

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6849631号
(P6849631)

(45) 発行日 令和3年3月24日(2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月8日(2021.3.8)

(51) Int.Cl.	F I					
B 2 5 J 13/00 (2006.01)	B 2 5 J	13/00				A
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J	13/08				A
B 2 3 P 21/00 (2006.01)	B 2 3 P	21/00	3 0 7 Z			
B 2 3 P 19/04 (2006.01)	B 2 3 P	21/00	3 0 3 A			
B 6 2 D 65/18 (2006.01)	B 2 3 P	19/04				G
請求項の数 4 (全 17 頁) 最終頁に続く						

(21) 出願番号	特願2018-82420 (P2018-82420)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成30年4月23日(2018.4.23)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2019-188508 (P2019-188508A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	令和1年10月31日(2019.10.31)		〇番地
審査請求日	令和1年9月11日(2019.9.11)	(74) 代理人	100118913
早期審査対象出願			弁理士 上田 邦生
前置審査		(72) 発明者	大場 雅文
			山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
			〇番地 ファナック株式会社内
		審査官	松浦 陽
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 作業ロボットシステムおよび作業ロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物品を搬送する搬送装置と、
前記搬送装置によって動いている前記物品の対象部に対して所定の作業を行う作業ロボットと、

前記作業ロボットを制御する作業ロボット制御部と、
第1の所定位置に配置され、前記搬送装置によって動いている前記物品の第1の面における前記対象部とは異なる第1の検出対象であって前記対象部に対して位置が変化しない第1の検出対象の位置を検出するために用いられる第1のセンサと、

第2の所定位置に配置され、前記搬送装置によって動いている前記物品の第2の面における前記対象部とは異なる第2の検出対象であって前記対象部に対して位置が変化しない第2の検出対象の位置を検出するために用いられる第2のセンサと、

前記作業ロボットに支持された部品又はツールと前記物品との接触によって生ずる力を検出する力検出部と、を備え、

前記作業ロボット制御部が、前記作業ロボットによる前記所定の作業が行われる時に、検出される前記第1の検出対象および前記第2の検出対象の位置に基づき前記作業ロボットによって支持されている前記部品又は前記ツールを前記対象部に追従させる前記作業ロボットの制御を行いながら、前記力検出部の検出値に基づいた力制御を行う、作業ロボットシステム。

【請求項2】

前記搬送装置上の前記物品の少なくとも位置を検出する検出部を備え、

前記作業ロボット制御部が、前記検出部の検出結果に基づいて、前記作業ロボットの前記部品又は前記ツールを前記対象部に近付ける、請求項 1 に記載の作業ロボットシステム。

【請求項 3】

前記検出対象の検出位置が、所定の基準を超えて変動する時に、前記作業ロボット制御部および前記搬送装置の少なくとも一方が異常対応作動を行う、請求項 1 又は 2 に記載の作業ロボットシステム。

【請求項 4】

搬送装置によって動いている物品の対象部に対して所定の作業を行うアームと、
前記アームを制御する作業ロボット制御部と、
前記アームに支持された部品又はツールと前記物品との接触によって生ずる力を検出する力検出部と、を備えた作業ロボットであって、

前記作業ロボット制御部が、前記搬送装置によって動いている前記物品の第 1 の面における第 1 の検出対象であって前記対象部に対して位置が変化しない第 1 の検出対象の位置を検出するために用いられる第 1 センサと、前記搬送装置によって動いている前記物品の第 2 の面における第 2 の検出対象であって前記対象部に対して位置が変化しない第 2 の検出対象の位置を検出するために用いられる第 2 センサとを有する計測装置から、前記第 1 の検出対象および前記第 2 の検出対象の位置に関するデータを受付け、

前記作業ロボット制御部が、前記アームによる前記所定の作業が行われる時に、前記第 1 の検出対象および前記第 2 の検出対象の前記位置に関するデータを用いて前記アームによって支持されている前記部品又は前記ツールを前記対象部に追従させる前記アームの制御を行いながら、前記力検出部の検出値に基づいた力制御を行う、作業ロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は作業ロボットシステムおよび作業ロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、搬送装置によって搬送される物品に部品を組み付ける時には、搬送装置を停止させる場合が多かった。特に、車のボディ等の大きな物品に部品を精密に組み付ける時には、搬送装置による物品の搬送を停止する必要があるがあった。これが作業効率の低下に帰結する場合もあった。

【0003】

一方、ロボットと、物体を搬送する搬送装置と、搬送装置に沿って設けられたレールと、レールに沿ってロボットを移動させる移動装置とを備えた生産ラインが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。この生産ラインでは、搬送装置によって物体が搬送されている時に、ロボットは物体の欠陥検査および研磨を行う。また、欠陥検査および研磨が行われる時に、搬送装置による物体の搬送速度と同じ速度で、移動装置がロボットをレールに沿って移動させる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 08 - 72764 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前記生産システムでは、欠陥検査および研磨を行っているだけである。一方、ロボットと物体とが干渉し得る作業が行われる場合は、ロボット、搬送装置、物品等の破損防止の目的で、ロボットの力制御を行う必要が生ずる。しかし、搬送装置によって移動している

10

20

30

40

50

物品は予測できない挙動を行う可能性があるため、力制御の制御周期を極めて短くし、または、感度を高めないと、前記の破損防止を実現することは難しい。

【0006】

しかし、ロボットはロボットの制御周期でしか反応できないため、結果的に力制御の制御周期はロボットの制御周期よりも短くできない。つまり、ロボット自体の性能を変更しない限り、前記の破損防止を実現することが難しいケースがあった。また、力制御の感度を高くすると、ロボットの発振が発生する可能性が高まる。また、物品が予測できない挙動を行う場合、連続するいくつかの制御周期の期間に力制御が行われても、ロボットと物体との接触が改善されない状態も生じ得る。この時もロボットの発振が発生する可能性が高まる。

10

【0007】

本発明は、前述の事情に鑑みてなされている。本発明の目的の一つは、ロボット、搬送装置、物品等の破損防止を効率的に実現することのできる作業ロボットシステムおよび作業ロボットの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用する。

本発明の第1態様の作業ロボットシステムは、物品を搬送する搬送装置と、前記搬送装置によって動いている前記物品の対象部に対して所定の作業を行う作業ロボットと、前記作業ロボットを制御する作業ロボット制御部と、第1の所定位置に配置され、前記搬送装置によって動いている前記物品の第1の面における前記対象部とは異なる第1の検出対象であって前記対象部に対して位置が変化しない第1の検出対象の位置を検出するために用いられる第1のセンサと、第2の所定位置に配置され、前記搬送装置によって動いている前記物品の第2の面における前記対象部とは異なる第2の検出対象であって前記対象部に対して位置が変化しない第2の検出対象の位置を検出するために用いられる第2のセンサと、前記作業ロボットに支持された部品又はツールと前記物品との接触によって生ずる力を検出する力検出部と、を備え、前記作業ロボット制御部が、前記作業ロボットによる前記所定の作業が行われる時に、検出される前記第1の検出対象および前記第2の検出対象の位置に基づき前記作業ロボットによって支持されている前記部品又は前記ツールを前記対象部に追従させる前記作業ロボットの制御を行いながら、前記力検出部の検出値に基づいた力制御を行う。

20

30

【0009】

上記態様では、第1および第2のセンサがそれぞれ第1の所定位置および第2の所定位置に配置され、物品における第1の面および第2の面における第1および第2の検出対象の位置が検出される。そして、このように検出される第1および第2の検出対象の位置を用いて作業ロボットが制御される。このため、力制御が無い状態であっても、作業ロボット制御部は、作業ロボットに支持された部品又はツールと物品との位置関係を認識でき、両者の接触有無を認識できる場合もある。例えば、搬送装置による物品の移動量が大きく変動する搬送装置の異常も、作業ロボット制御部は力制御が無い状態において認識できる。このため、力制御の制御周期を無理に短くせずに、作業ロボット、搬送装置、物品等の破損防止を実現できるようになり、作業ロボットの発振の発生も抑制される。

40

【0010】

ここで、作業ロボットの先端部、又は、作業ロボットと異なるロボットの先端部によってセンサが支持され、ロボットがセンサの位置および姿勢を搬送装置による搬送に応じて変化させる方が、センサの検出データを用いた対象部の位置の検出の精度が向上するという考えもある。しかし、センサをロボットの先端部によって支持すると、センサの位置および姿勢が、ロボットのキャリブレーションの精度やロボットのたわみの影響やロボットの絶対精度等により、完全に正確でない場合が多い。これに対し、本実施形態では、センサが所定位置に配置されている。このため、センサをロボットの先端部によって支持する場合と比較し、センサの検出データを用いた対象部の位置の検出の精度が向上する。

50

【0011】

また、部品又はツールと共にセンサが作業ロボットの先端部に支持される場合、センサの検出範囲が部品又はツールによって遮られる場合がある。部品又はツールが物品に接触する時に、センサによって対象部又はその近傍を検出できなくなる場合もある。前記態様では、作業ロボットにセンサが支持されていない。このため、センサの検出範囲が部品又はツールによって遮られる可能性が低減される。

【0012】

また、部品又はツールと共にセンサが作業ロボットの先端部に支持される場合、ツール又は作業ロボットの洗浄や修理等を行う際に、作業ロボットからセンサを取外す必要がある。この場合、センサを作業ロボットに再度取り付ける際に、センサのキャリブレーションを行う必要がある。前記態様では、作業ロボットにセンサが支持されていないので、センサのキャリブレーションの手間を低減又は無くすることができる。

10

【0013】

上記態様において、好ましくは、前記作業ロボット制御部が、前記作業ロボットによって支持されている前記部品又は前記ツールを前記センサの前記検出結果を用いて前記対象部に追従させながら、前記力検出部の検出値を用いて前記力制御を行う。

【0014】

このように、センサの検出結果を用いることによって、作業ロボット制御部が作業ロボットの部品又はツールを対象部に追従させる。このため、作業ロボット制御部は、作業ロボットが所定の作業を行う時に、搬送装置によって搬送される物品の対象部に対して、作業ロボットに支持された部品又はツールの位置および姿勢を正確に制御できる。これは、力制御の制御周期を短くせずに、または、感度を高めずに、作業ロボット、搬送装置、物品等の破損防止を実現するために有利であり、作業ロボットの発振の発生を抑制するためにも有利である。

20

【0015】

上記態様において、好ましくは、前記搬送装置上の前記物品の少なくとも位置を検出する検出部を備え、前記作業ロボット制御部が、前記検出部の検出結果に基づいて、前記作業ロボットの前記部品又は前記ツールを前記対象部に近付ける。なお、近付ける際に、作業ロボットは前記対象部の姿勢に合わせて前記部品又は前記ツールの姿勢を変えても良い。

30

検出部の検出結果に基づいてこのように作業ロボットが作動すると、作業の効率が向上する。

【0016】

上記態様において、好ましくは、前記対象部又は前記検出対象の検出位置が、所定の基準を超えて変動する時に、前記作業ロボット制御部および前記搬送装置の少なくとも一方が異常対応作動を行う。

【0017】

当該態様では、前述のように作業ロボットに支持された部品又はツールと物品との位置関係が認識されている状態において、作業ロボット制御部および前記搬送装置の少なくとも一方がさらに、センサの検出結果に基づいて異常対応作動を行う。当該構成は、作業ロボット、搬送装置、物品等の破損防止の確実な実現を図る時に有利であり、作業ロボットの発振の発生を抑制するためにも有利である。

40

【0018】

本発明の第2態様は、搬送装置によって動いている物品の対象部に対して所定の作業を行うアームと、前記アームを制御する作業ロボット制御部と、前記アームに支持された部品又はツールと前記物品との接触によって生ずる力を検出する力検出部と、を備えた作業ロボットであって、前記作業ロボット制御部が、前記搬送装置によって動いている前記物品の第1の面における第1の検出対象であって前記対象部に対して位置が変化しない第1の検出対象の位置を検出するために用いられる第1センサと、前記搬送装置によって動いている前記物品の第2の面における第2の検出対象であって前記対象部に対して位置が変

50

化しない第2の検出対象の位置を検出するために用いられる第2センサとを有する計測装置から、前記第1の検出対象および前記第2の検出対象の位置に関するデータを受付け、前記作業ロボット制御部が、前記アームによる前記所定の作業が行われる時に、前記第1の検出対象および前記第2の検出対象の前記位置に関するデータを用いて前記アームによって支持されている前記部品又は前記ツールを前記対象部に追従させる前記アームの制御を行いながら、前記力検出部の検出値に基づいた力制御を行う。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、ロボット、搬送装置、物品等の破損防止を効率的に実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施形態の作業ロボットシステムの構成を示す図である。

【図2】本実施形態の作業ロボットシステムの作業ロボット制御装置のブロック図である。

【図3】本実施形態の計測ロボットシステムのセンサによって撮像される画像データの例である。

【図4】本実施形態の制御システムの構成の他の例を示す図である。

【図5】本実施形態の作業ロボットおよび計測装置の制御装置の処理の例を示すフローチャートである。

20

【図6】本実施形態の物品の対象部および部品の取付部の平面図である。

【図7】本実施形態の作業ロボットシステムにおけるトラッキング制御の座標系を説明する図である。

【図8】本実施形態の作業ロボットシステムの変形例の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の第1実施形態に係る作業ロボットシステムについて、図面を用いながら以下説明する。

本実施形態の作業ロボットシステムは、図1に示されるように、作業対象である物品100を搬送する搬送装置2と、搬送装置2によって搬送される物品100の対象部101に対して所定の作業を行う作業ロボット10と、作業ロボット10が有する作業ロボット制御装置20と、検出部としての検出装置40とを備えている。

30

【0022】

検出装置40は、物品100が所定位置まで搬送されてきたことを検出する。検出装置40が、搬送装置2によって搬送される物品100の対象部101の位置および姿勢を特定できるデータを取得してもよい。検出装置40として、このような機能を有する装置は全て利用することができる。本実施形態では検出装置40は光電センサである。この場合、検出装置40は、その設置位置まで物品100が搬送されてきたことを検出する。検出装置40の検出結果は各制御装置に送信されても良いし、後述の上位制御装置80に送信されても良い。

40

【0023】

物品100は特定の種類の物に限定されないが、本実施形態では、一例として、物品100は車のボディである。搬送装置2はモータ2aによって複数のローラ3のうち数本を駆動することによって物品100を搬送するものであり、本実施形態では搬送装置2は図1における右側に向かって物品100を搬送する。なお、モータ2aは作動位置検出装置2bを備えていても良い。作動位置検出装置2bはモータ2aの出力軸の回転位置および回転量を逐次検出する。作動位置検出装置2bは例えばエンコーダであり、作動位置検出装置2bの検出値は作業ロボット制御装置20に送信される。

【0024】

50

対象部 101 は、物品 100 において、作業ロボット 10 が所定の作業を行う部分である。本実施形態では、所定の作業として、作業ロボット 10 のハンド 30 が部品 110 を持ち上げ、作業ロボット 10 は部品 110 の取付部 111 を対象部 101 に取付ける。これにより、例えば、部品 110 の取付部 111 から下方に延びるシャフト 111a が、物品 100 の対象部 101 に設けられた孔 101a に嵌合する。

なお、物品 100 が搬送装置 2 によって移動している状態において、作業ロボット 10 は部品 110 の取付部 111 を対象部 101 に取付ける。

【0025】

作業ロボット 10 は特定の種類のロボットに限定されないが、本実施形態の作業ロボット 10 は、複数の可動部をそれぞれ駆動する複数のサーボモータ 11 を備えている（図 2 参照）。なお、複数の可動部によって作業ロボット 10 のアーム 10a が構成されている。各サーボモータ 11 はその作動位置を検出するための作動位置検出装置を有し、作動位置検出装置は一例としてエンコーダである。作動位置検出装置の検出値は作業ロボット制御装置 20 に送信される。

10

【0026】

作業ロボット 10 のアーム 10a の先端部にはハンド 30 が取付けられている。本実施形態のハンド 30 は複数の爪による把持によって部品 110 を支持するが、磁力、空気の吸引、またはそれらを組み合わせたもの等を用いて部品 110 を支持するハンドを用いることも可能である。

ハンド 30 は爪を駆動するサーボモータ 31 を備えている（図 2 参照）。サーボモータ 31 はその作動位置を検出するための作動位置検出装置を有し、作動位置検出装置は一例としてエンコーダである。作動位置検出装置の検出値は作業ロボット制御装置 20 に送信される。

20

なお、各サーボモータ 11、31 として、回転モータ、直動モータ等の各種のサーボモータが用いられ得る。

【0027】

作業ロボット 10 のアーム 10a の先端部には力検出部としての力センサ 32 が取付けられている。力センサ 32 は、例えば、図 1 に示す力センサ座標系 202 の x 軸方向、y 軸方向、および z 軸方向の力を検出し、x 軸周り、y 軸周り、および z 軸周りの力も検出する。

30

本実施形態では、搬送装置 2 の搬送方向と図 1 の基準座標系 201 の X 軸方向が一致しており、鉛直方向と図 1 の Z 軸方向とが一致しており、図 1 の Y 軸方向は搬送装置 2 の幅方向と一致するように取る。

【0028】

力センサ 32 は、ハンド 30 又はハンド 30 によって把持された部品 110 に加わる力の方向および力の程度を検出できるものであればよい。このため、本実施形態では力センサ 32 が作業ロボット 10 とハンド 30 との間に設けられているが、力センサ 32 はハンド 30 内に設けられていてもよいし、作業ロボット 10 内に設けられていてもよい。

【0029】

作業ロボット制御装置 20 は、図 2 に示されるように、CPU、RAM等を有する作業ロボット制御部 21 と、表示装置 22 と、不揮発性ストレージ、ROM等を有する記憶部 23 と、作業ロボット 10 のサーボモータ 11 にそれぞれ対応している複数のサーボ制御器 24 と、ハンド 30 のサーボモータ 31 に対応しているサーボ制御器 25 と、作業ロボット制御装置 20 に接続された入力部 26 とを備えている。つまり、作業ロボット制御装置 20 は、作業ロボット 10 のアーム 10a およびハンド 30 を制御するものである。入力部 26 は、一例では、オペレータが持ち運べる操作盤等の入力装置である。入力部 26 が作業ロボット制御装置 20 と無線通信を行う場合もある。

40

【0030】

本実施形態の作業ロボットシステムは、図 1 に示されるように、複数の計測装置 60 を備えている。各計測装置 60 は、センサ 50 を有する。本実施形態では 2 つの計測装置 6

50

0 が用いられる。計測装置 60 は 1 つであってもよい。

【0031】

複数の計測装置 60 のセンサ 50 はそれぞれ所定の位置に配置されている。本実施形態では、図 1 に示されるように、2 つの計測装置 60 のセンサ 50 は X 軸方向に間隔をおいて配置されており、2 つのセンサ 50 はそれぞれスタンド 51 又はフレーム 52 によって所定位置に位置決めされている。スタンド 51 によって支持されたセンサ 50 は物体 100 の側方に配置されており、フレーム 52 によって支持されたセンサ 50 は物体 100 の上方に配置されている。

【0032】

センサ 50 は、二次元カメラ、三次元カメラ、三次元距離センサ等である。本実施形態のセンサ 50 は二次元カメラであり、各センサ 50 は画像データを作業ロボット制御装置 20 に逐次送信する。後述のように、作業ロボット制御部 21 は、画像データ中の検出対象 O の位置および姿勢を検出できる。

【0033】

基準座標系 201 の設定時には、作業ロボット 10 の先端部に設けられた設定ツールが搬送装置 2 上のある位置に設置されたキャリブレーション治具の複数の所定箇所を触る。これにより、基準座標系 201 が設定される。本実施形態では、基準座標系 201 の X 軸、Y 軸、および Z 軸の伸びる方向は図 1 に示される X 軸、Y 軸、および Z 軸の伸びる方向と一致しており、基準座標系 201 の位置、即ち原点位置は、キャリブレーション治具上の所定の位置となる。

また、前記キャリブレーション治具を作業ロボットの既知の位置に取付け、2 つのセンサ 50 の前に移動させ、2 つのセンサ 50 がそれぞれ前記キャリブレーション治具の画像データを得て、作業ロボット 10 の基準座標系 201 とセンサ 50 の位置姿勢（センサ座標系 203, 204）とを関連付ける。もしくは 2 つのセンサ 50 から見える既知の位置に前記キャリブレーション治具を設置し、2 つのセンサ 50 がそれぞれ前記キャリブレーション治具の画像データを得て、作業ロボット 10 の基準座標系 201 とセンサ 50 の位置姿勢（センサ座標系 203, 204）とを関連付けてもよい。

なお、基準座標系設定時にキャリブレーション治具とは別の治具を用いても良い。

【0034】

作業ロボット制御装置 20 の記憶部 23 にはシステムプログラム 23 a が格納されており、システムプログラム 23 a は作業ロボット制御装置 20 の基本機能を担っている。また、記憶部 23 には作業動作プログラム 23 b が格納されている。また、記憶部 23 には、力制御プログラム 23 c と、計測プログラム 23 d とが格納されている。

【0035】

作業ロボット制御部 21 は、プログラム 23 a, 23 d に基づいて、センサ 50 の検出データを用いて、対象部 101 の位置又は移動量をモニタする。また、作業ロボット制御部 21 は、プログラム 23 a, 23 b, 23 c に基づいて、物体 100 に対する所定の作業を行うための制御指令を各サーボ制御器 24, 25 に送信する。これによって、作業ロボット 10 およびハンド 30 が物体 100 に対して所定の作業を行う。

【0036】

なお、図 4 に示されるように、作業ロボット制御装置 20 および各計測装置 50 は上位制御装置 80 に接続されても良い。上位制御装置 80 は、プロセッサと、RAM、ハードディスク等の記憶部と、入力部と、送受信部とを有するコンピュータである。作業ロボット 10 の稼働状態、各計測装置 60 の稼働状態等は、上位制御装置 80 に送信される。センサ 50 および計測制御装置 70 によってモニタされる対象部 101 の位置および移動量のデータと、これらに関する後述のデータも、上位制御装置 80 に逐次送信される。また、前記データは上位制御装置 80 から作業ロボット制御装置 20 に逐次送信される。また、上位制御装置 80 が受付けるその他のデータも、上位制御装置 80 から作業ロボット制御装置 20 に送信される。

なお上位制御装置 80 がない場合は、各々の制御装置が直接やり取りを行う。

【 0 0 3 7 】

作業ロボット10が物体100に対して所定の作業を行う際の作業ロボット制御部21の処理を図5のフローチャートを参照しながら説明する。なお、以下の制御は、搬送装置2によって物品100が搬送されている状態で行われる。

【 0 0 3 8 】

まず、検出装置40による物品100の検出信号を受信すると(ステップS1-1)、作業ロボット制御部21は、作業動作プログラム23bに基づき、ハンド30によって把持された部品110を対象部101に近付けるための制御指令を各サーボ制御器24に送信する(ステップS1-2)。

ステップS1-2の制御を行うために、作業ロボット制御部21は、物品100内における対象部101や検出対象Oに対するロボットの位置のデータ等を用いる。なお、ここであらかじめ指定されたおおよその搬送装置2の搬送速度を用いてロボットの位置を補正しても良いし、もしくは作動位置検出装置2bによって得られる搬送装置2の搬送速度を使ってロボットの位置を補正しても良い。

【 0 0 3 9 】

また、作業ロボット制御部21は、計測プログラム23dに基づき、センサ50の検出データの処理を開始する(ステップS1-3)。本実施形態では2つのセンサ50用にそれぞれ検出対象Oが準備されており、2つの検出対象Oのうち的一方は物体100の側面に設けられたマークであり、他方は物体100の上面に設けられたマークである(図1)

。

検出対象Oは対象部101に対する位置および姿勢が変化しないものであればよい。

【 0 0 4 0 】

続いて、センサ50の画角内に検出対象Oが存在するようになると(ステップS1-4)、作業ロボット制御部21が、計測プログラム23dに基づき、第1の処理として、検出対象Oの計測に基づく対象部101の位置座標および姿勢の補正データの導出と、補正データを用いた作業動作プログラム23bの補正を行い(ステップS1-5)、同時に又は第1の処理の後すぐに、第2の処理として、検出対象Oの位置および移動速度を検出するための制御を開始し(ステップS1-6)、また、基準座標系201の移動のための制御を開始する(ステップS1-7)。

【 0 0 4 1 】

(第1の処理)

作業ロボット制御部21は、センサ50の画像データを用いて、基準座標系201における検出対象Oの位置、又は、位置および姿勢を検出する。そして、作業ロボット制御部21は、予め教示されている基準と実際の検出結果との相対関係から第1の処理の補正データを求める。各検出対象Oは対象部101に対して位置および姿勢が変化しないので、対象部101の補正データとして前記補正データを用いることが可能である。

【 0 0 4 2 】

作業ロボット制御部21は、求められた位置座標および姿勢の補正データを用いて、作業動作プログラム23bを補正する。なお、位置座標のみを補正することも可能であり、姿勢のみを補正することも可能である。これにより、後述の制御によってハンド30が支持された部品110のシャフト111aを対象部101の孔101aに嵌合する際に(図6)、当該嵌合の精度を向上することができる。

【 0 0 4 3 】

(第2の処理)

第2の処理としてステップS1-6およびS1-7を行うために、例えば下記の制御を用いることが可能である。本実施形態では、下記の制御は位置ベース法と称される。それ以外の制御を用いてステップS1-6およびS1-7を行うことも勿論可能である。本実施形態では、下記制御において、センサ50の検出データから検出対象Oの位置が検出されるが、センサ50の検出データから検出対象Oの位置および姿勢が検出されてもよい。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

位置ベース法の制御は、センサ50の検出データとして逐次得られる画像データを用いて、固定された基準座標系201上における物品100の特徴形状および/又は特徴点の位置を逐次検出する。本実施形態では、対象部101に対して位置および姿勢が変化しない検出対象Oの位置の検出結果に基づき、物品100の対象部101の位置が逐次検出される。なお、同時に対象部101の姿勢が逐次検出されてもよい。そして、作業ロボット制御部21は、当該基準座標系201上の時間の経過により移動する検出位置同士の差(例えば、現在の検出位置と過去のある時点の検出位置との差)に基づいて、基準座標系201を逐次移動させる。

【0045】

ここで、第1の処理では、センサ50の検出範囲内に入ってくる検出対象Oの位置を検出するために、検出範囲の全域について画像処理を行う必要があるが、第2の処理では、検出対象Oの大凡の位置を特定することができるので、検出範囲の一部について画像処理を行い、これにより処理速度の向上を図ることが可能である。

【0046】

本実施形態では、位置ベース法の制御が行われる時に、センサ50の画角内に検出対象Oが常に配置される。

【0047】

なお、物体100の上方に配置されたセンサ50から見て、検出対象OがX軸方向およびY軸方向に移動する時は、基準座標系201もX軸方向およびY軸方向に移動される。物体100の側方に配置されたセンサ50から見て、検出対象OがX軸方向およびZ軸方向に移動する時は、基準座標系201もX軸方向およびZ軸方向に移動される。なお、2つの検出対象Oの位置がZ軸方向、Y軸方向等に延びる軸線周りに回転している時は、基準座標系201の姿勢もこれら軸線周りに回転される。

【0048】

このように、検出対象Oの位置の移動に伴って基準座標系201の設定位置、例えば原点位置を逐次移動させる場合は、作業ロボット制御部21は作業動作プログラム23bを補正せずに作業ロボット10を制御できる。

【0049】

上記制御において、作業ロボット制御部21は、例えば図7に示されるように、2つの検出対象Oの位置 p_{11} 、 p_{21} がそれぞれ位置 p_{12} 、 p_{22} 、・・・に移動する場合、最小二乗法等でフィッティングすることにより、2つの検出対象Oの移動速度をそれぞれ計算する。または、2つの検出対象Oの移動速度を平均することによって、平均の移動速度が計算される。求められた移動速度に時間を掛けたものが移動量となる。

この移動量を使って基準座標系201を移動させるための設定位置を補間しても良い。

【0050】

また、2つの検出対象Oの基準座標系201における中心位置を、2つの検出対象Oの検出位置として用いることも可能である。3つ以上の検出対象Oがある場合は、3つ以上の検出対象Oの重心位置がこれら検出対象Oの検出位置として用いられ得る。複数の検出対象Oの中心位置又は重心位置を用いることにより、物品100の検出誤差の影響等を低減することが可能となる。

【0051】

そして、作業ロボット制御部21は、作業動作プログラム23bに基づき、部品110のシャフト111aを対象部101の孔101aに嵌合するための制御指令の各サーボ制御器24への送信を開始する(ステップS1-8)。

ここで、本実施形態の作業動作プログラム23bは、基準座標系201において部品110のシャフト111aの位置および姿勢を順次変更するものである。

【0052】

基準座標系201の設定位置がセンサ50の検出結果に応じて逐次調整されるこの制御では、搬送装置2によって物品100の対象部101は移動しているが、基準座標系201からは対象部101は停止しているように見える。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

このように制御されている状態において、作業ロボット制御部 2 1 は、力制御プログラム 2 3 c に基づいた力制御を開始する（ステップ S 1 - 9）。力制御として、周知の力制御を用いることが可能である。本実施形態では、力センサ 3 2 によって検出される力から逃げる方向に作業ロボット 1 0 が部品 1 1 0 を移動させる。その移動量は力センサ 3 2 の検出値に応じて作業ロボット制御部 2 1 が決定する。

【 0 0 5 4 】

例えば、ハンド 3 0 によって把持された部品 1 1 0 のシャフト 1 1 1 a と物品 1 0 0 の孔 1 0 1 a とが嵌合し始めた状況で、搬送装置 2 による搬送方向と反対方向の力が力センサ 3 2 によって検出されると、作業ロボット 1 0 は追従しながら搬送方向と反対方向に部品 1 1 0 を僅かに移動させて検出される力から逃げる。

10

【 0 0 5 5 】

続いて、作業ロボット制御部 2 1 は、センサ 5 0 に対する検出対象 O の位置が所定の基準を超えて変動する時に（ステップ S 1 - 1 0）、第 1 の異常対応作動を行う（ステップ S 1 - 1 1）。所定の基準を超えた変動は、画像データ内における検出対象 O の大きな移動、画像データ内における検出対象 O の所定速度よりも早い移動、検出対象 O の意図しないタイミングでの消失等である。電力供給が安定していない場合、モータ 2 a の回転速度が急激に低下する場合もあり、モータ 2 a の回転速度が大きく変動する場合もある。これらの場合に、センサ 5 0 に対する検出対象 O の位置が前記所定の基準を超えて変動することになる。

20

なおステップ S 1 - 1 0、S 1 - 1 1 は嵌合動作（ステップ S 1 - 8）の開始前に行われても良い。

【 0 0 5 6 】

第 1 の異常対応作動として、作業ロボット制御部 2 1 は、力制御の制御周期を短くする作動または感度を高める作動、嵌合の進行を停止する作動、嵌合作業を中止する作動等を行う。力制御の制御周期を短くし、または、感度を高めると、部品 1 1 0 に加わる力に対して作業ロボット 1 0 をより敏感に移動させることが可能となる。本実施形態では、作業ロボット制御部 2 1 は、嵌合作業を中止、退避する作動、搬送装置を停止させる、またはそれらを組み合わせた作動等を行う。

【 0 0 5 7 】

また、作業ロボット制御部 2 1 は、力センサ 3 2 の検出値が所定の基準値を超える時に（ステップ S 1 - 1 2）、第 2 の異常対応作動を行う（ステップ S 1 - 1 3）。力センサ 3 2 の検出値が所定の基準値を超える時は、部品 1 1 0、物品 1 0 0 等に異常な力が加わっている可能性が高い。このため、作業ロボット制御部 2 1 は、第 2 の異常対応作動として、作業ロボット 1 0 を退避、停止させる作動、力センサ 3 2 によって検出された力の方向から逃げる方向に作業ロボット 1 0 を低速で移動させる作動、搬送装置 2 を停止させる作動、ハンド 3 0 を部品 1 1 0 から離す作動、またはそれらを組み合わせた作動等を行う。本実施形態では、作業ロボット制御部 2 1 は、作業ロボット 1 0 と搬送装置 2 を停止させる作動を行う。

30

【 0 0 5 8 】

一方、作業ロボット制御部 2 1 は、嵌合作業が完了したか否かを判断し（ステップ S 1 - 1 4）、嵌合作業が完了している場合は、作業ロボット 1 0 およびハンド 3 0 に制御指令を送る（ステップ S 1 - 1 5）。これにより、ハンド 3 0 が部品 1 1 0 から離れ、ハンド 3 0 が作業ロボット 1 0 によって待機位置又は次の部品 1 1 0 がストックされている場所に移動する。

40

【 0 0 5 9 】

ステップ S 1 - 6 によって得られる検出対象 O の移動速度は、2 つのセンサ 5 0 によって検出対象 O の位置を検出できなくなった場合でも使うことができる。例えば、作業ロボット制御部 2 1 は、直前に検出された 2 つの検出対象 O の位置と、検出対象 O が見えなくなる前に計算された移動速度とを用いて、基準座標系 2 0 1 の設定位置を変更することが

50

できる。

【 0 0 6 0 】

なお、作業ロボット 1 0 の先端部に加工ツールが支持され、搬送装置 2 によって搬送される物品 1 0 0 に作業ロボット 1 0 が所定の作業として加工を行ってもよい。この場合、加工ツールは、ドリル、フライス、ドリルタップ、バリ取り工具、その他の工具等である。この場合でも、ステップ S 1 - 2 において加工ツールが対象部 1 0 1 に近付けられ、ステップ S 1 - 9 において加工ツールと対象部 1 0 1 との接触に応じて力制御が行われること等により、前述と同様の効果が達成される。

【 0 0 6 1 】

また、他の制御装置が、ステップ S 1 - 5、ステップ S 1 - 6 における物品 1 0 0 の特徴形状および / 又は特徴点の位置の検出等を適宜行ってもよい。

また、第 2 の処理において検出対象 O の位置の逐次検出を行う際に、第 1 の処理の補正データを求めることも可能である。この場合、第 1 の処理 (ステップ S 1 - 4) が不要となる。

【 0 0 6 2 】

このように、本実施形態では、センサ 5 0 が所定位置に配置され、センサ 5 0 の検出データを用いて物品 1 0 0 における対象部 1 0 1 の位置が逐次検出される。そして、このように逐次検出される対象部 1 0 1 の位置を用いて作業ロボット 1 0 が制御される。このため、力制御が無い状態であっても、作業ロボット制御部 2 0 は、作業ロボット 1 0 に支持された部品 1 1 0 又はツールと物品 1 0 0 との位置関係を認識でき、両者の接触有無を認識できる場合もある。例えば、搬送装置 2 による物品 1 0 0 の移動量が大きく変動する搬送装置 2 の異常も、作業ロボット制御部 2 0 は力制御が無い状態において認識できる。このため、力制御の制御周期を無理に短くせずに、作業ロボット 1 0、搬送装置 2、物品 1 0 0 等の破損防止を実現できるようになり、作業ロボット 1 0 の発振の発生も抑制される。

【 0 0 6 3 】

ここで、作業ロボット 1 0 の先端部、又は、作業ロボット 1 0 と異なるロボットの先端部によってセンサ 5 0 が支持され、ロボットがセンサ 5 0 の位置および姿勢を搬送装置 2 による搬送に応じて変化させる方が、センサ 5 0 の検出データを用いた対象部 1 0 1 の位置の検出の精度が向上するという考えもある。しかし、センサ 5 0 をロボットの先端部によって支持すると、センサ 5 0 の位置および姿勢が、ロボットのキャリブレーションの精度やロボットのたわみの影響やロボットの絶対精度等により、完全に正確でない場合が多い。これに対し、本実施形態では、センサ 5 0 がスタンド 5 1、フレーム 5 2 等の支持部材によって所定位置に配置されている。このため、センサ 5 0 をロボットの先端部によって支持する場合と比較し、センサ 5 0 の検出データを用いた対象部 1 0 1 の位置の検出の精度が向上する。

【 0 0 6 4 】

なお、ロボットの先端部に支持されたセンサ 5 0 と、スタンド 5 1、フレーム 5 2 等の支持部材によって所定位置に配置されたセンサ 5 0 とを、併用することも可能である。例えば、本実施形態において、フレーム 5 2 によって支持されているセンサ 5 0 を作業ロボット 1 0 と異なるロボットによって支持することができる。この場合、ロボットによって、そのセンサ 5 0 の位置および姿勢を搬送装置 2 による搬送に応じて変化させることが可能である。搬送装置 2 によって搬送される物品 1 0 0 に X 軸方向の移動速度の変動、Z 軸方向の振動等が生ずる可能性がある場合、スタンド 5 1 によって支持されたセンサ 5 0 を用いて、対象部 1 0 1 に生ずる移動速度の変動、振動等を正確に検出することができる。つまり、スタンド 5 1 によって支持されたセンサ 5 0 があることにより、ロボット 5 0 によって支持されたセンサ 5 0 を用いた対象部 1 0 1 の位置の検出が補強される。

【 0 0 6 5 】

また、部品 1 1 0 又はツールと共にセンサ 5 0 が作業ロボット 1 0 の先端部に支持される場合、センサ 5 0 の画角 (検出範囲) が部品 1 1 0 又はツールによって遮られる場合が

10

20

30

40

50

ある。部品110又はツールが物品100に接触する時に、センサ50によって対象部101又はその近傍を検出できなくなる場合もある。本実施形態では、作業ロボット10にセンサ50が支持されていない。このため、センサ50の検出範囲が部品110又はツールによって遮られる可能性が低減され、部品110又はツールが物品100に接触する時のセンサによる対象部101又はその近傍の検出状態も改善され得る。

【0066】

また、部品110又はツールと共にセンサ50が作業ロボット10の先端部に支持される場合、ツール又は作業ロボット10の洗浄や修理等を行う際に、作業ロボット10からセンサ50を取外す必要がある。この場合、センサ50を作業ロボット10に再度取り付ける際に、センサ50のキャリブレーションを行う必要がある。本実施形態では、作業ロボット10にセンサ50が支持されていないので、センサ50のキャリブレーションの手間を低減又は無くすることができる。

10

【0067】

また、本実施形態では、センサ50の検出結果を用いることによって、作業ロボット制御部20が作業ロボット10の部品110又はツールを対象部101に追従させる。このため、作業ロボット制御部20は、作業ロボット10が所定の作業を行う時に、搬送装置2によって搬送される物品100の対象部101に対して、作業ロボット10に支持された部品110又はツールの位置および姿勢を正確に制御できる。これは、力制御の制御周期を短くせずに、または、感度を高めずに、作業ロボット10、搬送装置2、物品100等の破損防止を実現するために有利であり、作業ロボット10の発振の発生を抑制するためにも有利である。

20

【0068】

また、本実施形態では、対象部101に対して位置が変化しない検出対象0をセンサ50によって検出することによって、対象部101の位置が逐次検出される。このため、部品110やツールによって対象部101が覆われる場合であっても、対象部101の位置を逐次検出することができ、これは作業ロボット10による作業の精度を向上するために極めて有利である。

【0069】

また、本実施形態では、搬送装置2上の物品100の少なくとも位置を検出する検出装置40を備え、作業ロボット制御部20が、検出装置40の検出結果に基づいて、作業ロボット10の部品110又はツールを対象部101に近付ける。なお近付ける際に、作業ロボットは前記対象部の姿勢に合わせて前記部品110又は前記ツールの姿勢を変えてもよい。

30

【0070】

検出装置40の検出結果に基づいてこのように作業ロボット10が作動すると、作業の効率が向上する。この時、作業ロボット制御部21が、作動位置検出装置2bの検出結果も用いて、作業ロボット10に支持された部品110を対象部101に近付けることにより、上記制御がより正確になる。

【0071】

また、本実施形態では、対象部101又は検出対象0のセンサ50から見た位置が、所定の基準を超えて変動する時に、作業ロボット制御部20が異常対応作動を行う。

40

【0072】

当該構成では、作業ロボット10に支持された部品110又はツールと物品100との位置関係が認識されている状態において、作業ロボット制御部20がさらに、センサ50の検出結果に基づいて異常対応作動を行う。当該構成は、作業ロボット10、搬送装置2、物品100等の破損防止の確実な実現を図る時に有利であり、作業ロボット10の発振の発生を抑制するためにも有利である。

【0073】

本実施形態では検出装置40は光電センサであるが、検出装置40は、搬送装置2の上方、側方、又は下方に配置された二次元カメラ、三次元カメラ、三次元距離センサ、ライ

50

ン光を対象物に照射して形状を測定するセンサ等であってもよい。検出装置40が二次元カメラである場合、作業ロボット制御部21は、検出装置40の検出結果である画像データに基づき、搬送装置2によって搬送される物品100の対象部101の位置を認識でき、姿勢を認識できる場合もある。このため、作業ロボット制御部21は、ステップS1-2において、部品110のシャフト111aを対象部101の穴101aにより正確に近付けることができる。

【0074】

また、搬送装置2として、物品100を曲線的なルートに沿って搬送する搬送装置を用いることも可能であり、物品100を曲がりくねったルートに沿って搬送する搬送装置を用いることも可能である。これらの場合でも、作業ロボット制御部21は、センサ50の検出結果を用いて、作業ロボット10によって支持された部品110を対象部101に追従させることができる。また、ステップS1-10においてセンサ50に対する検出対象Oの位置が所定の基準を超えて変動する時に、ステップS1-11において作業ロボット制御部21が第1の異常対応動作を行うことができる。つまり、前記搬送装置を用いた場合でも、前述と同様の効果が達成される。

なおステップS1-10、S1-11は嵌合動作(ステップS1-8)の開始前に行われてもよい。

【0075】

なお、ステップS1-6の位置の取得は、センサ50によって撮像された画像データに基づいて計算される。このため、センサ50の撮像周期によって位置の取得周期が影響される。これに対し、センサ50の撮像データに基づいて逐次得られる位置を補間することも可能である。例えば、作業ロボット制御部21は、連続する複数の位置の検出結果を用いて位置および移動量の変動の傾向を特定する。そして、作業ロボット制御部71は、特定された傾向に沿って、検出位置と検出位置の間に補間位置を設定することができる。

【0076】

ステップS1-11において、作業ロボット制御部21は、第1の異常対応作動として、搬送装置2のモータ2aの停止、搬送装置2のモータ2aの減速等をおこなってもよい。

【0077】

本実施形態では、作業ロボット10の先端部に力センサ32が取り付けられている。一方、ハンド30内部、ロボット10内部、搬送装置2と物体100との間、物体100の内部等に、力センサ32を配置することも可能である。この場合でも、力センサ32の検出値に基づく力制御を行うことが可能であり、前述と同様の効果が達成される。

【0078】

また、フレーム52の代わりに、センサ50を移動させる移動装置61を用いてもよい。例えば、図8に示されるように、移動装置61は、X軸方向に延びるレール63と、レール63に支持されたスライダ64と、スライダ64をレール63に沿って移動させるサーボモータ65およびボールねじ65aとを有する。この場合、移動装置61は、前記位置ベース法の制御を行う時に、センサ50の位置および姿勢を固定することができる。

【0079】

なお、本実施形態では、2つのセンサ50は、物体100の上面および側面に設けられた検出対象Oをそれぞれ検出する。これに対し、物体100の背面の検出対象Oを検出するセンサ50を設けることも可能である。この場合、対象101の三次元的な位置姿勢を検出できる。

【0080】

なお、本実施形態において、一方のセンサ50の検出が何らかの原因で行われない時に、他方のセンサ50の検出データだけを用いて前述の位置ベース法の制御が行われてもよい。また、センサ50が搬送装置2の搬送方向に並んでおり、位置ベース法の制御に用いられるセンサ50が順次切り替えられてもよい。

【0081】

なお、2つのセンサ50によってそれぞれ検出対象0を検出する代わりに、両方又は何れか一方のセンサ50によって対象部101を検出する場合、作業ロボット制御部21は、周知の画像処理を適用することにより、例えば図3の画像データを用いて、2つの対象部101の少なくともどちらか一方の位置を特定できる。また、作業ロボット制御部21は、図3の画像データ中の対象部101の特徴形状又は複数の特徴点に基づいて、対象部101の姿勢を特定できる。

【0082】

また、第2の処理の一部であるステップS1-7において、基準座標系201の移動を行う代わりに、動作プログラム23bの補正を行ってもよい。この場合、作業ロボット制御部21は、基準座標系201上の基準位置と実際の位置（検出位置）との差に基づいて、基準座標系201系に対して予め教示されている動作プログラム23bの教示点を逐次補正する。この場合でも前述と同様の作用効果を奏する。

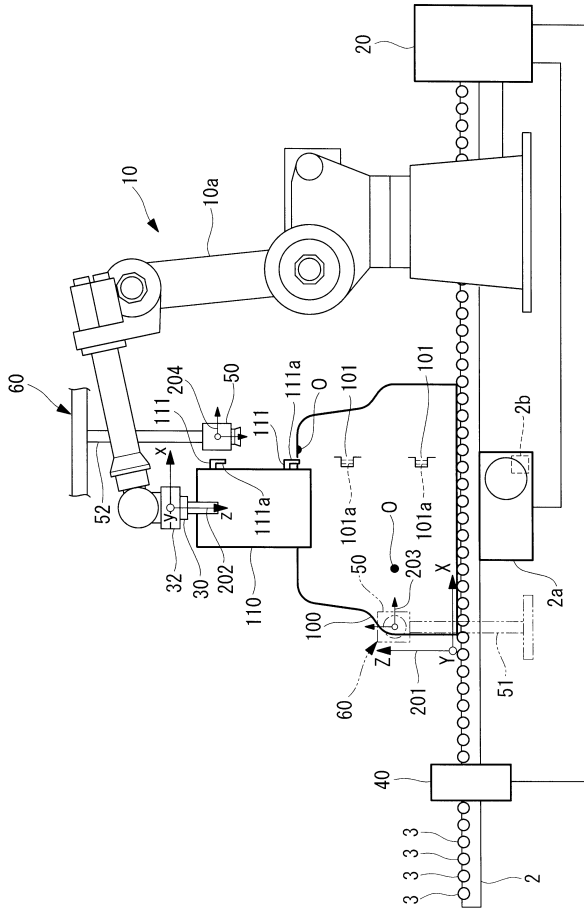
10

【符号の説明】

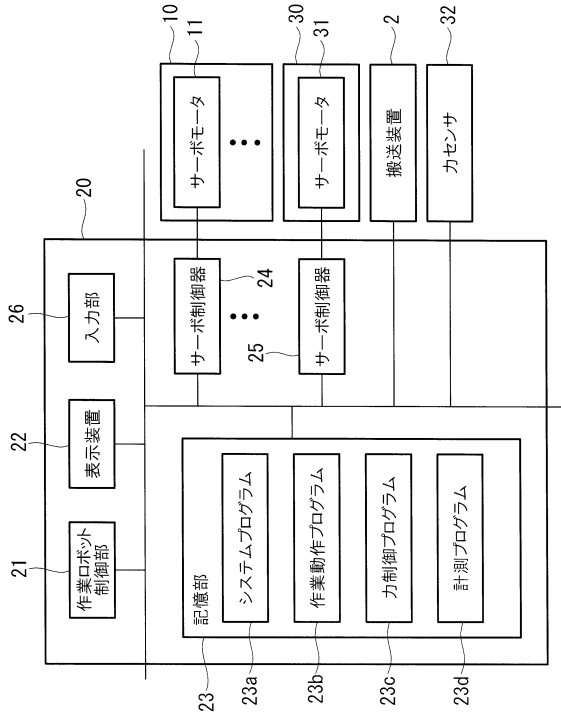
【0083】

2	搬送装置	
2a	モータ	
3	ローラ	
10	作業ロボット	
10a	アーム	
11	サーボモータ	20
20	作業ロボット制御装置	
21	作業ロボット制御部	
22	表示装置	
23	記憶部	
23a	システムプログラム	
23b	作業動作プログラム	
23c	力制御プログラム	
23d	計測プログラム	
30	ハンド	
32	力センサ（力検出部）	30
40	検出装置（検出部）	
50	センサ	
60	計測装置	
63	レール	
64	スライダ	
65	サーボモータ	
100	物品	
101	対象部	
101a	孔	
110	部品	40
111	取付部	
111a	シャフト	

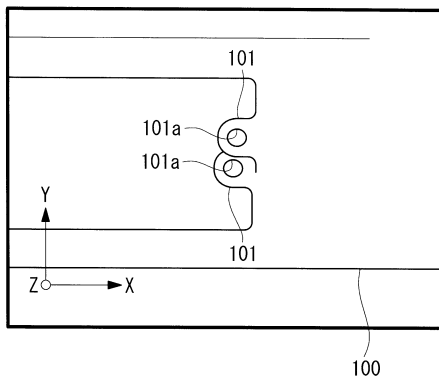
【図1】



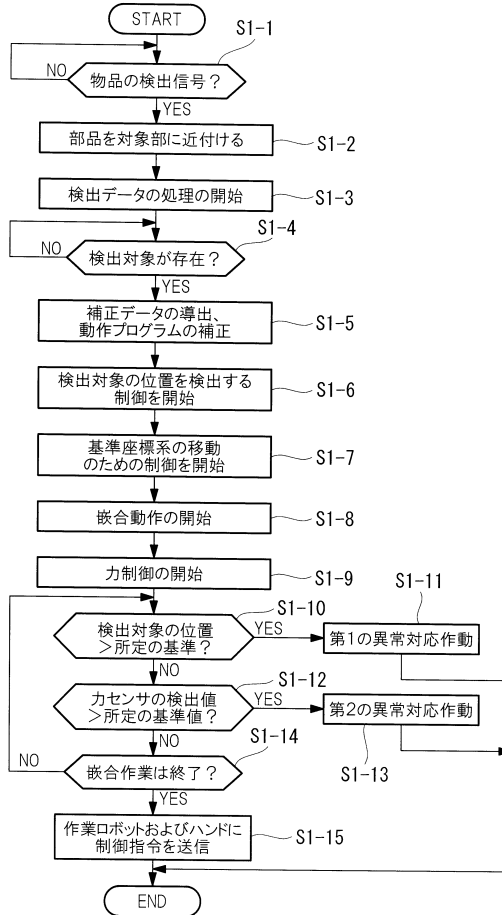
【図2】



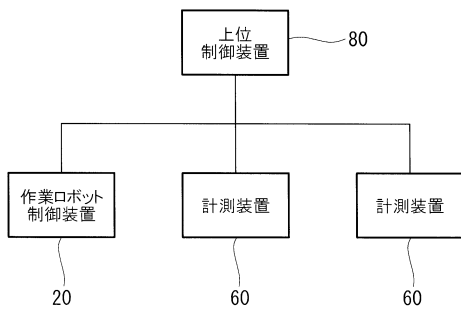
【図3】



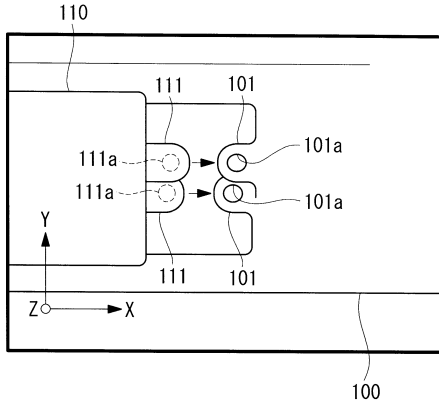
【図5】



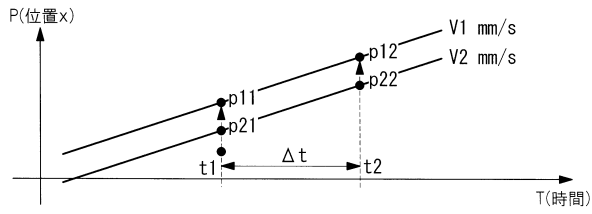
【図4】



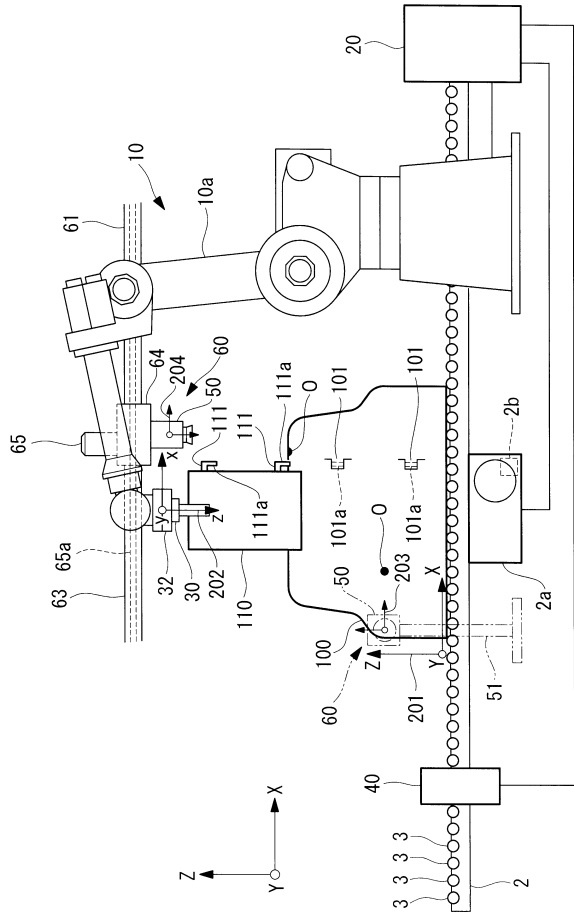
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 6 2 D 65/18 C

(56)参考文献 特開2015-009324(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0094453(US,A1)
特開2017-100273(JP,A)
特開平05-318363(JP,A)
特開平09-072717(JP,A)
特開2011-167831(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2
B 2 3 P 1 9 / 0 0 - 2 1 / 0 0
B 6 2 D 6 5 / 1 8