

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7237904号
(P7237904)

(45)発行日 令和5年3月13日(2023.3.13)

(24)登録日 令和5年3月3日(2023.3.3)

(51)国際特許分類 F I
B 2 5 J 13/08 (2006.01) B 2 5 J 13/08 Z

請求項の数 15 (全21頁)

(21)出願番号	特願2020-165806(P2020-165806)	(73)特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	令和2年9月30日(2020.9.30)	(74)代理人	110003133 弁理士法人近島国際特許事務所
(62)分割の表示	特願2015-249285(P2015-249285))の分割	(72)発明者	佐藤 修一 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
原出願日	平成27年12月22日(2015.12.22)	審査官	稲垣 浩司
(65)公開番号	特開2020-203379(P2020-203379 A)		
(43)公開日	令和2年12月24日(2020.12.24)		
審査請求日	令和2年10月27日(2020.10.27)		
(31)優先権主張番号	特願2015-15604(P2015-15604)		
(32)優先日	平成27年1月29日(2015.1.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボット装置、制御方法、物品の製造方法、プログラム、及び記録媒体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボットアームと、
前記ロボットアームの動作を制御する制御装置と、を備え、
前記ロボットアームは、力を検出可能であり力の検出における分解能が異なる、第1のセンサと第2のセンサとを有し、前記第1のセンサが有する分解能は、前記第2のセンサが有する分解能よりも高く、
前記制御装置は、
前記第2のセンサが有する分解能によって検出できない力が生じる場合は、前記第1のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御し、
前記第2のセンサが有する分解能によって検出できる力が生じる場合は、前記第2のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御する、
ことを特徴とするロボット装置。

【請求項2】

前記ロボットアームは関節と、エンドエフェクタと、を備えており、
前記第1のセンサは、前記ロボットアームの端部と前記エンドエフェクタとの間に配置され、前記エンドエフェクタに作用する荷重を検出し、
前記第2のセンサは、前記関節に配置され、前記関節に作用するトルクを検出する、
ことを特徴とする請求項1に記載のロボット装置。

【請求項3】

前記制御装置は、前記ロボットアームの動作位置の情報と、前記第 1 のセンサの検出結果または前記第 2 のセンサの検出結果と、に基づいて前記ロボットアームを制御する、
ことを特徴とする請求項 2 に記載のロボット装置。

【請求項 4】

前記制御装置は、前記ロボットアームの動作位置の情報として、与えられた教示点を用いる、

ことを特徴とする請求項 3 に記載のロボット装置。

【請求項 5】

前記ロボットアームの動作位置を検出する位置検出部を更に備え、

前記制御装置は、前記ロボットアームの動作位置の情報として、前記位置検出部の検出結果を用いる、

ことを特徴とする請求項 3 に記載のロボット装置。

【請求項 6】

撮像装置を更に備え、

前記撮像装置は、前記ロボットアームと前記エンドエフェクタとにより作業可能な位置に配置されたワークを撮像する、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のロボット装置。

【請求項 7】

前記制御装置は、前記エンドエフェクタによってワークの把持を行う作業、または前記エンドエフェクタによりワークを把持し前記ロボットアームにより搬送を行う作業を実行する、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のロボット装置。

【請求項 8】

前記制御装置は、前記エンドエフェクタが把持するワークの情報と、前記第 1 のセンサの検出結果または前記第 2 のセンサの検出結果と、に基づいて前記ロボットアームを制御する、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のロボット装置。

【請求項 9】

前記エンドエフェクタは、前記ワークとして、柔軟組立部品または剛体組立部品を把持する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のロボット装置。

【請求項 10】

前記第 1 のセンサには、過負荷に対する保護機構が設けられている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載のロボット装置。

【請求項 11】

前記制御装置は、与えられた教示点から前記ロボットアームの軌道を生成する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載のロボット装置。

【請求項 12】

ロボットアームが、力を検出可能であり力の検出における分解能が異なる、第 1 のセンサと第 2 のセンサとを有しており、前記第 1 のセンサが有する分解能は、前記第 2 のセンサが有する分解能よりも高く、制御装置より前記ロボットアームの動作を制御する制御方法であって、

前記制御装置が、

前記第 2 のセンサが有する分解能によって検出できない力が生じる場合は、前記第 1 のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御し、

前記第 2 のセンサが有する分解能によって検出できる力が生じる場合は、前記第 2 のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御する、

ことを特徴とする制御方法。

【請求項 13】

ロボットアームが、力を検出可能であり力の検出における分解能が異なる、第 1 のセン

10

20

30

40

50

サと第2のセンサとを有しており、前記第1のセンサが有する分解能は、前記第2のセンサが有する分解能よりも高く、制御装置より前記ロボットアームの動作を制御し、物品の製造を行う物品の製造方法において、

前記制御装置が、

前記第2のセンサが有する分解能によって検出できない力が生じる場合は、前記第1のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御し、

前記第2のセンサが有する分解能によって検出できる力が生じる場合は、前記第2のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御し、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14】

コンピュータに請求項12に記載の制御方法の各工程を実行させるためのプログラム。

【請求項15】

請求項14に記載のプログラムを記録したコンピュータ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、ロボットアームを備えたロボット装置、制御方法、物品の製造方法、プログラム、及び記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボット技術が発達するにつれて、制御プログラムに従って自動的に稼働するロボット装置を、物品の生産用途に用いる機運が高まっている。その中でも組立動作が要求される物品の生産に関しては、力制御が可能なロボット装置の導入が進んでいる。例えば、力覚センサ等の、ロボットアームの先端部に加わる力を求めるためのセンサ（本明細書においては、力覚センサと称することもある）を配置したロボット装置が知られている。また、トルクセンサ等の、ロボットアームの各関節に加わる力を求めるためのセンサ（本明細書においてはトルクセンサと称することもある）を配置したロボット装置が知られている。これらのロボット装置では、ロボットにより部品の組立を行う場合、組付作業の際にエンドエフェクタに生じる外力を検知して、エンドエフェクタを含むロボットの力制御（姿勢制御）を行うことができる。

【0003】

ロボットアームの先端部に力覚センサ等のセンサを配置したロボット装置では、センサをエンドエフェクタの近くに配置できるため、組付作業時の外力をロスが少なく検知できる。このセンサにより微小な外力を検知することで、精密な力制御が可能となる。

【0004】

ロボットアームの各関節にトルクセンサ等のセンサを配置したロボット装置では、各関節にセンサを配置することで、エンドエフェクタに限らずロボット全体のどこに接触物が接触しても外力を検知することができる。一方で、各関節の駆動部の摩擦等のロス、ロボットアーム自体の慣性力の影響等により、微小な外力を高精度に検知するのは難しく、精密な力制御は難しい場合がある。

【0005】

今後、生産自動化のさらなる進展によって、1つの製品を1台のロボットアームで組立を行うといったように、ロボットアームに求められる作業範囲は増大していく可能性がある。例えば、電気製品ではフレキケーブルのような柔軟部品の組立から金属のような剛体部品の組立まで作業範囲は多岐にわたる。力制御という観点においては、微小な外力から大きな外力まで対応したロボット装置が必要になる。

【0006】

従来、作業対象物の変化に応じて適切な力制御パラメータを決定してロボットを力制御するものが提案されている（特許文献1参照）。この特許文献1では、作業対象毎に力制御のために必要なカフィードバックゲインや補償器のゲイン、フィルタ定数、不感帯幅、

10

20

30

40

50

サーボ周期などのパラメータを変化させるとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】特開平2 - 139190号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、外力を検知するセンサの検知可能範囲は有限であるため、上述した力制御ロボットの作業対象毎にパラメータを変化させるだけでは、以下のような問題があった。

【0009】

(1) 大きな外力を検知可能なセンサを用いた場合、微小な外力の検知結果がノイズに埋もれ、高精度な力制御ができない領域がある。

【0010】

(2) 微小な外力を検知可能なセンサを用いた場合、大きな外力の検知結果が飽和して、高精度に力制御できない領域がある。

【0011】

そこで、本発明は、微小な外力から大きな外力まで高精度に検知して、高精度な制御を可能とすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明のロボット装置は、ロボットアームと、前記ロボットアームの動作を制御する制御装置と、を備え、前記ロボットアームは、力を検出可能であり力の検出における分解能が異なる、第1のセンサと第2のセンサとを有し、前記第1のセンサが有する分解能は、前記第2のセンサが有する分解能よりも高く、前記制御装置は、前記第2のセンサが有する分解能によって検出できない力が生じる場合は、前記第1のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御し、前記第2のセンサが有する分解能によって検出できる力が生じる場合は、前記第2のセンサの検出結果に基づき前記ロボットアームを制御する、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、センサの検知結果を選択的に使用してロボットアームの力制御を行うので、微小な外力から大きな外力まで幅広いレンジで外力を高精度に検知でき、ロボットアームを高精度に力制御できる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第1実施形態に係るロボット装置を示す説明図である。

【図2】ロボットアームの関節を示す部分断面図である。

【図3】第1のセンサの一例を示す説明図である。

【図4】第2のセンサの一例を示す説明図である。

【図5】制御装置の構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の第1実施形態に係るロボット装置におけるロボット制御方法の各工程を示すフローチャートである。

【図7】本発明の第1実施形態に係る制御装置によるロボット制御方法を説明するための図である。

【図8】本発明の第2実施形態に係るロボット制御方法を示すフローチャートである。

【図9】本発明の第3実施形態に係るロボット制御方法を説明するための図である。

【図10】本発明の第4実施形態に係るロボット装置を示す説明図である。

【図11】(a)は、領域A, Bを変更する前の状態を示す模式図であり、(b)は、領域A, Bを変更した後の状態を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0015】**

以下、本発明を実施するための形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0016】**[第1実施形態]**

図1は、本発明の第1実施形態に係るロボット装置を示す説明図である。図1に示すロボット装置500は、ワークの組み立て等の作業を行う多関節型のロボット100と、ロボット100を制御する制御システム250と、作業者の操作によりロボット100の教示が可能なティーチングペンダント400と、を備えている。

【0017】

ロボット100は、ロボットアーム101と、エンドエフェクタであるロボットハンド102とを有している。ロボットアーム101は、固定端である基端部101Aと、自由端である先端部(手首部)101Bと、を有している。ロボットハンド102は、ロボットアーム101の先端部101Bに取り付けられることで、ロボットアーム101の先端部101Bに支持されている。

【0018】

ロボットアーム101は、垂直多関節型のロボットアームであり、架台110の水平面に固定された、基端部101Aであるベース部133と、変位や力を伝達する複数のリンク121~124と、を有している。リンク121は、ベース部133に固定されている。複数のリンク121~124は、複数の関節J1~J3で旋回又は回転可能に互いに連結されている。ロボットアーム101の各関節J1~J3には駆動装置10が設けられている。各関節J1~J3の駆動装置10は、必要なトルクの大きさに合わせて適切な出力のものが用いられ、第1実施形態では、駆動源である電動モータと、電動モータに接続された減速機とを有する。

【0019】

ロボットアーム101の先端部101Bには、ロボットハンド102に作用する力(外力)を求める(検知する)ための第1のセンサ131が配置されている。ロボットアーム101の各関節J1~J3には、各関節J1~J3に作用する力(外力)を求める(検知する)ための第2のセンサ132がそれぞれ配置されている。

【0020】

本実施形態においては、ロボットアーム101の先端部101Bに配置された第1のセンサ131、および、ロボットアーム101の各関節J1~J3に配置された第2のセンサ132を力センサと称することもある。

【0021】

ロボットハンド102は、ワークを把持する複数の把持爪と、複数の把持爪を駆動する不図示の駆動装置と、不図示の駆動装置の回転角度を検出する不図示のエンコーダと、回転を把持動作に変換する不図示の機構とを有している。この不図示の機構は、カム機構やリンク機構などで必要な把持動作に合わせて設計される。なお、ロボットハンド102に用いる不図示の駆動装置に必要なトルクは、ロボットアーム101の関節用と異なるが、基本構成は同じである。

【0022】

以下、ロボットアーム101において、関節J1を例に代表して説明し、他の関節J2、J3については、サイズや性能が異なる場合もあるが、同様の構成であるため、説明を省略する。

【0023】

図2は、ロボットアーム101の関節J1を示す部分断面図である。駆動装置10は、電動モータである回転モータ(以下、「モータ」という)141と、モータ141の回転軸142の回転を減速する減速機143と、を有している。

【0024】

モータ141の回転軸142及び減速機143の入力軸のうちいずれか一方の軸、第1

10

20

30

40

50

実施形態ではモータ141の回転軸142には、モータ141の回転角度を検出するエンコーダ161が配置されている。減速機143の出力軸、即ち関節J1の角度を検出するエンコーダ162が、関節J1に配置されている。

【0025】

モータ141は、サーボモータであり、例えばブラシレスDCサーボモータやACサーボモータである。

【0026】

エンコーダ161は、アブソリュート型のロータリーエンコーダが望ましく、1回転の絶対角度エンコーダ、絶対角度エンコーダの回転総数のカウンタ、及びカウンタに電力を供給するバックアップ電池を有して構成される。ロボットアーム101への電源の供給がオフになっても、このバックアップ電池が有効であれば、ロボットアーム101への電源供給のオン/オフに関係なく、カウンタにおいて回転総数が保持される。したがって、ロボットアーム101の姿勢が制御可能となる。なお、エンコーダ161は、回転軸142に取り付けられているが、減速機143の入力軸に取り付けてもよい。

【0027】

エンコーダ162は、隣り合う2つのリンク間の相対角度を検出するロータリーエンコーダである。関節J1においては、エンコーダ162は、リンク121とリンク122との間の相対角度を検出するロータリーエンコーダである。エンコーダ162は、リンク121にエンコーダスケールを設け、リンク122に検出ヘッドを設けた構成、或いは逆の構成となる。

【0028】

また、リンク121とリンク122とは、クロスローラベアリング147を介して旋回自在に連結される。そして、リンク121とリンク122との間に、第2のセンサ132が配置される。

【0029】

減速機143は、例えば小型軽量で減速比の大きい波動歯車減速機である。減速機143は、モータ141の回転軸142に結合された、入力軸であるウェブジェネレータ151と、リンク122に固定された、出力軸であるサーキュラスプライン152と、を備えている。なお、サーキュラスプライン152は、リンク122に直結されているが、リンク122に一体に形成されていてもよい。

【0030】

また、減速機143は、ウェブジェネレータ151とサーキュラスプライン152との間に配置され、リンク121に固定されたフレクスプライン153を備えている。フレクスプライン153は、ウェブジェネレータ151の回転に対して減速比Nで減速され、サーキュラスプライン152に対して相対的に回転する。従って、モータ141の回転軸142の回転は、減速機143で1/Nの減速比で減速されて、フレクスプライン153が固定されたリンク121に対してサーキュラスプライン152が固定されたリンク122を相対的に回転運動させ、関節J1を屈曲させる。

【0031】

各関節J1～J3に配置されたエンコーダ161及びエンコーダ162のうち少なくとも一方で、位置検出部が構成されている。即ち、各関節J1～J3のエンコーダ161又はエンコーダ162の値により、ロボットアーム101の先端部101Bの位置（姿勢を含む）を計算（検出）することができる。

【0032】

制御システム250は、コンピュータで構成された、制御手段である制御装置200と、第1のセンサ入力装置である力センサ入力装置231と、第2のセンサ入力装置である力センサ入力装置232と、駆動制御装置233と、を有する。本実施形態では、制御装置200は、ロボットアーム101の制御として、ロボット100により嵌合作業を行う際に、ロボットアーム101の力制御（インピーダンス制御）を行う。

【0033】

10

20

30

40

50

第1のセンサ131は、例えば6軸の力覚センサであり、互いに直交する3つの力成分 F_x , F_y , F_z 及びそれらの軸回りの3つのモーメント M_x , M_y , M_z を検知する。以下、この第1のセンサ131が検知する力及びモーメントを、単に「力」という。

【0034】

第1のセンサ131は、不図示の複数の検知素子を有する。第1のセンサ131の各検知素子から検知信号が力センサ入力装置231へ出力される。力センサ入力装置231では、各検知信号に基づいて第1のセンサ131に生じた力(外力)を計算し、その計算結果(検知結果)を制御装置200に出力する。このように、第1のセンサ131は、ロボットハンド102に作用した力を検知する。

【0035】

第1のセンサ131は、例えば力覚センサである。以下、第1のセンサ131が力覚センサである場合について説明するがこれに限らず、ロボットハンド102に作用する力(外力)を求めることができればどのようなセンサでも用いることができる。

【0036】

第1のセンサ131の一例を、図3に示す。図3(a)は、第1のセンサのX-Z軸に沿った断面図であり、図3(b)は、第1のセンサの分解斜視図である。図3(a)及び図3(b)に示すように、第1のセンサ131は、力が印加される作用部301と、力が印加された際に位置変位を生み出す弾性体302と、外枠303と、を有する。また、第1のセンサ131は、磁束を生み出す磁束発生源308と、磁束の流れを制御する磁性体307と、磁束発生源308の磁束変化を検出する検知素子306a~306dと、を有する。また、第1のセンサ131は、作用部301と磁束発生源308とを支持する支柱304と、検知素子306a~306dが設置された検知素子支持部305と、磁束発生源308の磁束変化を検出する検知素子309a~309dと、を有する。作用部301は、剛性の高い支柱304を介して磁束発生源308と連結固定されている。また外枠303には検知素子支持部305を介して検知素子306a~306dが磁束発生源308と間隙をもって固定されている。検知素子309a~309dも同じく磁束発生源308と間隙をもって外枠303に対して固定されている。そして、外枠303と作用部301とが弾性体302を介して互いに変位可能に弾性支持されている。

【0037】

弾性体302は剛性の低いもので構成され、外枠303と作用部301との間に配置されている。このような構成をとれば、作用部301に力が加わり外枠303に対して姿勢が変化すると、その姿勢変化に追従して磁束発生源308も姿勢が変化し、外枠303に固定された検知素子309a~309dに対して相対位置が変化する。

【0038】

磁束発生源308はNd-Fe-B磁石、Sm-Co磁石、Sm-Fe-N磁石、フェライト磁石に代表されるような永久磁石であってもよく、磁性体まわりに、コイルを巻き、通電することによって磁力を発生させる電磁石であってもよい。検知素子306a~306d, 309a~309dはホール素子、MR素子、磁気インピーダンス素子、フラックスゲート素子などである。磁性体307は、空気とは異なる透磁率を持った材料から構成される。

【0039】

作用部301に力が印加されると、支柱304に取付けられた磁束発生源308は弾性体302によって変位を生じる。それによって、検知素子306a~306d, 309a~309dからは、磁束発生源308の変位量に比例した電気的変位が得られる。

【0040】

各第2のセンサ132は、例えばトルクセンサであり、各関節J1~J3に生じた力及びモーメント(トルク)をそれぞれ検知するためのものである。以下、この第2のセンサ132に作用する力及びモーメント(トルク)を、「力」という。

【0041】

各第2のセンサ132は、後述する検知素子を有する。各第2のセンサ132の検知素

10

20

30

40

50

子から検知信号が力センサ入力装置 2 3 2 に出力される。力センサ入力装置 2 3 2 では、各検知信号に基づいて各センサ 1 3 2 に生じた力（外力）を計算し、その計算結果（検知結果）を制御装置 2 0 0 に出力する。このように、第 2 のセンサ 1 3 2 は、関節 J 1 ~ J 3 に作用した力を検知する。

【 0 0 4 2 】

各関節 J 1 ~ J 3 それぞれに配置された第 2 のセンサ 1 3 2 は、それぞれ、各関節 J 1 ~ J 3 に作用する力（外力）を求めることができればどのようなセンサでも用いることができる。

【 0 0 4 3 】

次に、第 2 のセンサ 1 3 2 の一例を、図 4 を用いて説明する。第 2 のセンサは、図 4 のように、弾性体 5 0 1 と、光学式エンコーダ 5 0 2 a、5 0 2 b の各ユニットにより構成されている。光学式エンコーダ 5 0 2 a、5 0 2 b は、例えば弾性体 5 0 1 に対してトルクが作用する回転軸 5 0 3 を中心とする同心円の同じ直径上の位置を占める対向位置に配置する。

10

【 0 0 4 4 】

弾性体 5 0 1 は、第 1 締結部 5 0 4、第 2 締結部 5 0 5、およびこれら両者を結合する放射状に配置されたバネ部 5 0 6 により構成されている。図 4 の例では、第 1 締結部 5 0 4 にはスケール固定部 5 1 2 が設けられる。

【 0 0 4 5 】

弾性体 5 0 1 の各部位は、目的のトルク検出範囲およびその必要分解能などに応じた弾性（バネ）係数を有する所定の材質、例えば樹脂や、金属（鋼材、ステンレスなど）の材質から構成される。

20

【 0 0 4 6 】

第 1 締結部 5 0 4 と第 2 締結部 5 0 5 は、例えば円形または図示のようなドーナツ（リング）状の形状に構成される。これらの締結部（5 0 4、5 0 5）は、相対変位する測定対象、例えば図 2 のリンク 1 2 1 側の減速機 1 4 3 とリンク 1 2 2 にそれぞれ締結するためのフランジ部位を構成する。

【 0 0 4 7 】

バネ部 5 0 6 は、例えば円形ないしリング形状の第 1 締結部 5 0 4 と第 2 締結部 5 0 5 との間を結合するリブ形状の部材として構成されている。これら複数のバネ部 5 0 6 は、トルクが作用する回転軸 5 0 3 を中心として、放射状に配置されている。

30

【 0 0 4 8 】

例えば、バネ部 5 0 6 は、トルクが作用する回転軸 5 0 3 に対して放射状に複数（この例では 8）箇所に配置されている。また、第 1 締結部 5 0 4 と第 2 締結部 5 0 5 には、モータ 1 4 1、リンクとそれぞれ締結するための締結部位 5 0 7（例えばビス孔やタップ孔）が複数個（この例では 8 より多い個数）、配置されている。

【 0 0 4 9 】

光学式エンコーダ 5 0 2 a（5 0 2 b）は、光学式の位置センサ（エンコーダ）としての機能を有する。光学式エンコーダ 5 0 2 a（5 0 2 b）は、スケール 5 0 8（スケール部）と、スケール 5 0 8 から位置情報を検出する検知素子 5 0 9 を備える。検知素子 5 0 9 は、第 1 締結部 5 0 4、および第 2 締結部 5 0 5 の相対的な回転変位を検出する光学検出部を構成する。

40

【 0 0 5 0 】

スケール 5 0 8（スケール部）、検知素子 5 0 9 は、それぞれスケール取付部 5 1 0 と、検知素子取付部 5 1 1 を介して第 1 締結部 5 0 4、第 2 締結部 5 0 5 に装着される。スケール 5 0 8（スケール部）はスケール取付部 5 1 0 を介して、また、検知素子 5 0 9 は検知素子取付部 5 1 1 を介して弾性体 5 0 1 に固定される。

【 0 0 5 1 】

本実施形態では、スケール取付部 5 1 0 は弾性体 5 0 1 に対してスケール固定部 5 1 2 に固定される。スケール固定部 5 1 2 の全体は、第 1 締結部 5 0 4 に設けられた凹部 5 1

50

2 a の形状を有する。この凹部 5 1 2 a の外周側は、検知素子 5 0 9 とスケール 5 0 8 を対向させるための切り欠き部 5 1 2 b (開口部) となっている。

【 0 0 5 2 】

また、検知素子取付部 5 1 1 は、弾性体 5 0 1 に対して第 2 締結部 5 0 5 に固定されている。検知素子 5 0 9 は、不図示の発光素子と受光素子を備えた反射型の光学センサから構成される。スケール 5 0 8 の検知素子 5 0 9 に対向するパターン面には、表面にスケールパターン (詳細不図示) を配置する。このスケールパターンは、例えば規則的に濃淡や反射率を特定のパターンで異ならせて配置することにより構成される。

【 0 0 5 3 】

なお、このスケールパターンは、検出演算の方式によっては 1 条のみならず、(例えば配置位相の異なる) 複数条の濃淡パターンを複数条配置することもできる。スケールパターンのピッチは、位置検出に必要とされる分解能などに応じて決定するが、近年ではエンコーダの高精度化 / 高分解能化に伴い、 μm オーダのピッチのものも利用可能である。

【 0 0 5 4 】

検知素子 5 0 9 は、発光素子から光をスケール 5 0 8 に対して照射し、スケール 5 0 8 に反射した光を受光素子が受光する。ここで、回転軸 5 0 3 まわりのトルクが作用し、弾性体 5 0 1 が x 軸方向に変形すると、検知素子 5 0 9 とスケール 5 0 8 の相対位置が変化するため、スケール 5 0 8 に照射されている光の照射位置がスケール 5 0 8 上を移動する。

【 0 0 5 5 】

このとき、スケール 5 0 8 に照射されている光がスケール 5 0 8 上に設けられたパターンを通過すると、検知素子 5 0 9 の受光素子で検出される光の光量が変化する。この光量の変化から、スケール 5 0 8 と検知素子 5 0 9 との相対移動量を検出する。検知素子 5 0 9 が検出した移動量は、力センサ入力装置 2 3 2 によって弾性体 5 0 1 に作用したトルクに換算される。例えば、検知素子 5 0 9 の出力値 (移動量) は、力センサ入力装置 2 3 2 により、検知素子 5 0 9 が検出した移動量を弾性体 5 0 1 に作用したトルクに変換する感度係数を用いて、トルク検出値に変換される。そして計算結果 (検知結果) が制御装置 2 0 0 に出力される。

【 0 0 5 6 】

ティーチングペンダント 4 0 0 は、制御装置 2 0 0 に接続可能に構成され、制御装置 2 0 0 に接続された際に、ロボットアーム 1 0 1 やロボットハンド 1 0 2 を駆動制御する動作指令や教示点のデータを制御装置 2 0 0 に送信可能に構成されている。

【 0 0 5 7 】

ここで、ロボットアーム 1 0 1 の自由度を表すパラメータを関節角度として、ロボットアーム 1 0 1 の関節 J 1 ~ J 3 の関節角度をそれぞれ θ_1 , θ_2 , θ_3 とする。ロボットアーム 1 0 1 のコンフィグレーションは $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ で表され、関節空間上では、1 つの点とみなすことができる。このように、ロボットアーム 1 0 1 の自由度を表すパラメータ (例えば、関節角度や伸縮長さ) を座標軸の値とした場合、ロボットアーム 1 0 1 のコンフィグレーションは関節空間上の点として表現することができる。つまり、関節空間は、ロボットアーム 1 0 1 の関節角度を座標軸とする空間である。

【 0 0 5 8 】

また、ロボットアーム 1 0 1 の先端部 1 0 1 B には、ツールセンターポイント (T C P) が設定されている。T C P は、位置を表す 3 つのパラメータ (x, y, z) と、姿勢 (回転) を表す 3 つのパラメータ (α, β, γ) 、即ち 6 つのパラメータ $(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)$ で表され、タスク空間上では、1 つの点としてみなすことができる。つまり、タスク空間は、これら 6 つの座標軸で規定された空間である。

【 0 0 5 9 】

教示点は、関節空間又はタスク空間上の点として、作業者が操作するティーチングペンダント 4 0 0 により制御装置 2 0 0 に設定される。

【 0 0 6 0 】

制御装置 2 0 0 は、設定された複数の教示点を繋ぐロボットアーム 1 0 1 の経路を所定

10

20

30

40

50

の補間方法（例えば、直線補間や円弧補間、関節補間等）で生成する。そして、制御装置 200 は、生成したロボットアーム 101 の経路から、ロボットアーム 101 の軌道を生成する。

【0061】

ここで、ロボットアーム 101 の経路とは、関節空間又はタスク空間の点の順序集合である。ロボットアーム 101 の軌道とは、時間をパラメータとして経路を表したものであり、第 1 実施形態では、時刻毎のロボットアーム 101 の各関節 J1 ~ J3 の角度指令（動作指令）の集合である。

【0062】

制御装置 200 は、ロボット装置 500 全体を統括して制御するものである。制御装置 200 は、位置制御動作時には、生成した動作指令を駆動制御装置 233 に出力する。制御装置 200 は、力制御動作時には、力センサ入力装置 231, 232 から出力された検知結果に基づいて動作指令を補正して、駆動制御装置 233 に出力する。例えば、制御装置 200 は、力制御動作時には、力センサ入力装置 231, 232 から出力された検知結果に基づき、所定方向の力が小さくなるように動作指令を補正して、駆動制御装置 233 に出力する。

10

【0063】

駆動制御装置 233 は、ロボットアーム 101 の各関節 J1 ~ J3 に設けられたモータ 141 に動作指令に対応する電流を供給して、モータ 141 を動作させ、ロボットアーム 101 を動作させる。即ち、制御装置 200 は、ロボットアーム 101 の動作を制御する。

20

【0064】

図 5 は、制御装置 200 の構成を示すブロック図である。制御装置 200 は、演算部としての CPU (Central Processing Unit) 201 を備えている。また、制御装置 200 は、記憶部として、ROM (Read Only Memory) 202、RAM (Random Access Memory) 203、HDD (Hard Disk Drive) 204 を備えている。また、制御装置 200 は、記録ディスクドライブ 205 及び各種のインタフェース 211 ~ 215 を備えている。

【0065】

CPU 201 には、ROM 202、RAM 203、HDD 204、記録ディスクドライブ 205 及び各種のインタフェース 211 ~ 215 が、バス 210 を介して接続されている。ROM 202 には、BIOS 等の基本プログラムが格納されている。RAM 203 は、CPU 201 の演算処理結果等、各種データを一時的に記憶する記憶装置である。

30

【0066】

HDD 204 は、CPU 201 の演算処理結果や外部から取得した各種データ等を記憶する記憶装置であると共に、CPU 201 に、後述する各種演算処理を実行させるためのプログラム 240 を記録するものである。CPU 201 は、HDD 204 に記録（格納）されたプログラム 240 に基づいてロボット制御方法の各工程を実行する。即ち、CPU 201 は、プログラム 240 を実行することにより、図 1 に示すロボット制御部（以下、「制御部」という）221 及び力センサ切替部 222 として機能する。

【0067】

記録ディスクドライブ 205 は、記録ディスク 241 に記録された各種データやプログラム等を読み出すことができる。

40

【0068】

教示部であるティーチングペンダント 400 は、インタフェース 211 に接続されている。ティーチングペンダント 400 は、ユーザの入力操作により、ロボット 100（ロボットアーム 101）を教示する教示点、即ち各関節 J1 ~ J3 の目標関節角度（又は TCP の目標の位置及び姿勢）を指定することができる。教示点のデータは、インタフェース 211 及びバス 210 を通じて CPU 201 又は HDD 204 に出力される。CPU 201 は、ティーチングペンダント 400 又は HDD 204 から教示点のデータの入力を受ける。

50

【 0 0 6 9 】

力センサ入力装置 2 3 1 は、インタフェース 2 1 2 に接続され、力センサ入力装置 2 3 2 は、インタフェース 2 1 3 に接続されている。これにより、CPU 2 0 1 は、第 1 のセンサ 1 3 1 により検知された検知結果を取得し、第 2 のセンサ 1 3 2 により検知された検知結果を取得することができる。

【 0 0 7 0 】

エンコーダ 1 6 1 , 1 6 2 は、インタフェース 2 1 4 に接続されている。エンコーダ 1 6 1 , 1 6 2 からは、検出した角度検出値を示すパルス信号が出力される。CPU 2 0 1 は、インタフェース 2 1 4 及びバス 2 1 0 を介してエンコーダ 1 6 1 , 1 6 2 からのパルス信号の入力を受ける。なお、各関節 J 1 ~ J 3 の関節角度は、エンコーダ 1 6 2 により検出された角度、又はエンコーダ 1 6 1 により検出された角度 $\times (1 / N)$ である。よって、CPU 2 0 1 は、いずれかのエンコーダの検出角度からロボットアーム 1 0 1 の動作位置を求めることができる。即ち、各関節 J 1 ~ J 3 のエンコーダ 1 6 1 又はエンコーダ 1 6 2 による位置検出部により、ロボットアーム 1 0 1 の動作位置を検出することとなり、CPU 2 0 1 は、ロボットアーム 1 0 1 の動作位置の検出結果を取得することになる。

【 0 0 7 1 】

駆動制御装置 2 3 3 は、インタフェース 2 1 5 に接続されている。CPU 2 0 1 は、与えられた教示点のデータに基づき、モータ 1 4 1 の回転軸 1 4 2 の回転角度の制御量を示す動作指令を生成する。そして、CPU 2 0 1 は、動作指令を所定時間間隔でバス 2 1 0 及びインタフェース 2 1 5 を介して駆動制御装置 2 3 3 に出力する。これにより、CPU 2 0 1 は、動作指令によりロボットアーム 1 0 1 の動作位置を制御する。

【 0 0 7 2 】

バス 2 1 0 には、不図示のインタフェースを介して、書き換え可能な不揮発性メモリや外付け HDD 等の不図示の外部記憶装置が接続されていてもよい。

【 0 0 7 3 】

なお、第 1 実施形態では、コンピュータ読み取り可能な記録媒体が HDD 2 0 4 であり、HDD 2 0 4 にプログラム 2 4 0 が格納される場合について説明するが、これに限定するものではない。プログラム 2 4 0 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、プログラム 2 4 0 を供給するための記録媒体としては、図 5 に示す ROM 2 0 2 や、記録ディスク 2 4 1、不図示の外部記憶装置等を用いてもよい。具体例を挙げて説明すると、記録媒体として、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、USBメモリ等の不揮発性メモリ、ROM等を用いることができる。

【 0 0 7 4 】

第 1 実施形態では、第 1 のセンサ 1 3 1 の検知可能な力の検知可能範囲と、第 2 のセンサ 1 3 2 の検知可能な力の検知可能範囲とが異なる。第 1 実施形態では、第 1 のセンサ 1 3 1 は、第 2 のセンサ 1 3 2 よりも検知可能範囲の上限値（定格）が小さい。例えば、第 1 のセンサ 1 3 1 の検知可能範囲は、0 [N] 以上 1 0 [N] 以下であり、第 2 のセンサ 1 3 2 の検知可能範囲は、0 [N] 以上 1 0 0 [N] 以下である。各第 2 のセンサ 1 3 2 の検知可能範囲は、同一とする。

【 0 0 7 5 】

ここで、第 1 のセンサ 1 3 1 , 第 2 のセンサ 1 3 2 の定格と分解能とはトレードオフの関係にある。つまり、高定格の、第 2 のセンサ 1 3 2 は低分解能となり、低定格の、第 1 のセンサ 1 3 1 は高分解能となる。

【 0 0 7 6 】

低定格の第 1 のセンサ 1 3 1 は、高定格の第 2 のセンサ 1 3 2 ではノイズに埋もれて計測困難な微小な外力を計測できるため、柔軟な組立部品で微小な外力が要求される作業工程に適した構成とすることができる。高定格の第 2 のセンサ 1 3 2 は、低定格の第 1 のセンサ 1 3 1 の計測範囲を超えた外力を計測できるため、剛体などの組立部品で高荷重な外力が要求される作業工程に適した構成とすることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

部品を把持するロボットハンド 1 0 2 に近いほど組付作業時の外力をロスが少なく検知でき、ロボットアーム 1 0 1 自体の慣性力の影響も受けにくい。そのため、第 1 実施形態では、ロボットアーム 1 0 1 の先端部に配置した第 1 のセンサ 1 3 1 は、性能を有効に活用できる低定格かつ高分解能なセンサとする。他方、各関節 J 1 ~ J 3 に配置した第 2 のセンサ 1 3 2 を高定格なセンサとすることで、高荷重な外力を検知する際に適した構成となる。よって、第 1 実施形態では、2 種類のセンサ 1 3 1 , 1 3 2 を同一のロボットアーム 1 0 1 に配置している。

【 0 0 7 8 】

高荷重の作業工程をロボット 1 0 0 が行う際においても、低定格の第 1 のセンサ 1 3 1 及び高定格の第 2 のセンサ 1 3 2 のどちらにも同程度の外力が加わることになる。一般的に、力を求めるためのセンサは、低定格であるほど耐荷重が小さくなる。よって、第 1 実施形態では、低定格の第 1 のセンサ 1 3 1 には、過負荷に対する保護機構 1 3 4 が設けられている。この保護機構 1 3 4 により、低定格の第 1 のセンサ 1 3 1 は、高荷重時の作業工程に耐えることができる。

10

【 0 0 7 9 】

図 6 は、本発明の第 1 実施形態に係るロボット装置におけるロボット制御方法の各工程を示すフローチャートである。第 1 実施形態では、CPU 2 0 1 がプログラム 2 4 0 を実行することにより、図 1 に示す制御部 2 2 1 及び力センサ切替部 2 2 2 として機能する。

【 0 0 8 0 】

まず、制御部 2 2 1 は、第 1 のセンサ 1 3 1 及び第 2 のセンサ 1 3 2 のうち、いずれのセンサの検知結果を用いるのかを選択する (S 1 : 選択工程) 。即ち、制御部 2 2 1 は、力センサ切替部 2 2 2 へ切替信号を送り、切替信号を受けた力センサ切替部 2 2 2 は、切替信号に従って、力センサ入力装置 2 3 1 または力センサ入力装置 2 3 2 を選択する。力センサ切替部 2 2 2 は、選択したセンサの検知結果 (出力結果) を制御部 2 2 1 へ伝送する。

20

【 0 0 8 1 】

次に、制御部 2 2 1 は、ステップ S 1 にて選択したセンサの検知結果を用いて、ロボットアーム 1 0 1 の制御 (インピーダンス制御、即ち力制御) を行う (S 2 : 制御工程) 。その際、制御部 2 2 1 は、駆動制御装置 2 3 3 に動作指令を出力し、駆動制御装置 2 3 3 は、動作指令に従ってロボットアーム 1 0 1 を動作させる。

30

【 0 0 8 2 】

第 1 のセンサ 1 3 1 , 第 2 のセンサ 1 3 2 に生じる外力が小さい場合には、制御部 2 2 1 は、低定格かつ高分解能の第 1 のセンサ 1 3 1 の検知結果を選択し、力センサ切替部 2 2 2 へ切替信号を送る。一方、制御部 2 2 1 は、第 1 のセンサ 1 3 1 , 第 2 のセンサ 1 3 2 に生じる外力が大きい場合には、高定格かつ低分解能の第 2 のセンサ 1 3 2 の検知結果を選択し、力センサ切替部 2 2 2 へ切替信号を送る。

【 0 0 8 3 】

以下、第 1 実施形態における制御装置 2 0 0 の制御動作について詳細に説明する。図 7 は、本発明の第 1 実施形態に係る制御装置 2 0 0 によるロボット制御方法を説明するための図である。ロボットの動作領域からセンサを切替する方法について説明する。

40

【 0 0 8 4 】

制御部 2 2 1 は、ロボットアーム 1 0 1 の先端部 1 0 1 B (ロボットハンド 1 0 2) が動作可能な X - Y - Z の 3 次元空間の領域について、第 1 領域である領域 A と第 2 領域である領域 B とを設定する。なお、図 7 では、説明の都合上、X - Z 平面上の領域 A および領域 B を図示している。図 7 中、領域 A は a b c d で囲まれた領域である。領域 B は d e f g で囲まれる領域から領域 A を除いた領域である。領域 A , B はそれぞれ 1 つである必要はなく、領域 A , B の数は任意である。

【 0 0 8 5 】

ステップ S 1 では、制御部 2 2 1 は、ロボットアーム 1 0 1 の動作位置の情報に基づい

50

て、力制御にいずれのセンサの検知結果を用いるのかを選択する。より具体的に説明すると、制御部 221 は、ロボットアーム 101 の動作位置が、複数の領域 A, B のうちいずれに属するかを判別し、判別結果に基づき、いずれのセンサの検知結果を用いるのかを選択する。具体的には、制御部 221 は、ロボットアーム 101 (先端部 101B) の動作位置が領域 A に属している場合、第 1 のセンサ 131 の検知結果を選択し、ロボットアーム 101 の動作位置が領域 B に属している場合、第 2 のセンサ 132 の検知結果を選択する。

【0086】

その際、制御部 221 は、ロボットアーム 101 の動作位置の情報として、前述した動作指令を用いる。なお、制御部 221 は、ロボットアーム 101 の動作位置の情報として、エンコーダ 161 又はエンコーダ 162 によるロボットアーム 101 の動作位置の検出結果を用いてもよい。このように、制御部 221 は、ロボットアーム 101 の動作位置の情報を把握できる。

10

【0087】

図 7 の例では、領域 A には柔軟組立部品である部品 W1 が置かれている。制御部 221 は、微小な外力の力制御が要求されるためにロボットアーム 101 (先端部 101B) が領域 A に位置しているときは、低定格かつ高分解能なセンサであるロボットアーム 101 の先端部の第 1 のセンサ 131 を選択する。

【0088】

また、図 7 の例では、領域 B には剛体組立部品である部品 W2 が置かれている。制御部 221 は、高荷重な外力の力制御が要求されるため、ロボットアーム 101 (先端部 101B) が領域 B に位置しているときは、高定格なセンサであるロボットアーム 101 の各関節 J1 ~ J3 の第 2 のセンサ 132 を選択する。

20

【0089】

なお、図 7 において、架台 110 (領域 A) の Z 軸上方にも領域 B を設定している。Z 軸上方の領域 B ではロボット 100 が部品搬送するときの高速動作を想定しており、力制御による組立作業は発生しない。しかしながら、例えば、人間とロボット 100 との協調作業時には人間とロボット 100 との予期せぬ衝突が起きる場合がある。そのときには、第 2 のセンサ 132 により衝突荷重を検知して適切にロボット 100 (ロボットアーム 101) が退避できることが望ましい。ロボットアーム 101 に何かが衝突したときには、高荷重が想定されることから、Z 軸上方の領域 B において、第 2 のセンサ 132 を選択している。

30

【0090】

以上、第 1 実施形態によれば、制御部 221 が、第 1 のセンサ 131 及び第 2 のセンサ 132 の検知結果を選択的に使用してロボットアーム 101 の力制御を行う。これにより、微小な外力から大きな外力まで幅広いレンジで外力を高精度に検知でき、ロボットアーム 101 を高精度に力制御できる。具体的には、高荷重が加わる組立作業には、外力を検知できる範囲が大きい第 2 のセンサ 132 の検知結果を選択的に使用し、微小な外力の検知が必要な組立作業には外力を検知できる範囲が小さい第 1 のセンサ 131 の検知結果を選択的に使用する。これによって、微小な外力から高荷重な外力まで検知して高精度な力制御が可能となる。

40

【0091】

[第 2 実施形態]

次に、本発明の第 2 実施形態に係るロボット装置におけるロボット制御方法について説明する。図 8 は、本発明の第 2 実施形態に係るロボット制御方法を示すフローチャートである。この図 8 に示すフローチャートには、柔軟組立部品である部品 W1 と、剛体組立部品である部品 W2 について、ロボット 100 が組立を行う工程を示している。なお、ロボット装置の構成については、第 1 実施形態のロボット装置 500 と同様であるため、説明を省略する。

【0092】

50

まず、制御部 221 は、ロボット 100 が部品 W1 へ移動するよう、ロボットアーム 101 の動作を制御する (S11)。次に、制御部 221 は、ロボット 100 が部品 W1 を組み立てるよう、ロボットアーム 101 の動作を制御する (S12)。制御部 221 は、ロボット 100 が部品 W2 へ移動するよう、ロボットアーム 101 の動作を制御する (S13)。次に、制御部 221 は、ロボット 100 が部品 W2 を組み立てるよう、ロボットアーム 101 の動作を制御する (S14)。最後に、制御部 221 は、ロボット 100 が部品 W1, W2 を搬送するよう、ロボットアーム 101 の動作を制御する (S15)。

【0093】

以上のステップ S11 ~ S15 において、制御部 221 は、駆動制御装置 233 にロボットアーム 101 の動作指令を送り、ロボットアーム 101 を動作させている。このため、制御部 221 は、第 1 実施形態と同様、ロボットアーム 101 の動作位置を判断することが可能である。

10

【0094】

よって、以上のステップ S11 ~ S15 の動作時の力制御において、ロボットアーム 101 の動作位置の情報 (例えば、動作指令や位置検出部の検出結果に基づくロボットアーム 101 の位置) で、センサを選択する。例えば、制御部 221 は、ステップ S12 の力制御では、第 1 のセンサ 131 の検知結果を選択し、ステップ S11, S13, S14, S15 の力制御では、第 2 のセンサ 132 の検知結果を選択する。

【0095】

なお、ロボットアーム 101 の動作の指示を教示点で指定する方法もある。よって、第 2 実施形態では、ロボットアーム 101 の動作パターン (動作指令) でセンサの選択を行ったが、教示点毎にセンサを選択するようにしてもよい。即ち制御部 221 は、ロボットアーム 101 の動作位置の情報として、与えられた教示点を用いてもよい。

20

【0096】

以上、第 2 実施形態においても、制御部 221 が、第 1 のセンサ 131 及び第 2 のセンサ 132 の検知結果を選択的に使用してロボットアーム 101 の力制御を行う。これにより、微小な外力から大きな外力まで幅広いレンジで外力を高精度に検知でき、ロボットアーム 101 を高精度に力制御できる。

【0097】

[第 3 実施形態]

次に、本発明の第 3 実施形態に係るロボット装置におけるロボット制御方法について説明する。図 9 は、本発明の第 3 実施形態に係るロボット制御方法を説明するための図である。なお、ロボット装置の構成については、第 1 実施形態のロボット装置 500 と同様であるため、説明を省略する。

30

【0098】

上記第 1、第 2 実施形態では、いずれもロボット 100 が作業を行う前に制御部 221 に切替ポイントを設定しておく、即ち、事前にどのセンサの検知結果を使用するのかを設定しておくものであった。これに対し、第 3 実施形態では、リアルタイムにセンサの検知結果を選択するものである。以下、具体的に説明する。図 9 には、外力に対する第 1 のセンサ 131, 第 2 のセンサ 132 の出力を示すグラフを図示している。

40

【0099】

制御部 221 は、第 1 のセンサ 131, 第 2 のセンサ 132 のうち、少なくとも 1 つのセンサにより検知された力の大きさに基づき、力制御にいずれのセンサの検知結果を用いるのかを選択する。

【0100】

ここで、図 9 において、実線で示す出力が、低定格かつ高分解能な第 1 のセンサ 131 が有効に機能する外力の検知可能範囲である。また、点線で示す出力が、高定格な第 2 のセンサ 132 が有効に機能する外力の検知可能範囲である。即ち、図 9 において、第 1 のセンサ 131 の検知可能範囲は、0 [N] 以上 F1 [N] 以下であり、第 2 のセンサ 132 の検知可能範囲は、0 [N] 以上 F2 (> F1) [N] 以下である。換言すると、第 1

50

のセンサ 1 3 1 の定格は、 $F 1 [N]$ であり、第 2 のセンサ 1 3 2 の定格は、 $F 2 [N]$ である。

【 0 1 0 1 】

制御部 2 2 1 は、 $F 1 [N]$ よりも大きく $F 2 [N]$ 以下の範囲では、第 2 のセンサ 1 3 2 の検知結果を選択する。そして、制御部 2 2 1 は、それぞれのセンサ 1 3 1 , 1 3 2 が有効に機能する外力の検知可能範囲を跨ぐような外力が作用した場合にどちらかのセンサの検知結果を選択する。第 3 実施形態では、制御部 2 2 1 は、 $0 [N]$ 以上 $F 1 [N]$ 以下が 2 つのセンサ 1 3 1 , 1 3 2 の検知可能範囲が重複する範囲であり、この範囲のときは第 1 のセンサ 1 3 1 の検知結果を選択する。よって、制御部 2 2 1 は、 $0 [N]$ 以上 $F 1 [N]$ 以下の場合には、第 1 のセンサ 1 3 1 の検知結果を選択し、 $F 1 [N]$ よりも大

10

【 0 1 0 2 】

ここで、制御部 2 2 1 は、力センサ切替部 2 2 2 を通じてリアルタイムに第 1 のセンサ 1 3 1 , 第 2 のセンサ 1 3 2 の出力結果をモニタできる状態にある。よって、荷重を計測した場合に制御部 2 2 1 からの切替信号により力センサ切替部 2 2 2 が動作することでリアルタイムにセンサを選択することが可能となる。

【 0 1 0 3 】

組立部品には公差があり一様の形状ではないため、組立に生じる外力が同じ部品で異なる。第 3 実施形態によれば、実際に検知した力に応じてリアルタイムにセンサの選択を行っているので、事前にセンサの選択しておく場合よりも、組立時のロボットアーム 1 0 1 の制御性が更に向上する。

20

【 0 1 0 4 】

[第 4 実施形態]

次に、本発明の第 4 実施形態に係るロボット装置におけるロボット制御方法について説明する。図 1 0 は、本発明の第 4 実施形態に係るロボット装置を示す説明図である。なお、第 4 実施形態のロボット装置 5 0 0 A において、上記第 1 ~ 第 3 実施形態のロボット装置と同様の構成については、同一符号を付して説明を省略する。

【 0 1 0 5 】

第 4 実施形態のロボット装置 5 0 0 A は、上記実施形態のロボット装置 5 0 0 にカメラシステムを追加したものである。具体的には、ロボット装置 5 0 0 A は、上記実施形態のロボット装置 5 0 0 の各構成に加えて、撮像装置であるカメラ 4 5 0 と、カメラ 4 5 0 により撮像された撮像画像を処理する画像処理装置 4 6 0 とを備えている。

30

【 0 1 0 6 】

カメラ 4 5 0 は、ロボットアーム 1 0 1 に取り付けられたロボットハンド 1 0 2 により作業可能な位置 (架台 1 1 0 上) に配置された作業対象物である部品 $W 1$, $W 2$ を撮像可能な位置に配置されている。カメラ 4 5 0 は、デジタルカメラであり、画像処理装置 4 6 0 に撮像画像のデータを伝送可能に有線又は無線で画像処理装置 4 6 0 に接続されている。

【 0 1 0 7 】

画像処理装置 4 6 0 は、制御装置 2 0 0 に接続され、カメラ 4 5 0 による撮像画像を解析して、撮像画像中の部品が部品 $W 1$, $W 2$ のうちのいずれの種類の部品であるかを特定する。そして、画像処理装置 4 6 0 は、撮像画像から特定した種類の部品 (部品 $W 1$, $W 2$) の位置を測定し、その結果を制御装置 2 0 0 に伝送する。

40

【 0 1 0 8 】

制御装置 2 0 0 の制御部 2 2 1 は、カメラ 4 5 0 により撮像された撮像画像の解析結果に基づき部品 $W 1$, $W 2$ の位置に応じて、領域 A , B を設定する。具体的に説明すると、制御部 2 2 1 には、上記第 1 実施形態と同様に、領域 A , B が予め設定されている。そして、制御部 2 2 1 は、撮像画像の解析結果に基づき、部品 $W 1$ が領域 A に位置し、且つ部品 $W 2$ が領域 B に位置するように、領域 A , B の設定を変更する。

50

【 0 1 0 9 】

以下、具体例を挙げて説明する。図 1 1 (a) は、領域 A , B を変更する前の状態を示す模式図であり、図 1 1 (b) は、領域 A , B を変更した後の状態を示す模式図である。

【 0 1 1 0 】

図 1 1 (a) に示すように、図 7 と同様、制御部 2 2 1 には、センサの切替領域である領域 A , B のデータが事前に設定されている。図 1 1 (a) では、部品 W 2 は、領域 A に位置しており、領域 B に位置していなければ有効な力制御が実現できない。図 1 1 (a) に示すように、人間とロボットとの協調作業時に人間が領域 A に部品 W 2 を置いてしまう可能性がある。そこで、制御部 2 2 1 は、カメラ 4 5 0 の撮像画像に基づく計測値を利用することにより、領域 A , B を、図 1 1 (b) に示すように修正する。

10

【 0 1 1 1 】

即ち、制御部 2 2 1 は、ロボット 1 0 0 による組立作業において、カメラ 4 5 0 に、架台 1 1 0 上に置かれた部品 W 1 および部品 W 2 を撮像させる。画像処理装置 4 6 0 は、カメラ 4 5 0 から送信された撮像画像を処理して、部品 W 1 , W 2 の位置を計測する。画像処理装置 4 6 0 は、その計測結果を制御装置 2 0 0 の制御部 2 2 1 に送り、制御部 2 2 1 は、事前に設定された領域 A , B と、部品 W 1 , W 2 との位置関係を照合する。そして、制御部 2 2 1 は、図 1 1 (b) に示したように、照合結果により新たに領域 A , 領域 B を設定する。

【 0 1 1 2 】

制御部 2 2 1 は、新たな領域 A , B の情報に基づいて切替信号を力センサ切替部 2 2 2 へ送ることでリアルタイムにセンサを選択することが可能となる。

20

【 0 1 1 3 】

なお、第 4 実施形態では、領域 A , B で第 1 のセンサ 1 3 1 , 第 2 のセンサ 1 3 2 の検知結果を選択するようにしたが、これに限定するものではない。即ち、制御部 2 2 1 は、カメラ 4 5 0 により撮像された撮像画像の解析結果に基づく部品の種類 (部品 W 1 , W 2) に応じて、力制御にいずれのセンサの検知結果を用いるのかを選択してもよい。部品 W 1 , W 2 のうちいずれの種類部品であるかは、撮像画像に含まれる部品の形状又は色等で判断すればよい。

【 0 1 1 4 】

なお、本発明は、以上説明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。

30

【 0 1 1 5 】

[その他の実施形態]

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路 (例えば、ASIC) によっても実現可能である。

【 0 1 1 6 】

また、第 1 ~ 第 4 実施形態で説明した切替条件 (選択条件) を複数組み合わせてもよい。複数の切替条件とすることで切替の信頼性が更に向上する。例えば、図 7 において領域 A と領域 B に境目付近に組立部品がある場合、図 9 において外力が切替ポイント付近の値である場合などである。この場合は、領域 A にロボットアーム 1 0 1 (先端部 1 0 1 B) が位置していること、かつ、外力が所定の値以下といったように複合条件を指定することで切替の信頼性を高めることが可能である。

40

【 0 1 1 7 】

また、上記第 1 ~ 第 4 実施形態においては、多関節のロボット 1 0 0 が、垂直多関節のロボットである場合について説明したが、水平多関節のロボット (スカラロボット) 、パラレルリンクロボットなどであってもよい。

50

【 0 1 1 8 】

また、上記第 1 ~ 第 4 実施形態では、センサ（及び力センサ入力装置）が 2 つの場合で説明したが、センサ（及び力センサ入力装置）が 3 つ以上となる場合であってもよく、この場合、いずれか 1 つを選択すればよい。

【 符号の説明 】**【 0 1 1 9 】**

1 0 1 ... ロボットアーム、 1 0 2 ... ロボットハンド（エンドエフェクタ）、 1 3 1 ... 力センサ（第 1 のセンサ）、 1 3 2 ... 力センサ（第 2 のセンサ）、 2 0 0 ... 制御装置（制御手段）、 5 0 0 ... ロボット装置

10

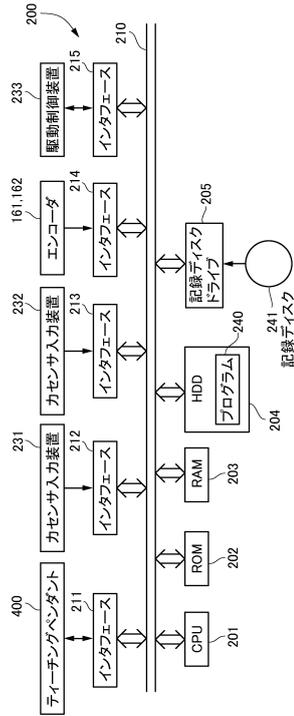
20

30

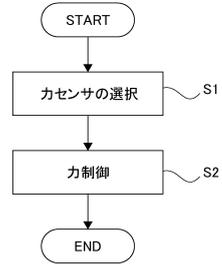
40

50

【図5】



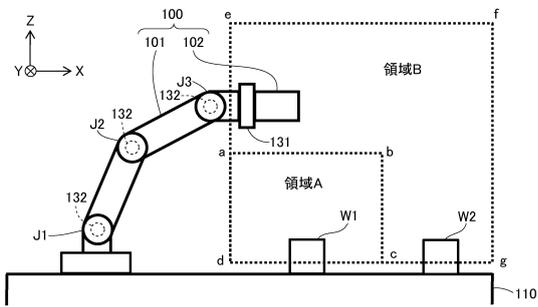
【図6】



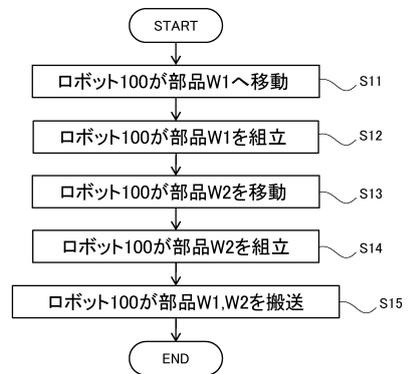
10

20

【図7】



【図8】

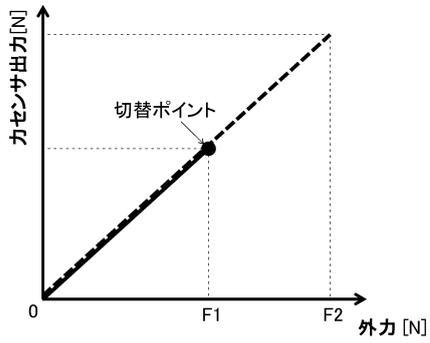


30

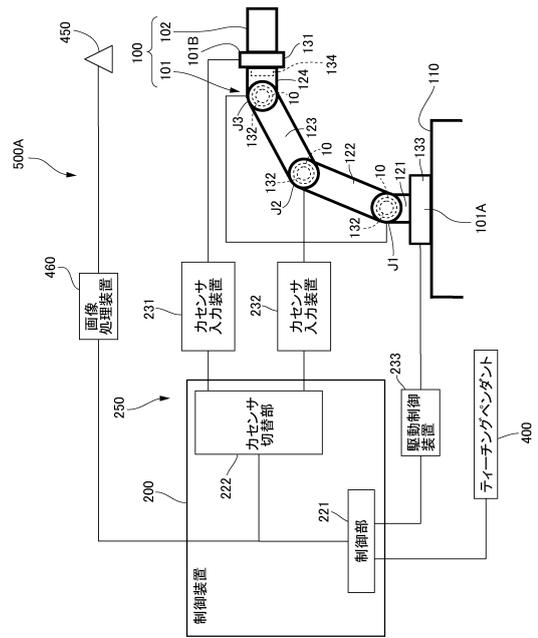
40

50

【図 9】



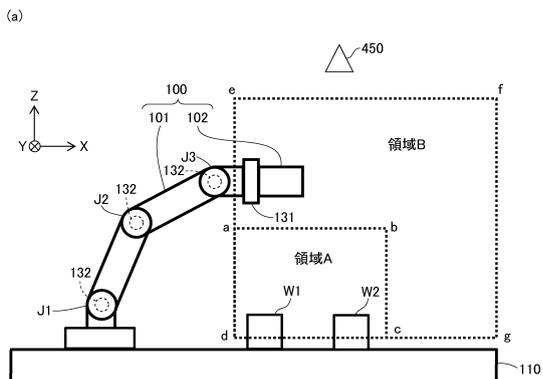
【図 10】



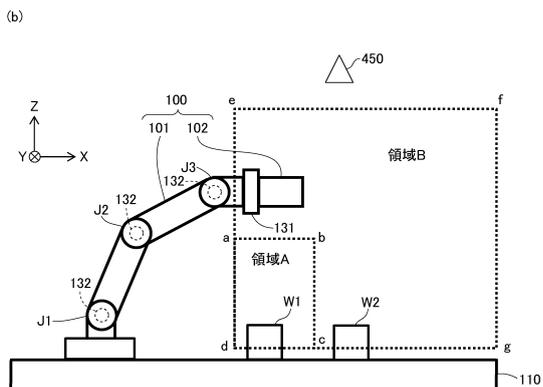
10

20

【図 11】



30



40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2006-168581(JP,A)
特開2001-38664(JP,A)
特開2009-75083(JP,A)
特開2009-125884(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B25J 1/00 - 21/02