

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5911203号
(P5911203)

(45) 発行日 平成28年4月27日(2016.4.27)

(24) 登録日 平成28年4月8日(2016.4.8)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 5 J 13/08 (2006.01) B 2 5 J 13/08 Z

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2011-112271 (P2011-112271)	(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	平成23年5月19日(2011.5.19)	(74) 代理人	100082337 弁理士 近島 一夫
(65) 公開番号	特開2012-746 (P2012-746A)	(72) 発明者	宮▲崎▼ 芳行 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
(43) 公開日	平成24年1月5日(2012.1.5)		
審査請求日	平成26年5月9日(2014.5.9)		
(31) 優先権主張番号	特願2010-116436 (P2010-116436)		
(32) 優先日	平成22年5月20日(2010.5.20)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
前置審査		審査官	木原 裕二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 力制御ロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一端が固定端、他端が可動端となるロボットアームと、
前記ロボットアームの前記可動端に弾性部材を介して接続された筐体と、前記筐体に支持され、部品を把持する複数の指モジュールと、前記筐体に支持され、前記複数の指モジュールをそれぞれ独立して駆動する複数の把持駆動部と、を有し、前記ロボットアームに対して回転中心を支点として変位するエンドエフェクタと、
前記弾性部材を挟んでいる前記ロボットアーム及び前記エンドエフェクタのうち一方側に設けられた永久磁石と、他方側に設けられ、前記変位として、前記永久磁石の磁場の強度を検出する変位検出素子と、を有し、前記弾性部材の内側に前記回転中心が存在する力覚センサと、

10

前記力覚センサで検出した前記変位に基づき前記ロボットアームの動作を制御するロボットアーム制御部と、を備え、

前記複数の把持駆動部は、前記筐体に対して前記複数の指モジュールが配置された側とは反対側であって、前記力覚センサの外側にそれぞれ配置されており、

前記各把持駆動部の重心が、前記回転中心より前記ロボットアーム側に配置されていることを特徴とする力制御ロボット。

【請求項 2】

前記各指モジュールは、複数の関節を有しており、
前記各把持駆動部は、前記複数の関節をそれぞれ駆動する複数のモータを備えているこ

20

とを特徴とする請求項 1 に記載の力制御ロボット。

【請求項 3】

前記複数の把持駆動部は、前記ロボットアームの長手方向の軸に対して対称となるように前記力覚センサの周囲に配置されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の力制御ロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンドエフェクタによって部品を把持して組み立てを行う力制御ロボットに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

近年、カメラ等の小型で複雑な構造をした製品の組み立てに対する自動化が進み、高速かつ精密な組み付けを微妙な力制御を伴って行う小型の産業用ロボットが必要とされている。従来は、把持した部品を正確かつ確実に組み付けるため、部材の変位による出力の変化から力を検出する力覚センサがロボットアームとエンドエフェクタとの間に設けられている。この力覚センサで組み付け時の力を検知しながらアームやエンドエフェクタの制御を行っている（特許文献 1 参照）。

【0003】

図 7、図 8 は、関連技術を示すもので、この力制御ロボットは、ロボットアーム 502、力覚センサ 510、エンドエフェクタ 501 等を有し、エンドエフェクタ 501 で部品 O を把持してワーク Q に組み付ける。ロボットアーム 502 は、駆動装置 523 によって駆動され、ロボットアーム 502 の動作信号及び位置制御信号を駆動装置 523 へ入力する制御装置 524 が設けられる。

20

【0004】

力覚センサ 510 は、ロボットアーム 502 の先端に取り付けられるアーム側プレート 511 と、エンドエフェクタ 501 に取り付けられるエンドエフェクタ側プレート 512 と、両プレート 511、512 を結合支持する弾性部材 513 を有している。力覚センサ 510 はプレート 511、512 の間に変位検出機構を備えており、この変位検出機構は、アーム側プレート 511 にエンドエフェクタ側プレート 512 へ向けて先端部が十字形に形成されたビーム 514 を具備している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開昭 61 - 241083 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記従来の力制御ロボットでは、ロボットアーム 502 とエンドエフェクタ 501 との間に力覚センサ 510 を直列に配置している。このことから、力覚センサ 510 の内部に存在するエンドエフェクタ 501 のロボットアーム 502 に対する回転中心と、エンドエフェクタ 501 の重心位置が離れた位置になってしまう。このため、ロボットアーム 502 を駆動させたときの慣性力によって、弾性部材 513 の変位支点とエンドエフェクタ 501 の重心位置の位置差で発生するモーメント力が、力覚センサ 510 に作用するため、センサ部が静定するまでの時間が長くなる。

40

【0007】

この静定時間を短縮するためには、力覚センサ 510 の弾性部材 513 の剛性を上げる必要があり、その結果として外力に対してセンサが鈍感になり、力覚センサ 510 の検出感度の低下を招く。つまり弾性部材の剛性を向上させると高精度な力覚検出が困難になってしまう。このように、従来の構成では、エンドエフェクタの小型化に伴って、センサの

50

検出感度向上と高速化に対応するための剛性の確保等を同時に達成するのが難しかった。

【 0 0 0 8 】

本発明は、力覚センサの検出感度の低下を招くことなくエンドエフェクタの小型化が容易であり、しかも高速化にも対応できる力制御ロボットを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明の力制御ロボットは、一端が固定端、他端が可動端となるロボットアームと、前記ロボットアームの前記可動端に弾性部材を介して接続された筐体と、前記筐体に支持され、部品を把持する複数の指モジュールと、前記筐体に支持され、前記複数の指モジュールをそれぞれ独立して駆動する複数の把持駆動部と、を有し、前記ロボットアームに対して回転中心を支点として変位するエンドエフェクタと、

前記弾性部材を挟んでいる前記ロボットアーム及び前記エンドエフェクタのうち一方側に設けられた永久磁石と、他方側に設けられ、前記変位として、前記永久磁石の磁場の強度を検出する変位検出素子と、を有し、前記弾性部材の内側に前記回転中心が存在する力覚センサと、

前記力覚センサで検出した前記変位に基づき前記ロボットアームの動作を制御するロボットアーム制御部と、を備え、

前記複数の把持駆動部は、前記筐体に対して前記複数の指モジュールが配置された側とは反対側であって、前記力覚センサの外側にそれぞれ配置されており、

前記各把持駆動部の重心が、前記回転中心より前記ロボットアーム側に配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

エンドエフェクタの把持駆動部の一部を弾性部材の回転中心よりロボットアーム側に配置することで、センサ剛性の向上と、エンドエフェクタの小型化を可能にする。同時に、ロボットアームを駆動させた時の慣性力で発生するモーメント力が力覚センサに及ぼす影響を低減し、位置決め静定に要する時間を短縮することで、高速化に対応するとともに、ロボットアーム先端部の稼働領域を広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る力制御ロボットを示すもので、(a)は力制御ロボットの主要部を分解した状態を示す模式図、(b)は力制御ロボットの主要部を示す模式図、(c)は(b)の破線で区切られた面Bによる断面を示す断面図である。

【図 2】本発明の一実施形態に係る力制御ロボットを示すもので、(a)は力制御ロボットの主要部を分解した状態を示す側面図、(b)は力制御ロボットの主要部を示す側面図である。

【図 3】本発明の一実施形態に係る力制御ロボットの力覚センサを説明するもので、(a)はその模式図、(b)は断面を示す断面図である。

【図 4】本発明の一実施形態に係る力制御ロボットの全体構成を示す模式図である。

【図 5】本発明の一実施形態に係る力制御ロボットのエンドエフェクタと従来型の構成によるエンドエフェクタをそれぞれ適用したロボットステーションを比較する上面図である。

【図 6】本発明の一実施形態に係る力制御ロボットのエンドエフェクタと従来型の構成によるエンドエフェクタをそれぞれ適用したロボットステーションを比較する側面図である。

【図 7】従来の力制御ロボットを示す模式図である。

【図 8】従来の力制御ロボットを示すもので、(a)は力制御ロボットの主要部を分解した状態を示す側面図、(b)は力制御ロボットの主要部を示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

図 1 ~ 図 4 は、一実施形態による力制御ロボットを示すもので、これは、例えば小型製品における部品を、力制御を行いながら高速で組み付ける産業用のロボットである。図 1 (a) 及び図 1 (b) の模式図に示すように、エンドエフェクタ 1 は、部品を把持する把持機構部である複数の指モジュール 1 0 0 と、指モジュールを支持するエンドエフェクタ筐体 1 0 9 と、指モジュールの把持駆動部である複数のモータ 1 0 5 とからなる。図中のエンドエフェクタ筐体 1 0 9 は、支持部プレートと壁部からなる、モータ 1 0 5 及び力覚センサ 2 を保護する筒状もしくは箱状の部材であるが、説明のため、指モジュール 1 0 0 とモータ 1 0 5 との支持部プレートのみ明示的に描いている。力覚センサ 2 は、弾性部材 1 3 0 と、外力を受けた際に生じる弾性部材 1 3 0 の変形を検出する検出部 1 7 0 (図 3) とを備え、弾性部材 1 3 0 の変形に基づき外力を検出する。例えば歪ゲージ式センサ、もしくは磁気式力覚センサを用いる。

10

【 0 0 1 3 】

指モジュール 1 0 0 は、指先部材 1 0 1 及び中節部材 1 0 3 と、それらをつなぐ第 1 関節 1 0 2 及び第 2 関節 1 0 4 と、を備える。図 1 (c) はロボットアーム 3 の長手方向軸 Z に対して垂直で、かつ回転中心 C を含む垂直面 B を示している。指モジュールの把持駆動部であるモータ 1 0 5 はエンドエフェクタ筐体 1 0 9 に支持され、図 1 (c) に示すように第 1 関節 1 0 2 を駆動するモータ 1 0 5 a と、第 2 関節 1 0 4 を駆動するモータ 1 0 5 b とで一つの指モジュールを駆動させる。これらは、不図示のコントローラで、それぞれ独立駆動させることが可能で、様々な形状のワークへの把持が可能になっている。なお、図 1 (c) では、エンドエフェクタ筐体 1 0 9 の壁部のみ明示的に描いている。エンドエフェクタ 1 は、一端が架台に固定された固定端、他端が可動端となるロボットアーム 3 に対して、その可動端に、力覚センサ 2 を介して接続される。図 1 (a) 及び図 1 (b) に描かれたように、ロボットアーム 3 の可動端に対してプレート 1 1 1 を介して力覚センサ 2 を固定してもよい。

20

【 0 0 1 4 】

このような構成をとることによって、組み付け動作などでエンドエフェクタ 1 に外力が加わった際には、エンドエフェクタ 1 は、力覚センサ 2 における弾性部材 1 3 0 の回転中心 C を中心にしてロボットアーム 3 に対して変位する。ロボットアーム 3 が長手方向に対して略対称に各部材が構成されている場合には、この回転中心 C はロボットアーム長手方向に直交する断面をとった際、該断面のほぼ中心を通る長手方向軸 Z 上に存在する。

30

【 0 0 1 5 】

モータ 1 0 5 を支持する筐体であるエンドエフェクタ筐体 1 0 9 は、ロボットアーム 3 の長手方向軸 Z に対し、エンドエフェクタ 1 の回転中心 C を含む垂直面 B よりもロボットアーム側にモータ 1 0 5 の一部が配置されるように、モータ 1 0 5 を支持している。4 本の指モジュール 1 0 0 をそれぞれ駆動するモータ 1 0 5 a 、 1 0 5 b は、力覚センサ 2 の周囲に、長手方向軸 Z に対して略対称になるように配置される。

【 0 0 1 6 】

本実施形態では、指モジュール 1 0 0 を駆動する複数のモータ 1 0 5 を対称に配置したが、力覚センサ 2 に対して同心円上に配置しても構わない。また、指モジュール 1 0 0 は、部品や組み付け動作に合わせて、指の本数や関節数などがそれぞれ選ばれ、さまざまな形態のエンドエフェクタ構成をとりうる。

40

【 0 0 1 7 】

図 2 は、本実施形態のエンドエフェクタの側面図である。図 2 は、エンドエフェクタ 1 に対して外力が作用していない状態を示し、紙面に向かって上方を + Z 、右方向を + X 方向、紙面奥方向を + Y とする。図 2 において描かれているように、各指モジュール 1 0 0 は、エンドエフェクタ筐体 1 0 9 に支持されており、力覚センサ 2 の弾性部材 1 3 0 を介して姿勢変化が可能なように構成されている。

【 0 0 1 8 】

つまり本実施形態における力制御ロボットはエンドエフェクタ 1 の端部とロボットアーム

50

ム 3 の可動端とが、両者とくらべて比較的小さな剛性を有する弾性部材 1 3 0 を有する力覚センサ 2 にて連結されている状態となっている。したがってエンドエフェクタ 1 に外力が加わった場合、力覚センサ 2 の内部に存在する弾性部材 1 3 0 の回転中心 C に対してエンドエフェクタ 1 は回転することになる。

【 0 0 1 9 】

本実施形態の力制御ロボットは、上記回転中心 C に対して重量の大きい把持駆動部であるモータ 1 0 5 の一部をロボットアーム側に配置する点に特徴がある。このような構成をとることで以下詳細に説明するが、力覚センサ 2 の感度を維持または向上させつつ、エンドエフェクタ 1 の剛性の低下を抑えることができる。また、モータ 1 0 5 は、エンドエフェクタ 1 内で、比較的大きな重量をもつため、回転中心 C から把持駆動部であるモータ 1 0 5 の重心が回転中心 C よりロボットアーム側に配置されるとより大きな効果を得ることができる。

10

【 0 0 2 0 】

図 3 (a) は、力覚センサ 2 の構成モデルを示す模式図、図 3 (b) は図 3 (a) の断面 B を示す。力覚センサ 2 は天井部と底部とそれらを繋ぐ柱状部からなり、主に天井部および柱状部が弾性部材 1 3 0 としての役割を担っている。例えば図 3 (a) に示すように、検出部 1 7 0 の変位検出素子であるホール素子 1 6 0 a、1 6 0 b、1 6 0 c、1 6 0 d は、力覚センサ 2 の天井部に配置し、検出部 1 7 0 の永久磁石 1 5 0 は力覚センサ 2 の底部に固定されている。

【 0 0 2 1 】

20

エンドエフェクタに外力 F が加わると永久磁石 1 5 0 と各ホール素子の相対変位が発生し、ホール素子 1 6 0 にて検出される磁場の強度が変化する。この磁場の変化量を検出することにより、エンドエフェクタ 1 のロボットアーム 3 に対する回転もしくは変位を検出することができる。永久磁石 1 5 0 に対して、変位検出素子であるホール素子 1 6 0 a、1 6 0 b、1 6 0 c、1 6 0 d (合計 4 個) を弾性部材 1 3 0 の変位側の + X、- X、+ Y、- Y 位置に対称になる様に、配置することで、変位の大きさとともに変位方向の検出も可能となる。

【 0 0 2 2 】

組み付けの際の作用力 F が X Y 平面内で - X、- Y 方向にエンドエフェクタに作用したとすると、変位検出素子であるホール素子 1 6 0 a、1 6 0 b、1 6 0 c、1 6 0 d が、永久磁石 1 5 0 に対して、+ X、+ Y 方向に変位する。従って、+ X、+ Y 位置にあるホール素子 1 6 0 a、1 6 0 b は、永久磁石 1 5 0 に対して遠ざかり、出力が小さくなる。一方、- X、- Y 位置にあるホール素子 1 6 0 c、1 6 0 d は、永久磁石 1 5 0 に近づき、出力は大きくなる。これによって、作用力 F の大きさと方向を検出することができる。なお、永久磁石 1 5 0 と、ホール素子 1 6 0 a、1 6 0 b、1 6 0 c、1 6 0 d の位置関係を逆にしてもよい。また、磁石とホール素子の変位量を検出する方法の代わりに、歪ゲージ方式や静電容量方式で検出部により弾性部材 1 3 0 の変形を検出するように構成された力覚センサを用いてもよい。

30

【 0 0 2 3 】

図 4 は、ロボットアーム 3 の先端にエンドエフェクタ 1 を装着した力制御ロボット全体を示すもので、力制御ロボットは、ロボットアーム 3 と、ロボットアーム 3 に装着したエンドエフェクタ 1 と、エンドエフェクタ制御部 1 8 0 と、を有する。エンドエフェクタ 1 には、エンドエフェクタ 1 の動作を制御するエンドエフェクタ制御部 1 8 0 が接続され、ここで力覚センサ 2 より検出した変位信号から力に変換する演算も行う。ロボットアーム 3 には、ロボットアーム 3 の動作を制御するロボットアーム制御部 2 1 0 が接続されている。エンドエフェクタ制御部 1 8 0 より、エンドエフェクタ 1 の指モジュール 1 1 0 に作用する外力の情報をロボットアーム制御部 2 1 0 が受信し、ロボットアーム 3 の動作に反映させる。

40

【 0 0 2 4 】

次に、力制御による組み付け動作を行う一連の流れを、把持した部品 O をワークに組み

50

付ける際に、その組み付け相手であるワークに当接させる場合で説明する。図 2 に示すように、組み付け時の作用力 F は、指モジュール 100 を介して、エンドエフェクタ筐体 109 に伝わり、さらに、力覚センサ 2 の弾性部材 130 の回転中心 C を支点にして、弾性部材 130 が撓む。その時の変位量と向きを力覚センサ 2 で検出し、検出された変位情報は、エンドエフェクタ制御部 180 に伝送され、演算器によって作用力 F の大きさと向きに演算され、ロボットアーム制御部 210 に伝送される。ロボットアーム制御部 210 では、伝送された作用力 F の情報に基づき、ロボットアーム 3 の動作を修正しながら組み付けを行う。

【0025】

図 2 に示した本実施形態のエンドエフェクタ 1 の回転中心 C とワークを把持する標準位置である作用点 P_1 までの距離 L_1 とする。また図 8 に示した従来型の構成でのエンドエフェクタの回転中心 C から作用点 P_2 までの距離を L_2 とする。

【0026】

図 7、8 に示された従来の力制御ロボットでは、把持駆動部であるモータも含めてエンドエフェクタ 501 が力覚センサ 510 に対して、その端部に固定されている。力覚センサ 2 の大きさや、永久磁石 150 と、変位検出素子であるホール素子 160 の位置関係も同一の条件で比較すると従来の力制御ロボットのほうがその距離が大きくなり、回転中心 C から作用点までの距離の関係が、 $L_1 < L_2$ となる。また図 2 に示すように、組み付け時に発生する組み付け力 F が、外力としてワークを介して、エンドエフェクタ 1 の作用点 P_1 に作用し、それぞれ変位した時の変位量を d_1 とする。一方同条件で、従来の力制御ロボットにおける外力による変位量を d_2 とする。

【0027】

この条件下で、外力による力覚センサ 2 の弾性部材 130 の変形量が同じだとすると、(永久磁石 150 と、ホール素子 160 の変位量 h_1 、 h_2 の関係が、 $h_1 = h_2$ である)、 $d_1 = L_1 / L_2 * d_2$ となる。同じセンサ感度であれば、 L_1 / L_2 分、変位量 d を抑えることができる。変位量 d が同じであれば、 $h_1 = L_2 / L_1 * h_2$ となり、センサ感度は従来の力制御ロボットと比較して、 L_2 / L_1 倍に高めることができる。

【0028】

図 2 の構成で回転中心 C 回りのエンドエフェクタの慣性モーメントを M_1 、従来の力制御ロボットの構成で回転中心 C 回りのエンドエフェクタの慣性モーメントを M_2 とする。本実施形態では、指モジュール 100 を駆動する把持駆動部であるモータ 105 の回転中心 C からロボットアーム側に配置される部分の重量分だけ、慣性モーメントが大きくなり、 $M_1 < M_2$ となる。

【0029】

本実施形態と従来型の構成のエンドエフェクタが有する固有振動数をそれぞれ f_1 、 f_2 とすると、固有振動数 f は、 $f = 1 / 2 * (k / M)$ で表わされるため、 $f_1 / f_2 = (M_2 / M_1)$ となる。すなわち、本実施形態では、従来型の構成と比較して、 (M_2 / M_1) 倍、剛性を高めることが可能となる。このため、ロボットアーム 3 を動作させたときのエンドエフェクタ 1 のふらつきを抑えて、位置決め静定時間を短縮し、高速動作への対応が可能となる。つまり把持駆動部であるモータ 105 が、弾性部材 130 の回転中心 C よりロボットアーム 3 側に配置されていることで検出感度向上と高速化に対応するための剛性の確保することができる。

【0030】

図 5 及び図 6 は、本実施形態及び従来型の構成によるエンドエフェクタ 1 を、組み立てロボットステーションに適用した例を比較するもので、図 5 は、ロボットステーション 301 の上面図、図 6 は側面図である。図 5 及び図 6 において、(a) は本実施形態によるエンドエフェクタを適用した例、(b) は従来型の構成によるエンドエフェクタを適用した例を示す。

【0031】

10

20

30

40

50

ロボットステーション 301 は、各辺 X の方形であり、エンドエフェクタ 1 を、一対のロボットアーム 3 にそれぞれ装着し、ロボットステーション 301 の中央付近で、部品 O を双腕で把持して作業する。本実施形態と従来型の構成のエンドエフェクタの全長差を a とすると、ロボットアーム 3 によるはみ出し量 $2a$ 分だけロボットステーション 301 の幅を縮小することができる。さらに、側面図方向では、ロボットアーム 3 の根元方向側に、エンドエフェクタを b だけ近づけることで、片腕のロボットアーム 3 の稼働領域を拡大できる。

【産業上の利用可能性】

【0032】

本発明によるエンドエフェクタでは、力覚センサの感度を犠牲にすることなく、センサの高剛性化を図ることができるため組み立て用ロボット等に好適に適用できる。

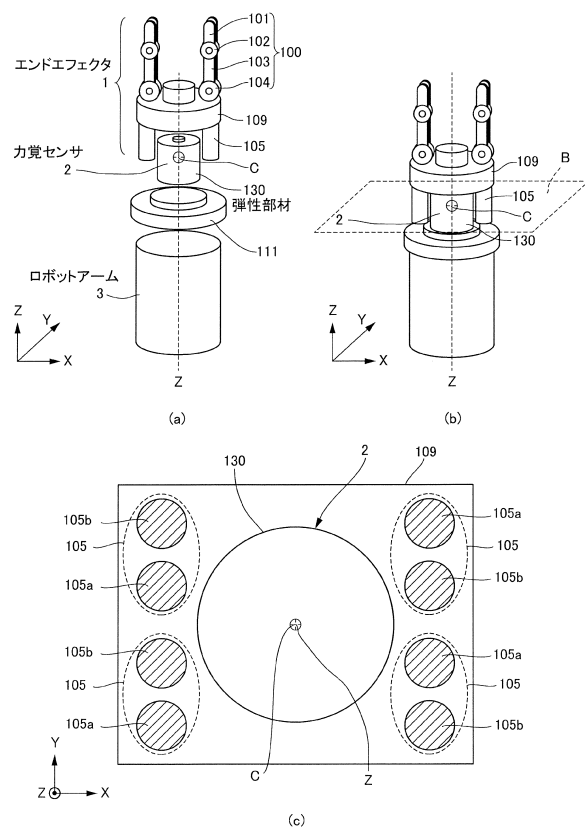
【符号の説明】

【0033】

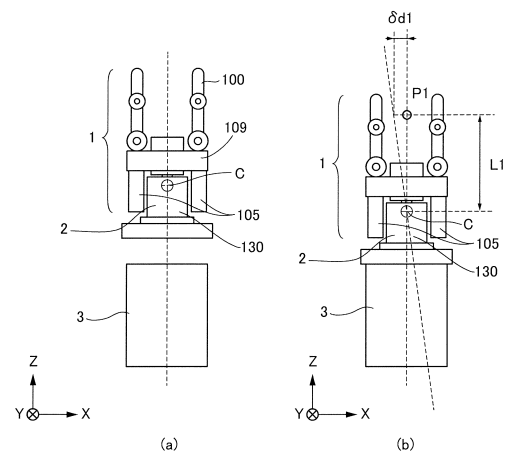
- 1 エンドエフェクタ
- 2 力覚センサ
- 3 ロボットアーム
- 100 指モジュール
- 105、105a、105b モータ
- 130 弾性部材
- 301 ロボットステーション

20

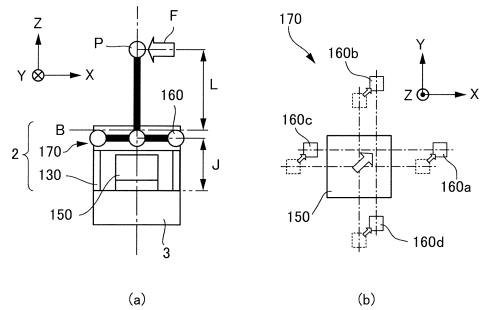
【図 1】



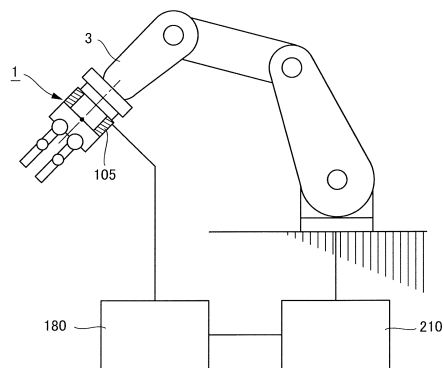
【図 2】



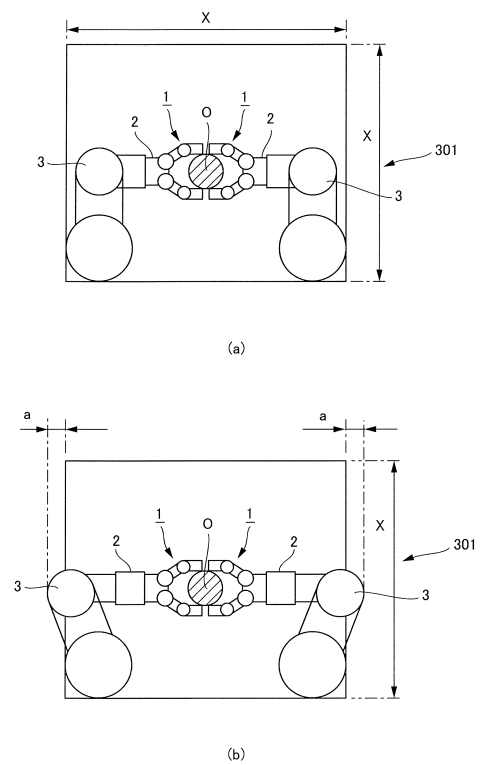
【図 3】



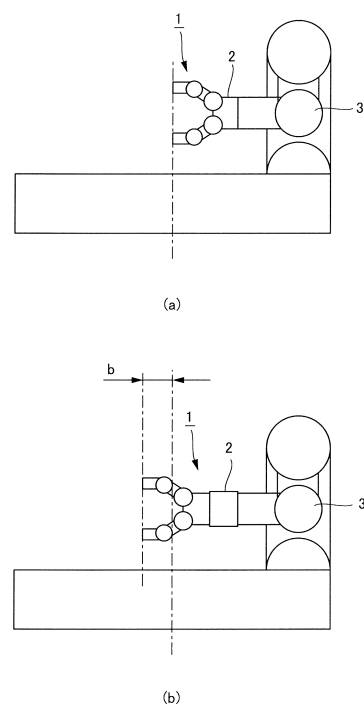
【図 4】



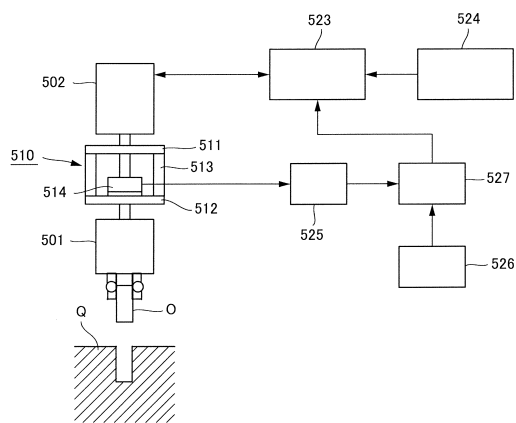
【図 5】



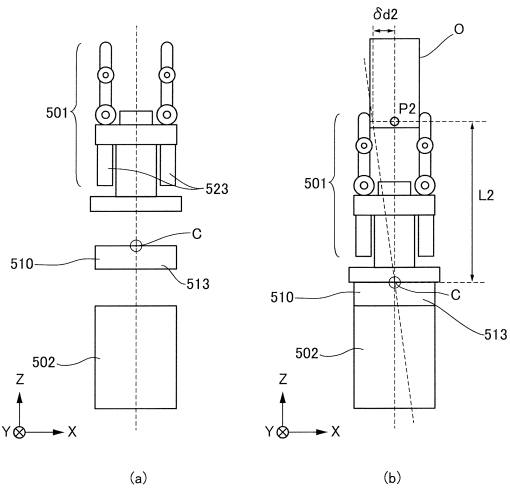
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-254843(JP,A)
特開平09-258814(JP,A)
特開昭62-059826(JP,A)
特開2009-148846(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0109360(US,A1)
特開平06-226671(JP,A)
Fiorini, P., A versatile hand for manipulators, Control Systems Magazine, IEEE, 1988年10月, Volume:8, Issue: 5, pp.20 - 24
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B25J 1/00 - 21/02