

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7706893号
(P7706893)

(45)発行日 令和7年7月14日(2025.7.14)

(24)登録日 令和7年7月4日(2025.7.4)

(51)国際特許分類

F I

B 2 5 J 13/08 (2006.01)

B 2 5 J 13/08

A

請求項の数 25 (全24頁)

(21)出願番号	特願2021-17515(P2021-17515)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和3年2月5日(2021.2.5)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2022-120550(P2022-120550		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
	A)	(74)代理人	100126240
(43)公開日	令和4年8月18日(2022.8.18)		弁理士 阿部 琢磨
審査請求日	令和6年1月30日(2024.1.30)	(74)代理人	100223941
			弁理士 高橋 佳子
		(74)代理人	100159695
			弁理士 中辻 七朗
		(74)代理人	100172476
			弁理士 富田 一史
		(74)代理人	100126974
			弁理士 大朋 靖尚
		(72)発明者	天野 新吾
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボットシステム、ロボットシステムの制御方法、ロボットシステムを用いた物品の製造方法、ロボットハンド、ロボットハンドの制御方法、制御プログラムおよび記録媒体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

指部と前記指部が設けられた掌部とを有するロボットハンドと、制御装置と、対象物と前記指部との距離に関する情報を取得する第1センサと、前記掌部の所定位置に設けられ前記対象物までの距離に関する情報を取得する第2センサと、を備えたロボットシステムであって、

前記制御装置は、

前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第1センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記指部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御し、
前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第2センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記掌部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、

ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項2】

請求項1に記載のロボットシステムにおいて、

前記対象物の所定の面に前記指部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、

ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項3】

請求項 1 または 2 に記載のロボットシステムにおいて、
前記ロボットハンド全体の位置およびまたは姿勢を制御する、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記第 1 センサは前記指部に設けられており、前記指部の先端から、前記対象物が載置
されている面に対して直交する方向における前記対象物の長さ以下の範囲、に設けられて
いる、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記制御装置は、
前記第 2 センサの検出結果に基づき、前記対象物を前記指部で把持する方向と直交する
方向において前記対象物に対して前記掌部が沿うように前記ロボットハンドの位置および
または姿勢を制御する、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記第 2 センサは、前記掌部に設けられた、前記指部側に傾斜する傾斜面を備える部位
に設けられている、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記指部には、前記対象物が載置されている面と前記指部の先端との距離に関する情報
を取得する第 3 センサが設けられている、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のロボットシステムにおいて、
前記指部は、前記対象物を把持する場合に、前記対象物が載置されている面に対して直
交する方向に移動し、
前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う
把持動作中において、前記第 3 センサの検出結果に基づき、前記指部と前記対象物が載置
されている面との干渉を回避するように、前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を
制御する、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記第 1 センサは少なくとも 2 つ設けられており、光学的性質が異なる 2 種類のセンサ
となっている、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のロボットシステムにおいて、
少なくとも 2 つの前記第 1 センサの種類は、近接センサと TOF センサである、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記第 1 センサは、前記指部において前記対象物と接触する面とは異なる面に設けられ
ている、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 12】

請求項 1 1 に記載のロボットシステムにおいて、
前記指部において、前記対象物と接触する面は、前記第 1 センサが設けられている面よりも高い位置に設けられている、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 1 3】

請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記制御装置は、
前記指部の第 1 面と、前記対象物における前記第 1 面と接触する第 2 面とが、略平行となるように、前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、
ことを特徴とするロボットシステム。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記制御装置は、
前記掌部の第 3 面と、前記対象物における前記第 3 面と対向する第 4 面とが、略平行となるように、前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 1 5】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記指部には、前記対象物が載置されている面と前記指部の先端との距離に関する情報を取得する第 3 センサが設けられており、
前記ロボットハンドは、前記第 1 センサおよび前記第 2 センサおよび前記第 3 センサを統合して制御するセンサノードを備えている、
ことを特徴とするロボットシステム。

20

【請求項 1 6】

請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記制御装置により、前記対象物に対する前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を自動で制御できる、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 1 7】

請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記対象物は、前記ロボットハンドが設けられたロボットアームに対して所定角度傾斜して配置されている、
ことを特徴とするロボットシステム。

30

【請求項 1 8】

請求項 1 から 1 7 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、
前記ロボットハンドは、前記指部として、第 1 指部と第 2 指部とを有しており、
前記第 1 センサは、前記第 1 指部または前記第 2 指部の片方、または前記第 1 指部及び前記第 2 指部の両方に設けられている、
ことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 1 9】

請求項 7 または 8 に記載のロボットシステムにおいて、
前記ロボットハンドは、前記指部として、第 1 指部と第 2 指部とを有しており、
前記第 3 センサは、前記第 1 指部または前記第 2 指部の片方、または前記第 1 指部及び前記第 2 指部の両方に設けられている、
ことを特徴とするロボットシステム。

40

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 9 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムにおいて、前記ロボットハンドが設けられたロボットアームを有し、前記ロボットハンドと前記ロボットアームとを用いて物品の製造を行うことを特徴とする物品の製造方法。

【請求項 2 1】

50

指部と前記指部が設けられた掌部とを有するロボットハンドと、制御装置と、対象物と前記指部との距離に関する情報を取得する第１センサと、前記掌部の所定位置に設けられ前記対象物までの距離に関する情報を取得する第２センサと、を備えたロボットシステムの制御方法であって、

前記制御装置が、

前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第１センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記ロボットハンドの指部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御し、前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第２センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記掌部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、

10

ことを特徴とする制御方法。

【請求項２２】

指部と前記指部が設けられた掌部とを有するロボットハンドであって、

対象物に対する前記指部とロボットハンドの距離状態に関する情報を取得する第１センサと、前記掌部の所定位置に設けられ前記対象物までの距離に関する情報を取得する第２センサと、を備え、

前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第１センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記ロボットハンドの指部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御し、前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第２センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記掌部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、

20

ことを特徴とするロボットハンド。

【請求項２３】

指部と前記指部が設けられた掌部とを有するロボットハンドの制御方法であって、

対象物に対する前記指部とロボットハンドの距離状態に関する情報を取得する第１センサと、前記掌部の所定位置に設けられ前記対象物までの距離に関する情報を取得する第２センサと、を備え、

制御装置が、

30

前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第１センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記ロボットハンドの指部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御し、前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第２センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記掌部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、

ことを特徴とする制御方法。

【請求項２４】

請求項２１または２３に記載の制御方法をコンピュータで実行可能な制御プログラム。

【請求項２５】

40

請求項２４に記載の制御プログラムを格納した、コンピュータで読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、ロボットシステムに関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、従来人手で行われていたカメラやプリンタなどの工業製品の製造工程を、ロボットハンドとロボットアームを有するロボット装置を用いて自動化する要求が高まっている

50

。これら製品を構成する部品（ワーク）は、小型かつ精密な部品が多く、形状、材質など多岐に渡っている。そのため、ロボットハンドに正しく把持させるべく、ワークに適した把持姿勢をロボットハンドに設定する必要がある。上述の方法の１つとして特許文献１に記載の技術がある。下記特許文献１には、カメラを指先に設置し、指先のカメラを用いてワークの距離計測を行い、ワークに適した把持姿勢を設定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】特開２００９－６６６７８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら特許文献１に記載された技術は、カメラを用いてワークの位置姿勢を計測するため画像処理が必要となる。画像処理を実行させる場合、各種調整（照明の姿勢調整、カメラの校正、画像処理のパラメータ調整など）といった作業が発生し、把持姿勢の設定を容易に行うことが困難になるという課題がある。

【０００５】

本発明は、上述の事情に鑑み、把持姿勢の設定を容易に行うことができるロボットシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

上記課題を解決するため、本発明では、指部と前記指部が設けられた掌部とを有するロボットハンドと、制御装置と、対象物と前記指部との距離に関する情報を取得する第１センサと、前記掌部の所定位置に設けられ前記対象物までの距離に関する情報を取得する第２センサと、を備えたロボットシステムであって、前記制御装置は、前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第１センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記指部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御し、前記指部を動作させることで前記指部を前記対象物に接近させ前記対象物の把持を行う把持動作中において、前記第２センサの検出結果に基づき、前記対象物に対して前記掌部が沿うように前記ロボットハンドの位置およびまたは姿勢を制御する、ことを特徴とするロボットシステムを採用した。

【発明の効果】

【０００７】

本発明によれば、把持姿勢の設定を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】本発明を採用可能なロボットシステムの概略構成を示した説明図である。

【図２】本発明を採用可能なセンサのシステム構成を示した説明図である。

【図３】本発明を採用可能なエンドエフェクタの概略構成を示した説明図である。

【図４】本発明を採用可能なロボットシステムに係る処理手順を示すフローチャート図である。

【図５】本発明を採用可能なセンサデータ取得に係る処理手順を示すフローチャート図である。

【図６】本発明を採用可能な指令値算出に係る処理手順を示すフローチャート図である。

【図７】本発明を採用可能なロボットシステムに係る処理の遷移図である。

【図８】本発明の第２の実施形態に係るセンサの概略を示した説明図である。

【図９】本発明の第３の実施形態に係るワークの概略を示した説明図である。

【図１０】本発明の第３の実施形態に係るエンドエフェクタの概略構成を示した説明図である。

【図１１】本発明の第３の実施形態に係るロボットシステムに係る処理の遷移図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【０００９】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するに好適な実施形態につき詳細に説明する。なお、以下に示す実施例はあくまでも一例であり、例えば細部の構成については本発明の趣旨を逸脱しない範囲において変更することができる。また、各実施形態で取り上げる数値は、参考数値であって、本発明を限定するものではない。

【００１０】

(第１の実施形態)

図１は、本発明を採用可能なロボットシステムの概略構成を示した説明図である。本実施形態のロボットシステム１００は、ロボットアーム本体２００、ロボットハンド本体３００、センサノード８００、ロボットハンド制御装置５００、ロボットアーム制御装置４００、センサ制御装置７００、外部入力装置９００で構成される。把持対象物であるワークＷ１は、載置台Ｓ１上に載置されている。

10

【００１１】

ロボットシステム１００によってワークＷ１を操作し、他のワークに組付けることにより、工業製品、ないしは物品を製造することができる。例えば、このワークＷ１に対する操作は、ロボットアーム本体２００とロボットハンド本体３００を用いて把持対象物としてのワークＷ１を把持し、移動させ、さらにワークＷ１を他のワークに嵌合または組付といった操作で実行される。

【００１２】

20

ロボットアーム本体２００は、本実施形態では多関節のロボットアームであり、ロボットアーム本体２００の根元は台座６００に固定されている。ロボットアーム本体２００の先端には、エンドエフェクタであるロボットハンド本体３００が装着されている。またロボットハンド本体３００はセンサノード８００を備えている。このロボットハンド本体３００を用いてワークＷ１に対して操作を行う。また、ロボットアーム本体２００の各関節には、これらの関節を各々駆動する駆動源としてのモータ、およびモータの回転角度を検出する位置検出手段としてのエンコーダがそれぞれ設けられている。なお、エンコーダの設置位置および出力方式は問わない。

【００１３】

ロボットハンド本体３００は後述するモータと開閉機構により２本の指を開閉し、ワークＷ１の把持ないし解放を行う１自由度以上のハンドであり、ワークＷ１をロボットアーム本体２００に対して相対変位させないように把持できれば良い。なお、本実施形態では指の本数を２本としたが、当業者が適宜変更することができる。また本実施形態において、ロボットハンド３００は不図示のモータ駆動で指を動作させているが、空気圧駆動のようなエアグリッパであっても良い。

30

【００１４】

ロボットアーム制御装置４００は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）４０１、ＲＯＭ（Read Only Memory）４０２、ＲＡＭ（Random Access Memory）４０３を有している。また外部との通信を担うアームＩＦ（Inter Face）４０４、外部ＩＦ４０５、フラッシュＲＯＭ４０６を有している。ＲＯＭ４０２あるいは、フラッシュＲＯＭ４０６は、ロボットアーム本体２００の各種動作に応じて対応する駆動部を制御するためのプログラムや、それらの制御に必要なデータ等を記憶している。ＲＡＭ４０３はＣＰＵ４０１の作業領域として機能する。

40

【００１５】

アームＩＦ４０４は、ロボットアーム本体と通信するためのインタフェースとして機能する。外部ＩＦ４０５は、ロボットハンド制御装置５００、センサ制御装置７００、外部入力装置９００と通信するためのインタフェースとして機能する。ＣＰＵ４０１は、ロボットハンド本体３００の移動先であるロボットアーム本体２００の先端の目標位置及び姿勢に対して各関節が取るべき角度を計算する。そしてアームＩＦ４０４を介して各関節のモータを制御するサーボ回路（不図示）へと指令値を出力し、ロボットアーム本体２００

50

の各関節を駆動制御する。これによってロボットハンド本体 300 に把持されたワーク W1 を目標位置へと搬送することができる。

【0016】

ロボットハンド制御装置 500 もロボットアーム制御装置 400 と同様に、CPU 501、ROM 502、RAM 503、ハンド IF 504、外部 IF 505、フラッシュ ROM 506 を有している。ROM 502 あるいは、フラッシュ ROM 506 は、ロボットハンド本体 300 の各種動作に応じて対応する駆動部を制御するためのプログラムや、それらの制御に必要なデータ等を記憶している。RAM 503 は CPU 501 の作業領域として機能する。

【0017】

ハンド IF 504 は、ロボットハンド本体 300 と通信するためのインタフェースとして機能する。外部 IF 505 は、ロボットアーム制御装置 400、センサ制御装置 700、外部入力装置 900 と通信するためのインタフェースとして機能する。CPU 501 は、ロボットハンド本体 300 の指部の目標位置に対して駆動源が取るべき角度を計算する。そして、ハンド IF 504 を介して駆動源を制御するサーボ回路（不図示）へと指令値を出力し、ロボットハンド本体 300 の指部を駆動制御する。これによってロボットハンド本体 300 によりワーク W1 を把持することができる。

【0018】

図 2 は、本実施形態センサシステムの制御構成を示した制御ブロック図である。本実施形態のセンサシステムは、センサ 811～816、センサノード 800、センサ 811～816 を制御するセンサ制御装置 700 で構成される。

【0019】

センサ 811～816 は、ワーク W1 までの距離を計測可能な距離センサである。センサ 811～816 は、近接センサであっても、TOF (Time Of Flight) センサであっても良いが、本実施形態では近接センサとする。近接センサは、LED（不図示）とフォトランジスタ（不図示）から成るフォトリフレクタである。送信部である LED は、赤外線 LED が好適である。送信部から発光された光をワーク W1 が反射して、その反射光を受信部のフォトランジスタが受信をすることで距離を計測する。フォトリフレクタは、距離に応じた反射光の輝度を電流として出力する。抵抗を介することで電流は電圧として計測することができる。

【0020】

センサノード 800 は、電源コントローラ 801 とセンサデータ取得部 802 を有している。電源コントローラ 801 は、センサ 811～816 の電源をそれぞれオンオフ制御することができる。センサデータ取得部 802 は、センサ 811～816 の出力（検出結果）をそれぞれ取得することができる。本実施形態の場合、センサ 811～816 は近接センサであるためセンサの出力は電圧となり、センサデータ取得部 802 は AD コンバータと同等のものとなる。また、電源コントローラ 801 とセンサデータ取得部 802 は、センサ制御装置 700 と通信するため、シリアル通信が可能なノード IF 804 を備えている。

【0021】

センサ制御装置 700 は、CPU 701、ROM 702、RAM 703、センサ IF 704、外部 IF 705、フラッシュ ROM 706 を有している。ROM 702 あるいは、フラッシュ ROM 706 は、センサ 811～816 の電源制御やセンサデータを取得し、補正するためのプログラムや、それらの制御に必要なデータ等を記憶している。RAM 703 は CPU 701 の作業領域として機能する。センサ IF 704 は、センサノード 800 内の電源コントローラ 801 とセンサデータ取得部 802 と通信するためノード IF 804 と接続されるインタフェースとして機能する。外部 IF 705 は、ロボットアーム制御装置 400、ロボットハンド制御装置 500 などと通信するためのインタフェースとして機能する。

【0022】

10

20

30

40

50

図 3 は、本実施形態のロボットハンド本体 300 の概略構成を示した図である。ロボットハンド本体 300 は、ハンド用モータドライバ 301、エンコーダ 302、ハンド用モータ 303、ギヤ 304、指部 305、306、スライドガイド 307、308 を有している。

【0023】

ハンド用モータドライバ 301 は、ハンド用モータ 303 の回転角をエンコーダ 302 で計測し、各制御装置からの指令値に基づきフィードバック制御する。そしてギヤ 304、スライドガイド 307、308 を介して、指部 305、306 の位置を制御することができる。

【0024】

指部 305 の先端には、センサ 811、812、813、814 が図示の位置に配置される。センサ 811、812、813 は、ワーク W1 の Z 軸方向の厚みよりも小さい範囲で同一面内に配置され、指部 305 とワーク W1 の把持方向（X 軸方向）の距離を計測可能である。またセンサ 814 は、指部 305 と台座 600 または載置台 S1 の手先方向（Z 軸方向）の距離を計測可能に配置される。また、指部 305 の先端には、ワーク W1 と接触する面となる接触部 309 が設けられている。接触部 309 は、センサ 811～813 が設けられている面とは異なる面（各センサが設けられている面から所定の高さを有する段差）となるように設けられている。これによりワーク W1 を把持する際、ワーク W1 と各センサとが接触する危険性を低減し、センサが故障する可能性を低減できる。

【0025】

一方、センサ 815、816 は、ワーク W1 に対して、ワーク W1 の Y 軸方向（指部の把持方向と直交する方向）の幅よりも大きい長さとなる位置となるようにロボットハンド本体 300 の掌部に傾斜を持って配置される。上述の配置により各センサによりワークの面を確実に計測することが可能となる。

【0026】

次に、本実施形態のロボットシステム 100 における処理手順を図 4 に示すフローチャートを用いて説明する。前提として、ワーク W1 は、直方体とし、載置台 S1 の中でロボットハンド本体 300 に対して所定の角度傾斜し、ラフに置かれているものとする。また、ワーク W1 をロボットハンド本体 300 の指部 305、306 によって把持できる位置から開始するものとする。センサ 811～816 によって、ワーク W1 または載置台 S1 を計測することで、ロボットハンド本体 300 の位置姿勢を適切に変更し把持を行う。また下記で述べるフローは各制御装置の CPU が相互に通信を行うことで実行されるものとする。

【0027】

まずステップ S10 にて、指部 305、306 の目標値を設定する。この目標値は、把持直前の幅 D_{ref} 、載置台 S1 とのクリアランス h_{ref} 、位置決め許容値 $_{xyz}$ 、姿勢決め許容値 $_{\tau xyz}$ である。これらの値は、ロボットハンド本体 300 の目標となる把持姿勢を決める値である。本実施形態では、これらの値の設定により、ロボットハンド本体 300 がワーク W1 に沿う（各指部の接触面が、接触するワーク W1 の面に対して略平行となる、掌部の面が、掌部に対向するワーク W1 の面に対して略平行となる）把持姿勢を目標とする。位置決め許容値 $_{xyz}$ は、センサによって計測される各指部および掌部とワークとの距離の許容値、姿勢決め許容値 $_{\tau xyz}$ は、センサの計測結果から幾何学的に求められる指部および掌部とワークとの相対的な角度の許容値である。

【0028】

次にステップ S20 にて、センサ制御装置 700 が、センサ 811～816 のセンサデータを取得する。詳細は、図 5 を用いて後述する。

【0029】

次にステップ S30 にて、センサ制御装置 700 が、ロボットハンド本体 300 の位置姿勢の現在値を取得する。外部 IF 705 を介して、ロボットアーム制御装置 400 とロボットハンド制御装置 500 とから、ロボットハンド本体 300 の位置および姿勢の情報

10

20

30

40

50

である x 、 y 、 z 、 T_x 、 T_y 、 T_z と指数 305、307 の相対的な位置関係である把持幅 H を取得する。

【0030】

次にステップ S40 にて、制御完了条件と比較する。制御完了条件は、各計測値 D が次式を満たす場合である。

【0031】

【数1】

$$\left\{ \begin{array}{l} |D_{ref} - D_1| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_2| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_3| < \varepsilon_{xyz} \\ |h_{ref} - D_4| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_5 \cos \alpha| < \varepsilon_{xyz} \quad (1) \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_1 - D_3|}{L_{7a}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_1 - D_2|}{L_{7g}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \left| \tan^{-1} \left(\frac{|D_6 - D_5|}{L_{7c}} \right) - \alpha \right| < \varepsilon_{Txyz} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 10 \\ 20 \end{array}$$

【0032】

各計測値 D の下付き数字は、各センサ 811 ~ 816 の内、どのセンサで取得したセンサデータに関する距離の計測値であるかを示している。 D_1 はセンサ 811 の計測値、 D_2 はセンサ 812 の計測値、 D_3 はセンサ 813 の計測値、 D_4 はセンサ 814 の計測値、 D_5 はセンサ 815 の計測値、 D_6 はセンサ 816 の計測値である。 α はセンサ 815 がロボットハンド本体 300 の掌部となす角である。 L_{7a} はセンサ 811 とセンサ 813 のそれぞれの計測点間の長さ、 L_{7c} はセンサ 815 とセンサ 816 のそれぞれの計測点間の長さ、 L_{7g} はセンサ 811 とセンサ 812 のそれぞれの計測点間の長さである。制御完了条件を満たす場合、完了となる。

【0033】

逆に、目標値が制御完了条件を満たさない場合、ステップ S40 : No より、ステップ S50 に進む。ステップ S50 では、センサ制御装置 700 がロボットアーム制御装置 400 とロボットハンド制御装置 500 に送信する指令値を算出する。詳細は、図 6 を用いて後述する。

【0034】

次にステップ S60 より、外部 IF 705 を介して、算出した指令値をそれぞれロボットアーム制御装置 400 とロボットハンド制御装置 500 に送信する。そしてステップ S20 の直前に戻り、再度センサデータを取得し、計測値が式 (1) で示す制御完了条件を満たすか判定を行う。

【0035】

ステップ S40 にて、各計測値が制御完了条件を満たせば、ロボットハンド本体 300 が適切な把持姿勢であると判断し、把持姿勢の調整に関する制御フローを終了する。

【0036】

次にセンサデータの取得を行うステップ S20 について詳述する。図 5 は、本実施形態におけるセンサデータ取得に係る処理手順 (ステップ S20) を示すフローチャートである。

【0037】

10

20

30

40

50

まずステップS 2 1にて、変数*i*に1をセットする。変数*i*は、センサ番号を示す。センサ番号は、各計測値Dの下付き数字のセンサと対応する。

【0038】

次にステップS 2 2にて、変数*i*がセンサ総数Nを超えているか判断する。本実施形態の場合、Nは6である。変数*i*がセンサ総数Nを超えていない場合、ステップS 2 2：Nより、ステップS 2 3に進む。

【0039】

ステップS 2 3では、変数*i*の値に従って、センサ8 1 1～8 1 6のいずれかを電源コントローラ8 0 1を用いてONする。例えば、変数*i*が1の場合はセンサ8 1 1のみをONし、変数*i*が6の場合はセンサ8 1 6のみをONする。

10

【0040】

次にステップS 2 4にて、ONしたいいずれかのセンサ8 1 1～8 1 6からのセンサデータ取得部8 0 2を用いて、センサデータを取得する。本実施形態の場合、センサ8 1 1～8 1 6は近接センサであるので、センサデータは電圧である。また、センサデータを複数回取得して、フィルタ処理をしても良い。

【0041】

そしてステップS 2 5にて、センサ8 1 1～8 1 6を電源コントローラ8 0 1によって、すべてOFFする。

【0042】

そしてステップS 2 6にて、変数*i*をインクリメントし、ステップS 2 2の直前に戻る。以上のフローを繰り返し、必要な数のセンサからセンサデータを取得する。

20

【0043】

ステップS 2 2において、変数*i*がセンサ総数Nを超えている場合、ステップS 2 2：Yesより、ステップS 2 7に進む。ステップS 2 7では、センサデータを距離計測データに補正する。近接センサの場合、近接センサの焦点距離以降は、計測対象物との距離が大きくなると、電圧は低下するので、テーブルや多項式を用いて、電圧から距離に補正することができる。その際に、テーブルや多項式の係数の値を事前に取得し、フラッシュROM 7 0 6に保存しておくことが好適である。このようにすることで、他のセンサのLED光の影響を軽減でき、センサの計測精度を向上可能である。以上によりセンサデータを取得し、センサデータの取得の制御フローを終了する。

30

【0044】

次にロボットハンド本体3 0 0の位置姿勢を調整する指令値算出の制御フローについて詳述する。図6は、本実施形態における指令値算出および位置姿勢の調整に係る処理手順（ステップS 3 0～ステップS 6 0）の詳細を示すフローチャートである。図7は、図6の制御フローチャートにおけるロボットハンド本体3 0 0の状態図である。ここで図7（a）より、ワークW 1は、ロボットハンド本体3 0 0に対して所定の角度傾斜している状態からスタートする。

【0045】

図6より、まずステップS 7 1にて、X、Y軸姿勢の完了条件と比較する。完了条件は、次式をすべて満たすことである（図7（a）～（d））。

40

【0046】

【数2】

$$\left\{ \begin{array}{l} \tan^{-1} \left(\frac{|D_1 - D_3|}{L_{7a}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \left| \tan^{-1} \left(\frac{|D_6 - D_5|}{L_{7c}} \right) - \alpha \right| < \varepsilon_{Txyz} \end{array} \right. \quad (2)$$

【0047】

50

図 7 (a) より、センサ 8 1 1、センサ 8 1 3 からの検出値が、式 (2) を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 5 に進み、Y 軸周りの姿勢を補正する指令値を出力し、ステップ S 7 1 の直前まで戻りロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢を変更する。センサ 8 1 1、センサ 8 1 3 からの検出値が式 (2) を満たせば、Y 軸周りの姿勢が図 7 (b) の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 の Y 軸周りの姿勢の調整が完了する。

【 0 0 4 8 】

同様に図 7 (c) より、センサ 8 1 5、センサ 8 1 6 からの検出値が、式 (2) を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 5 に進み、X 軸周りの姿勢を補正する指令値を出力し、ステップ S 7 1 の直前まで戻りロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢を変更する。センサ 8 1 5、センサ 8 1 6 からの検出値が式 (2) を満たせば、X 軸周りの姿勢が図 7 (d) の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 の X 周り軸の姿勢の調整が完了する。

10

【 0 0 4 9 】

ここで、ステップ S 7 5 において、X , Y 軸周りの姿勢補正の指令値は、次式にて算出する。

【 0 0 5 0 】

【数 3】

$$\begin{cases} x_{ref} = x \\ y_{ref} = y \\ z_{ref} = z \\ T_{xref} = T_x - \tan^{-1} \left(\frac{D_6 - D_5}{L_{7c}} \right) + \alpha \\ T_{yref} = T_y + \tan^{-1} \left(\frac{D_7 - D_3}{L_{7a}} \right) \\ T_{zref} = T_z \end{cases} \quad (3)$$

20

【 0 0 5 1 】

ステップ S 7 1 にて、X 軸周りの姿勢、Y 軸周りの姿勢の調整が完了すれば、ステップ S 7 2 に進む。ステップ S 7 2 では、Z 軸位置の完了条件と比較する (図 7 (e) (f))。

30

【 0 0 5 2 】

【数 4】

$$|h_{ref} - D_4| < \varepsilon_{xyz} \quad (4)$$

【 0 0 5 3 】

図 7 (e) より、センサ 8 1 4 からの検出値が、式 (4) を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 6 に進み、Z 軸の位置を補正する指令値を出力し、ステップ S 7 2 の直前まで戻りロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢を変更する。センサ 8 1 4 からの検出値が式 (4) を満たせば、図 7 (f) の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 の Z 軸の位置の調整が完了する。

40

【 0 0 5 4 】

ここで、ステップ S 7 6 において、Z 軸位置補正の指令値は、次式にて算出する。

【 0 0 5 5 】

【数 5】

50

$$\begin{cases} x_{ref} = x \\ y_{ref} = y \\ z_{ref} = z + h_{ref} - D_4 \\ T_{xref} = T_x \\ T_{yref} = T_y \\ T_{zref} = T_z \end{cases} \quad (5)$$

10

【 0 0 5 6 】

ステップ S 7 2 にて、Z 軸の位置の調整が完了すれば、ステップ S 7 3 に進む。ステップ S 7 3 では、Z 軸周りの姿勢の完了条件と比較する（図 7（g）（h））。

【 0 0 5 7 】

【数 6】

$$\tan^{-1} \left(\frac{|D_1 - D_2|}{L_{zg}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \quad (6)$$

20

【 0 0 5 8 】

図 7（g）より、センサ 8 1 1、センサ 8 1 2 からの検出値が、式（6）を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 7 に進み、Z 軸周りの姿勢を補正する指令値を出力し、ステップ S 7 3 の直前まで戻りロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢を変更する。センサ 8 1 1、センサ 8 1 2 からの検出値が式（6）を満たせば、図 7（h）の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 の Z 軸周りの姿勢の調整が完了する。

【 0 0 5 9 】

ここで、ステップ S 7 7 において、Z 軸周りの姿勢補正の指令値は、次式にて算出する。

【 0 0 6 0 】

【数 7】

$$\begin{cases} x_{ref} = x \\ y_{ref} = y \\ z_{ref} = z \\ T_{xref} = T_x \\ T_{yref} = T_y \\ T_{zref} = T_z + \tan^{-1} \left(\frac{D_1 - D_2}{L_{zg}} \right) \end{cases} \quad (7)$$

30

40

【 0 0 6 1 】

ステップ S 7 3 にて、Z 軸周りの姿勢の調整が完了すれば、ステップ S 7 4 に進む。ステップ S 7 4 では、X 軸位置、Y 軸位置の完了条件と比較する（図 7（i）（j））。

【 0 0 6 2 】

【数 8】

50

$$\left\{ \begin{array}{l} |D_{ref} - D_1| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_2| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_3| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_5 \cos \alpha| < \varepsilon_{xyz} \end{array} \right. \quad (8)$$

【 0 0 6 3 】

図 7 (i) より、センサ 8 1 1、センサ 8 1 2、センサ 8 1 3 からの検出値が、式 (8) を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 8 に進み、X 軸位置、Y 軸位置を補正する指令値を出力する。そしてステップ S 7 4 の直前まで戻りロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢を変更する。センサ 8 1 1、センサ 8 1 2、センサ 8 1 3 からの検出値が式 (8) を満たせば、図 7 (j) の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 の X 軸位置、Y 軸位置の調整が完了する。この際、指部 3 0 5、3 0 6 の駆動量により調整を行い、さらに調整を行う。

【 0 0 6 4 】

ここで、ステップ S 7 8 において、X 軸位置、Y 軸位置補正の指令値は、次式にて算出する。

【 0 0 6 5 】

【 数 9 】

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{ref} = x + D_{ref} - D_1 \\ y_{ref} = y - D_{ref} + D_5 \cos \alpha \\ z_{ref} = z \\ T_{xref} = T_x \\ T_{yref} = T_y \\ T_{zref} = T_z \end{array} \right. \quad (9)$$

【 0 0 6 6 】

以上のフローにより、ロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢において、ワーク W が傾斜していても、ワーク W に沿った把持姿勢に調整を行うことができる。よって、例えばカメラを用いずとも、ロボットハンド本体 3 0 0 の把持姿勢の調整を行うことができる。ゆえにカメラの画像処理に伴う調整などを削減することができ、ワークに沿った把持姿勢の設定を容易に行うことができる。

【 0 0 6 7 】

(第 2 の実施形態)

上述の第 1 の実施形態では、1 種類のセンサを複数用いてロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢を調整する場合について説明した。しかしながら、光学的性質が異なる 2 種類のセンサを用いてロボットハンド本体 3 0 0 の姿勢を調整する場合においても実施できる。なお、以下では、第 1 の実施形態とは異なるハードウェアや制御系の構成の部分について図示し説明する。また、第 1 の実施形態と同様の部分については上記と同様の構成ならびに作用が可能であるものとし、その詳細な説明は省略するものとする。

【 0 0 6 8 】

図 8 は、本実施形態におけるセンサの概略を示した図である。把持部 3 0 5 ' 上のセンサ 8 1 1 と同一面内にセンサ 8 1 1 ' を隣接して配置している。本実施形態では、センサ 8 1 1 は近接センサであり、センサ 8 1 1 ' は T O F センサとする。説明の簡略化のため、図示は省略するが、センサ 8 1 1 と同様に、センサ 8 1 2 ~ 8 1 6 において、近接センサ 8 1

2 ~ 8 1 6 それぞれの同一面内に T O F センサを隣接して配置している。

【 0 0 6 9 】

一般的に、近接センサは、測定レンジが短い、高分解能である。また、T O F センサは、測定レンジが長い、低分解能である。それぞれの長所を生かし、短所を補うために、以下のように用いる。それぞれのセンサでワーク W 1 を計測した際に、処理に用いるセンサ値 D を次式で決定する。

【 0 0 7 0 】

【 数 1 0 】

$$D = \begin{cases} D_{prox} & (D_{tof} \leq D_{th}) \\ D_{tof} & (D_{tof} > D_{th}) \end{cases} \quad (10)$$

10

【 0 0 7 1 】

ただし、 D_{prox} は近接センサでの計測値、 D_{tof} は T O F センサでの計測値、 D_{th} は閾値である。本実施形態においては、 D_{th} は 2 0 m m 程度が好適である。より具体的に言えば、各々のセンサの分解能の特性を活かし、近接センサで近距離を、T O F センサで遠距離を計測する。式 (1 0) によるセンサ値 D を用いることで、第 1 の実施形態と同様に、ワーク W 1 と各指部との距離を計測すること、ロボットハンド本体 3 0 0 の位置姿勢を調整することができる。

20

【 0 0 7 2 】

以上、本実施形態によれば、2 種類のセンサを用いてワーク W 1 と各指部との距離を計測してロボットハンド本体 3 0 0 の位置姿勢を調整できる。近接センサで近距離を、T O F センサで遠距離を計測することで、センサを 1 種類のみときよりも測定レンジを大きく、かつ、近距離を精度良く計測することができる。

【 0 0 7 3 】

(第 3 の実施形態)

上述の第 1 の実施形態では、対称性が高い直方体のワークの場合について説明した。しかしながら、直方体よりも対称性が低い凸型のワークの場合においても実施できるものである。なお、以下では、第 1 の実施形態とは異なるハードウェアや制御系の構成の部分について図示し説明する。また、第 1 の実施形態と同様の部分については上記と同様の構成ならびに作用が可能であるものとし、その詳細な説明は省略するものとする。

30

【 0 0 7 4 】

図 9 は、本実施形態に係るワーク W 2 の概略を示した図である。直方体よりも対称性が低い凸型となっている。図 1 0 は、本実施形態におけるロボットハンド本体 3 0 0 ' の概略構成を示した図である。

【 0 0 7 5 】

第 1 の実施形態と大きく異なる点は、指部 3 0 5 と同様に、指部 3 0 6 にもセンサ 8 2 1 ~ 8 2 4 が配置されている点である。センサ 8 2 1 ~ 8 2 3 は、ワーク W 2 の Z 軸方向の厚みよりも小さい範囲で同一面内に配置され、指部 3 0 6 とワーク W 2 の把持方向 (X 軸方向) の距離を計測可能である。またセンサ 8 2 4 は、指部 3 0 6 と台座 6 0 0 または載置台 S 1 の手先方向 (Z 軸方向) の距離を計測可能に配置される。そして、センサ 8 3 1、8 3 2 は、各指部または各指部の動作軸 (軸 A) に対して、ワーク W 2 の Y 軸方向の幅よりも大きい長さ離間する位置となるようにロボットハンド本体 3 0 0 ' の掌部に、掌部に対して垂直に配置される。上述の配置により各センサによりワークの面を確実に計測することが可能となる。

40

【 0 0 7 6 】

次に、本実施形態におけるロボットハンド本体 3 0 0 ' の把持姿勢の調整の処理手順を、第 1 の実施形態と同様に、図 4、図 6 に示すフローチャート図を用いて説明する。また図 1 1 は、本実施形態における図 6 の制御フローチャートにおけるロボットハンド本体 3 0

50

0'の状態図である。前提として、ワークW2は、載置台S1の中でロボットハンド本体300'に対して所定の角度傾斜し、ラフに置かれているものとする。また、ワークW2をロボットハンド本体300'の指部305、306によって把持できる位置から開始するものとする。また各センサによって、ワークW2または載置台S1を計測することで、ロボットハンド本体300'の位置姿勢を適切に変更し把持を行う。また下記で述べるフローは各制御装置のCPUが相互に通信を行うことで実行されるものとし、第1の実施形態と異なる部分を詳述する。

【0077】

図4において、本実施形態におけるステップS40における制御完了条件は、各センサの計測値Dが次式をすべて満たすことである。

【0078】

【数11】

$$\left\{ \begin{array}{l} |D_{ref} - D_{811}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{812}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{813}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{821}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{822}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{823}| < \varepsilon_{xyz} \\ |h_{ref} - D_{814}| < \varepsilon_{xyz} \\ |h_{ref} - D_{824}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{831}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{832}| < \varepsilon_{xyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{811} - D_{813}|}{L_{a1}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{821} - D_{823}|}{L_{a2}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{811} - D_{812}|}{L_{g1}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{821} - D_{822}|}{L_{g2}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{831} - D_{832}|}{L_c} \right) < \varepsilon_{Txyz} \end{array} \right. \quad (11)$$

【0079】

各計測値Dの下付き数字は、各センサ811～814、821～824、831、832の内、どのセンサで取得したセンサデータに関する距離の計測値であることを示している。D₈₁₁はセンサ811の計測値、D₈₁₂はセンサ812の計測値、D₈₁₃はセンサ813の計測値、D₈₁₄はセンサ814の計測値である。D₈₂₁はセンサ821の計測値、D₈₂₂はセンサ822の計測値、D₈₂₃はセンサ823の計測値、D₈₂₄はセンサ824の計測値である。D₈₃₁はセンサ831の計測値、D₈₃₂はセンサ832の計測値である。

【0080】

L_{a1}はセンサ811とセンサ813のそれぞれの計測点間の長さ、L_{a2}はセンサ82

10

20

30

40

50

1とセンサ823のそれぞれの計測点間の長さである。 L_c はセンサ831とセンサ832のそれぞれの計測点間の長さである。 L_{g1} はセンサ811とセンサ812のそれぞれの計測点間の長さ、 L_{g2} はセンサ821とセンサ822のそれぞれの計測点間の長さである。把持直前の幅 D_{ref} 、載置台S1とのクリアランス h_{ref} 、位置決め許容値 ϵ_{xyz} 、姿勢決め許容値 τ_{xyz} は、第1の実施形態と同様に設定されているものとする。

【0081】

図6より、ステップS71にて、X、Y軸姿勢の完了条件と比較する。本実施形態におけるステップS71の完了条件は、次式をすべて満たすことである(図11(a)~(d))。

【0082】

【数12】

$$\begin{cases} \tan^{-1} \left(\frac{|D_{811} - D_{813}|}{L_{a1}} \right) < \epsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{821} - D_{823}|}{L_{a2}} \right) < \epsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{831} - D_{832}|}{L_c} \right) < \epsilon_{Txyz} \end{cases} \quad (12)$$

【0083】

図11(a)より、センサ811、センサ813、センサ821、センサ823からの検出値が、式(12)を満たすか判定し、満たされなければステップS75に進み、Y軸周りの姿勢を補正する指令値を出力する。そしてステップS71の直前まで戻りロボットハンド本体300'の姿勢を変更する。センサ811、センサ813、センサ821、センサ823からの検出値が式(12)を満たせば、Y軸周りの姿勢が図12(b)の状態となり、ロボットハンド本体300'のY軸周りの姿勢の調整が完了する。

【0084】

同様に図11(c)より、センサ831、センサ832からの検出値が、式(12)を満たすか判定し、満たされなければステップS75に進み、X軸周りの姿勢を補正する指令値を出力する。そして、ステップS71の直前まで戻りロボットハンド本体300'の姿勢を変更する。センサ831、センサ832からの検出値が式(12)を満たせば、X軸周りの姿勢が図11(d)の状態となり、ロボットハンド本体300'のX周軸の姿勢の調整が完了する。

【0085】

ここで、ステップS75において、X、Y軸周りの姿勢補正の指令値は、次式にて算出する。

【0086】

【数13】

$$\begin{cases} x_{ref} = x \\ y_{ref} = y \\ z_{ref} = z \\ T_{xref} = T_x - \tan^{-1} \left(\frac{D_{831} - D_{832}}{L_c} \right) \\ T_{yref} = T_y + \tan^{-1} \left(\frac{D_{811} - D_{813}}{L_{a1}} \right) \\ T_{zref} = T_z \end{cases} \quad (13)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 8 7 】

ステップ S 7 1 にて、X 軸周りの姿勢、Y 軸周りの姿勢の調整が完了すれば、ステップ S 7 2 に進む。本実施形態のステップ S 7 2 では、次式の Z 軸位置の完了条件と比較する（図 1 1 (e) (f) ）。

【 0 0 8 8 】

【数 1 4 】

$$\begin{cases} |h_{ref} - D_{814}| < \varepsilon_{xyz} \\ |h_{ref} - D_{824}| < \varepsilon_{xyz} \end{cases} \quad (14)$$

10

【 0 0 8 9 】

図 1 1 (e) より、センサ 8 1 4、センサ 8 2 4 からの検出値が、式 (1 4) を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 6 に進み、Z 軸の位置を補正する指令値を出力し、ステップ S 7 2 の直前まで戻りロボットハンド本体 3 0 0 ' の姿勢を変更する。センサ 8 1 4、センサ 8 2 4 からの検出値が式 (1 4) を満たせば、図 1 1 (f) の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 の Z 軸の位置の調整が完了する。

【 0 0 9 0 】

ここで、本実施形態のステップ S 7 6 において、Z 軸位置補正の指令値は、次式にて算出する。

20

【 0 0 9 1 】

【数 1 5 】

$$\begin{cases} x_{ref} = x \\ y_{ref} = y \\ z_{ref} = z + h_{ref} - D_{814} \\ T_{xref} = T_x \\ T_{yref} = T_y \\ T_{zref} = T_z \end{cases} \quad (15)$$

30

【 0 0 9 2 】

ステップ S 7 2 にて、Z 軸の位置の調整が完了すれば、ステップ S 7 3 に進む。本実施形態のステップ S 7 3 では、次式の Z 軸周りの姿勢の完了条件と比較する（図 1 1 (g) (h) ）。

【 0 0 9 3 】

【数 1 6 】

$$\begin{cases} \tan^{-1} \left(\frac{|D_{811} - D_{812}|}{L_{g1}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \\ \tan^{-1} \left(\frac{|D_{821} - D_{822}|}{L_{g2}} \right) < \varepsilon_{Txyz} \end{cases} \quad (16)$$

40

【 0 0 9 4 】

図 1 1 (g) より、センサ 8 1 1、センサ 8 1 2、センサ 8 2 1、センサ 8 2 2 からの検出値が、式 (1 6) を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 7 に進み、Z 軸周りの姿勢を補正する指令値を出力する。そしてステップ S 7 3 の直前まで戻りロボット

50

ハンド本体 3 0 0 ' の姿勢を変更する。センサ 8 1 1、センサ 8 1 2、センサ 8 2 1、センサ 8 2 2 からの検出値が式 (1 6) を満たせば、図 1 1 (h) の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 ' の Z 軸周りの姿勢の調整が完了する。

【 0 0 9 5 】

ここで、本実施形態のステップ S 7 7 において、Z 軸周りの姿勢補正の指令値は、次式にて算出する。

【 0 0 9 6 】

【数 1 7 】

$$\begin{cases} x_{ref} = x \\ y_{ref} = y \\ z_{ref} = z \\ T_{xref} = T_x \\ T_{yref} = T_y \\ T_{zref} = T_z + \tan^{-1} \left(\frac{D_{811} - D_{812}}{L_{g1}} \right) \end{cases} \quad (17)$$

【 0 0 9 7 】

ステップ S 7 3 にて、Z 軸周りの姿勢の調整が完了すれば、ステップ S 7 4 に進む。本実施形態のステップ S 7 4 では、X 軸位置、Y 軸位置の完了条件と比較する (図 7 (i) (j))。

【 0 0 9 8 】

【数 1 8 】

$$\begin{cases} |D_{ref} - D_{811}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{812}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{813}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{821}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{822}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{823}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{831}| < \varepsilon_{xyz} \\ |D_{ref} - D_{832}| < \varepsilon_{xyz} \end{cases} \quad (18)$$

【 0 0 9 9 】

図 1 1 (i) より、センサ 8 1 1 ~ 8 1 3、センサ 8 2 1 ~ 8 2 3、センサ 8 3 1、8 3 2 からの検出値が、式 (1 8) を満たすか判定し、満たされなければステップ S 7 8 に進み、X 軸位置、Y 軸位置を補正する指令値を出力する。そしてステップ S 7 4 の直前まで戻りロボットハンド本体 3 0 0 ' の姿勢を変更する。センサ 8 1 1 ~ 8 1 3、センサ 8 2 1 ~ 8 2 3、センサ 8 3 1、8 3 2 からの検出値が式 (1 8) を満たせば、図 1 1 (j) の状態となり、ロボットハンド本体 3 0 0 ' の X 軸位置、Y 軸位置の調整が完了する。この際、指部 3 0 5、3 0 6 の駆動量により調整を行い、さらに調整を行う。

【 0 1 0 0 】

ここで、ステップ S 7 8 において、X 軸位置、Y 軸位置補正の指令値は、次式にて算出

する。

【 0 1 0 1 】

【 数 1 9 】

$$\begin{cases} x_{ref} = x + D_{ref} - D_{811} \\ y_{ref} = y - D_{ref} + D_{831} \\ z_{ref} = z \\ T_{xref} = T_x \\ T_{yref} = T_y \\ T_{zref} = T_z \end{cases} \quad (19)$$

10

【 0 1 0 2 】

以上のフローにより、ロボットハンド本体 3 0 0 ' の姿勢において、対称性の低い凸型ワークが傾斜していても、ワークに沿った把持姿勢に調整を行うことができる。よって、例えばカメラを用いずとも、ロボットハンド本体 3 0 0 ' の把持姿勢の調整を行うことができる。ゆえにカメラの画像処理に伴う調整などを削減することができ、ワークに沿った把持姿勢の設定を容易に行うことができる。

【 0 1 0 3 】

20

(その他の実施形態)

以上述べた第 1 ~ 第 3 の実施形態の処理手順は具体的には各制御装置により実行されるものである。従って上述した機能を実行可能なソフトウェアのプログラムを記録した記録媒体を、各制御装置を統合する制御装置に供給し、統合的に処理を行う C P U が記録媒体に格納されたプログラムを読み出し実行することによって達成されるよう構成することができる。この場合、記録媒体から読み出されたプログラム自体が上述した各実施形態の機能を実現することになり、プログラム自体およびそのプログラムを記録した記録媒体は本発明を構成することになる。

【 0 1 0 4 】

また、各実施形態では、コンピュータで読み取り可能な記録媒体が各 R O M 或いは各 R A M 或いは各フラッシュ R O M であり、R O M 或いは R A M 或いはフラッシュ R O M に制御プログラムが格納される場合について説明した。しかしながら本発明はこのような形態に限定されるものではない。本発明を実施するための制御プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であれば、いかなる記録媒体に記録されていてもよい。例えば、制御プログラムを供給するための記録媒体としては、H D D、外部記憶装置、記録ディスク等を用いてもよい。

30

【 0 1 0 5 】

また上述した種々の実施形態では、ロボットアーム本体 2 0 0 が複数の関節を有する多関節ロボットアームを用いた場合を説明したが、関節の数はこれに限定されるものではない。ロボットアームの形式として、垂直多軸構成を示したが、パラレルリンク型など異なる形式の関節においても上記と同等の構成を実施することができる。

40

【 0 1 0 6 】

また、指部が平行リンク機構であり、把持動作をさせる際に、指部が把持方向に直交する方向 (Z 軸方向) に移動する際にも、大きく効果を発揮する。把持の前だけでなく、把持動作中にも上述した把持姿勢調整の制御フローを実行させることで、Z 軸方向に移動する指部にあわせて、ロボットハンド本体の Z 軸方向における位置が調整されるので、指部が載置台やトレーと接触することを低減することができる。

【 0 1 0 7 】

また上述した種々の実施形態は、制御装置に設けられる記憶装置の情報に基づき、伸縮、屈伸、上下移動、左右移動もしくは旋回の動作またはこれらの複合動作を自動的に行う

50

ことができる機械に適用可能である。

【 0 1 0 8 】

なお本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で多くの変形が可能である。また、本発明の実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本発明の実施形態に記載されたものに限定されない。

【符号の説明】

【 0 1 0 9 】

1 0 0	ロボットシステム	
2 0 0	ロボットアーム本体	10
3 0 0、3 0 0 '	ロボットハンド本体	
3 0 1	ハンド用モータドライバ	
3 0 2	エンコーダ	
3 0 3	モータ	
3 0 4	ギヤ	
3 0 5、3 0 5 '、3 0 6	指部	
3 0 7、3 0 8	スライドガイド	
4 0 0	ロボットアーム制御装置	
5 0 0	ロボットハンド制御装置	
6 0 0	基台	20
7 0 0	センサ制御装置	
8 0 0	センサノード	
8 0 1	電源コントローラ	
8 0 2	センサデータ取得部	
8 1 1 ~ 8 1 6、8 2 1 ~ 8 2 4、8 3 1、8 3 2	センサ	
8 1 1 '	T O F センサ	
S 1	載置台	
W 1、W 2	ワーク	

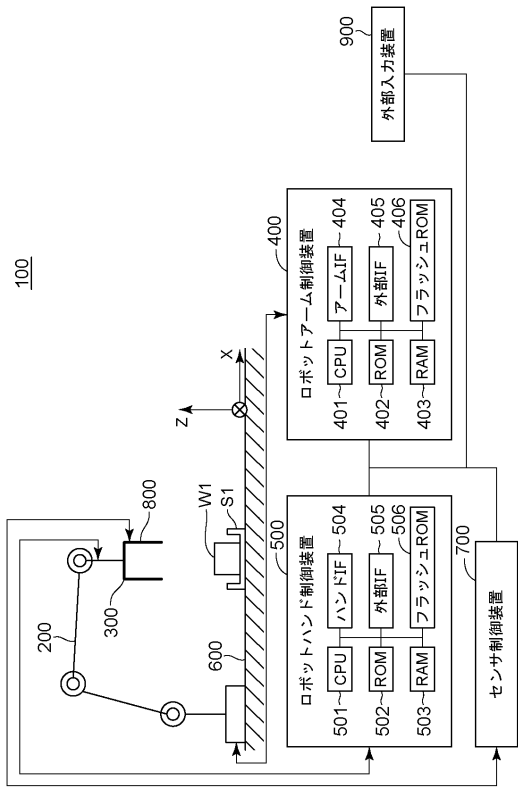
30

40

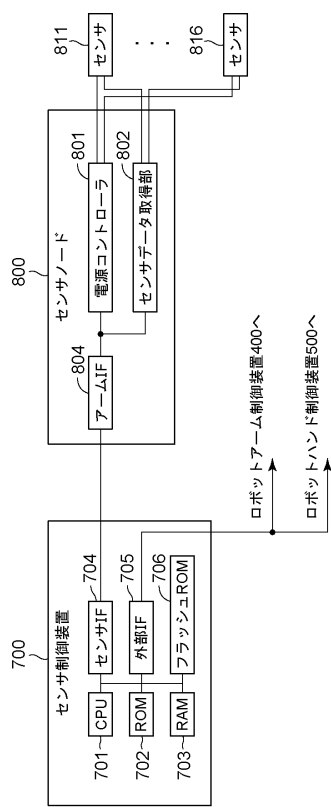
50

【図面】

【図 1】



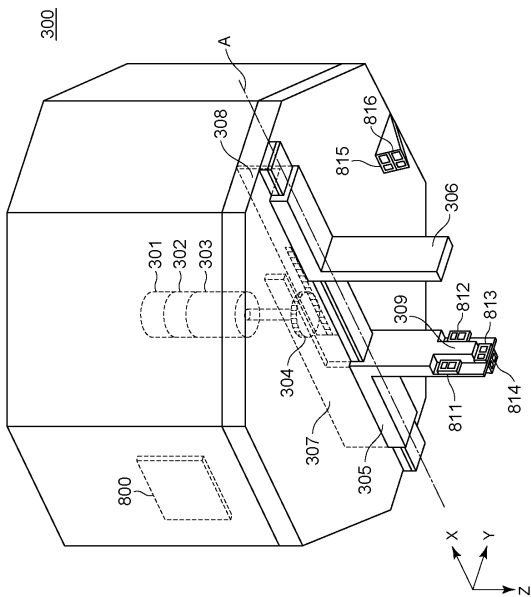
【図 2】



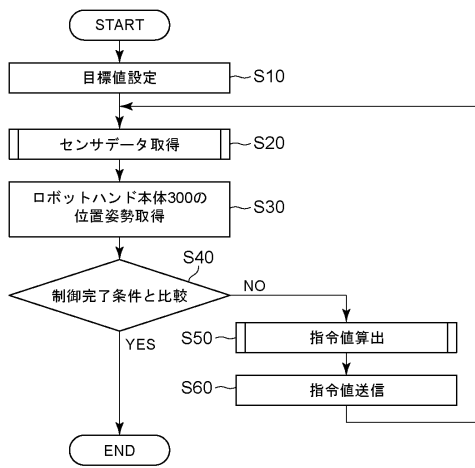
10

20

【図 3】



【図 4】

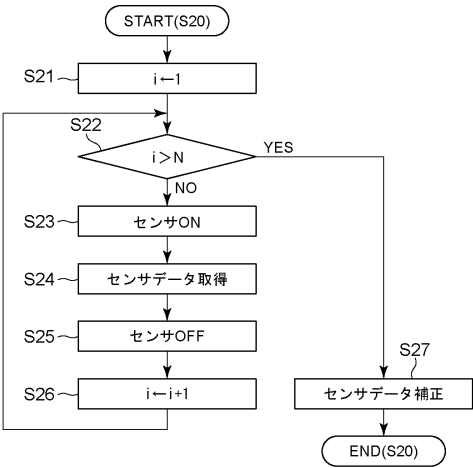


30

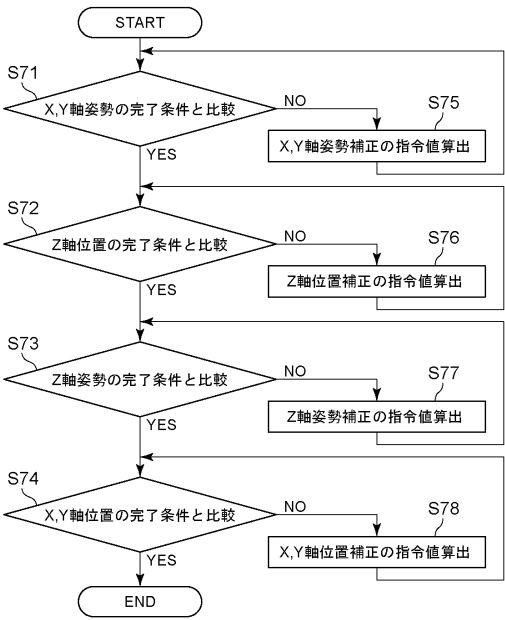
40

50

【図 5】



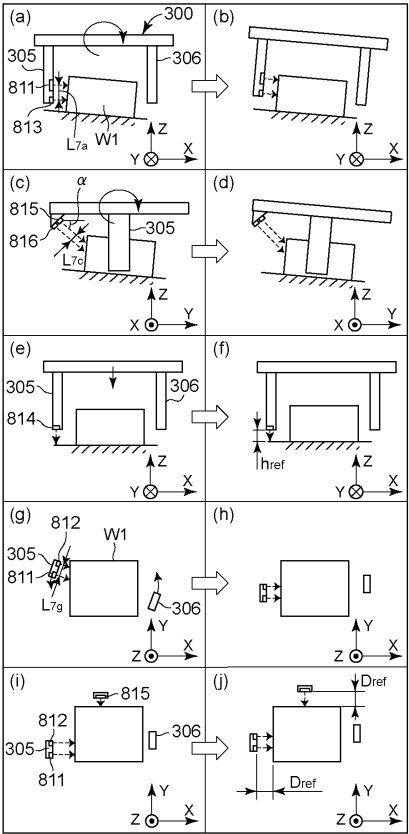
【図 6】



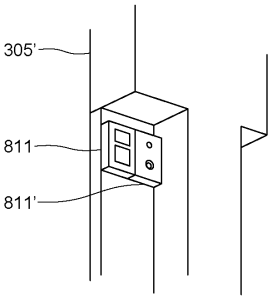
10

20

【図 7】



【図 8】

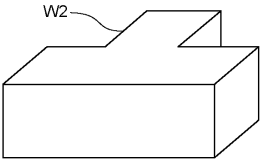


30

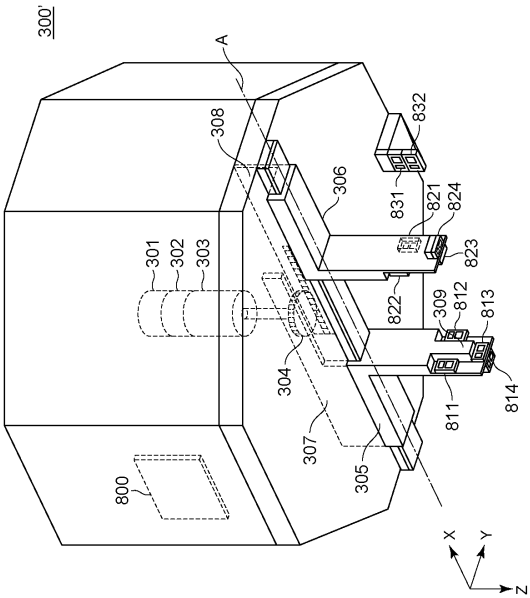
40

50

【図 9】



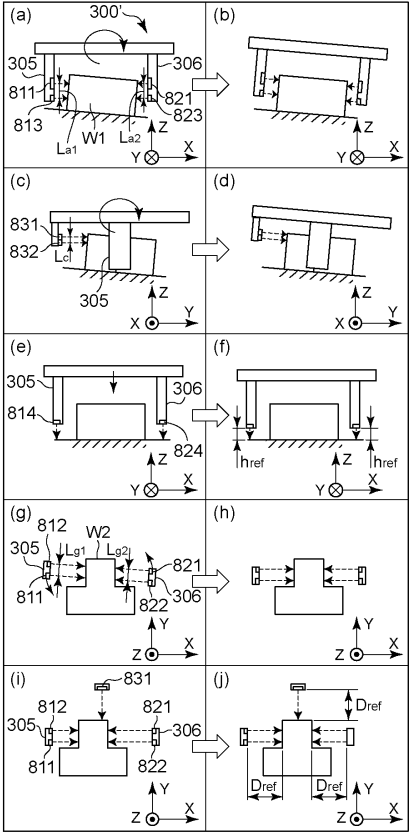
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

ヤノン株式会社内

(72)発明者 大熊 勇

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 臼井 卓巳

- (56)参考文献 特開平09-047986(JP,A)
特開平04-159094(JP,A)
特開2004-276215(JP,A)
特開平01-146679(JP,A)
特許第6656549(JP,B1)
特開2010-017768(JP,A)
特開2001-252886(JP,A)
特開2020-183021(JP,A)
特開平04-240087(JP,A)
特開2009-274204(JP,A)
特開2013-091114(JP,A)
特開昭63-120092(JP,A)
特開平04-343691(JP,A)
特開2009-066716(JP,A)
特開2019-072822(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0217023(US,A1)
韓国公開特許第10-2010-0077232(KR,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B25J 3/00-19/00
G02B 7/02