検出する接触力は、ハンド部４から把持対象物８に作用する把持力に対応する。ハンド部４から把持対象物８に作用する把持力を表す情報は、把持力情報とも称される。ハンド制御部２０は、接触力センサ４３から把持力情報を取得する。

[0027] 力覚センサ４４は、指４５Ａ及び４５Ｂに作用するトルクを検出してハンド制御部２０の状態推定部２１に出力する。ハンド部４が把持対象物８を把持しているときに力覚センサ４４が検出するトルクは、ハンド部４の中で把持対象物８に作用する把持力又はモーメントに対応する。ハンド部４の中で把持対象物８に作用する把持力を表す情報は、把持力情報とも称される。言い換えれば、把持力情報には、接触力センサ４３に出力に基づく把持力情報と力覚センサ４４の出力に基づく把持力情報が含まれている。なお、接触力センサ４３の把持力情報は把持対象物８からハンド部４の指がうける応力である。力覚センサ４４の把持力情報は把持対象物８からハンド部４の本体部が受ける応力である。また、ハンド部４の中で把持対象物８に作用するモーメントを表す情報は、モーメント情報とも称される。ハンド制御部２０は、力覚センサ４４から把持力情報又はモーメント情報を取得する。

[0028] ハンド制御部２０は、状態推定部２１でハンド部４が把持対象物８を把持している状態を推定する。ハンド部４が把持対象物８を把持している状態は、把持状態とも称される。具体的に、状態推定部２１は、モータ４１の回転角度、接触力及びトルクの検出結果に基づいて把持状態を推定する。

[0029] なお、本実施形態では、具体的に、把持状態として、把持正常状態、把持補正状態、把持異常状態又は把持不可状態を推定することができる。把持正常状態は、正常にハンド部４が把持対象物８を正常に把持できている状態に対応する。把持補正状態は、ハンド部４が把持対象物８を正常に把持するために把持態様の補正が必要な状態に対応する。把持異常状態は、ハンド部４による把持対象物８の把持態様が異常である状態に対応する。把持不可状態は、ハンド部４が把持対象物８を把持できない態様で把持対象物８を把持しようとしている状態に対応する。

[0030] 状態推定部２１は、ハンド部４の位置情報に基づいて把持状態を推定してよい。例えば、状態推定部２１は、ハンド部４の位置が所定範囲内又は把持位置が目標把持位置の公差範囲内にあるにもかかわらず、把持力情報又はモーメント情報を取得できない場合又は所定よりも小さい場合には、把持補正状態又は把持異常状態と推定することができる。

[0031] 状態推定部２１は、接触力センサ４３に作用する接触力が第１把持力閾値未満である場合、把持状態が把持補正状態であると推定してよい。具体的には、接触力センサ４３によって接触力をある程度検知できているが、その把持力が第１把持力閾値よりも小さい場合に、把持補正状態であると推定してよい。把持補正状態は、例えばハンド部４が把持対象物８を把持しているときに把持対象物８が滑る状態を含む。言い換えれば、把持補正状態は、把持力又は把持位置等を補正することによって把持対象物８が滑らないように補正できる状態に対応する。第１把持力閾値は、例えば基準となる基準把持力ｒｅｆＴのマイナス公差範囲を超える値として設定されてよい。接触力は、把持対象物８が指４５Ａ又は指４５Ｂから滑る場合、又は、把持対象物８が指４５Ａ又は指４５Ｂに対して斜めになった場合に、第１把持力閾値未満に低下し得る。なお、基準把持力ｒｅｆＴは、把持対象物８ごとに定められてもよい。基準把持力ｒｅｆＴは、例えば、把持対象物８毎にユーザによって設定されてもよい。基準把持力ｒｅｆＴは、例えば、把持対象物８毎に設定されて記憶部に保持されていてもよく、把持対象物８に応じて記憶部から読

み込まれてもよい。なお、この場合、ロボット制御システム１は、ユーザ入力を受け付けるキーボード、ポインタ又はタッチパネル等の入力部を有していてもよい。

[0032] 状態推定部２１は、把持対象物８が把持されている状態で力覚センサ４４が検出した回転モーメントがモーメント閾値以上である場合に、把持状態が把持補正状態であると推定してよい。状態推定部２１は、例えば、Ｙ軸回りのモーメント又はＸ軸回りのモーメントがモーメント閾値以上に増加した場合に、把持状態が把持補正状態であると推定してよい。モーメント閾値は、例えば、把持対象物８の形状又は質量に基づいて設定されてよいし、把持対象物８がハンド部４から滑った場合に生じると想定されるトルクの大きさに基づいて設定されてよい。また、モーメント閾値は、ユーザによって設定されてもよい。モーメント閾値は、あらかじめ記憶部に保持されている設定値であってもよい。なお、この場合、ロボット制御システム１は、ユーザ入力を受け付けるキーボード、ポインタ又はタッチパネル等の入力部を有していてもよい。また、記憶部は、ロボット制御部１０又はハンド制御部２０の記憶部に限らず、ロボット制御部１０又はハンド制御部２０にネットワーク上で接続される記憶部であってもよい。

[0033] 状態推定部２１は、把持力情報として、力覚センサ４４がハンド部４の指４５Ａ又は指４５Ｂの表面と水平方向の力に基づいて、把持状態を推定してもよい。具体的には、本実施形態では、図３、４に示すＸ軸方向の力を検知した場合に、把持状態が把持補正状態であると推定してよい。Ｘ軸方向の力は、把持対象物８が指４５Ａ又は指４５Ｂに対して滑る方向の力に対応する。また、状態推定部２１は、力覚センサ４４が検知するＸ軸方向の力（Ｆｘ）を把持対象物８の質量（ｍ）で割った値（Ｆｘ／ｍ）を、把持対象物８のＸ軸方向の力として算出する。状態推定部２１は、把持対象物８のＸ軸方向の力の絶対値（｜Ｆｘ／ｍ｜）が所定の閾値より大きい場合に、把持対象物８が指４５Ａ又は指４５Ｂに対して滑っていると判定し、把持状態が把持補正状態であると推定してよい。所定の閾値は、例えば、０．１～１００ｍ／

s^2に設定されてよい。なお、推定方向の力に基づいて把持状態を推定する場合、必ずしも把持対象物８の質量との商の値が使用される必要はない。一方で、把持対象物８の質量との商の値を使用すれば、把持対象物８の質量の影響を加味して、把持状態が推定され得る。

[0034] 状態推定部２１は、少なくとも１つの条件に基づいて把持状態が把持補正状態であるか推定してよい。状態推定部２１は、２つ以上の条件のうち少なくとも１つの条件が満たされた場合に把持状態が把持補正状態であると推定してよい。状態推定部２１は、２つ以上の条件を同時に満たす場合に把持状態が把持補正状態であると推定してもよい。

[0035] 具体的に、把持力情報及びモーメント情報を活用することによって、さまざまな把持対象物８の状態に対して柔軟に対応することができる。例えば、把持力情報及びモーメント情報によって、モーメント情報に基づいて把持対象物８の落下を検知しつつ、把持力情報に基づいてその落下を防ぐように把持力を制御することが可能になる。

[0036] また、本実施形態では、接触力センサ４３及び力覚センサ４４を有していることによって、さまざまな把持対象物８の状態に対して柔軟に対応することができる。例えば、力覚センサ４４によって、把持対象物８の落下を検知しつつ、接触力センサ４３によってその落下を防ぐように把持力を制御することが可能になる。

[0037] 状態推定部２１は、接触力センサ４３の出力が把持できない所定トルク以下になった場合、又は、把持対象物８が把持されている状態で力覚センサ４４が所定モーメント以上の回転モーメントを検知した場合、把持状態が把持異常状態であると推定してよい。状態推定部２１は、エンコーダ４２、接触力センサ４３又は力覚センサ４４等を含む複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいて把持対象物８の重量を表す情報を取得してよい。把持対象物８の重量を表す情報は、把持対象物８の重量情報とも称される。状態推定部２１は、重量情報に基づいて把持状態を推定してよい。状態推定部２１は、把持対象物８の重量（Ｚ軸の負の方向の力）が所定の重量以下になった場合

、把持状態が把持異常状態であると推定してよい。把持異常状態は、例えば、ハンド部４が把持対象物８を把持できず落下させる状態に対応する。状態推定部２１は、接触力センサ４３又は力覚センサ４４等のセンサの検出値が０である場合に、ハンド部４から把持対象物８が落下したと推定して把持状態が把持異常状態であると推定してよい。

[0038] 状態推定部２１は、前記把持力情報が第２把持力閾値以下である場合に、前記把持状態が前記把持異常状態であると推定してよい。第２把持力閾値は、第１把持力閾値よりも小さい値に設定されてよい。

[0039] 状態推定部２１は、把持状態が把持異常状態であると複数回にわたって継続して推定した場合、把持状態が把持不可状態であると推定する。

[0040] 状態推定部２１は、把持状態が把持補正状態及び把持異常状態のいずれの状態でもないと推定した場合、把持状態が把持正常状態であると推定する。把持状態が把持正常状態である場合、ハンド部４の把持動作がそのまま継続されてよい。

[0041] 以上述べてきたように、ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、複数のセンサの少なくとも１つが出力する情報に基づいて、把持状態が把持正常状態、把持異常状態、又は把持補正状態のいずれの状態であるかを推定する。状態推定部２１は、把持状態の推定結果をロボット制御部１０に出力する。状態推定部２１によって把持状態が把持不可状態であると推定された場合、ロボット制御部１０又はハンド制御部２０は、ハンド部４による把持動作を停止する。ロボット制御部１０は、ハンド部４の把持対象物８へのアプローチ動作を修正して把持動作を再開してよい。ハンド制御部２０は、把持態様を修正して把持動作を再開してよい。

[0042] 状態推定部２１は、把持状態が把持補正状態であると推定した場合、把持状態の推定結果に応じて接触力の補正を実行するように、ハンド部４による把持力の補正値Ｔｘを加算器２６に出力する。状態推定部２１は、把持状態が把持補正状態であると推定した場合、ハンド部４の指４５Ａ又は指４５Ｂから把持対象物８に対して作用する接触力を増加させるように、把持力の補

正値Ｔｘを設定して加算器２６に出力してよい。つまり、ハンド制御部２０は、把持状態が把持補正状態である場合、状態推定部２１によって、ハンド部４の把持態様を補正できる。

[0043] 加算器２６は、把持力の補正値Ｔｘとｒｅｆ Ｔとを加算して加算器２５に出力する。加算器２５は、把持力の補正値Ｔｘとｒｅｆ Ｔとの加算結果から接触力センサ４３の検出結果（Ｔｍ）を減算して、ΔＴとして変換部２２に出力する。ΔＴは、Ｔｘ＋ｒｅｆ Ｔ－Ｔｍの計算結果であり、基準把持力ｒｅｆ Ｔの上限設定範囲を表す。

[0044] 状態推定部２１は、把持状態が把持補正状態であると推定した場合、変換部２２に対して基準把持力ｒｅｆ Ｔの上限設定範囲ΔＴ又はΔＴより小さいΔＴｘを出力するように把持力の補正値Ｔｘを決定する。なお、変換部２２は、把持力情報を位置情報へ変換することができる。

[0045] 把持状態が把持異常状態であると推定された場合、把持対象物８は、異常状態で把持されている、又は、把持されずに落下している。この場合、状態推定部２１は、次回の把持の機会において把持対象物８を把持できるように基準把持力ｒｅｆ ＴをΔＴａだけ大きくしてよい。つまり、ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって次回の把持の機会において用いる基準把持力ｒｅｆ Ｔの値を増加させてよい。ΔＴａは、ΔＴｘ≦ΔＴａ≦ΔＴの関係を満たす値に設定されてよい。把持状態が把持不可状態であると推定された場合、ロボット制御部１０がロボット２の動作経路を変更して把持アプローチを修正してよい。

[0046] 変換部２２は、ΔＴをΔＸに変換して加算器２７に出力する。ΔＸは、把持位置が制御目標からずれている値を表す。変換部２２は、ΔＸをフィルタに通して加算器２７に出力してもよい。フィルタは、例えば制御系の安定性のために高周波成分をカットするローパスフィルタを含んでよい。加算器２７は、ΔＸとｒｅｆθとを加算して位置制御部２４に出力する。ΔＸとｒｅｆθとの加算結果は、モータ４１の回転角度の制御目標値を表す。位置制御部２４は、エンコーダ４２から取得したモータ４１の回転角度の検出結果と

制御目標値とに基づいて、モータ４１の回転角度が制御目標値に近づくようにモータ４１を制御する。なお、ｒｅｆθは、例えば、ｒｅｆＴを回転角度へ変換した値であってもよい。

[0047] 以上述べてきたように、本実施形態に係るハンド制御部２０は、エンコーダ４２、接触力センサ４３又は力覚センサ４４等を含む複数のセンサの出力に基づいた、ハンド部４から把持対象物８に作用する把持力情報及びハンド部４の中で把持対象物８に作用するモーメント情報を取得可能に構成される。ハンド制御部２０は、把持力情報又はモーメント情報に基づいて、ハンド部４による把持対象物８の把持状態を推定する。ハンド制御部２０は、以上述べてきたように動作することによって、接触力センサ４３及び力覚センサ４４等のセンサの出力をモータ４１の制御にフィードバックできる。本実施形態に係るロボット制御部１０は、把持状態に応じて把持力の補正又は把持アプローチの修正を行うことによって把持の安定性を高めることができる。なお、上記の例において、ハンド制御部２０は、把持力の補正値Ｔｘとｒｅｆ Ｔとの加算結果から接触力センサ４３の検出結果（Ｔｍ）を減算した後、ΔＸへ変換している。ハンド制御部２０は、把持力の補正値Ｔｘとｒｅｆ Ｔとの加算結果をΔＸへ変換した後、ΔＸとｒｅｆθとの加算結果から現在のハンド部４の位置を示す値をエンコーダ４２の検出結果（θｍ）を減算して、位置制御してもよい。

[0048] ハンド部は対象物を把持するために、例えば、対象物が重力方向（Ｚ軸の負の方向）に受ける力Ｆｚと、把持方向（把持対象物の表面の法線方向）の力Ｆｈと、あらかじめ取得したハンド部の指と把持対象物との間の摩擦係数μとの間に、μＦｈ＞Ｆｚの関係が成立するようにハンド部を制御して対象物を把持することがある。この場合、Ｆｚの値が想定より大きい場合でもＦｈの値を大きい値に補正するようにハンド部を制御して対象物の把持を維持する。また、このようなハンド制御部は、あらかじめ取得したμの値を変更せずにハンド部を制御するため摩擦係数μが経年劣化等に起因して低下した場合、μの変化を考慮していない制御によって把持が不安定になる。また、

このようなハンド制御部は、Ｆｚの値を検出するものの回転のモーメントを考慮せずにハンド部を制御するため、把持位置が対象物の重心からずれている場合に把持位置を軸として対象物に回転のモーメントが作用することになり、回転のモーメントを考慮していない制御によって把持が不安定になる。これに対して、本実施形態に係るロボット制御部１０は、トルクを考慮してモータ４１を制御できることによって、把持の安定性を高めることができる。

[0049] ＜フローチャートの例＞

ロボット制御部１０又はハンド制御部２０は、図５、図６又は図７に例示されるフローチャートの手順を含むロボット制御方法を実行してもよい。ロボット制御方法は、ロボット制御部１０又はハンド制御部２０を構成するプロセッサに実行させるロボット制御プログラムとして実現されてもよい。ロボット制御プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

[0050] ロボット制御部１０又はハンド制御部２０は、図５に例示されるフローチャートの手順を実行することによって、ロボット２の把持状態が把持補正状態である場合に対応してよい。

[0051] ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを開始する（ステップＳ１）。ロボット制御部１０及びハンド制御部２０は、ロボット２が把持対象物８を把持して持ち上げるようにロボット２を制御する（ステップＳ２）。具体的に、ロボット制御部１０は、ハンド部４が把持対象物８を把持できるように、アーム３を制御することによって、ハンド部４を把持対象物８まで移動させる。ハンド制御部２０は、ハンド部４が把持対象物８まで移動した状態で把持対象物８を把持するように、ハンド部４を制御する。ロボット制御部１０は、ハンド部４が把持対象物８を把持した状態でハンド部４を上昇させるようにアーム３を制御することによって、把持対象物８を持ち上げる。ハンド制御部２０は、持ち上げた把持対象物８が移動目標まで移動した状態で把持対象物８の把持力を低下させて把持対象物８をハンド部４から離し

て移動目標に置く。

[0052] ハンド制御部２０は、ハンド部４が把持対象物８を持ち上げている状態で、接触力センサ４３又は力覚センサ４４等のセンサの検出結果を取得する（ステップＳ３）。ハンド制御部２０は、センサの検出結果に基づいて把持補正状態の条件を満たすか判定する（ステップＳ４）。ハンド制御部２０は、例えば、力覚センサ４４で検出したＸ軸回りのモーメント又はＹ軸回りのモーメントがモーメント閾値以上である場合に把持補正状態の条件を満たすと判定して把持状態が把持補正状態であると推定してよい。ハンド制御部２０は、力覚センサ４４で検出したＸ軸回りのモーメント及びＹ軸回りのモーメントが両方ともモーメント閾値未満である場合、接触力等に関する把持補正状態の条件を満たすか判定してもよい。

[0053] ハンド制御部２０は、把持補正状態の条件を満たさない場合（ステップＳ４：ＮＯ）、ステップＳ６の手順に進む。ハンド制御部２０は、把持補正状態の条件を満たす場合（ステップＳ４：ＹＥＳ）、把持力の補正値Ｔｘを決定する（ステップＳ５）。

[0054] ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを完了したか判定する（ステップＳ６）。具体的に、ロボット制御部１０は、把持対象物８を持ち上げた後に目標地点に置いた場合に把持対象物８の持ち上げが完了したと判定する。ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを完了した場合（ステップＳ６：ＹＥＳ）、図５のフローチャートの手順の実行を終了する。ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを完了していない場合（ステップＳ６：ＮＯ）、ステップＳ２のロボット２の制御手順に戻る。

[0055] ロボット制御部１０又はハンド制御部２０は、図６に例示されるフローチャートの手順を実行することによって、ロボット２の把持状態が把持異常状態である場合に対応してよい。

[0056] ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを開始する（ステップＳ１１）。ロボット制御部１０及びハンド制御部２０は、ロボット２が把持対象物８を把持して持ち上げるようにロボット２を制御する（ステップＳ１２

）。ロボット制御部１０及びハンド制御部２０は、図５のステップＳ２の手順と同一又は類似にロボット２を制御してよい。

[0057] ハンド制御部２０は、ハンド部４が把持対象物８を持ち上げている状態で、接触力センサ４３又は力覚センサ４４等のセンサの検出結果を取得する（ステップＳ１３）。ハンド制御部２０は、センサの検出値が、把持対象物８を持ち上げていない状態の値であるか判定する（ステップＳ１４）。なお、本実施形態では、把持対象物８を持ち上げていない状態の値は、例えば０であるとする。

[0058] ロボット制御部１０は、センサの検出値が０である場合（ステップＳ１４：ＹＥＳ）、把持対象物８がハンド部４から落下したと推定して把持対象物８の持ち上げを中断する（ステップＳ１５）。ロボット制御部１０は、他の対象物を把持対象物８として選定する（ステップＳ１６）。ロボット制御部１０は、選定した把持対象物８を持ち上げるための把持力を変更する（ステップＳ１７）。ロボット制御部１０は、ステップＳ１６及びＳ１７の手順で選定した把持対象物８を、変更した把持力で持ち上げるように、ステップＳ１１の把持対象物８を持ち上げる手順に戻る。

[0059] ロボット制御部１０は、センサの検出値が０でない場合（ステップＳ１４：ＮＯ）、把持対象物８を把持できていると推定して把持対象物８の持ち上げを継続し、持ち上げが完了したか判定する（ステップＳ１８）。ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを完了した場合（ステップＳ１８：ＹＥＳ）、図６のフローチャートの手順の実行を終了する。ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを完了していない場合（ステップＳ１８：ＮＯ）、ステップＳ１２のロボット２の制御手順に戻る。

[0060] ロボット制御部１０又はハンド制御部２０は、図７に例示されるフローチャートの手順を実行することによって、ロボット２の把持状態が把持不可状態である場合に対応してよい。

[0061] ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを開始する（ステップＳ２１）。ロボット制御部１０及びハンド制御部２０は、ロボット２が把持対

象物８を把持して持ち上げるようにロボット２を制御する（ステップＳ２２）。ロボット制御部１０及びハンド制御部２０は、図５のステップＳ２の手順と同一又は類似にロボット２を制御してよい。

[0062] ロボット制御部１０は、図６のステップＳ１３～Ｓ１５の手順で把持対象物８の持ち上げを中断したか判定する（ステップＳ２３）。ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを中断していない場合（ステップＳ２３：ＮＯ）、把持対象物８の持ち上げを継続し、持ち上げが完了したか判定する（ステップＳ２４）。ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを完了した場合（ステップＳ２４：ＹＥＳ）、図７のフローチャートの手順の実行を終了する。ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを完了していない場合（ステップＳ２４：ＮＯ）、ステップＳ２２のロボット２の制御手順に戻る。

[0063] ロボット制御部１０は、把持対象物８の持ち上げを中断した場合（ステップＳ２３：ＹＥＳ）、中断回数が所定回数以上であるか判定する（ステップＳ２５）。ロボット制御部１０は、中断回数が所定回数以上でない場合（ステップＳ２５：ＮＯ）、つまり中断回数が所定回数未満である場合、他の対象物を把持対象物８として選定する。（ステップＳ２６）ロボット制御部１０は、選定した把持対象物８を持ち上げるための把持力を変更する（ステップＳ２７）。ロボット制御部１０は、ステップＳ２６及びＳ２７の手順で選定した把持対象物８を、変更した把持力で持ち上げるように、ステップＳ２１の把持対象物８を持ち上げる手順に戻る。

[0064] ロボット制御部１０は、中断回数が所定回数以上である場合（ステップＳ２５：ＹＥＳ）、把持対象物８を把持する位置を修正する（ステップＳ２８）。ロボット制御部１０は、修正した把持位置で把持対象物８を持ち上げるように、ステップＳ２１の把持対象物８を持ち上げる手順に戻る。

[0065]（他の実施形態）

以下、他の実施形態に係るロボット制御システム１が説明される。

[0066]＜モーメント又は把持力の変化量に基づく把持状態推定＞

ハンド制御部２０は、モーメント情報としてモーメントの変化量を取得してよい。ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、モーメントの変化量が第１モーメント閾値以上である場合に、ハンド部４の把持状態が把持補正状態であると推定してよい。ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、ハンド部４が把持対象物８を把持する把持力を補正してよい。

[0067] ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、モーメントの変化量が第２モーメント閾値以上である場合に、把持状態が把持異常状態であると推定してよい。第２モーメント閾値は、第１モーメント閾値よりも大きい値に設定されてよい。ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、次回の把持の機会において用いる基準把持力ｒｅｆＴを増加させてよい。

[0068] ハンド制御部２０は、複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいて把持力の増加量を取得してよい。ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、把持力の増加量が所定増加量より大きい場合に、把持状態が把持補正状態であると推定してよい。ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、把持力の増加量が所定増加量以下となるように把持力を補正してよい。このようにすることで、把持対象物８が柔軟体である場合にハンド部４によって破壊されにくくなる。

[0069] ハンド制御部２０は、把持力の上限を設定してハンド部４を制御してよい。このようにすることで、把持対象物８が破壊されにくくなる。把持力の上限は、最低把持力と、把持対象物８に応じて設定されるオフセットとの和として設定されてよい。オフセットは、ユーザ入力によって設定されてよいし、クラウドコンピューティング環境等の外部環境から取得された値に設定されてもよい。オフセットは、最低把持力に所定係数を乗じた値に設定されてよい。所定係数は、例えば１０％等に設定されてよい。

[0070] 把持対象物８が剛体である場合、把持力が大きくなった場合であっても、把持対象物８が破壊されにくい。そこで、ハンド制御部２０は、把持対象物８が剛体であると推定した場合、状態推定部２１によって、把持力の増加量が所定の増加量を超えて把持力を補正することを許容してもよい。つまり、

把持対象物８が剛体である場合、把持力が上限を超えて補正されてもよい。ハンド制御部２０は、把持対象物８が剛体である場合に把持力の上限を超えた補正を許容することによって、ハンド部４の操作性、又は、把持安定性を向上できる。

[0071] ハンド制御部２０は、把持対象物８が剛体であることをユーザの入力に基づいて把握してよい。ハンド制御部２０は、状態推定部２１によって、把持対象物８を把持したときの把持力とハンド部４の指４５Ａ又は４５Ｂの位置との関係に基づいて、把持対象物８が剛体であるか推定してもよい。ハンド制御部２０は、ロボット制御部１０による把持対象物８の認識において把持対象物８が剛体であると認識された結果を取得してもよい。ロボット制御部１０が把持対象物８を認識するために用いる機械学習モデル等のモデル、又は、ルールベースの認識アルゴリズム等のアルゴリズムは、把持対象物８が剛体であるか認識した結果を出力するように構成されてもよい。

[0072] ＜ハンド部４のメンテナンスのタイミングの決定＞

上述したように、把持状態が把持補正状態になる場合は、ハンド部４で把持対象物８を把持するときに滑る場合に対応する。把持対象物８は、ハンド部４の指４５Ａ又は４５Ｂの摩擦力の低下に起因してハンド部４から滑りやすくなる。ハンド部４において、指４５Ａ又は４５Ｂの摩擦力の低下等の劣化が生じ得る。ハンド部４において劣化が生じた場合、ハンド部４のメンテナンスが必要とされる。

[0073] ロボット制御部１０は、ハンド部４の把持状態の推定結果に基づいて、ハンド部４のメンテナンスのタイミングを決定してもよい。例えば、ロボット制御部１０は、ハンド部４で把持対象物８を把持しようとした回数に対して、ハンド部４の把持状態が把持正常状態になる割合が所定の割合未満になった場合、ハンド部４のメンテナンスが必要であると判定してよい。

[0074] 以上、ロボット制御システム１の実施形態を説明してきたが、本開示の実施形態としては、システム又は装置を実施するための方法又はプログラムの他、プログラムが記録された記憶媒体（一例として、光ディスク、光磁気デ

ィスク、ＣＤ－ＲＯＭ、ＣＤ－Ｒ、ＣＤ－ＲＷ、磁気テープ、ハードディスク、又はメモリカード等）としての実施態様をとることも可能である。プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

[0075] また、プログラムの実装形態としては、コンパイラによってコンパイルされるオブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラムコード等のアプリケーションプログラムに限定されることはなく、オペレーティングシステムに組み込まれるプログラムモジュール等の形態であってもよい。さらに、プログラムは、制御基板上のＣＰＵにおいてのみ全ての処理が実施されるように構成されてもされなくてもよい。プログラムは、必要に応じて基板に付加された拡張ボード又は拡張ユニットに実装された別の処理ユニットに

よってその一部又は全部が実施されるように構成されてもよい。

[0076] 本開示に係る実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は改変を行うことが可能であることに注意されたい。従って、これらの変形又は改変は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部等を１つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

[0077] 本開示において、Ｘ軸、Ｙ軸、及びＺ軸は、説明の便宜上設けられたものであり、互いに入れ替えられてよい。本開示に係る構成は、Ｘ軸、Ｙ軸、及びＺ軸によって構成される直交座標系を用いて説明されてきた。本開示に係る各構成の位置関係は、直交関係にあると限定されるものではない。

符号の説明

[0078] １　ロボット制御システム

２　ロボット（３：アーム）

４　ハンド部（４１：モータ、４２：エンコーダ、４３（４３Ａ、４３Ｂ）：接触力センサ、４４：力覚センサ、４５Ａ、４５Ｂ：指）

８　把持対象物（８Ｇ：重心）

１０　ロボット制御部

２０　ハンド制御部（２１：状態推定部、２２：変換部、２４：位置制御部、２５～２７：加算器）

２８　ドライバ

請求の範囲

[請求項1] 把持対象物を把持可能であり、複数のセンサを有するハンド部を制御するハンド制御部を備え、

前記ハンド制御部は、

前記複数のセンサの出力に基づいた、前記ハンド部から前記把持対象物に作用する把持力情報又は前記ハンド部の中で前記把持対象物に作用するモーメント情報を取得可能に構成され、

前記把持力情報又は前記モーメント情報に基づいて、前記ハンド部による前記把持対象物の把持状態を推定する、制御装置。

[請求項2] 前記ハンド制御部は、

前記複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいて、前記把持状態が把持正常状態、把持異常状態、又は把持態様の補正が必要な把持補正状態のいずれの状態であるかを推定し、

前記把持状態が前記把持補正状態である場合、前記ハンド部の把持態様を補正する、請求項１に記載の制御装置。

[請求項3] 前記ハンド制御部は、

前記複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいて前記把持対象物の重量情報を取得し、

前記重量情報に基づいて前記把持状態を推定する、請求項１又は２に記載の制御装置。

[請求項4] 前記ハンド制御部は、

前記重量情報が所定の重量以下になった場合に、前記把持状態が把持異常状態であると推定し、

次回の把持の機会において用いる基準把持力の値を増加させる、請求項３に記載の制御装置。

[請求項5] 前記ハンド制御部は、

前記複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいて前記ハンド部の位置情報を取得し、

前記ハンド部の位置情報に基づいて前記把持状態を推定する、請求項１から４までのいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項6] 前記ハンド制御部は、

前記ハンド部の位置情報で表される前記ハンド部の位置が所定範囲であり、かつ、前記把持力情報が第１把持力閾値以下である場合、前記ハンド部の把持状態が把持補正状態であると推定し、

前記ハンド部が前記把持対象物を把持する把持力を補正する、請求項５に記載の制御装置。

[請求項7] 前記ハンド制御部は、

前記モーメント情報がモーメントの変化量であり、かつ、前記変化量が第１モーメント閾値以上である場合に、前記ハンド部の把持状態が把持補正状態であると推定し、

前記ハンド部が前記把持対象物を把持する把持力を補正する、請求項１から６までのいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項8] 前記ハンド制御部は、

前記モーメント情報がモーメントの変化量であり、かつ、前記変化量が前記第１モーメント閾値よりも大きい第２モーメント閾値以上である場合に、前記把持状態が把持異常状態であると推定し、

次回の把持の機会において用いる基準把持力を増加させる、請求項７に記載の制御装置。

[請求項9] 前記ハンド制御部は、

前記把持力情報が第１把持力閾値よりも小さい第２把持力閾値以下である場合に、前記把持状態が把持異常状態であると推定し、

次回の把持の機会において用いる基準把持力を増加させる、請求項１から８までのいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項10] 前記ハンド制御部は、前記複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいて、把持力の増加量が所定増加量以下となるように把持力を補正する、請求項１から９までのいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項11] 前記ハンド制御部は、前記複数のセンサの少なくとも１つの情報に基づいて、把持力の増加量が前記所定増加量を超えて把持力を補正することを許容する、請求項１０に記載の制御装置。

[請求項12] 前記ハンド制御部は、

前記ハンド部の把持状態が把持異常状態であると複数回にわたって継続して推定された場合、前記ハンド部の把持状態が把持不可状態であると推定し、

前記ハンド部による把持動作を停止する、請求項１から１１までのいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項13] 前記ハンド制御部は、

前記把持力情報として、ハンド部が有する指の表面と水平方向に働く力を取得し、

前記力に基づいて、把持状態を推定する、請求項１から１２までのいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項14] 前記ハンド部の前記把持対象物へのアプローチ動作を制御するロボット制御部を更に備え、

前記ロボット制御部は、前記ハンド部の把持状態が把持不可状態であると推定された場合、前記ハンド部のアプローチ動作を修正する、請求項１から１３までのいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項15] 前記ロボット制御部は、前記ハンド部の把持状態の推定結果に基づいて、前記ハンド部のメンテナンスのタイミングを決定する、請求項１４に記載の制御装置。

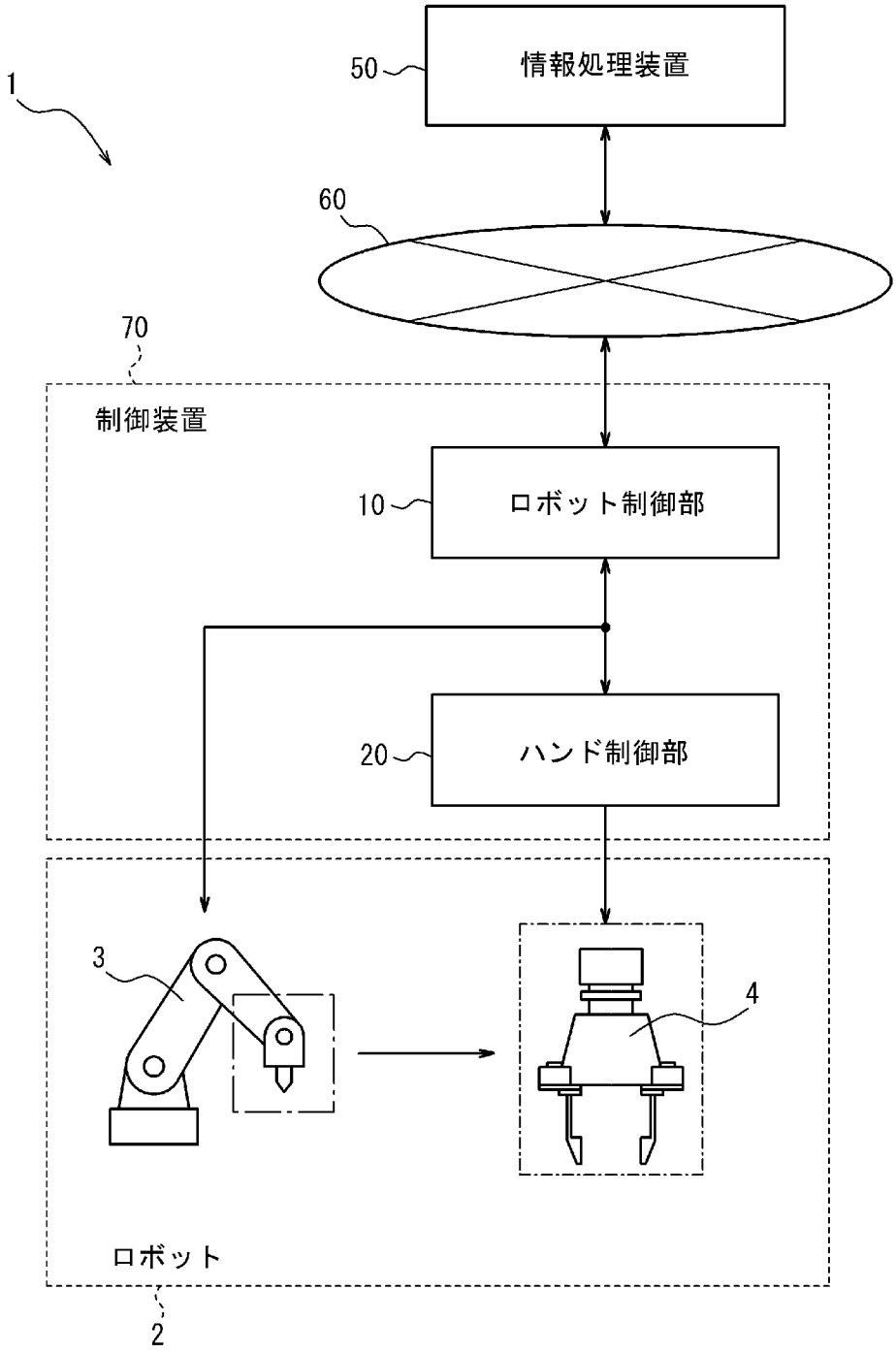
[請求項16] 請求項１から１５までのいずれか一項に記載の制御装置と、ハンド部を有するロボットとを備える、ロボット制御システム。

[請求項17] ハンド部から把持対象物に作用する把持力情報又は前記ハンド部の中で前記把持対象物に作用するモーメント情報を取得することと、

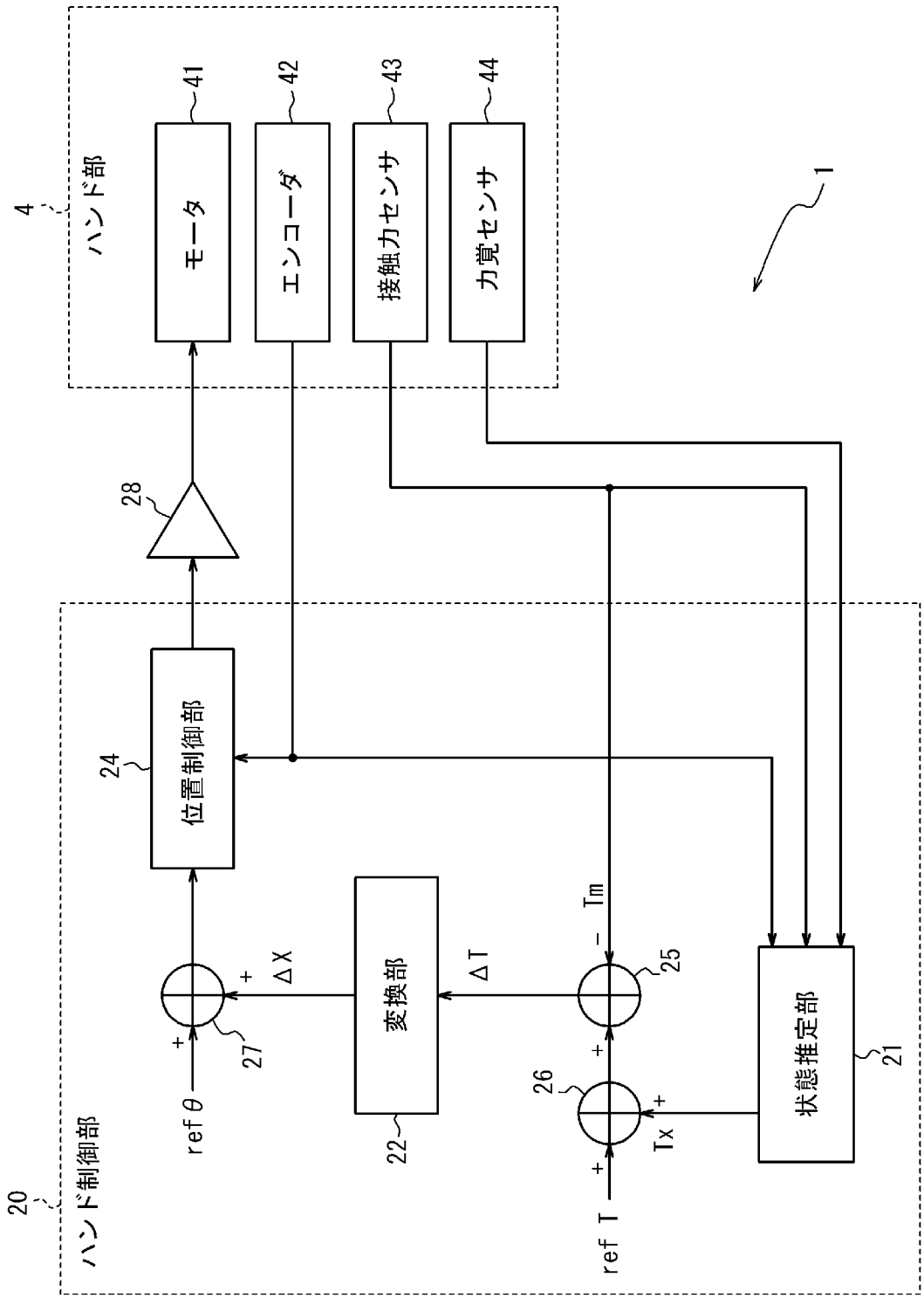
前記把持力情報又は前記モーメント情報に基づいて、前記ハンド部による前記把持対象物の把持状態を推定することと

を含むロボット制御方法。

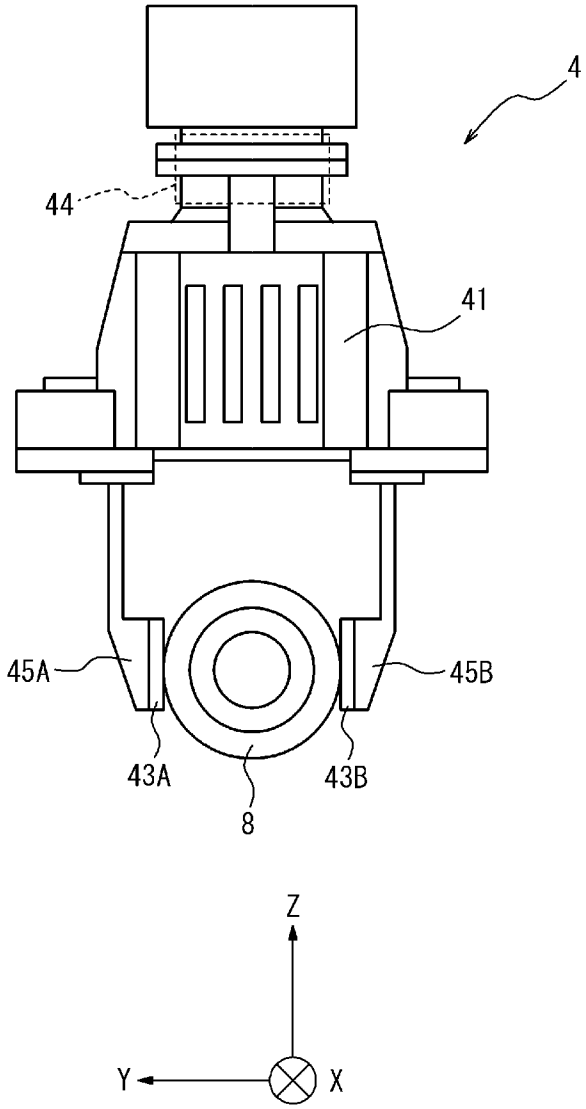
[図1]



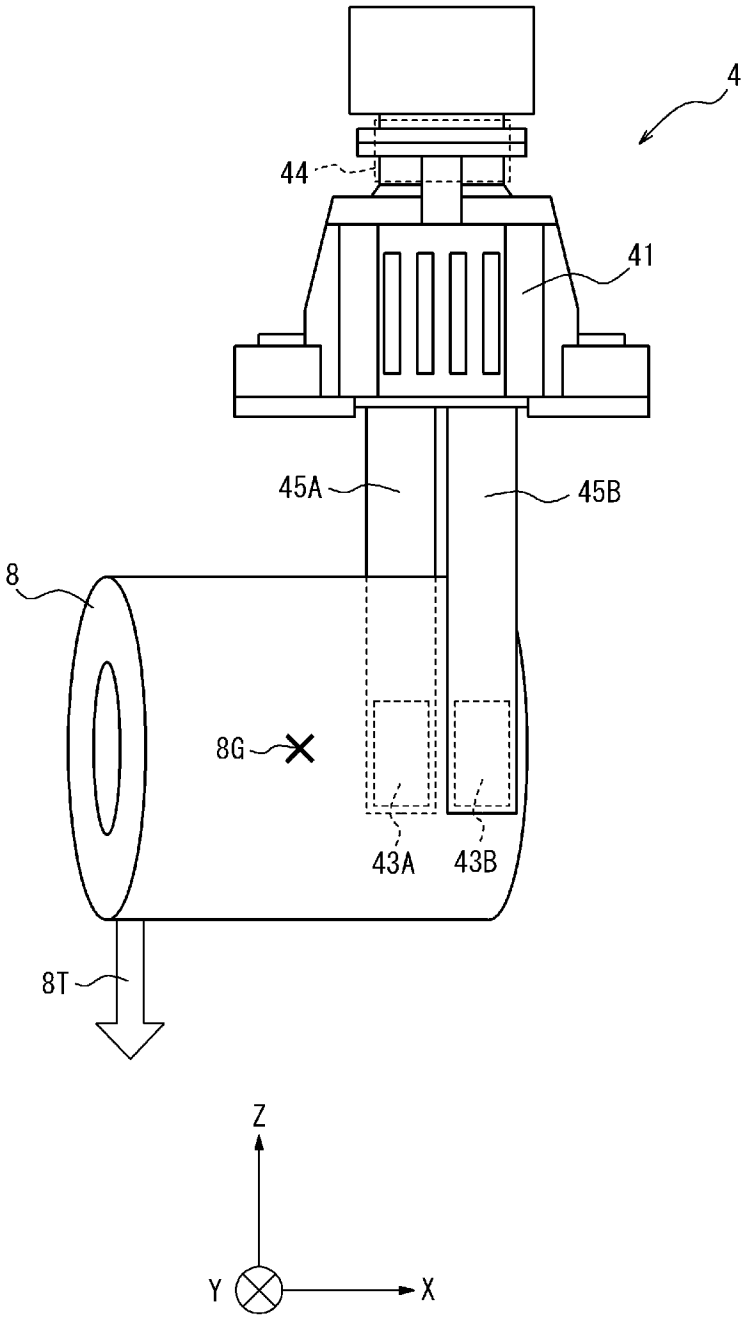
[図2]


4
ハンド部
41
モータ
42
エンコーダ
43
接触力センサ
44
力覚センサ
1
28
20
ハンド制御部
24
位置制御部
22
変換部
21
状態推定部
25
26
27
ref θ
ΔX
ΔT
Tm
Tx
ref T

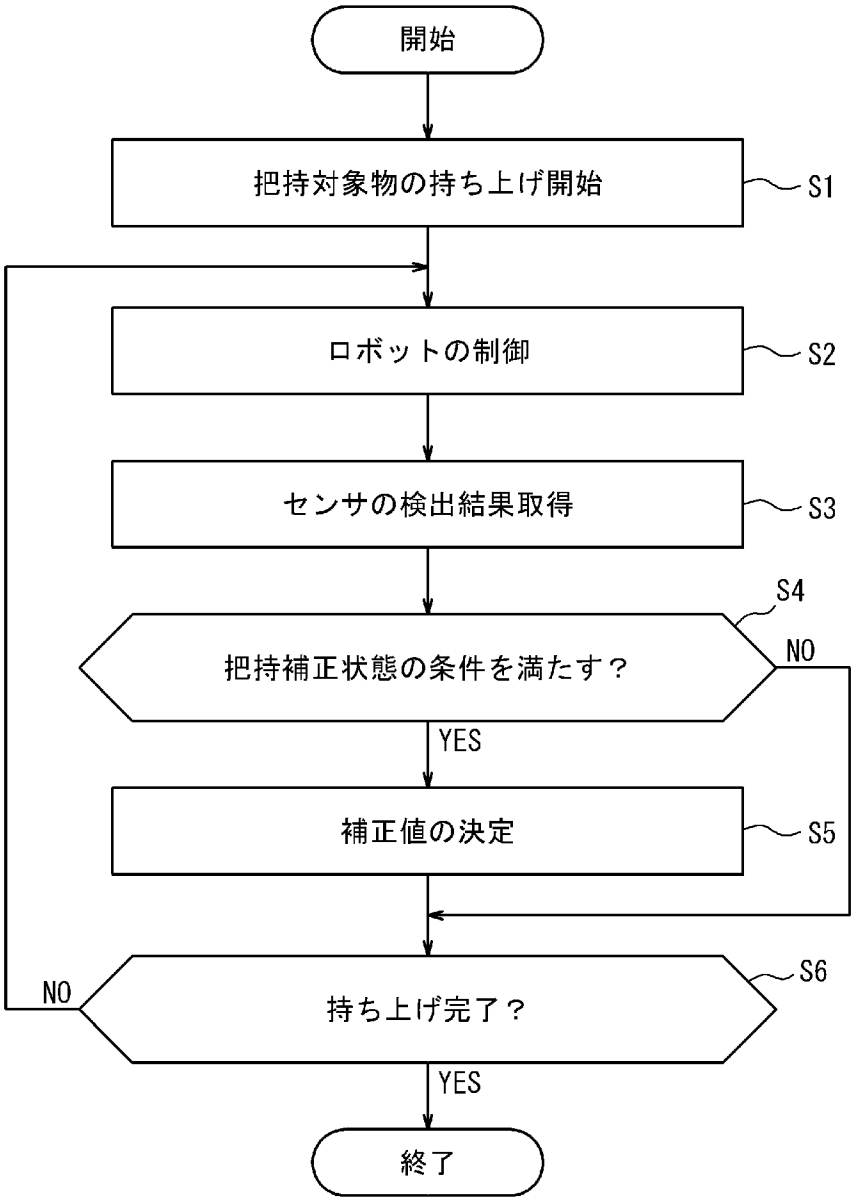
[図3]



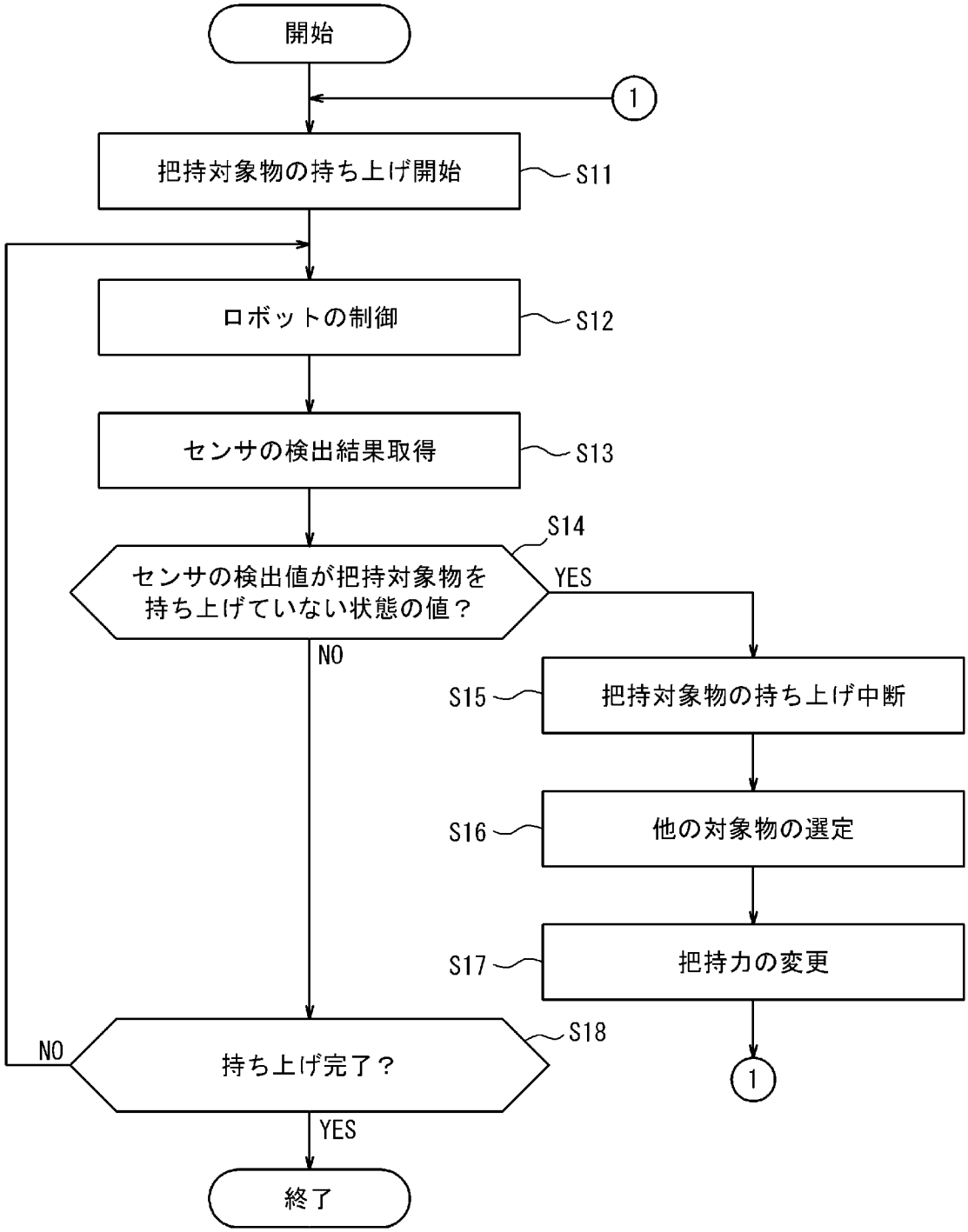
[図4]



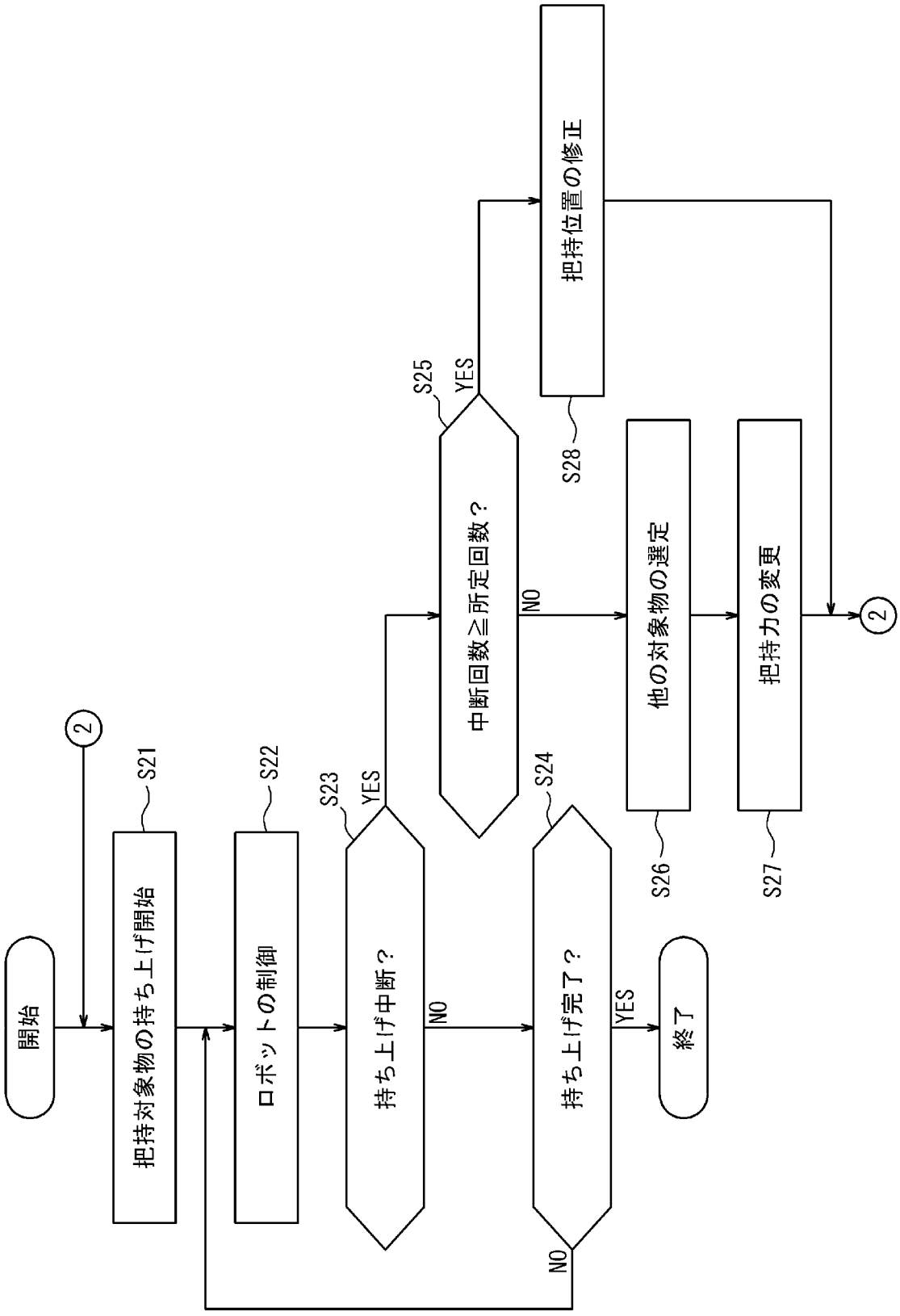
[図5]


開始
把持対象物の持ち上げ開始
S1
ロボットの制御
S2
センサの検出結果取得
S3
S4
把持補正状態の条件を満たす？
NO
YES
補正値の決定
S5
S6
NO
持ち上げ完了？
YES
終了

[図6]


開始
1
把持対象物の持ち上げ開始
S11
ロボットの制御
S12
センサの検出結果取得
S13
S14
センサの検出値が把持対象物を
持ち上げていない状態の値？
YES
NO
S15
把持対象物の持ち上げ中断
S16
他の対象物の選定
S17
把持力の変更
1
S18
NO
持ち上げ完了？
YES
終了

[図7]


開始
2
把持対象物の持ち上げ開始
S21
ロボットの制御
S22
持ち上げ中断？
S23
YES
NO
中断回数≧所定回数？
S25
YES
NO
把持位置の修正
S28
持ち上げ完了？
S24
YES
NO
終了
他の対象物の選定
S26
把持力の変更
S27
2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/044047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 13/08(2006.01)i; ***B25J 15/08***(2006.01)i
FI: B25J13/08 Z; B25J15/08 W

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)

B25J13/08; B25J15/08

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2019-181622 A (FANUC LTD.) 24 October 2019 (2019-10-24) paragraphs [0016]-[0037], fig. 1-8	1-2, 17
Y		3-16
Y	JP 4-310388 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 02 November 1992 (1992-11-02) paragraphs [0012], [0014], fig. 1-3	3-16
Y	JP 2019-188561 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 31 October 2019 (2019-10-31) paragraphs [0047], [0048], [0068], [0084]	3-16
Y	WO 2021/141039 A1 (FANUC LTD,) 15 July 2021 (2021-07-15) paragraphs [0014], [0015], [0025], fig. 6	7-16
Y	JP 2020-40159 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 19 March 2020 (2020-03-19) paragraphs [0009], [0092], [0100]	15-16

☐ 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
30 January 2023	**07 February 2023**
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/JP2022/044047

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-181622 A	24 October 2019	US 2019/0308333 A1 paragraphs [0018]-[0045], fig. 1-8 DE 102019108787 A1 CN 110355774 A	
JP 4-310388 A	02 November 1992	(Family: none)	
JP 2019-188561 A	31 October 2019	WO 2019/207979 A1	
WO 2021/141039 A1	15 July 2021	US 2023/0010518 A1 paragraphs [0023], [0024], [0036], fig. 6 CN 114901439 A DE 112021000515 T5	
JP 2020-40159 A	19 March 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/044047

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; B25J 15/08(2006.01)i
FI: B25J13/08 Z; B25J15/08 W

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; B25J15/08

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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 2019-181622 A (ファナック株式会社) 24.10.2019 (2019-10-24) 段落[0016]-[0037], 図1-8	1-2, 17
Y		3-16
Y	JP 4-310388 A (三菱電機株式会社) 02.11.1992 (1992-11-02) 段落[0012],[0014], 図1-3	3-16
Y	JP 2019-188561 A (株式会社東芝) 31.10.2019 (2019-10-31) 段落[0047]-[0048],[0068],[0084]	3-16
Y	WO 2021/141039 A1 (ファナック株式会社) 15.07.2021 (2021-07-15) 段落[0014]-[0015],[0025], 図6	7-16
Y	JP 2020-40159 A (株式会社東芝) 19.03.2020 (2020-03-19) 段落[0009],[0092],[0100]	15-16

☐ 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	国際調査報告の発送日
30.01.2023	07.02.2023

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）
神山　貴行 3U 3428

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/JP2022/044047

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-181622 A	24.10.2019	US 2019/0308333 A1 段落[0018]-[0045], 図1-8 DE 102019108787 A1 CN 110355774 A	
JP 4-310388 A	02.11.1992	（ファミリーなし）	
JP 2019-188561 A	31.10.2019	WO 2019/207979 A1	
WO 2021/141039 A1	15.07.2021	US 2023/0010518 A1 段落[0023]-[0024],[0036], 図6 CN 114901439 A DE 112021000515 T5	
JP 2020-40159 A	19.03.2020	（ファミリーなし）	