

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6648469号
(P6648469)

(45) 発行日 令和2年2月14日(2020.2.14)

(24) 登録日 令和2年1月20日(2020.1.20)

(51) Int.Cl.		F I			
B 2 5 J	13/08	(2006.01)	B 2 5 J	13/08	Z
G 0 5 B	19/42	(2006.01)	G 0 5 B	19/42	D

請求項の数 6 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2015-199154 (P2015-199154)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成27年10月7日 (2015.10.7)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-71018 (P2017-71018A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成29年4月13日 (2017.4.13)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成30年9月14日 (2018.9.14)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100194102
			弁理士 磯部 光宏
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(74) 代理人	100216253
			弁理士 松岡 宏紀
		(72) 発明者	野田 貴彦
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットシステム、及びロボット制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の関節を有するアームと、前記アームに接続されたエンドエフェクターと、力検出部と、を備えるロボットと、

前記エンドエフェクターを所望の位置及び第1姿勢にした状態で、前記力検出部からの出力値に基づいて前記アームの第2姿勢を変更した後、前記第2姿勢を記憶するロボット制御装置と、

を備え、

前記ロボット制御装置は、前記エンドエフェクターを前記所望の位置及び前記第1姿勢にした状態で、前記力検出部からの出力値に基づいて前記第2姿勢を変更する第1モードと、前記力検出部からの出力値に基づいて前記エンドエフェクターの位置及び前記第1姿勢を変更する第2モードとを切り替えるロボットシステム。

【請求項2】

前記ロボット制御装置は、ダイレクトティーチングにより加えられた力を前記力検出部が検出し、前記力検出部からの前記出力値に基づいて前記アームを動かし、前記第2姿勢を変更する、

請求項1に記載のロボットシステム。

【請求項3】

前記ロボット制御装置は、前記エンドエフェクターへの捻りにより発生するトルクに基づいて前記第2姿勢を変更する、

10

20

請求項 1 又は 2 に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記ロボット制御装置は、前記力検出部からの前記出力値に基づいて前記トルクを検出する、

請求項 3 に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記ロボットまたは前記ロボット制御装置は、前記第 1 モードと前記第 2 モードとを切り替えるスイッチを備える、

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

複数の関節を有するアームと、前記アームに接続されたエンドエフェクターと、力検出部と、を備えるロボットを制御するロボット制御装置であって、

前記エンドエフェクターを所望の位置及び第 1 姿勢にした状態で、前記力検出部からの出力値に基づいて前記アームの第 2 姿勢を変更した後、前記第 2 姿勢を記憶させる制御部を備え、

前記制御部は、前記エンドエフェクターを前記所望の位置及び第 1 姿勢にした状態で、前記力検出部からの出力値に基づいて前記第 2 姿勢を変更する第 1 モードと、前記力検出部からの出力値に基づいて前記エンドエフェクターの位置及び第 1 姿勢を変更する第 2 モードとを切り替える、

ロボット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ロボットシステム、ロボット、及びロボット制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットに動作を教示する方法について研究や開発が行われている。

【0003】

これらに関し、アームに取り付けられた操作装置を把持して、ダイレクトティーチングによってロボットに動作を教示する方法が知られている（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 184541 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、このような方法では、ダイレクトティーチングにおいてロボットの手先の位置及び姿勢を固定したままアームの関節を動かすことができず、ロボットに所望の動作を教示することが困難な場合があった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題の少なくとも一つを解決するために本発明の一態様は、複数の関節を有するアームと、エンドエフェクターと、力検出部とを備えるロボットと、前記エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、前記力検出部からの出力値に基づいて前記アームの姿勢を変更して教示を行うことができるロボット制御装置と、を備えるロボットシステムである。

この構成により、ロボットシステムでは、エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更して教示を行うことができる。これにより、ロボットシステムは、ダイレクトティーチングによって所望の動作

10

20

30

40

50

を教示することができる。

【 0 0 0 7 】

また、本発明の他の態様は、ロボットシステムにおいて、前記ロボット制御装置は、前記力検出部からの前記出力値に基づいて前記アームの肘を動かし、前記アームの姿勢を変更する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットシステムは、力検出部からの出力値に基づいてアームの肘を動かし、アームの姿勢を変更する。これにより、ロボットシステムは、アームの肘を動かすことを伴う所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の他の態様は、ロボットシステムにおいて、前記ロボット制御装置は、前記エンドエフェクターへの捻りにより発生するトルクに基づいて前記アームの姿勢を変更する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットシステムは、エンドエフェクターへの捻りにより発生するトルクに基づいてアームの姿勢を変更する。これにより、ロボットシステムは、エンドエフェクターへの捻りにより発生するトルクに基づいて所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の他の態様は、ロボットシステムにおいて、前記ロボット制御装置は、前記力検出部からの前記出力値に基づいて前記トルクを検出する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットシステムは、力検出部からの出力値に基づいてトルクを検出する。これにより、ロボットシステムは、力検出部からの出力値に基づいて検出されたトルクに基づいて所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の他の態様は、ロボットシステムにおいて、前記ロボット制御装置は、前記エンドエフェクターを前記所望の位置及び姿勢にした状態で、前記力検出部からの出力値に基づいて前記アームの姿勢を変更する第 1 モードと、前記力検出部からの出力値に基づいて前記エンドエフェクターの位置及び姿勢を変更する第 2 モードとを切り替えることが可能である、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットシステムは、エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更する第 1 モードと、力検出部からの出力値に基づいて当該エンドエフェクターの位置及び姿勢を変更する第 2 モードとを切り替えることが可能である。これにより、ロボットシステムは、第 1 モードと第 2 モードを切り替えることにより、所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の他の態様は、ロボットシステムにおいて、前記ロボットと前記ロボット制御装置のうちいずれか一方又は両方は、前記第 1 モードと前記第 2 モードとを切り替えるスイッチを備える、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットシステムでは、ロボットとロボット制御装置のうちいずれか一方又は両方が、第 1 モードと第 2 モードとを切り替えるスイッチを備える。これにより、ロボットシステムは、第 1 モードと第 2 モードとを切り替えるスイッチにより第 1 モードと第 2 モードを切り替えることにより、所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の他の態様は、ロボットシステムにおいて、前記ロボットは、7 軸の自由度で動作する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットシステムは、7 軸の自由度で動作するロボットのエンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更して教示を行うことができる。これにより、ロボットシステムは、7 軸の自由

10

20

30

40

50

度で動作するロボットに対して、ダイレクトティーチングによって所望の動作を教示することができる。

【0013】

また、本発明の他の態様は、複数の関節を有し、エンドエフェクターを取り付け可能なアームを備え、前記エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいて前記アームの姿勢を変更して教示を行うことができる、ロボットである。

この構成により、ロボットは、エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更して教示を行うことができる。これにより、ロボットは、ダイレクトティーチングによって所望の動作を教示することができる。

10

【0014】

また、本発明の他の態様は、ロボットが備えるアームであって複数の関節を有するアームに設けられたエンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいて前記アームの姿勢を変更して教示を行うことができる、ロボット制御装置である。

この構成により、ロボット制御装置は、エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更して教示を行うことができる。これにより、ロボット制御装置は、ダイレクトティーチングによって所望の動作を教示することができる。

20

【0015】

以上により、ロボットシステム、ロボット、及びロボット制御装置は、エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更して教示を行うことができる。これにより、ロボットシステム、ロボット、及びロボット制御装置は、ダイレクトティーチングによって所望の動作を教示することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態に係るロボット20の一例を示す構成図である。

【図2】第1スイッチS1が設けられた第1エンドエフェクターE1の一例を示す図である。

30

【図3】ロボット制御装置30のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図4】ロボット制御装置30の機能構成の一例を示す図である。

【図5】制御部36が行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図6】ステップS170において第1肘角度変化量が算出された後のステップS150において、肘EL1の角度を変化させる前の様子の一列を示す図である。

【図7】図6に示した状態から、ロボット制御部46が第1アームのTCPの位置及び姿勢を変化させずに肘EL1の角度を変化させた後の様子の一列を示す図である。

【図8】ロボット20の第1エンドエフェクターE1と第1マニピュレーターM1との間に設けられた第1力検出部11の一例を示す図である。

40

【図9】肘EL1に備えられた力検出部101の一例を示す図である。

【図10】第1アームが備える7つの関節それぞれに備えられた力検出部を例示する図である。

【図11】図8に示したように第1エンドエフェクターE1と第1マニピュレーターM1との間に第1力検出部11を備えるとともに、図10に示したように第1アームの各関節に力検出部101～力検出部107のそれぞれを備える第1アームの一例を示す図である。

【図12】第1スイッチS1が肘EL1の側面に設けられたロボット20の一例を示す図である。

【図13】第1スイッチS1が関節J2の側面に設けられたロボット20の一例を示す図

50

である。

【図１４】第１スイッチＳ１が支持台（本体）の側面に設けられたロボット２０の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

<実施形態>

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。図１は、本実施形態に係るロボット２０の一例を示す構成図である。

まず、ロボット２０の構成について説明する。

【００１８】

10

ロボット２０は、第１アームと、第２アームと、第１アーム及び第２アームを支持する支持台と、ロボット制御装置３０を備える双腕ロボットである。双腕ロボットは、この一例における第１アームと第２アームのような２本のアーム（腕）を備えるロボットである。なお、ロボット２０は、双腕ロボットに代えて、単腕ロボットであってもよい。単腕ロボットは、１本のアームを備えるロボットである。例えば、単腕ロボットは、第１アームと第２アームのいずれか一方を備える。また、ロボット２０は、双腕ロボットに代えて、３本以上のアームを備える複腕ロボットであってもよい。第１アームと第２アームはそれぞれ、アームの一例である。

【００１９】

第１アームは、第１エンドエフェクターＥ１と、第１スイッチＳ１と、第１マニピュレーターＭ１と、第１力検出部１１を備える。なお、本実施形態では、第１アームに第１エンドエフェクターＥ１が含まれる場合について説明するが、第１アームと第１エンドエフェクターＥ１とが別体であってもよい。この場合、第１アームは、第１マニピュレーターＭ１と、第１力検出部１１を備える。

20

【００２０】

第１エンドエフェクターＥ１は、この一例において、物体を把持可能な爪部を備えるエンドエフェクターである。なお、第１エンドエフェクターＥ１は、当該爪部を備えるエンドエフェクターに代えて、電動ドライバーを備えるエンドエフェクター等の他のエンドエフェクターであってもよい。第１エンドエフェクターＥ１は、第１アームの手先に相当する部位である。第１エンドエフェクターＥ１は、エンドエフェクターの一例である。

30

【００２１】

第１エンドエフェクターＥ１は、ケーブルによってロボット制御装置３０と通信可能に接続されている。これにより、第１エンドエフェクターＥ１は、ロボット制御装置３０から取得される制御信号に基づく動作を行う。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やＵＳＢ（Universal Serial Bus）等の規格によって行われる。また、第１エンドエフェクターＥ１は、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置３０と接続される構成であってもよい。

【００２２】

第１スイッチＳ１は、ロボット制御装置３０がロボット２０を制御する際の制御モードを切り替えるスイッチである。第１スイッチＳ１は、この一例において、第１エンドエフェクターＥ１に設けられている。なお、第１スイッチＳ１は、これに代えて、第１マニピュレーターＭ１等の第１アームの他の部位や、ロボット制御装置３０に設けられる構成であってもよい。この場合、ロボット２０は、第１エンドエフェクターＥ１を備えない構成であってもよい。

40

【００２３】

ここで、図２を参照し、第１スイッチＳ１が設けられた第１エンドエフェクターＥ１について説明する。図２は、第１スイッチＳ１が設けられた第１エンドエフェクターＥ１の一例を示す図である。図２に示した三次元座標系は、第１エンドエフェクターＥ１の位置及び姿勢を表す局所座標系である。この一例において、第１アームのＴＣＰは、第１エンドエフェクターＥ１の位置及び姿勢を表す局所座標系の原点と一致するように設定されて

50

いる。すなわち、当該局所座標系の原点の位置は、第１アームのＴＣＰの位置を表し、当該局所座標系の３つの座標軸の方向は、第１アームのＴＣＰ（Tool Center Point）の姿勢を表す。また、図２に示したように、第１スイッチＳ１は、この一例において、第１エンドエフェクターＥ１の側面に設けられている。第１エンドエフェクターＥ１の側面は、第１エンドエフェクターＥ１の第１マニピュレーターＭ１に設置されている側を裏面とし、第１エンドエフェクターＥ１の爪部側を表面とした場合の側面である。

【００２４】

第１マニピュレーターＭ１は、７つの関節である関節Ｊ１～関節Ｊ７と、第１撮像部２１を備える。また、関節Ｊ１～関節Ｊ７はそれぞれ、図示しないアクチュエーターを備える。すなわち、第１マニピュレーターＭ１を備える第１アームは、７軸垂直多関節型のアームである。第１アームは、支持台と、第１エンドエフェクターＥ１と、第１マニピュレーターＭ１と、第１マニピュレーターＭ１が備える７つの関節である関節Ｊ１～関節Ｊ７それぞれのアクチュエーターとによる連携した動作によって７軸の自由度の動作を行う。なお、第１アームは、８軸以上の自由度で動作する構成であってもよい。

【００２５】

第１アームが７軸の自由度で動作する場合、第１アームは、６軸以下の自由度で動作する場合と比較して取り得る姿勢が増える。これにより第１アームは、例えば、動作が滑らかになり、更に第１アームの周辺に存在する物体との干渉を容易に回避することができる。また、第１アームが７軸の自由度で動作する場合、第１アームの制御は、第１アームが８軸以上の自由度で動作する場合と比較して計算量が少なく容易である。

【００２６】

図１に示したように、第１マニピュレーターＭ１が備える７つの関節のうちの支持台側から４つ目の関節である関節Ｊ４は、第１アームの肘ＥＬ１に相当する関節である。また、第１マニピュレーターＭ１が備える７つの関節のうちの支持台側から７つ目の関節である関節Ｊ７は、アームの関節のうちの最先端の関節の一例である。関節Ｊ７の端部のうちの支持台側とは反対側の端部には、第１エンドエフェクターＥ１を設置するためのフランジが設けられている。

【００２７】

第１マニピュレーターＭ１が備える７つの（関節に備えられた）アクチュエーターはそれぞれ、ケーブルによってロボット制御装置３０と通信可能に接続されている。これにより、当該アクチュエーターは、ロボット制御装置３０から取得される制御信号に基づいて、第１マニピュレーターＭ１を動作させる。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やＵＳＢ等の規格によって行われる。また、第１マニピュレーターＭ１が備える７つのアクチュエーターのうちの一部又は全部は、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置３０と接続される構成であってもよい。

【００２８】

第１撮像部２１は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるＣＣＤ（Charge Coupled Device）やＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等を備えたカメラである。この一例において、第１撮像部２１は、第１マニピュレーターＭ１の一部に備えられる。そのため、第１撮像部２１は、第１アームの動きに応じて移動する。また、第１撮像部２１が撮像可能な範囲は、第１アームの動きに応じて変化する。第１撮像部２１は、当該範囲の静止画像を撮像してもよく、当該範囲の動画画像を撮像してもよい。

【００２９】

また、第１撮像部２１は、ケーブルによってロボット制御装置３０と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やＵＳＢ等の規格によって行われる。なお、第１撮像部２１は、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置３０と接続される構成であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 0 】

第 1 力検出部 1 1 は、第 1 エンドエフェクター E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 の間に備えられる。第 1 力検出部 1 1 は、例えば、力センサーである。第 1 力検出部 1 1 は、第 1 エンドエフェクター E 1（又は第 1 マニピュレーター M 1 に第 1 エンドエフェクター E 1 を設けるためのフランジ）に作用した力やモーメント（トルク）を検出する。第 1 力検出部 1 1 は、検出した力やモーメントの大きさを示す値を出力値として含む第 1 力検出情報を通信によりロボット制御装置 3 0 へ出力する。

【 0 0 3 1 】

第 1 力検出情報は、ロボット制御装置 3 0 による第 1 アームの第 1 力検出情報に基づく制御に用いられる。第 1 力検出情報に基づく制御は、例えば、インピーダンス制御等のコンプライアンス制御のことである。なお、第 1 力検出部 1 1 は、トルクセンサー等の第 1 エンドエフェクター E 1（又は第 1 マニピュレーター M 1 に第 1 エンドエフェクター E 1 を設けるためのフランジ）に加わる力やモーメントの大きさを示す値を検出する他のセンサーであってもよい。

【 0 0 3 2 】

第 1 力検出部 1 1 は、ケーブルによってロボット制御装置 3 0 と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。なお、第 1 力検出部 1 1 とロボット制御装置 3 0 とは、W i - F i（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 3 】

第 2 アームは、第 2 エンドエフェクター E 2 と、第 2 スイッチ S 2 と、第 2 マニピュレーター M 2 と、第 2 力検出部 1 2 を備える。なお、本実施形態では、第 2 アームに第 2 エンドエフェクター E 2 が含まれる場合について説明するが、第 2 アームと第 2 エンドエフェクター E 2 とが別体であってもよい。この場合、第 2 アームは、第 2 マニピュレーター M 2 と、第 2 力検出部 1 2 を備える。

【 0 0 3 4 】

第 2 エンドエフェクター E 2 は、この一例において、物体を把持可能な爪部を備えるエンドエフェクターである。なお、第 2 エンドエフェクター E 2 は、当該爪部を備えるエンドエフェクターに代えて、電動ドライバーを備えるエンドエフェクター等の他のエンドエフェクターであってもよい。第 2 エンドエフェクター E 2 は、第 2 アームの手先に相当する部位である。第 2 エンドエフェクター E 2 は、エンドエフェクターの一例である。

【 0 0 3 5 】

第 2 エンドエフェクター E 2 は、ケーブルによってロボット制御装置 3 0 と通信可能に接続されている。これにより、第 2 エンドエフェクター E 2 は、ロボット制御装置 3 0 から取得される制御信号に基づく動作を行う。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）や U S B 等の規格によって行われる。また、第 2 エンドエフェクター E 2 は、W i - F i（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 6 】

第 2 スイッチ S 2 は、ロボット制御装置 3 0 がロボット 2 0 を制御する際の制御モードを切り替えるスイッチである。第 2 スイッチ S 2 は、この一例において、第 2 エンドエフェクター E 2 に設けられている。この一例において、第 2 スイッチ S 2 は、図 2 に示した第 1 スイッチ S 1 と同様に、第 2 エンドエフェクター E 2 の側面に設けられる。なお、第 2 スイッチ S 2 は、これに代えて、第 2 マニピュレーター M 2 等の第 2 アームの他の部位や、ロボット制御装置 3 0 に設けられる構成であってもよい。この場合、ロボット 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 を備えない構成であってもよい。

【 0 0 3 7 】

第 2 マニピュレーター M 2 は、7 つの関節である関節 J 1 1 ~ 関節 J 1 7 と、第 2 撮像部 2 2 を備える。また、関節 J 1 1 ~ 関節 J 1 7 はそれぞれ、図示しないアクチュエータ

10

20

30

40

50

ーを備える。すなわち、第2マニピュレーターM2を備える第2アームは、7軸垂直多関節型のアームである。第2アームは、支持台と、第2エンドエフェクターE2と、第2マニピュレーターM2と、第2マニピュレーターM2が備える7つの関節である関節J11～関節J17それぞれのアクチュエーターとによる連携した動作によって7軸の自由度の動作を行う。なお、第2アームは、8軸以上の自由度で動作する構成であってもよい。

【0038】

図1に示したように、第2マニピュレーターM2が備える7つの関節のうちの支持台側から4つ目の関節である関節J14は、第2アームの肘EL2に相当する関節である。また、第2マニピュレーターM2が備える7つの関節のうちの支持台側から7つ目の関節である関節J17は、アームの関節のうちの最先端の関節の一例である。関節J17の端部のうちの支持台側とは反対側の端部には、第2エンドエフェクターE2を設置するためのフランジが設けられている。

10

【0039】

第2アームが7軸の自由度で動作する場合、第2アームは、6軸以下の自由度で動作する場合と比較して取り得る姿勢が増える。これにより第2アームは、例えば、動作が滑らかになり、更に第2アームの周辺に存在する物体との干渉を容易に回避することができる。また、第2アームが7軸の自由度で動作する場合、第2アームの制御は、第2アームが8軸以上の自由度で動作する場合と比較して計算量が少なく容易である。

【0040】

第2マニピュレーターM2が備える7つの（関節に備えられた）アクチュエーターはそれぞれ、ケーブルによってロボット制御装置30と通信可能に接続されている。これにより、当該アクチュエーターは、ロボット制御装置30から取得される制御信号に基づいて、第2マニピュレーターM2を動作させる。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。また、第2マニピュレーターM2が備える7つのアクチュエーターのうちの一部又は全部は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置30と接続される構成であってもよい。

20

【0041】

第2撮像部22は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるCCDやCMOS等を備えたカメラである。この一例において、第2撮像部22は、第2マニピュレーターM2の一部に備えられる。そのため、第2撮像部22は、第2アームの動きに応じて移動する。また、第2撮像部22が撮像可能な範囲は、第2アームの動きに応じて変化する。第2撮像部22は、当該範囲の静止画像を撮像してもよく、当該範囲の動画画像を撮像してもよい。

30

【0042】

また、第2撮像部22は、ケーブルによってロボット制御装置30と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。なお、第2撮像部22は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置30と接続される構成であってもよい。

40

【0043】

第2力検出部12は、第2エンドエフェクターE2と第2マニピュレーターM2の間に備えられる。第2力検出部12は、例えば、力センサーである。第2力検出部12は、第2エンドエフェクターE2（又は第2マニピュレーターM2に第2エンドエフェクターE2を設けるためのフランジ）に作用した力やモーメント（トルク）を検出する。第2力検出部12は、検出した力やモーメントの大きさを示す値を出力値として含む第2力検出情報を通信によりロボット制御装置30へ出力する。

【0044】

第2力検出情報は、ロボット制御装置30による第2アームの第2力検出情報に基づく制御に用いられる。第2力検出情報に基づく制御は、例えば、インピーダンス制御等のコ

50

ンプライアンス制御のことである。なお、第２力検出部１２は、トルクセンサー等の第２エンドエフェクターＥ２（又は第２マニピュレーターＭ２に第２エンドエフェクターＥ２を設けるためのフランジ）に加わる力やモーメントの大きさを示す値を検出する他のセンサーであってもよい。

【００４５】

第２力検出部１２は、ケーブルによってロボット制御装置３０と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やＵＳＢ等の規格によって行われる。なお、第２力検出部１２とロボット制御装置３０とは、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって接続される構成であってもよい。

10

【００４６】

また、ロボット２０は、第３撮像部２３と、第４撮像部２４を備える。

第３撮像部２３は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるＣＣＤやＣＭＯＳ等を備えたカメラである。第３撮像部２３は、第４撮像部２４が撮像可能な範囲を第４撮像部２４とともにステレオ撮像可能な部位に備えられる。第３撮像部２３は、ケーブルによってロボット制御装置３０と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やＵＳＢ等の規格によって行われる。なお、第３撮像部２３は、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置３０と接続される構成であってもよい。

【００４７】

20

第４撮像部２４は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるＣＣＤやＣＭＯＳ等を備えたカメラである。第４撮像部２４は、第３撮像部２３が撮像可能な範囲を第３撮像部２３とともにステレオ撮像可能な部位に備えられる。第４撮像部２４は、ケーブルによって通信可能にロボット制御装置３０と接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やＵＳＢ等の規格によって行われる。なお、第４撮像部２４は、Ｗｉ－Ｆｉ（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によってロボット制御装置３０と接続される構成であってもよい。

【００４８】

上記で説明したロボット２０が備えるこれらの各機能部は、この一例において、ロボット２０に内蔵されたロボット制御装置３０から制御信号を取得する。そして、当該各機能部は、取得した制御信号に基づいた動作を行う。なお、ロボット２０は、ロボット制御装置３０を内蔵する構成に代えて、外部に設置されたロボット制御装置３０により制御される構成であってもよい。この場合、ロボット２０と、ロボット制御装置３０とは、ロボットシステムを構成する。また、ロボット２０は、第１撮像部２１と、第２撮像部２２と、第３撮像部２３と、第４撮像部２４のうちの一部又は全部を備えない構成であってもよい。

30

【００４９】

ロボット制御装置３０は、ロボット２０に制御信号を送信することにより、ロボット２０を動作させる。また、この一例におけるロボット制御装置３０には、ユーザーがダイレクトティーチングによってロボット２０の動作を教示（記憶）することが可能である。ロボット２０の動作は、第１アームの動作と第２アームの動作とのうちいずれか一方又は両方のことである。

40

【００５０】

ロボット制御装置３０は、ユーザーによるダイレクトティーチングの際、第１エンドエフェクターＥ１に対して加えられたモーメント（トルク）のうちの関節Ｊ７の回動軸周りに加えられたモーメントの大きさに基づいて、第１アームのＴＣＰの位置及び姿勢を変化させずに第１アームの姿勢を変化させる。また、ロボット制御装置３０は、ユーザーによるダイレクトティーチングの際、第２エンドエフェクターＥ２に対して加えられたモーメント（トルク）のうちの関節Ｊ１７の回動軸周りに加えられたモーメントの大きさに基づいて、第２アームのＴＣＰの位置及び姿勢を変化させずに第２アームの姿勢を変化させる

50

。

【 0 0 5 1 】

本実施形態では、ダイレクトティーチングの際に第 1 エンドエフェクター E 1 に対して加えられたモーメントに基づくロボット制御装置 3 0 の処理について詳しく説明する。以下では、この一例として、ロボット制御装置 3 0 が、ユーザーがダイレクトティーチングによって第 1 アームの動作を記憶させる場合について説明する。

【 0 0 5 2 】

この場合、ダイレクトティーチングでは、ロボット 2 0 の第 1 アームをユーザーが把持して移動させることにより、第 1 アームの動作がロボット制御装置 3 0 に対して教示される。また、ダイレクトティーチングでは、ロボット制御装置 3 0 に教示したい第 1 アームの動作において第 1 アームの T C P を経由させる 1 以上の経由点（教示点、ポイント）の位置を示す情報と、各経由点の位置それぞれにおいて第 1 アームに実現させたい T C P の姿勢を示す情報と、各経由点の位置それぞれにおいて第 1 アームに実現させたい姿勢とがロボット制御装置 3 0 に教示される。この一例において、第 1 アームの姿勢は、第 1 マニピュレータ M 1 の 7 つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角によって表される。

【 0 0 5 3 】

また、ダイレクトティーチングによる教示において、第 1 アームは、第 1 力検出部 1 1 から取得される第 1 力検出情報に基づく制御（例えば、インピーダンス制御等）によって、第 1 アームの姿勢が自重により変化しないようにロボット制御装置 3 0 に制御される。

【 0 0 5 4 】

ここで、ダイレクトティーチングの際の本実施形態に係るロボット制御装置 3 0 の処理の概略について説明する。ロボット制御装置 3 0 は、第 1 アームの関節のうちの最先端の関節 J 7 の先に設けられる部材である第 1 エンドエフェクター E 1 を所望の位置及び姿勢にした状態（すなわち、第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を所望の位置及び姿勢にした状態）で、第 1 力検出部 1 1 からの出力値を含む第 1 力検出情報に基づいて第 1 アームの姿勢を変更して教示を行うことができる。

【 0 0 5 5 】

より具体的には、本実施形態に係るロボット制御装置 3 0 は、ユーザーから第 1 エンドエフェクター E 1 に加えられたモーメントに基づいて、第 1 アームの T C P を所望の位置及び姿勢にした状態で（すなわち、第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を所望の位置及び姿勢に固定したまま）、第 1 アームの姿勢を変化させる。この一例において、ロボット制御装置 3 0 は、当該モーメントに基づいて、第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を所望の位置及び姿勢に固定したまま、前述の肘 E L 1 の角度を変化させることにより第 1 アームの姿勢を変化させる。これにより、ロボット制御装置 3 0 は、ダイレクトティーチングによって所望の動作を教示することができる。肘 E L 1 の角度は、関節 J 4 が備えるアクチュエーターの回転角のことである。なお、ロボット制御装置 3 0 は、第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を所望の位置及び姿勢に固定したまま、前述の肘 E L 1 の角度を変化させることにより第 1 アームの姿勢を変化させる構成に代えて、第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を所望の位置及び姿勢に固定したまま、他の関節の角度を変化させることにより第 1 アームの姿勢を変化させる構成であってもよい。

【 0 0 5 6 】

次に、図 3 を参照し、ロボット制御装置 3 0 のハードウェア構成について説明する。図 3 は、ロボット制御装置 3 0 のハードウェア構成の一例を示す図である。ロボット制御装置 3 0 は、例えば、C P U（Central Processing Unit）3 1 と、記憶部 3 2 と、入力受付部 3 3 と、通信部 3 4 と、表示部 3 5 を備える。また、ロボット制御装置 3 0 は、通信部 3 4 を介してロボット 2 0 と通信を行う。これらの構成要素は、バス B u s を介して相互に通信可能に接続されている。

【 0 0 5 7 】

C P U 3 1 は、記憶部 3 2 に格納された各種プログラムを実行する。

記憶部 32 は、例えば、HDD (Hard Disk Drive) や SSD (Solid State Drive)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read - Only Memory)、ROM (Read - Only Memory)、RAM (Random Access Memory) 等を含む。記憶部 32 は、ロボット制御装置 30 が処理する各種情報や画像、プログラム、図 3 に示した手先運動モデル情報 321 及び肘運動モデル情報 322 等を格納する。なお、記憶部 32 は、ロボット制御装置 30 に内蔵されるものに代えて、USB 等のデジタル入出力ポート等によって接続された外付け型の記憶装置であってもよい。

【0058】

手先運動モデル情報 321 は、第 1 力検出部 11 から取得される第 1 力検出情報に基づいてロボット制御装置 30 が第 1 アームの TCP の位置及び姿勢を変化させる変化量である第 1 TCP 位置姿勢変化量を算出する数理モデルを示す情報である。第 1 アームの TCP の位置を変化させる変化量は、現在の第 1 アームの TCP の位置から変化後の第 1 アームの TCP の位置までの変位量によって表される。また、第 1 アームの TCP の姿勢を変化させる変化量は、現在の第 1 アームの TCP の姿勢を表す 3 つの座標軸のそれぞれを、変化後の第 1 アームの TCP の姿勢を表す 3 つの座標軸のそれぞれに一致させるまでのオイラー角によって表される。

10

【0059】

また、手先運動モデル情報 321 は、第 2 力検出部 12 から取得される第 2 力検出情報に基づいてロボット制御装置 30 が第 2 アームの TCP の位置及び姿勢を変化させる変化量である第 2 TCP 位置姿勢変化量を算出する数理モデルを示す情報である。第 2 アームの TCP の位置を変化させる変化量は、現在の第 2 アームの TCP の位置から変化後の第 1 アームの TCP の位置までの変位量によって表される。また、現在の第 2 アームの TCP の姿勢を表す 3 つの座標軸のそれぞれを、変化後の第 2 アームの TCP の姿勢を表す 3 つの座標軸のそれぞれに一致させるまでのオイラー角によって表される。

20

【0060】

肘運動モデル情報 322 は、第 1 力検出部 11 から取得される第 1 力検出情報に基づいてロボット制御装置 30 が肘 EL1 の角度を変化させる変化量である第 1 肘角度変化量を算出する数理モデルを示す情報である。肘 EL1 の角度を変化させる変化量は、現在の肘 EL1 の角度から変化後の肘 EL1 の角度までの回転角によって表される。

【0061】

30

また、肘運動モデル情報 322 は、第 2 力検出部 12 から取得される第 2 力検出情報に基づいてロボット制御装置 30 が肘 EL2 の角度を変化させる変化量である第 2 肘角度変化量を算出する数理モデルを示す情報である。肘 EL2 の角度を変化させる変化量は、現在の肘 EL2 の角度から変化後の肘 EL2 の角度までの回転角によって表される。

【0062】

ここで、手先運動モデル情報 321 及び肘運動モデル情報 322 について説明する。これらの数理モデルは、以下に示した式 (1) が表わす運動方程式に基づく数理モデルである。なお、式 (1) が表わす運動方程式の詳細な説明については、コンプライアンス制御等において従来から用いられている式であるため省略する。

【0063】

40

【数 1】

$$M \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + D \frac{dx(t)}{dt} + Kx(t) = F(t) \quad \cdots (1)$$

【0064】

M は、慣性質量行列である。D は、ダンパー係数行列である。K は、バネ乗数行列である。慣性質量行列 M と、ダンパー係数行列 D と、バネ乗数行列 K とは、予め決められている。F(t) は、時刻 t において第 1 エンドエフェクター E1 又は第 2 エンドエフェクタ

50

ー E 2 に加えられた力及びモーメントを成分として有する行列である。また、手先運動モデル情報 3 2 1 において、 $x(t)$ は、行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 1 エンドエフェクター E 1 に加えられたことによる第 1 アームの TCP の位置及び姿勢の変化量、又は行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 2 エンドエフェクター E 2 に加えられたことによる第 2 アームの TCP の位置及び姿勢の変化量を成分として有するベクトルである。また、肘運動モデル情報 3 2 2 において、 $x(t)$ は、行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 1 エンドエフェクター E 1 に加えられたことによる肘 EL 1 の角度の変化量、又は行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 2 エンドエフェクター E 2 に加えられたことによる肘 EL 2 の角度の変化量を表す変数である。

【0065】

例えば、ロボット制御装置 3 0 は、第 1 力検出情報が示す力及びモーメント（すなわち、ユーザーから第 1 エンドエフェクター E 1 に対して加えられた力及びモーメント）の大きさを上記の式（1）の行列 $F(t)$ に代入し、上記の式（1）を解くことにより、行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 1 エンドエフェクター E 1 に加えられたことによる第 1 アームの TCP の位置及び姿勢の変化量を成分として有するベクトル $x(t)$ を前述の第 1 TCP 位置姿勢変化量として算出する。また、ロボット制御装置 3 0 は、第 2 力検出情報が示す力及びモーメント（すなわち、ユーザーから第 2 エンドエフェクター E 2 に対して加えられた力やモーメント）の大きさを上記の式（1）の行列 $F(t)$ に代入し、上記の式（1）を解くことにより、行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 2 エンドエフェクター E 2 に加えられたことによる第 2 アームの TCP の位置及び姿勢の変化量を成分として有するベクトル $x(t)$ を前述の第 2 TCP 位置姿勢変化量として算出することができる。

【0066】

また、例えば、ロボット制御装置 3 0 は、第 1 力検出情報が示す力及びモーメントを上記の式（1）の行列 $F(t)$ に代入し、上記の式（1）を解くことにより、行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 1 エンドエフェクター E 1 に加えられたことによる肘 EL 1 の角度の変化量を表す変数 $x(t)$ を前述の第 1 肘角度変化量として算出することができる。また、ロボット制御装置 3 0 は、第 2 力検出情報が示す力及びモーメント（すなわち、ユーザーから第 2 エンドエフェクター E 2 に対して加えられた力やモーメント）の大きさを上記の式（1）の行列 $F(t)$ に代入し、上記の式（1）を解くことにより、行列 $F(t)$ に含まれる力及びモーメントが第 2 エンドエフェクター E 2 に加えられたことによる肘 EL 2 の角度の変化量を表す変数 $x(t)$ を前述の第 2 肘角度変化量として算出することができる。

【0067】

入力受付部 3 3 は、例えば、キーボードやマウス、タッチパッド等を備えたティーチングペンダントや、その他の入力装置である。なお、入力受付部 3 3 は、タッチパネルとして表示部 3 5 と一体に構成されてもよい。

通信部 3 4 は、例えば、USB 等のデジタル入出力ポートやイーサネット（登録商標）ポート等を含んで構成される。

表示部 3 5 は、例えば、液晶ディスプレイパネル、あるいは、有機 EL（ElectroLuminescence）ディスプレイパネルである。

【0068】

次に、図 4 を参照して、ロボット制御装置 3 0 の機能構成について説明する。図 4 は、ロボット制御装置 3 0 の機能構成の一例を示す図である。ロボット制御装置 3 0 は、記憶部 3 2 と、入力受付部 3 3 と、表示部 3 5 と、制御部 3 6 を備える。

【0069】

制御部 3 6 は、ロボット制御装置 3 0 の全体を制御する。制御部 3 6 は、表示制御部 4 0 と、力検出情報取得部 4 1 と、モード切替制御部 4 2 と、変化量算出部 4 3 と、逆運動学処理部 4 4 と、順運動学処理部 4 5 と、ロボット制御部 4 6 と、教示制御部 4 7 を備える。

【 0 0 7 0 】

制御部 3 6 が備えるこれらの機能部は、例えば、C P U 3 1 が、記憶部 3 2 に記憶された各種プログラムを実行することで実現される。なお、これらの機能部のうちの一部又は全部は、L S I (Large Scale Integration) や A S I C (Application Specific Integrated Circuit) 等のハードウェア機能部であってもよい。

【 0 0 7 1 】

表示制御部 4 0 は、ダイレクトティーチングによる教示に関する操作をユーザーから受け付ける教示画面を生成する。表示制御部 4 0 は、生成した教示画面を表示部 3 5 に表示させる。

力検出情報取得部 4 1 は、第 1 力検出部 1 1 から第 1 力検出情報を取得する。また、力検出情報取得部 4 1 は、第 2 力検出部 1 2 から第 2 力検出情報を取得する。

10

【 0 0 7 2 】

モード切替制御部 4 2 は、第 1 スイッチ S 1 が押下された場合、制御部 3 6 の第 1 アームに対する制御モード（前述のロボット制御装置 3 0 の制御モード）を第 1 モードに設定する（切り替える）。また、モード切替制御部 4 2 は、第 1 スイッチ S 1 の押下が解除された場合、制御部 3 6 の第 1 アームに対する制御モードを第 2 モードに設定する（切り替える）。また、モード切替制御部 4 2 は、第 2 スイッチ S 2 が押下された場合、制御部 3 6 の第 2 アームに対する制御モード（前述のロボット制御装置 3 0 の制御モード）を第 1 モードに設定する（切り替える）。また、モード切替制御部 4 2 は、第 2 スイッチ S 2 の押下が解除された場合、制御部 3 6 の第 2 アームに対する制御モードを第 2 モードに設定する（切り替える）。なお、モード切替制御部 4 2 は、これに代えて、例えば、第 1 スイッチ S 1 又は第 2 スイッチ S 2 が押下された場合、制御部 3 6 の第 1 アーム及び第 2 アームの両方に対する制御モードを第 1 モードに設定し、第 1 スイッチ S 1 及び第 2 スイッチ S 2 の両方への押下が解除された場合、制御部 3 6 の第 1 アーム及び第 2 アームの両方に対する制御モードを第 2 モードに設定する構成であってもよい。

20

【 0 0 7 3 】

変化量算出部 4 3 は、制御部 3 6 の制御モードが第 1 モードの場合、肘運動モデル情報 3 2 2 を記憶部 3 2 から読み出す。そして、変化量算出部 4 3 は、力検出情報取得部 4 1 から取得した第 1 力検出情報と、読み出した肘運動モデル情報 3 2 2 とに基づいて第 1 肘角度変化量を算出する。また、変化量算出部 4 3 は、力検出情報取得部 4 1 から取得した第 2 力検出情報と、読み出した肘運動モデル情報 3 2 2 とに基づいて第 2 肘角度変化量を算出する。

30

【 0 0 7 4 】

また、変化量算出部 4 3 は、制御部 3 6 の制御モードが第 2 モードの場合、手先運動モデル情報 3 2 1 を記憶部 3 2 から読み出す。そして、逆運動学処理部 4 4 は、力検出情報取得部 4 1 から取得した第 1 力検出情報と、読み出した手先運動モデル情報 3 2 1 とに基づいて第 1 T C P 位置姿勢変化量を算出する。また、変化量算出部 4 3 は、力検出情報取得部 4 1 から取得した第 2 力検出情報と、読み出した手先運動モデル情報 3 2 1 とに基づいて第 2 T C P 位置姿勢変化量を算出する。

【 0 0 7 5 】

逆運動学処理部 4 4 は、制御部 3 6 の制御モードが第 1 モードの場合、変化量算出部 4 3 が算出した第 1 肘角度変化量と、現在の第 1 アームの T C P の位置及び姿勢と、逆運動学とに基づいて、当該位置及び姿勢を変化させずに現在の肘 E L 1 の角度を第 1 肘角度変化量だけ変化させた場合の第 1 マニピュレーター M 1 の 7 つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角を算出する。当該回転角は、第 1 アームの姿勢を表す回転角である。また、逆運動学処理部 4 4 は、制御部 3 6 の制御モードが第 1 モードの場合、変化量算出部 4 3 が算出した第 2 肘角度変化量と、現在の第 2 アームの T C P の位置及び姿勢と、逆運動学とに基づいて、当該位置及び姿勢を変化させずに現在の肘 E L 2 の角度を第 2 肘角度変化量だけ変化させた場合の第 2 マニピュレーター M 2 の 7 つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角を算出する。当該回転角は、第 2 アームの姿勢を表す回転角

40

50

である。

【0076】

また、逆運動学処理部44は、制御部36の制御モードが第2モードの場合、変化量算出部43が算出した第1TCP位置姿勢変化量と、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢と、逆運動学とに基づいて、当該位置及び姿勢が第1TCP位置姿勢変化量だけ変化した場合の第1マニピュレーターM1の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角を算出する。当該回転角は、第1アームの姿勢を表す回転角である。また、逆運動学処理部44は、制御部36の制御モードが第2モードの場合、変化量算出部43が算出した第2TCP位置姿勢変化量と、現在の第2アームのTCPの位置及び姿勢と、逆運動学とに基づいて、当該位置及び姿勢が第2TCP位置姿勢変化量だけ変化した場合の第2マニピュレーターM2の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角を算出する。当該回転角は、第2アームの姿勢を表す回転角である。

10

【0077】

順運動学処理部45は、現在の第1マニピュレーターM1の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角に基づいて、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢を算出する。

【0078】

また、順運動学処理部45は、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢と、順運動学とに基づいて、逆運動学処理部44が算出した第1TCP位置姿勢変化量に基づくロボット制御部46による第1アームのTCPの位置及び姿勢の変化が完了したか否かを判定する。また、順運動学処理部45は、現在の第2アームのTCPの位置及び姿勢と、順運動学とに基づいて、逆運動学処理部44が算出した第2TCP位置姿勢変化量に基づくロボット制御部46による第2アームのTCPの位置及び姿勢の変化が完了したか否かを判定する。

20

【0079】

また、順運動学処理部45は、現在の第1アームの姿勢に基づいて、逆運動学処理部44が算出した第1アーム姿勢変化量に基づくロボット制御部46による第1アームの姿勢の変化が完了したか否かを判定する。また、順運動学処理部45は、現在の第2アームの姿勢と、順運動学とに基づいて、逆運動学処理部44が算出した第2アーム姿勢変化量に基づくロボット制御部46による第2アームの姿勢の変化が完了したか否かを判定する。

30

【0080】

ロボット制御部46は、逆運動学処理部44が算出した第1アームの姿勢を表す回転角であって第1マニピュレーターM1の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角に基づいて、第1アームの姿勢を変化させる。また、ロボット制御部46は、逆運動学処理部44が算出した第2アームの姿勢を表す回転角であって第2マニピュレーターM2の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角に基づいて、第2アームの姿勢を変化させる。

【0081】

教示制御部47は、表示制御部40が表示部35に表示させた教示画面を介してユーザーから受け付けた操作に基づいて、例えば、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢と、現在の第1アームの姿勢とを対応付けて記憶部32に記憶させる。また、教示制御部47は、表示制御部40が表示部35に表示させた教示画面を介してユーザーから受け付けた操作に基づいて、例えば、現在の第2アームのTCPの位置及び姿勢と、現在の第2アームの姿勢とを対応付けて記憶部32に記憶させる。

40

【0082】

以上のような構成により、制御部36は、ユーザーが第1スイッチS1を押下したまま第1エンドエフェクターE1を関節J7の軸周りに捻った場合、第1アームのTCPの位置及び姿勢を所望の位置及び姿勢（例えば、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢）から変化させずに、肘EL1の角度を変化させる。また、制御部36は、ユーザーが第1スイッチS1を押下せずに第1エンドエフェクターE1に力を加えたり、第1エンドエフ

50

ェクターE 1を関節J 7の軸周りに捻ったりした場合、第1アームのTCPの位置及び姿勢を変化させる。以下では、図5を参照し、このような制御部36の処理について説明する。図5は、制御部36が行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【0083】

モード切替制御部42は、第1スイッチS1が押下されているか否かに応じて制御部36の制御モードを設定する(ステップS100)。より具体的には、モード切替制御部42は、第1スイッチS1が押下されているか否かを判定する。そして、第1スイッチS1が押下されていると判定した場合、モード切替制御部42は、制御部36の制御モードを第1モードに設定する(切り替える)。一方、第1スイッチS1が押下されていないと判定した場合、モード切替制御部42は、制御部36の制御モードを第2モードに設定する(切り替える)。

10

【0084】

ステップS100においてモード切替制御部42が制御部36の制御モードを設定した後、力検出情報取得部41は、第1力検出部11から第1力検出情報を取得する(ステップS110)。次に、変化量算出部43は、ステップS100においてモード切替制御部42が設定した制御部36の制御モードが第1モードか否かを判定する(ステップS120)。

【0085】

制御部36の制御モードが第1モードではないと判定した場合(ステップS120 - No)、変化量算出部43は、記憶部32から手先運動モデル情報321を読み出し、読み出した手先運動モデル情報321と、ステップS110において力検出情報取得部41が取得した第1力検出情報とに基づいて、第1TCP位置姿勢変化量を算出する(ステップS130)。一方、制御部36の制御モードが第1モードであると判定した場合(ステップS120 - Yes)、変化量算出部43は、記憶部32から肘運動モデル情報322を読み出し、読み出した肘運動モデル情報322と、ステップS110において力検出情報取得部41が取得した第1力検出情報とに基づいて、第1肘角度変化量を算出する(ステップS170)。

20

【0086】

ステップS130の処理又はステップS170の処理の後、逆運動学処理部44は、逆運動学処理を行う(ステップS140)。ここで、ステップS140の処理について説明する。

30

【0087】

ステップS130において第1TCP位置姿勢変化量が算出された後のステップS140では、逆運動学処理部44は、現在の第1マニピュレーターM1の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角に基づいて、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢(所望の位置及び姿勢の一例)を順運動学処理部45に算出させる。そして、逆運動学処理部44は、順運動学処理部45が算出した現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢と、ステップS130において算出した第1TCP位置姿勢変化量と、逆運動学とに基づいて、第1アームのTCPの位置及び姿勢を、第1TCP位置姿勢変化量だけ変化させた場合における第1アームの姿勢を表す回転角であって第1マニピュレーターM1の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角を算出する。

40

【0088】

ステップS170において第1肘角度変化量が算出された後のステップS140では、逆運動学処理部44は、現在の第1マニピュレーターM1の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角に基づいて、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢を順運動学処理部45に算出させる。そして、逆運動学処理部44は、順運動学処理部45が算出した現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢と、ステップS170において算出した第1肘角度変化量と、逆運動学とに基づいて、第1アームのTCPの位置及び姿勢をこの一例における所望の位置及び姿勢である現在の位置及び姿勢から変化させずに、肘EL1の角度を第1肘角度変化量だけ変化させた場合における第1アームの姿勢を表す回転角で

50

あって第1マニピュレーターM1の7つの関節それぞれが備えるアクチュエーターの回転角を算出する。

【0089】

ステップS140の処理の後、ロボット制御装置30は、現在の第1アームが備える7つの関節それぞれのアクチュエーターの回転角を、ステップS140において算出された7つのアクチュエーターの回転角に一致させることにより、第1アームの姿勢を変化させる(ステップS150)。

【0090】

ここで、ステップS150の処理について説明する。ステップS130において第1TCP位置姿勢変化量が算出された後のステップS150では、ロボット制御部46は、現在の第1アームが備える7つの関節それぞれのアクチュエーターの回転角を、ステップS140において算出された7つのアクチュエーターの回転角に一致させることにより、第1アームの姿勢を変化させるとともに、第1アームのTCPの位置及び姿勢を変化させる。すなわち、ロボット制御部46は、ユーザーが第1エンドエフェクターE1に対して力を加えた、又は第1エンドエフェクターE1を関節J7の軸周りに捻った結果として取得された第1力検出情報(ステップS110において取得された第1力検出情報)に基づいて、第1アームのTCPの位置及び姿勢を変化させる。この際、ロボット制御部46は、順運動学処理部45が、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢と、順運動学とに基づいて、逆運動学処理部44が算出した第1TCP位置姿勢変化量に基づくロボット制御部46による第1アームのTCPの位置及び姿勢の変化が完了したと判定するまで第1アームの姿勢、及び第1アームのTCPの位置及び姿勢を変化させ続ける。

【0091】

また、ステップS170において第1肘角度変化量が算出された後のステップS150では、ロボット制御部46は、現在の第1アームが備える7つの関節それぞれのアクチュエーターの回転角を、ステップS140において算出された7つのアクチュエーターの回転角に一致させることにより、第1アームのTCPの位置及び姿勢を現在の位置及び姿勢から変化させずに肘EL1の角度を変化させ、第1アームの姿勢を変化させる。すなわち、ロボット制御部46は、ユーザーが第1エンドエフェクターE1を関節J7の軸周りに捻った結果として取得された第1力検出情報(ステップS110において取得された第1力検出情報)に基づいて、第1アームのTCPの位置及び姿勢を現在の位置及び姿勢から変化させずに第1アームの姿勢を変化させる。この際、ロボット制御部46は、順運動学処理部45が、現在の第1アームのTCPの位置及び姿勢と、現在の第1アームの姿勢と、順運動学とに基づいて、逆運動学処理部44が算出した第1肘角度変化量に基づくロボット制御部46による第1アームの姿勢の変化が完了したと判定するまで第1アームの姿勢を変化させ続ける。

【0092】

図6は、ステップS170において第1肘角度変化量が算出された後のステップS150において、肘EL1の角度を変化させる前の様子の一例を示す図である。また、図7は、図6に示した状態から、ロボット制御部46が第1アームのTCPの位置及び姿勢を変化させずに肘EL1の角度を変化させた後の様子の一例を示す図である。

【0093】

図6と図7を比較することにより、ロボット制御部46は、第1エンドエフェクターE1の位置及び姿勢、すなわち第1アームのTCPの位置及び姿勢を現在の位置及び姿勢から変化させずに肘EL1の角度を変化させていることが分かる。このように、第1アームのTCPの位置及び姿勢を現在の位置及び姿勢から変化させずに肘EL1の角度を変化させることにより、ユーザーは、ダイレクトティーチングによって所望の動作をロボット制御装置30に教示することができる。例えば、ある経由点に第1アームのTCPの位置を一致させた際に、第1アームの肘EL1の角度を変化させなければ、第1アームが他の物体と干渉してしまうような場合、ユーザーは、第1スイッチS1を押下したまま第1エンドエフェクターE1を関節J7の軸周りに捻ることにより、第1アームのTCPの位置及

び姿勢を現在の位置及び姿勢から変化させずに肘 E L 1 の角度を、第 1 アームが他の物体に干渉しない角度へと変化させることができる。

【 0 0 9 4 】

ステップ S 1 5 0 の処理の後、教示制御部 4 7 は、表示制御部 4 0 が表示部 3 5 に表示させた教示画面を介してユーザーから受け付けた操作に基づいて、現在の第 1 アームの T C P の位置及び姿勢と、現在の第 1 アームの姿勢とを対応付けて記憶部 3 2 に記憶させる（ステップ S 1 5 5 ）。次に、教示制御部 4 7 は、ダイレクトティーチングによる教示が終了したか否かを判定する（ステップ S 1 6 0 ）。教示制御部 4 7 は、例えば、表示制御部 4 0 が表示部 3 5 に表示させた教示画面を介してユーザーからダイレクトティーチングによる教示を終了させるための操作を受け付けた場合、ダイレクトティーチングによる教示が終了したと判定する。

10

【 0 0 9 5 】

ダイレクトティーチングによる教示が終了していないと教示制御部 4 7 が判定した場合（ステップ S 1 6 0 - N o ）、モード切替制御部 4 2 は、ステップ S 1 0 0 に遷移し、再び制御部 3 6 の制御モードを設定する。一方、ダイレクトティーチングによる教示が終了したと教示制御部 4 7 が判定した場合（ステップ S 1 6 0 - Y e s ）、制御部 3 6 は、処理を終了する。

【 0 0 9 6 】

なお、上記において説明したロボット制御装置 3 0 は、第 1 エンドエフェクター E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 の間に設けられた第 1 力検出部 1 1 から取得した第 1 力検出情報に基づいて第 1 アームの姿勢、又は第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を変更する構成に代えて、第 1 マニピュレーター M 1 が備える 7 つのアクチュエーターの一部又は全部のそれぞれに加わる力やモーメントを検出するセンサーやトルクセンサー、力センサーとトルクセンサーの組み合わせ等から出力される出力値（力やモーメント（トルク））に基づいて第 1 アームの姿勢、又は第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を変更する構成であってもよい。この場合、ユーザーは、第 1 マニピュレーター M 1 が備える 7 つのアクチュエーター（すなわち、7 つの関節）の一部又は全部のそれぞれに力やモーメントを加えることによって、第 1 アームの姿勢、又は第 1 アームの T C P の位置及び姿勢を変更し、ダイレクトティーチングを行うことができる。

20

【 0 0 9 7 】

< 実施形態の変形例 1 >

以下、本発明の実施形態の変形例 1 について、図面を参照して説明する。なお、以下では、第 1 アームを例に挙げて説明するが、実施形態の変形例 1 において説明する内容は、第 2 アームについても同様に適用可能である。

30

【 0 0 9 8 】

上記で説明した実施形態では、図 8 に示したように、第 1 力検出部 1 1 が第 1 エンドエフェクター E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 との間に設けられていた。図 8 は、ロボット 2 0 の第 1 エンドエフェクター E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 との間に設けられた第 1 力検出部 1 1 の一例を示す図である。図 8 において、第 1 力検出部 1 1 は、図を簡略化するため、点線の四角によって表している。この場合、ロボット制御装置 3 0 は、第 1 エンドエフェクター E 1 に対して加えられたモーメントに基づいて肘 E L 1 の角度を変化させ、第 1 アームの姿勢を変化させることができた。これにより、ユーザーは、肘 E L 1 の角度を変化させようとするたびに、ユーザーが第 1 エンドエフェクター E 1 を把持している位置から移動しなくてもよい。その結果、ロボット制御装置 3 0 は、ユーザーのダイレクトティーチングにおける作業効率を向上させることができる。

40

【 0 0 9 9 】

しかし、上記の実施形態において説明したロボット 2 0 は、図 9 及び図 1 0 に示すように、第 1 エンドエフェクター E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 との間と異なる他の部位に力検出部を備える構成であってもよい。図 9 は、肘 E L 1 に備えられた力検出部 1 0 1 の一例を示す図である。図 9 において、力検出部 1 0 1 は、図を簡略化するため、点線の四

50

角によって表している。

【0100】

力検出部101は、この一例において、トルクセンサーである。力検出部101は、肘EL1に設けられる。力検出部101は、肘EL1が備えるアクチュエーターに加わるモーメント（トルク）を検出する。力検出部101は、検出したモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信によりロボット制御装置30へ出力する。なお、力検出部101は、トルクセンサーに代えて、力センサー等の肘EL1に加わる力やモーメントを検出する他のセンサーであってもよい。

【0101】

第1アームが肘EL1に力検出部101を備える場合、ロボット制御装置30は、力検出部101から肘EL1に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。そして、ロボット制御装置30は、取得した力検出情報に基づいて、肘EL1の角度を変化させることにより第1アームの姿勢を変化させる。すなわち、ユーザーは、肘EL1の角度を変えようとする場合、肘EL1に対して肘EL1の角度を変化させたい方向に力を加えること（例えば、押すこと）により、肘EL1のアクチュエーターにモーメントを生じさせ、肘EL1の角度を変化させることができる。その結果、ロボット制御装置30は、第1エンドエフェクターE1に対して加えた力やモーメントによって、意図せずして第1アームのTCPの位置を固定したまま第1アームの姿勢を変化させてしまうユーザーの誤操作を抑制することができる。なお、この一例において、力検出部101は、肘EL1に備えられていたが、これに代えて、肘EL1と異なる他の関節に備えられる構成であってもよい。

【0102】

図10は、第1アームが備える7つの関節それぞれに備えられた力検出部を例示する図である。図10において、第1アームは、力検出部101～力検出部107の7つの力検出部を備えている。なお、図10において、力検出部101～力検出部107のそれぞれは、図を簡略化するため、点線の四角によって表している。

【0103】

力検出部101については、図9において既に説明しているため、説明を省略する。力検出部102～力検出部107のそれぞれは、この一例において、トルクセンサーである。

力検出部102は、第1マニピュレーターM1が備える7つの関節のうちの支持台側から1つ目の関節である関節J1に設けられる。力検出部102は、関節J1が備えるアクチュエーターに加わるモーメント（トルク）を検出する。力検出部102は、検出したモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信によりロボット制御装置30へ出力する。

【0104】

力検出部103は、第1マニピュレーターM1が備える7つの関節のうちの支持台側から2つ目の関節である関節J2に設けられる。力検出部103は、関節J2が備えるアクチュエーターに加わるモーメント（トルク）を検出する。力検出部103は、検出したモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信によりロボット制御装置30へ出力する。

【0105】

力検出部104は、第1マニピュレーターM1が備える7つの関節のうちの支持台側から3つ目の関節である関節J3に設けられる。力検出部104は、関節J3が備えるアクチュエーターに加わるモーメント（トルク）を検出する。力検出部104は、検出したモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信によりロボット制御装置30へ出力する。

【0106】

力検出部105は、第1マニピュレーターM1が備える7つの関節のうちの支持台側から5つ目の関節である関節J5に設けられる。力検出部105は、関節J5が備えるアク

チュエーターに加わるモーメント（トルク）を検出する。力検出部１０５は、検出したモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信によりロボット制御装置３０へ出力する。

【０１０７】

力検出部１０６は、第１マニピュレータ－Ｍ１が備える７つの関節のうちの支持台側から６つ目の関節である関節Ｊ６に設けられる。力検出部１０６は、関節Ｊ６が備えるアクチュエーターに加わるモーメント（トルク）を検出する。力検出部１０６は、検出したモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信によりロボット制御装置３０へ出力する。

【０１０８】

力検出部１０７は、第１マニピュレータ－Ｍ１が備える７つの関節のうちの支持台側から７つ目の関節である関節Ｊ７に設けられる。力検出部１０７は、関節Ｊ７が備えるアクチュエーターに加わるモーメント（トルク）を検出する。力検出部１０７は、検出したモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信によりロボット制御装置３０へ出力する。

なお、力検出部１０１～力検出部１０７の一部又は全部は、トルクセンサーに代えて、力センサー等の肘ＥＬ１に加わる力やモーメントを検出する他のセンサーであってもよい。

【０１０９】

このように、第１アームが力検出部１０１～力検出部１０７を備える場合、ロボット制御装置３０は、力検出部１０２から関節Ｊ１に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０３から関節Ｊ２に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０４から関節Ｊ３に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。

【０１１０】

また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０１から関節Ｊ４、すなわち肘ＥＬ１に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０５から関節Ｊ５に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０６から関節Ｊ６に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０７から関節Ｊ７に加えられたモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を取得する。

【０１１１】

そして、ロボット制御装置３０は、力検出部１０１～力検出部１０７のそれぞれから取得した力検出情報に基づいて、第１アームの各関節の角度を変化させる。より具体的には、ロボット制御装置３０は、力検出部１０２から取得した力検出情報に基づいて、関節Ｊ１の角度を変化させる。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０３から取得した力検出情報に基づいて、関節Ｊ２の角度を変化させる。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０４から取得した力検出情報に基づいて、関節Ｊ３の角度を変化させる。

【０１１２】

また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０１から取得した力検出情報に基づいて、関節Ｊ４の角度を変化させる。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０５から取得した力検出情報に基づいて、関節Ｊ５の角度を変化させる。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０６から取得した力検出情報に基づいて、関節Ｊ６の角度を変化させる。また、ロボット制御装置３０は、力検出部１０７から取得した力検出情報に基づいて、関節Ｊ７の角度を変化させる。

【０１１３】

つまり、ユーザーは、第１アームにおける角度を変えたい関節に対して、角度を変化させたい方向に力を加えること（例えば、押すこと）により、当該関節のアクチュエーター

10

20

30

40

50

にモーメントを生じさせることで、当該関節の角度を変化させることができる。これにより、ロボット制御装置30は、第1アームが備える関節のうちのユーザーが所望する関節の角度を容易に変化させることができ、ダイレクトティーチングにおいて教示可能な第1アームの姿勢の自由度を高くすることができる。

【0114】

なお、力検出部101～力検出部107のそれぞれは、ユーザーにより押圧された部位の圧力の大きさを検出するセンサーであってもよい。この場合、力検出部101～力検出部107の一部又は全部は、例えば、第1アームの各関節に備えられる構成に代えて、第1アームの関節と関節の間（例えば、関節J4と関節J5を繋ぐリンク）を繋ぐリンクの一部の表面に設けられる。そして、ロボット制御装置30は、当該表面に対してユーザーから加えられた圧力に応じて、当該圧力を検出するセンサーと対応付けられた関節の角度を変化させる。

10

【0115】

また、ロボット20は、図8に示したように第1エンドエフェクターE1と第1マニピュレーターM1との間に第1力検出部11を備えるとともに、図10に示したように第1アームの各関節に力検出部101～力検出部107のそれぞれを備える構成であってもよい。図11は、図8に示したように第1エンドエフェクターE1と第1マニピュレーターM1との間に第1力検出部11を備えるとともに、図10に示したように第1アームの各関節に力検出部101～力検出部107のそれぞれを備える第1アームの一例を示す図である。

20

【0116】

この場合、ユーザーは、ダイレクトティーチングにおける作業の状況に応じて、第1エンドエフェクターE1に対してモーメントを加えることで第1アームの姿勢を変化させるか、第1アームの関節のいずれかに力を加えることで第1アームの姿勢を変化させるかを選択することができる。これにより、ロボット制御装置30は、ユーザーの作業効率を向上させることができる。

【0117】

<実施形態の変形例2>

以下、本発明の実施形態の変形例2について、図面を参照して説明する。なお、以下では、第1アームを例に挙げて説明するが、実施形態の変形例2において説明する内容は、第2アームについても同様に適用可能である。

30

【0118】

上記で説明した実施形態では、第1スイッチS1が第1エンドエフェクターE1の側面に設けられていた。しかし、上記の実施形態において説明したロボット20は、図12～図14に示すように、第1エンドエフェクターE1の側面と異なる他の位置に設けられる構成であってもよい。

【0119】

図12は、第1スイッチS1が肘EL1の側面に設けられたロボット20の一例を示す図である。肘EL1の側面は、例えば、肘EL1が回転する軸に対する円周側の側面である。なお、図12では、第2アームの姿勢によって第2スイッチS2が見えなくなっている。また、図13は、第1スイッチS1が関節J2の側面に設けられたロボット20の一例を示す図である。関節J2の側面は、例えば、関節J2が回転する軸と直交する面であって関節J1と関節J2とを結ぶリンク上の面である。なお、図13では、第2アームの姿勢によって第2スイッチS2が見えなくなっている。また、図14は、第1スイッチS1が支持台（本体）の側面に設けられたロボット20の一例を示す図である。支持台の側面は、例えば、支持台の表面のうち、第1アームが設けられている側の面である。なお、図14では、第2スイッチS2が支持台の第2アームが設けられている面に設けられているため、見えない。

40

【0120】

このように、第1スイッチS1は、第1エンドエフェクターE1の側面と異なる他の位

50

置に設けることができる。これにより、ユーザーは、ロボット 20 の所望の位置に第 1 スイッチ S 1 を設けることができる。その結果、ロボット制御装置 30 は、ユーザーによるダイレクトティーチングの作業効率を向上させることができる。

【0121】

<実施形態の変形例 3>

以下、本発明の実施形態の変形例 3 について説明する。上記で説明した実施形態に係るロボット制御装置 30 は、ロボット 20 の動作をロボット制御装置 30 に教示する教示装置（例えば、ティーチングペンダント）を備える構成であってもよい。この場合、教示装置には、ロボット制御装置 30 における第 1 アームと第 2 アームのうちいずれか一方又は両方の制御モードを第 1 モードと第 2 モードのいずれかに切り替えるスイッチ（ハードウェアのボタン又はソフトウェアのボタンの両方を含む）が備えられてもよい。これにより、例えば、ユーザーは、第 1 スイッチ S 1 よりも教示装置の近くに居る場合であり、第 1 スイッチ S 1 の近くまで移動することなく教示装置によって第 1 アームの制御モードを第 1 モードと第 2 モードのうちのいずれかに切り替えることができる。その結果、ロボット制御装置 30 は、ユーザーによるダイレクトティーチングの作業効率を向上させることができる。

【0122】

以上説明したように、本実施形態におけるロボット制御装置 30 は、エンドエフェクター（この一例において、第 1 エンドエフェクター E 1）を所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部（この一例において、第 1 力検出部 11）からの出力値（この一例において、第 1 力検出情報に含まれる力やモーメントの大きさ）に基づいてアーム（この一例において、第 1 アーム）の姿勢（この一例において、第 1 マニピュレーター M 1 が備える各アクチュエーターの回転角によって表される）を変更して教示を行うことができる。これにより、ロボット制御装置 30 は、ダイレクトティーチングによって所望の動作を教示することができる。

【0123】

また、ロボット制御装置 30 は、力検出部からの出力値に基づいてアームの肘（この一例において、関節 J 4）を動かし、アームの姿勢を変更する。これにより、ロボット制御装置 30 は、アームの肘を動かすことを伴う所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【0124】

また、ロボット制御装置 30 は、エンドエフェクターへの捻りにより発生するトルクに基づいてアームの姿勢を変更する。これにより、ロボット制御装置 30 は、エンドエフェクターへの捻りにより発生するトルクに基づいて所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【0125】

また、ロボット制御装置 30 は、力検出部からの出力値に基づいてトルクを検出する。これにより、ロボット制御装置 30 は、力検出部からの出力値に基づいて検出されたトルクに基づいて所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【0126】

また、ロボット制御装置 30 は、エンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更する第 1 モードと、力検出部からの出力値に基づいて当該エンドエフェクターの位置及び姿勢を変更する第 2 モードとを切り替えることが可能である。これにより、ロボット制御装置 30 は、第 1 モードと第 2 モードを切り替えることにより、所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【0127】

また、ロボット制御装置 30 では、ロボット 20 とロボット制御装置 30 のうちいずれか一方又は両方が、第 1 モードと第 2 モードとを切り替えるスイッチ（この一例において、第 1 スイッチ S 1）を備える。これにより、ロボット制御装置 30 は、第 1 モードと第

２モードとを切り替えるスイッチにより第１モードと第２モードを切り替えることにより、所望の動作をダイレクトティーチングによって教示することができる。

【０１２８】

また、ロボット制御装置３０では、７軸の自由度で動作するロボット２０のエンドエフェクターを所望の位置及び姿勢にした状態で、力検出部からの出力値に基づいてアームの姿勢を変更して教示を行うことができる。これにより、ロボット制御装置３０は、７軸の自由度で動作するロボット２０に対して、ダイレクトティーチングによって所望の動作を教示することができる。

【０１２９】

以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない限り、変更、置換、削除等されてもよい。

10

【０１３０】

また、以上に説明した装置（例えば、ロボット２０のロボット制御装置３０）における任意の構成部の機能を実現するためのプログラムを、コンピューター読み取り可能な記録媒体に記録し、そのプログラムをコンピューターシステムに読み込ませて実行するようにしてもよい。なお、ここでいう「コンピューターシステム」とは、ＯＳ（Operating System）や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピューター読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ＲＯＭ、ＣＤ（Compact Disk）－ＲＯＭ等の可搬媒体、コンピューターシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピューター読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバーやクライアントとなるコンピューターシステム内部の揮発性メモリー（ＲＡＭ）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

20

【０１３１】

また、上記のプログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピューターシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピューターシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。

30

また、上記のプログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、上記のプログラムは、前述した機能をコンピューターシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

【符号の説明】

【０１３２】

２０…ロボット、１１…第１力検出部、１２…第２力検出部、２１…第１撮像部、２２…第２撮像部、２３…第３撮像部、２４…第４撮像部、３０…ロボット制御装置、３１…ＣＰＵ、３２…記憶部、３３…入力受付部、３４…通信部、３５…表示部、３６…制御部、４０…表示制御部、４１…力検出情報取得部、４２…モード切替制御部、４３…変化量算出部、４４…逆運動学処理部、４５…順運動学処理部、４６…ロボット制御部、４７…教示制御部、３２１…手先運動モデル情報、３２２…肘運動モデル情報

40

【図 1】

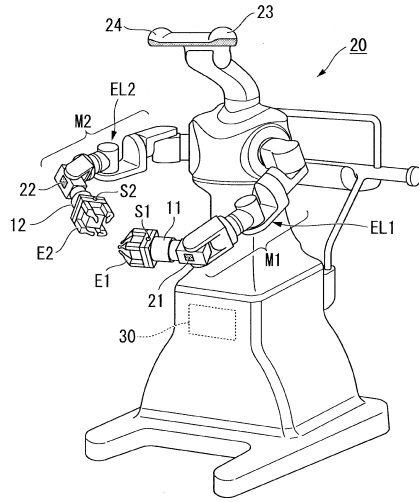


図 1

【図 2】

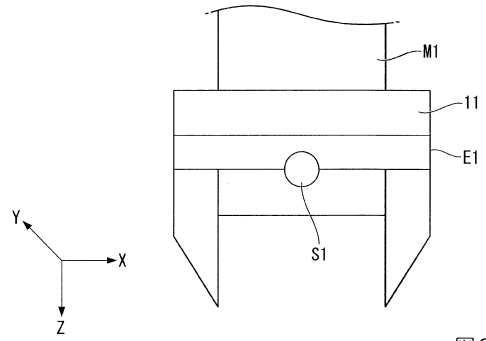


図 2

【図 3】

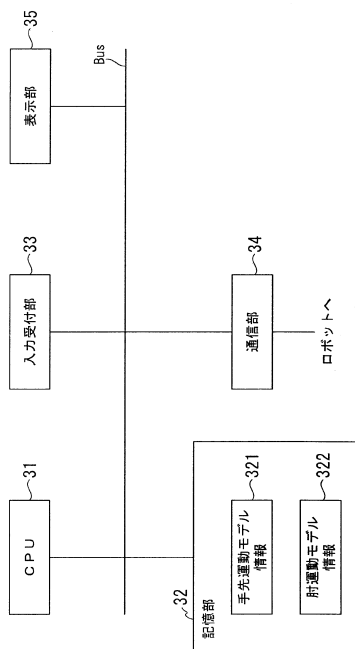


図 3

【図 4】

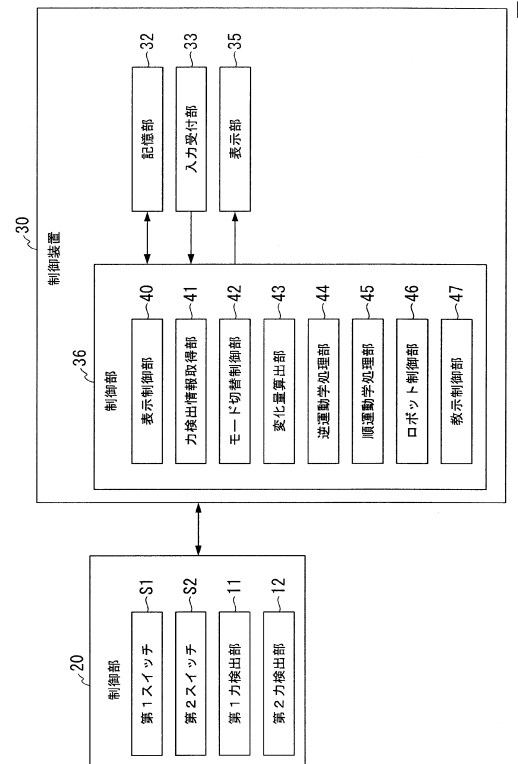


図 4

【図 5】

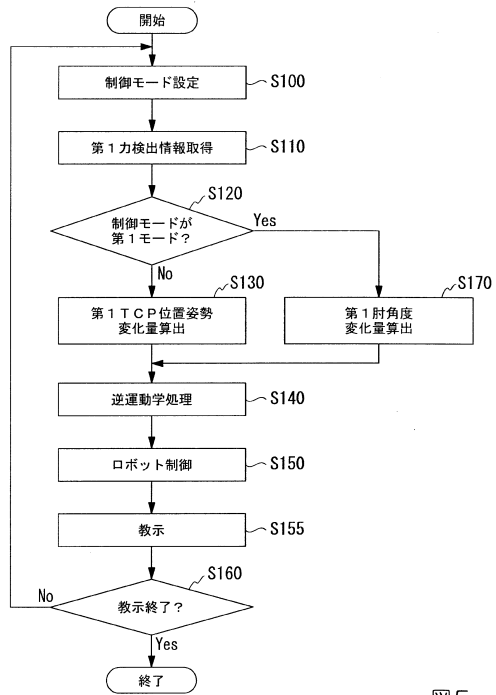


図5

【図 6】

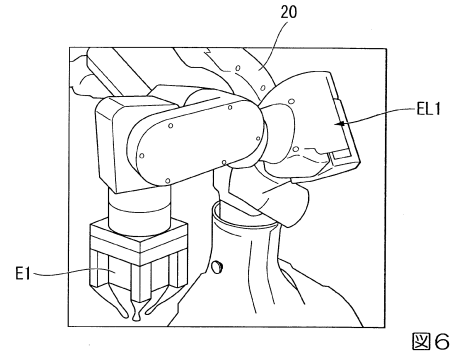


図6

【図 7】

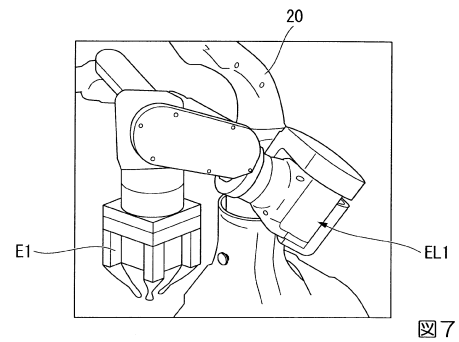


図7

【図 8】

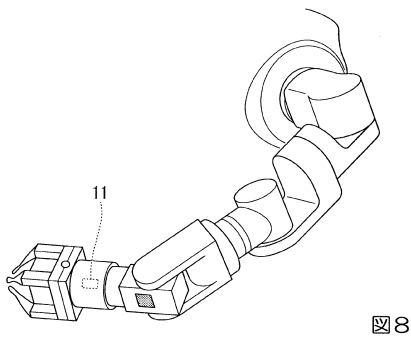


図8

【図 10】

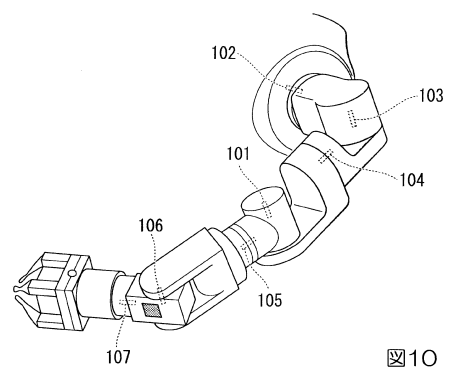


図10

【図 9】

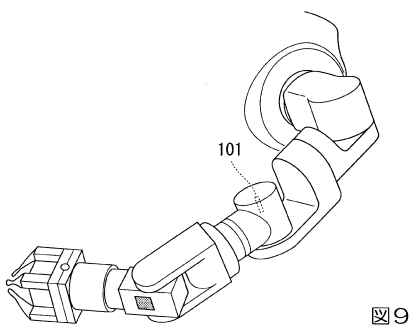


図9

【図 11】

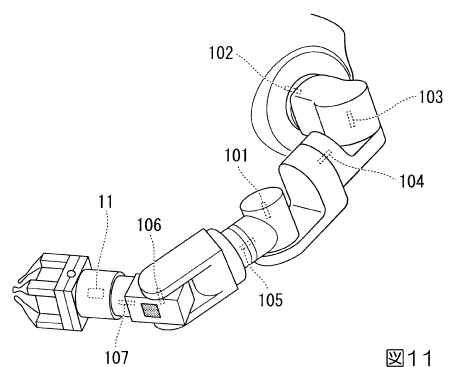


図11

【図 12】

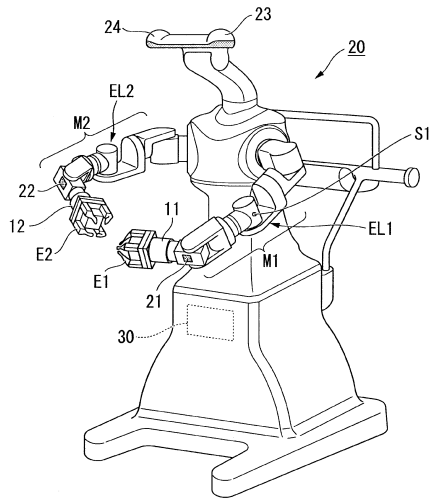


図12

【図 13】

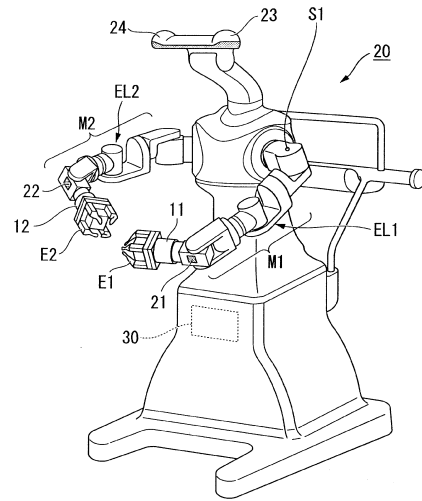


図13

【図 14】

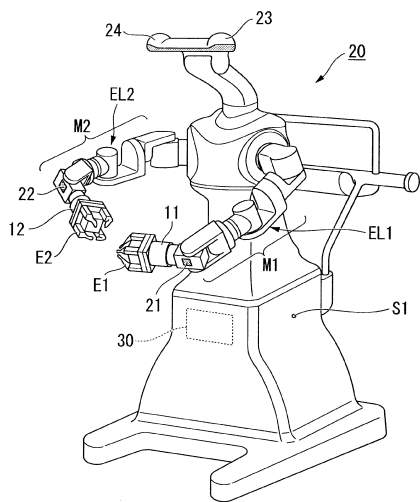


図14

フロントページの続き

(72)発明者 南本 高志

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 武市 匡紘

(56)参考文献 特開2010-120124(JP,A)

特開2010-247309(JP,A)

特開平05-050386(JP,A)

特開平05-285870(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02

G05B 19/18 - 19/46