(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年6月1日(01.06.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/095926 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 19/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/044046

(22) 国際出願日： 2022年11月29日(29.11.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-193660 2021年11月29日(29.11.2021) JP

(71) 出願人: 京セラ株式会社 (**KYOCERA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 Kyoto (JP).

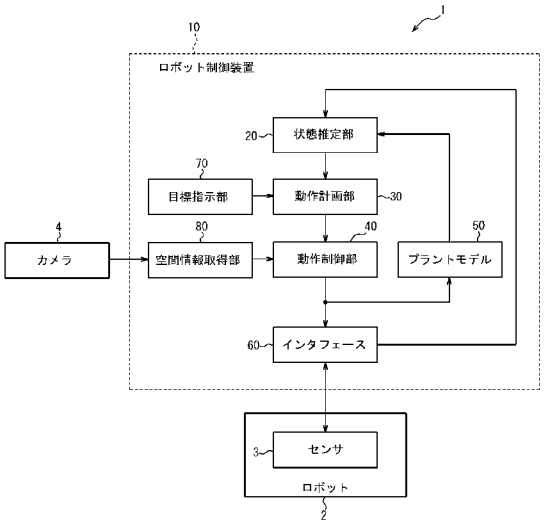
(72) 発明者: 文野 祥(**BUNNO Sho**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 森 雅人(**MORI Masato**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 宮本 卓哉(**MIYAMOTO Takuya**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 石田 敬之(**ISHIDA Takayuki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 宮村 博昭(**MIYAMURA Hiroaki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司 (**SUGIMURA Kenji**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目２番１号 霞が関コモンゲート西館３６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) **Title:** ROBOT CONTROL DEVICE, ROBOT CONTROL SYSTEM, AND ROBOT CONTROL METHOD

(54) 発明の名称： ロボット制御装置、ロボット制御システム、及びロボット制御方法



2 Robot
3 Sensor
4 Camera
10 Robot control device
20 State inference unit
30 Motion planning unit
40 Motion control unit
50 Plant model
60 Interface
70 Target indication unit
80 Space information acquisition unit

(57) **Abstract:** This robot control device comprises a control unit for controlling a robot. The control unit has a motion control unit that moves the robot along a first motion path, and a state inference unit that infers a state of the robot. The motion control unit is capable of acquiring an avoidance motion path with which the robot is moved so as to lessen collision energy when the state inference unit detects a collision on at least a part of the robot. The motion control unit causes the robot to execute an avoidance motion along the avoidance motion path when the avoidance motion path is acquired.

WO 2023/095926 A1

［続葉有］

LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：ロボット制御装置は、ロボットを制御する制御部を備える。制御部は、第１動作経路に沿ってロボットを動作させる動作制御部と、ロボットの状態を推定する状態推定部とを有する。動作制御部は、状態推定部がロボットの少なくとも一部に対する衝突を検知した場合、衝突のエネルギーを緩和するようにロボットを動作させる回避動作経路を取得可能である。動作制御部は、回避動作経路を取得した場合には回避動作経路に沿ってロボットに回避動作を実行させる。

明　細　書

発明の名称 ：

ロボット制御装置、ロボット制御システム、及びロボット制御方法

関連出願へのクロスリファレンス

[0001] 本出願は、日本国特許出願２０２１－１９３６６０号（２０２１年１１月２９日出願）の優先権を主張するものであり、当該出願の開示全体を、ここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本開示は、ロボット制御装置、ロボット制御システム、及びロボット制御方法に関する。

背景技術

[0003] ロボットにかかる外力が所定の閾値以上になった場合にロボットの動作軌跡を反転させる反転退避モードを実行し、反転退避モードを実行しても外力が低減しない場合に外力低減退避モードを実行するシステムが知られている（例えば、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２０１９－８１２３４号公報

発明の概要

[0005] 本開示の一実施形態に係るロボット制御装置は、ロボットを制御する制御部を備える。前記制御部は、第１動作経路に沿ってロボットを動作させる動作制御部と、前記ロボットの状態を推定する状態推定部とを有する。前記動作制御部は、前記状態推定部が前記ロボットの少なくとも一部に対する衝突を検知した場合、前記衝突のエネルギーを緩和するように前記ロボットを動作させる回避動作経路を取得可能である。前記動作制御部は、前記回避動作経路を取得した場合には前記回避動作経路に沿って前記ロボットに回避動作を実行させる。

[0006] 本開示の一実施形態に係るロボット制御システムは、前記ロボット制御装置と、前記ロボットとを備える。

[0007] 本開示の一実施形態に係るロボット制御方法は、ロボットを第１動作経路に沿って動作させることを含む。前記ロボット制御方法は、前記ロボットの少なくとも一部に対する衝突を検知した場合、前記衝突のエネルギーを緩和するように前記ロボットを動作させる回避動作経路を取得することを含む。前記ロボット制御方法は、前記回避動作経路を取得した場合、前記回避動作経路に沿って前記ロボットに回避動作を実行させることを含む。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]一実施形態に係るロボット制御システムの構成例を示すブロック図である。

[図2]一実施形態に係るロボット制御システムの構成例を示す模式図である。

[図3]一実施形態に係るロボット制御方法の手順例を示すフローチャートである。

[図4]ロボットの回避動作を決定する手順例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] ロボットが人間等に接触した場合に、ロボットの動作軌跡を単に反転させることによって、ロボットが人間等に更に強く接触したり他の人間等に接触したりする可能性がある。ロボットの回避行動の信頼性の向上が求められる。

[0010] 産業用ロボットの安全性を確保するために、人間がロボットの作業範囲に入れないようにゲージで囲う対策、又は、レーザーカーテン等のセンサによって人間の進入を検知してロボットの動作を停止させたる対策等の種々の対策が必要とされてきた。これに対して、ロボットが人間と近接した位置で人間との協調作業を実行できるように、ロボットは、パワー及び動作速度を下げた状態で協調ロボットとして動作することがある。協調作業は、人とロボットとが連携して実施する作業、ロボット同士が連携して実施する作業、又は、ロボットと他の機械とが連携して実施する作業を含む。協調作業は、人

とロボットとが連携して実施する協働作業を含む。

[0011] ロボットの接触又は衝突によって人間に加わる力が許容接触力より小さい力に制限されるように、ロボットから人間に加わる力をロボットのモータ電流等の情報に基づいて検出してロボットの動作を停止させる方法が考えられる。この場合、ロボットから人間に加わる力が許容接触力以上にならないようにするために、協調ロボットのパワー及び動作速度を極端に下げる必要がある。パワー及び動作速度の低下によって、協調ロボットが本来の機能及び性能を発揮することが難しくなる。

[0012] 図１に示されるように、一実施形態に係るロボット制御システム１は、ロボット２と、ロボット制御装置１０とを備える。ロボット制御装置１０は、ロボット２の動作を制御する。

[0013] 本実施形態に係るロボット制御システム１において、図２に模式図として示されるように、ロボット２の移動経路６上に人間５が位置することがある。ロボット２が移動経路６に沿って人間５に向かって移動することによって、ロボット２の少なくとも一部は、移動経路６上に位置する人間５に対して接触又は衝突する可能性がある。本実施形態において、ロボット２は、アーム２Ａとエンドエフェクタ２Ｃを有する。アーム２Ａは、少なくとも１つの関節２Ｂと、関節２Ｂをつなぐ少なくとも２つのリンク２Ｄとを含む。この場合、アーム２Ａ、関節２Ｂ、リンク２Ｄ、及びエンドエフェクタ２Ｃの少なくとも１つが人間５に対して接触又は衝突する可能性がある。

[0014] ロボット制御装置１０は、ロボット２が人間５に接触又は衝突したときに人間５に対して及ぼす影響を低減するために例えば以下のように動作し得る。ロボット制御装置１０は、ロボット２に加わった外力又は外乱トルクの大きさ及び方向を推定する。ロボット２が人間５に接触又は衝突したときにロボット２に対して加わる外力又は外乱トルクは、ロボット２から人間５に加わる力の反力を含む。ロボット制御装置１０は、外力又は外乱トルクの推定結果に基づいて、外力又は外乱トルクを低減させるように動的にロボット２の動作経路を変更したり動作を停止したりする。このようにすることで、ロ

ボット２が人間５に接触又は衝突したときに人間５に加わる力が低減され得る。

[0015] ロボット制御装置１０は、ロボット２が作業を実行する際にロボット２が動作する経路を取得する。ロボット２が作業を実行する際の動作は、正常動作とも称される。ロボット２が作業を実行する際にロボット２が動作する経路は、第１動作経路とも称される。ロボット制御装置１０は、第１動作経路に沿ってロボット２を動作させる。ロボット制御装置１０は、ロボット制御装置１０自身で第１動作経路を生成することによって第１動作経路を取得してよい。ロボット制御装置１０は、第１動作経路を他の装置から取得してもよい。

[0016] ロボット２が動作中に人間５に接触又は衝突した場合、ロボット２を駆動するモータに流れる電流が増加し得る。ロボット制御装置１０は、ロボット２を第１動作経路に沿って動作させるときに想定されるモータ電流と実際のモータ電流との差異に基づいて、ロボット２に加わる外力又は外乱トルクを推定できる。モータ電流は、電流センサ等によって検出されてよい。

[0017] また、ロボット２が動作中に人間５に接触又は衝突した場合、ロボット２のリンク２Ｄ又は関節２Ｂ等を含むアーム２Ａの移動速度が変化し得る。ロボット制御装置１０は、ロボット２を第１動作経路に沿って動作させるときに想定させる各リンク２Ｄ又は各関節２Ｂの速度と実際の各リンク２Ｄ又は各関節２Ｂの速度との差異に基づいて、ロボット２に加わる外力又は外乱トルクを推定できる。各リンク２Ｄ又は各関節２Ｂの速度は、加速度センサ等によって検出されてよい。

[0018] ロボット制御装置１０は、ロボット２に加わる外力又は外乱トルクの推定結果に基づいて、ロボット２が人間５に対して加える力の大きさ及び方向を推定できる。ロボット２が人間５に対して加える力の大きさ及び方向は、衝突ベクトルとして表される。つまり、ロボット制御装置１０は、ロボット２に加わる外力又は外乱トルクの推定結果に基づいて、人間５に対する衝突ベクトルを推定できる。

[0019] ロボット制御装置１０は、衝突ベクトルの推定結果に基づいて、衝突を緩和するための動作経路を取得してよい。衝突は、ロボット２が人間５に加える力を低減するようにロボット２を減速させたり停止させたりすることによって緩和され得る。ロボット制御装置１０は、衝突ベクトルの推定結果に基づいて、接触又は衝突を回避したりするための動作経路を取得してよい。接触又は衝突は、ロボット２を人間５から離れる方向に動かすことによって回避され得る。衝突を緩和したり接触又は衝突を回避したりするための動作は、回避動作とも称される。衝突を緩和したり接触又は衝突を回避したりするための動作経路は、回避動作経路とも称される。ロボット制御装置１０は、ロボット制御装置１０自身で回避動作経路を生成することによって取得してよい。ロボット制御装置１０は、回避動作経路を他の装置から取得してもよい。このように、ロボット２が衝突した際に衝突を緩和する回避動作経路を計算又は取得して、それに基づきロボット２を回避動作させることによって、回避動作経路を計算又は取得せず、単にロボット２が衝突するまでに動作してきた経路と逆方向へロボット２を制御する場合と比較して、回避動作の信頼性を向上させることができる。

[0020] 以下、図１及び図２を参照して、ロボット制御システム１の各構成部が説明される。

[0021] ＜ロボット２＞

ロボット２は、アーム２Ａと、エンドエフェクタ２Ｃとを備える。アーム２Ａは、関節２Ｂと、関節２Ｂをつなぐリンク２Ｄとを備える。アーム２Ａは、例えば、６軸又は７軸の垂直多関節ロボットとして構成されてよい。アーム２Ａは、３軸又は４軸の水平多関節ロボット又はスカラロボットとして構成されてもよい。アーム２Ａは、２軸又は３軸の直交ロボットとして構成されてもよい。アーム２Ａは、パラレルリンクロボット等として構成されてもよい。アーム２Ａを構成する軸の数は、例示したものに限られない。

[0022] エンドエフェクタ２Ｃは、例えば、作業対象物を把持できるように構成される把持ハンドを含んでよい。把持ハンドは、複数の指を有してよい。把持

ハンドの指の数は、２つ以上であってよい。把持ハンドの指は、１つ以上の関節を有してよい。エンドエフェクタ２Ｃは、作業対象物を吸着できるように構成される吸着ハンドを含んでもよい。エンドエフェクタ２Ｃは、作業対象物を掬うことができるように構成される掬いハンドを含んでもよい。エンドエフェクタ２Ｃは、ドリル等の工具を含み、作業対象物に穴を開ける作業等の種々の加工を実施できるように構成されてもよい。エンドエフェクタ２Ｃは、これらの例に限られず、他の種々の動作ができるように構成されてよい。

[0023] ロボット制御装置１０は、ロボット２の関節２Ｂの角度を制御することによって、エンドエフェクタ２Ｃの位置を制御できる。エンドエフェクタ２Ｃは、作業対象物に対して作用する方向の基準となる軸を有してもよい。エンドエフェクタ２Ｃが軸を有する場合、ロボット制御装置１０は、関節２Ｂの角度を制御することによって、エンドエフェクタ２Ｃの軸の方向を制御できる。ロボット制御装置１０は、エンドエフェクタ２Ｃが作業対象物に作用する動作の開始及び終了を制御する。ロボット制御装置１０は、エンドエフェクタ２Ｃの位置、又は、エンドエフェクタ２Ｃの軸の方向を制御しつつ、エンドエフェクタ２Ｃの動作を制御することによって、作業対象物を動かしたり加工したりすることができる。

[0024] ＜センサ３＞

ロボット制御システム１は、更に、少なくとも１つのセンサ３を備えてよい。センサ３は、ロボット２の物理情報を検出する。ロボット２の物理情報は、ロボット２の少なくとも１つの構成部の現実の位置若しくは姿勢、又は、ロボット２の少なくとも１つの構成部の速度若しくは加速度に関する情報を含んでよい。ロボット２の物理情報は、ロボット２の少なくとも１つの構成部に作用する力に関する情報を含んでよい。ロボット２の物理情報は、ロボット２の少なくとも１つの構成部を駆動するモータに流れる電流又はモータのトルクに関する情報を含んでよい。ロボット２の物理情報は、ロボット２の実際の動作の結果を表す。つまり、ロボット制御システム１は、ロボッ

ト２の物理情報を取得することによって、ロボット２の実際の動作の結果を把握することができる。

[0025] センサ３は、ロボット２の物理情報としてロボット２の少なくとも一部に作用する力、分布圧、若しくはすべり等を検出する、力覚センサ又は触覚センサを含んでよい。センサ３は、ロボット２の物理情報としてロボット２の少なくとも一部の加速度を検出する、加速度センサを含んでよい。センサ３は、ロボット２の物理情報としてロボット２の少なくとも一部の位置若しくは姿勢、又は、速度若しくは加速度を検出する、モーションセンサを含んでよい。センサ３は、ロボット２の物理情報としてロボット２を駆動するモータに流れる電流を検出する、電流センサを含んでよい。センサ３は、ロボット２の物理情報としてロボット２を駆動するモータのトルクを検出する、トルクセンサを含んでよい。

[0026] センサ３は、ロボット２の関節２Ｂ、又は、関節２Ｂを駆動するモータ等の関節駆動部に設置されてよい。センサ３は、ロボット２のリンク２Ｄに設置されてもよい。センサ３は、ロボット２のアーム２Ａとエンドエフェクタ２Ｃとの間に設置されてもよい。センサ３は、ロボット２のエンドエフェクタ２Ｃに設置されてもよい。本実施形態において、電流センサは、関節２Ｂに設置されるとする。加速度センサは、リンク２Ｄに設置されるとする。触覚センサは、エンドエフェクタ２Ｃの先端（例えば指）に設置されるとする。力覚センサは、エンドエフェクタ２Ｃとアーム２Ａとの間に設置されるとする。なお、電流センサは、電流値を測定可能なセンサであればよく、例えば、抵抗検出型又は磁場検出型のセンサであればよい。また、加速度センサは、加速度を測定可能なセンサであればよく、例えば、周波数変化式、圧電式、ピエゾ抵抗式又は静電容量式のセンサであればよい。

[0027] センサ３は、検出したロボット２の物理情報をロボット制御装置１０に出力する。センサ３は、所定のタイミングでロボット２の物理情報を検出して出力する。センサ３は、ロボット２の物理情報を時系列データとして出力する。

[0028] ＜カメラ４＞

ロボット制御システム１は、カメラ４を更に備えてよい。カメラ４は、ロボット２の動作に影響を及ぼす可能性がある影響範囲に位置する物品又は人間等を撮影する。カメラ４が撮影する画像は、モノクロの輝度情報を含んでもよいし、ＲＧＢ（Red, Green and Blue）等で表される各色の輝度情報を含んでもよい。影響範囲は、ロボット２の動作範囲を含む。影響範囲は、ロボット２の動作範囲を更に外側に広げた範囲としてもよい。影響範囲は、ロボット２の動作範囲の外側から動作範囲の内側へ向かって移動する人間等がロボット２の動作範囲の内側に入るまでにロボット２を停止できるように設定されてよい。影響範囲は、例えば、ロボット２の動作範囲の境界から所定距離だけ外側まで拡張された範囲に設定されてもよい。カメラ４は、ロボット２の影響範囲若しくは動作範囲又はこれらの周辺の領域を俯瞰的に撮影できるように設置されてもよい。カメラ４の数は、１台であってもよいし、２台以上であってもよい。なお、カメラ４は、ロボット制御装置１０に有線又は無線による手段によって接続されている。ロボット制御装置１０は、カメラ４によって撮影された情報を取得可能なように構成されている。

[0029] ＜ロボット制御装置１０＞

ロボット制御装置１０は、ロボット２の物理情報を取得する。ロボット制御装置１０は、ロボット２の物理情報に基づいて、ロボット２の動作を計画してロボット２を制御する情報を生成する。ロボット２を制御する情報は、制御情報とも称される。さらに、ロボット制御装置１０は、制御情報に基づくロボット２の理想的な動作を推定し、推定した動作と実際の動作とを比較した結果を、ロボット２の動作の計画及び制御情報の生成にフィードバックする。

[0030] 具体的には、ロボット制御装置１０は、状態推定部２０と、動作計画部３０と、動作制御部４０と、プラントモデル５０と、インタフェース６０と、目標指示部７０とを備える。状態推定部２０及び動作制御部４０は制御部とも総称される。つまり、制御部は、状態推定部２０及び動作制御部４０を有

する。制御部は、ロボット２を制御させるように構成される。動作計画部３０は、制御部に含まれる構成として実現されてもよいし、制御部と別体の構成として実現されてもよいし、外部のサーバの機能として実現されてもよい。

[0031] ロボット制御装置１０は、種々の機能を実行するための制御及び処理能力を提供するために、少なくとも１つのプロセッサを含んで構成されてよい。ロボット制御装置１０の少なくとも１つの構成部は、少なくとも１つのプロセッサを含んで構成されてもよい。ロボット制御装置１０の複数の構成部が１つのプロセッサで実現されてもよい。ロボット制御装置１０の全体が１つのプロセッサで実現されてもよい。プロセッサは、ロボット制御装置１０の種々の機能を実現するプログラムを実行しうる。プロセッサは、単一の集積回路として実現されてよい。集積回路は、ＩＣ（Integrated Circuit）ともいう。プロセッサは、複数の通信可能に接続された集積回路及びディスクリート回路として実現されてよい。プロセッサは、他の種々の既知の技術に基づいて実現されてよい。

[0032] ロボット制御装置１０は、記憶部を備えてよい。記憶部は、磁気ディスク等の電磁記憶媒体を含んでよいし、半導体メモリ又は磁気メモリ等のメモリを含んでもよい。記憶部は、各種情報及びロボット制御装置１０で実行されるプログラム等を格納する。記憶部は、ロボット制御装置１０のワークメモリとして機能してよい。記憶部の少なくとも一部は、ロボット制御装置１０とは別体として構成されてもよい。

[0033] ロボット制御装置１０は、有線又は無線で通信可能に構成される通信デバイスを含んで構成されてよい。通信デバイスは、種々の通信規格に基づく通信方式で通信可能に構成されてよい。

[0034] ロボット制御装置１０は、１又は複数のサーバを含んで構成されてよい。ロボット制御装置１０は、複数のサーバに並列処理を実行させるように構成されてよい。ロボット制御装置１０は、物理的な筐体を含んで構成される必要はなく、ヴァーチャルマシン又はコンテナオーケストレイションシステム

等の仮想化技術に基づいて構成されてもよい。ロボット制御装置１０は、クラウドサービスを用いて構成されてもよい。ロボット制御装置１０がクラウドサービスを用いて構成される場合、マネージドサービスを組み合わせることで構成され得る。つまり、ロボット制御装置１０の機能は、クラウドサービスとして実現され得る。

[0035] ロボット制御装置１０は、少なくとも１つのサーバ群と、少なくとも１つのデータベース群とを備えてよい。サーバ群は、ロボット制御装置１０の制御部として機能する。データベース群は、ロボット制御装置１０の記憶部として機能する。サーバ群の数は、１つであってもよいし２つ以上であってもよい。サーバ群の数が１つである場合、１つのサーバ群で実現される機能が各サーバ群で実現される機能を包含する。各サーバ群は、互いに有線又は無線で通信可能に接続される。データベース群の数は、１つであってもよいし２つ以上であってもよい。データベース群の数は、ロボット制御装置１０で管理するデータの容量とロボット制御装置１０に求められる可用性要件とに基づいて適宜増減されてよい。データベース群は、各サーバ群と有線又は無線で通信可能に接続される。ロボット制御装置１０は、外部のデータベースに接続されてもよい。ロボット制御装置１０と外部のデータベースとを備えるシステムが構成されてもよい。

[0036] ロボット制御装置１０は、図１において１つの構成として記載されているが、必要に応じて複数の構成を１つのシステムとみなして運用され得る。つまり、ロボット制御装置１０は、容量可変なプラットフォームとして構成される。ロボット制御装置１０として複数の構成が用いられることによって、１つの構成が天災等の不測の事態の発生時に運用できなくなった場合も、その他の構成を用いてシステムの運用が継続される。この場合、複数の構成それぞれは、有線又は無線を問わない回線によって接続され、相互に通信可能に構成されている。この複数の構成は、クラウドサービスとオンプレミス環境とに跨って構築されてもよい。

[0037] また、ロボット制御装置１０は、有線又は無線を問わない回線によって、

ロボット制御システム１の少なくとも１つの構成と通信可能に接続される。ロボット制御装置１０と、ロボット制御システム１の少なくとも１つの構成とは、相互に標準的なプロトコルを用いたインタフェースを具備しており、双方向のコミュニケーションをとることができる。

[0038] 以下、ロボット制御装置１０の各構成部が説明される。

[0039] ＜＜インタフェース６０＞＞

インタフェース６０は、ロボット２から物理情報を取得し、状態推定部２０及び動作計画部３０に出力する。インタフェース６０は、動作制御部４０からロボット２の制御情報を取得し、ロボット２に対して制御情報を出力する。

[0040] インタフェース６０は、センサ３の検出結果としてロボット２の物理情報を取得してよい。インタフェース６０は、センサ３によって直接検出できない物理情報を推定することによって取得してもよい。インタフェース６０が取得できる物理情報は、ロボット２の実際の位置、姿勢、及び動作を表す情報を含み、現実物理情報とも称される。

[0041] ＜＜目標指示部７０＞＞

目標指示部７０は、ロボット２を動作させる目標を指示する情報を生成し、動作計画部３０に出力する。ロボット２を動作させる目標を指示する情報は、目標指示とも称される。目標指示部７０は、ロボット２を用いて作業する作業者からロボット２の目標を指定する入力を受け付ける入力デバイスを含んで構成されてよい。目標指示部７０は、作業者の入力に基づいて目標指示を生成して動作計画部３０に出力してよい。目標指示部７０は、外部装置から目標指示を取得して動作計画部３０に出力してもよい。目標指示部７０は、衝突を検知したときには状態推定部２０から目標指示を取得してもよい。

[0042] ＜＜プラントモデル５０＞＞

プラントモデル５０は、ロボット２の理想状態を表すモデルである。プラントモデル５０は、ロボット２の操作量の入力を受け付け、ロボット２が操

作量に基づいて理想的に動作したと推定した場合に得られるロボット２の物理情報を出力する。ロボット２が操作量に基づいて理想的に動作したと推定した場合に得られるロボット２の物理情報は、推定物理情報とも称される。つまり、プラントモデル５０は、操作量を入力として受け付けてロボット２の動作をシミュレートすることによって推定物理情報を生成して出力する。プラントモデル５０は、推定物理情報を状態推定部２０に出力する。

[0043] ＜＜状態推定部２０＞＞

状態推定部２０は、インタフェース６０から取得した現実物理情報と、プラントモデル５０から取得した推定物理情報とに基づいて、ロボット２の状態を推定する。状態推定部２０は、現実物理情報と推定物理情報との差異に基づいて、ロボット２の状態を推定してよい。状態推定部２０は、ロボット２の状態の推定結果を動作計画部３０に出力する。状態推定部２０は、ロボット２に加わる外力の推定結果に基づいてロボット２の少なくとも一部に対する人間５等の衝突を検知する。状態推定部２０は、推定した外力が衝突閾値以上である場合、ロボット２に対して人間５等が衝突したことを検知してよい。衝突閾値は、適宜設定され得る。状態推定部２０は、ロボット２の少なくとも一部に対する人間５等の衝突を検知した場合、動作計画部３０に衝突を検知したことを出力してよい。状態推定部２０は、衝突を検知したときに、ロボット２に回避動作を実行させるように、目標指示部７０に目標指示を出力してよい。

[0044] ＜＜空間情報取得部８０＞＞

ロボット制御装置１０は、空間情報取得部８０を更に備えてよい。空間情報取得部８０は、空間情報として、空間に存在する物体に関する空間点群情報を取得する。空間点群情報は、空間を特徴点によって表す情報である。空間情報取得部８０は、空間情報として、空間のＲＧＢ情報を取得してよい。空間情報取得部８０は、動作計画部３０に空間情報を出力する。

[0045] ロボット制御システム１は、空間点群情報を検出する視覚センサを備えてよい。空間情報取得部８０は、視覚センサから空間点群情報を取得してよい

。視覚センサは、ロボット２のアーム２Ａのリンク２Ｄ若しくは関節２Ｂ、又は、エンドエフェクタ２Ｃの先端等の、ロボット２の全体、ロボット２の影響範囲、又は、ロボット２の影響範囲の周辺を俯瞰的に捉えられる箇所に設置されてよい。

[0046] 空間情報取得部８０は、カメラ４から撮像画像を取得してよい。空間情報取得部８０は、カメラ４を含んで構成されてもよい。カメラ４は、ロボット２のアーム２Ａのリンク２Ｄ若しくは関節２Ｂ、又は、エンドエフェクタ２Ｃの先端等に設置されてもよい。空間情報取得部８０は、カメラ４から取得した撮像画像のＲＧＢ情報を取得する。空間情報取得部８０は、撮像画像のデプス情報に基づいて空間点群情報を検出してよい。デプス情報は、カメラ４の被写体の奥行に関する情報を含む。

[0047] ＜＜動作計画部３０＞＞

動作計画部３０は、状態推定部２０からロボット２の状態の推定結果を取得する。また、動作計画部３０は、目標指示部７０から目標指示を取得する。また、動作計画部３０は、空間情報取得部８０から空間情報を取得する。動作計画部３０は、ロボット２の状態の推定結果と目標指示と空間情報に基づいて、カメラ４で撮影した影響範囲に位置する物品又は人間などの周囲物体に接触しないようにロボット２の第１動作経路を計画する。具体的に、動作計画部３０は、ロボット２の少なくとも１つの構成部が移動する経路の始点若しくは終点又は経由点を、ＸＹＺ座標系等の任意の座標系で定義される空間座標情報によって表してよい。動作計画部３０は、ロボット２の経路に含まれる各位置におけるロボット２の少なくとも１つの構成部の姿勢を、ロボット２の少なくとも１つの関節２Ｂの角度として表してもよい。

[0048] また、動作計画部３０は、ロボット２に回避動作を実行させる回避動作経路を計算してもよい。回避動作の動作起点と動作終了点とは、目標指示部７０で設定されてよい。回避動作の動作終了点は、衝突ベクトルの延長上に設定され得る。回避動作の動作経路の動作起点は、ロボット２と人間５等との衝突が検知された時のロボット２の実際の位置に設定され得る。動作起点と

動作終了点との距離は、衝突ベクトルの大きさで定まる。動作計画部３０は、回避動作の動作起点と動作終了点とを目標指示部７０から取得し、ロボット２に回避動作させるときの動作経路を計算する。なお、計算した回避動作経路は、第１動作経路と異なる第２動作経路であってもよいし、第１動作経路であってもよい。

[0049] なお、動作計画部３０は、空間情報を取得して、空間情報に基づいてカメラで撮影した影響範囲の周囲物体に接触しないように回避動作をさせてもよい。一方で、動作計画部３０は、正常動作時とは異なり、回避動作を優先して、空間情報を取得しなくてもよい。

[0050] また、動作計画部３０は、計画した経路でロボット２を動作させるように、ロボット２の動作を計画する。動作計画部３０は、ロボット２の経路に含まれる各位置におけるロボット２の少なくとも１つの構成部の速度若しくは角速度、又は、加速度若しくは角加速度を計画する。

[0051] 動作計画部３０は、計画した経路又は動作の少なくとも１つを特定する情報を動作制御部４０に出力する。計画した経路又は動作の少なくとも１つを特定する情報は、計画情報とも称される。

[0052] ＜＜動作制御部４０＞＞

動作制御部４０は、動作計画部３０から取得した計画情報に基づいてロボット２を適切に制御できるように、ロボット２に対する操作量を生成し、生成した操作量を、インタフェース６０を介してロボット２に出力する。例えば、動作制御部４０は、第１動作経路に沿ってロボット２を動作させる。ロボット２に対する操作量は、例えば、ロボット２の少なくとも１つの関節２Ｂを駆動するモータの出力を制御する情報を含んでよい。

[0053] （ロボット制御装置１０の動作例）

上述したように、ロボット制御装置１０は、制御部を有する。制御部は、状態推定部２０及び動作制御部４０を有する。動作制御部４０は、第１動作経路を特定する情報を動作計画部３０から取得し、第１動作経路に沿ってロボット２を動作させる。

[0054] 状態推定部２０は、ロボット２の状態を推定した結果に基づいて、ロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知する。状態推定部２０は、ロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知した結果を動作計画部３０に出力する。動作計画部３０は、ロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知した結果に基づいて、衝突のエネルギーを緩和するようにロボット２を動作させる動作経路を生成する。回避動作のために生成した回避動作経路は、生成した結果として、第１動作経路と同一のルートになる可能性もあるし、第１動作経路と異なるルートである第２動作経路になる可能性もある。

[0055] 動作制御部４０は、動作計画部３０から回避動作のための動作経路を特定する情報を取得可能に構成される。つまり、動作制御部４０は、状態推定部２０がロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知した場合、回避動作のための動作経路を取得可能に構成される。動作制御部４０は、第２動作経路を特定する情報を取得した場合、第２動作経路に沿ってロボット２に回避動作を実行させる。ロボット２は、第１動作経路と異なる第２動作経路に沿って動作することによって、第１動作経路に沿って衝突を検知したときと異なる方向へ回避動作を実行可能に構成される。また、回避動作のための動作経路として第１動作経路を取得した場合、ロボット２は、第２動作経路ではなく、第１動作経路をそのまま戻るように動作することによって回避動作を実行可能に構成されてもよい。

[0056] なお、動作制御部４０は、状態推定部２０による衝突の推定結果の信頼度に基づいて、ロボット２を動作させてもよい。具体的には、例えば、状態推定部２０の推定結果の信頼度が小さい場合には、動作計画部３０に回避動作経路を計算させることなく、回避動作させてもよい。この場合、例えば、回避動作は、正常動作時の第１動作経路をそのまま引き返すように動作させてもよい。

[0057] 状態推定部２０は、ロボット２が回避動作の動作終了点に達したときのロボット２の状態を推定する。状態推定部２０は、ロボット２に加わる外力の推定結果に基づいて、衝突が回避又は緩和されたか推定する。状態推定部２

０は、ロボット２に対して人間５等がまだ衝突しているか検知してよい。状態推定部２０は、ロボット２に加わる外力が衝突閾値以上である場合、ロボット２に対して人間５等がまだ衝突していると検知してよい。状態推定部２０は、ロボット２に対して人間５等がまだ衝突していると検知した場合、動作計画部３０に衝突を検知したことを出力してよい。また、状態推定部２０は、ロボット２に再度回避動作を実行させるように、目標指示部７０に目標指示を出力してよい。

[0058] ロボット２が正常動作を実行する場合、動作計画部３０は、アーム２Ａの先端の位置とエンドエフェクタ２Ｃの姿勢とを制御するように、第１動作経路を決定する。一方で、ロボット２が回避動作を実行する場合、動作計画部３０は、ロボット２の中の、人間５等に衝突した部分（リンク２Ｄ、関節２Ｂ、又はエンドエフェクタ２Ｃ等）が衝突した相手（人間５等）から遠ざかるように、第２動作経路を決定してもよい。

[0059] ロボット制御装置１０は、ロボット２に正常動作を実行させる場合、アーム２Ａの先端の位置及びエンドエフェクタ２Ｃの姿勢を作業に適した位置及び姿勢に制御するために、アーム２Ａの各リンク２Ｄ及び各関節２Ｂをばらばらの方向に動かすことがある。一方で、ロボット制御装置１０は、ロボット２に回避動作を実行させる場合、ロボット２の中で衝突が検知されたリンク２Ｄ又は関節２Ｂよりも先端に近い部分（エンドエフェクタ２Ｃに近い部分）のリンク２Ｄ及び関節２Ｂの形状を維持したまま、衝突が検知されたリンク２Ｄ又は関節２Ｂを衝突した相手（人間５等）から遠ざかるように動かしてもよい。この場合、ロボット制御装置１０は、衝突が検知されたリンク２Ｄ又は関節２Ｂを含む、先端から遠い部分（エンドエフェクタ２Ｃから遠い部分）のリンク２Ｄ又は関節２Ｂを動かすことができる。

[0060] ロボット２に実行させる回避動作は、２Ｄ動作であってもよいし３Ｄ動作であってもよい。２Ｄ動作は、各リンク２Ｄ又は各関節２Ｂをある１つの平面内で動かすことに対応する。３Ｄ動作は、各リンク２Ｄ又は各関節２Ｂを平面内に限らず立体的に動かすことに対応する。

[0061] 状態推定部２０は、ロボット２の複数の部分で衝突を検知し得る。例えば、状態推定部２０は、ロボット２の複数のリンク２Ｄ又は複数の関節２Ｂに外力が加わったことを推定し得る。また、状態推定部２０は、ロボット２の少なくとも１つのリンク２Ｄ及び少なくとも１つの関節２Ｂに外力が加わったことを推定し得る。状態推定部２０は、これらの推定結果に基づいて、ロボット２の複数の部分で人間５等に衝突していることを検知してよい。ロボット２の複数の部分で人間５等に衝突している場合、衝突した相手がアーム２Ａ等に巻き込まれている等の状態で回避が困難であり得る。状態推定部２０は、ロボット２の複数の部分で衝突を検知した場合、ロボット２を停止させるようにロボット２を制御してよい。

[0062] ＜フローチャートの例＞

ロボット制御装置１０は、図３及び図４に例示されるフローチャートの手順を含むロボット制御方法を実行してもよい。ロボット制御方法は、ロボット制御装置１０を構成するプロセッサに実行させるロボット制御プログラムとして実現されてもよい。ロボット制御プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

[0063] ロボット制御装置１０は、図３に例示される以下の手順を実行することによってロボット２に加わる外力を低減するようにロボット２を制御してよい。ロボット制御装置１０の動作制御部４０（制御部）は、第１動作経路を取得する（ステップＳ１）。ロボット制御装置１０の動作制御部４０（制御部）は、第１動作経路に沿ってロボット２を動作させるようにロボット２を制御する（ステップＳ２）。ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、ロボット２に加わる外力を検知したか判定する（ステップＳ３）。ロボット制御装置１０の動作制御部４０（制御部）は、状態推定部２０（制御部）が外力を検知しない場合（ステップＳ３：ＮＯ）、ステップＳ２の手順に戻ってロボット２の制御を続ける。ロボット制御装置１０の動作制御部４０（制御部）は、状態推定部２０（制御部）が外力を検知した場合（ステップＳ３：ＹＥＳ）、回避動作経路を取得する（ステップＳ４）。ロボット制

御装置１０の動作制御部４０（制御部）は、回避動作経路に沿ってロボット２を動作させるようにロボット２を制御する（ステップＳ５）。ロボット制御装置１０は、ステップＳ５の手順の終了後、図３のフローチャートの手順の実行を終了する。ロボット制御装置１０は、ステップＳ５の手順の終了後、ステップＳ１の手順に戻って第１動作経路を再度取得してもよい。

[0064] ロボット制御装置１０は、図４に例示される以下の手順を実行することによってロボット２に加わる外力を検知し、行動計画を修正してよい。ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、外乱トルクを推定する（ステップＳ１１）。具体的に、ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、ロボット２のアーム２Ａのプラントモデル５０と実際のアーム２Ａとの間のトルク（電流）の差を算出し、トルク（電流）の差に基づいて外乱トルクを推定してよい。ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、ロボット２が人間等の他の物体に衝突したか判定する（ステップＳ１２）。具体的に、ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、異常トルクを検知した場合にロボット２が人間等に衝突したと判定する。ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、ロボット２が他の物体に衝突していない場合（ステップＳ１２：ＮＯ）、ステップＳ１１の手順に戻って外乱トルクの推定を続ける。図４のステップＳ１１及びＳ１２の手順は、図３のステップＳ２及びＳ３の手順に対応する。

[0065] ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、ロボット２が他の物体に衝突した場合（ステップＳ１２：ＹＥＳ）、例えば、他の物体に衝突したリンク２Ｄを推定する（ステップＳ１３）。具体的に、ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、ロボット２の各リンク２Ｄ又は各関節２Ｂのトルクと異常トルクとに基づいて、どのリンク２Ｄ又は関節２Ｂが他の物体に衝突したか割り出す。なお、ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、アーム２Ａ、リンク２Ｄ、関節２Ｂ又はエンドエフェクタ２Ｃが他の物体に衝突した場合に、他の物体に衝突したアーム２Ａ、リンク２Ｄ、関節２Ｂ又はエンドエフェクタ２Ｃを推定してもよい。ロボット制

御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、他の物体に衝突したリンク２Ｄに対する衝突ベクトルを算出する（ステップＳ１４）。具体的に、ロボット制御装置１０の状態推定部２０（制御部）は、外乱トルクとリンク２Ｄ又は関節２Ｂの差分速度とに基づいて衝突ベクトルを算出する。ロボット制御装置１０の動作計画部３０又は動作計画部３０として機能する外部のサーバは、ロボット２の動作経路を再計算する（ステップＳ１５）。具体的に、ロボット制御装置１０の動作計画部３０又は動作計画部３０として機能する外部のサーバは、リンク２Ｄ又は関節２Ｂの衝突ベクトル又は衝突トルクに基づいて、衝突エネルギーを緩和するようにロボット２の動作経路を再計算する。図４のステップＳ１３からＳ１５までの手順は、図３のステップＳ４の手順に対応する。

[0066] ロボット制御装置１０の動作計画部３０又は動作計画部３０として機能する外部のサーバは、再計算した動作経路に基づいて動作計画を修正する（ステップＳ１６）。ロボット制御装置１０の動作制御部４０（制御部）は、修正した動作計画に基づいてロボット２を制御することによってロボット２と他の物体との衝突を緩和できる。図４のステップＳ１６の手順は、図３のステップＳ５の手順に対応する。ロボット制御装置１０は、ステップＳ１６の手順の実行後、図４のフローチャートの手順の実行を終了する。

[0067] 以上述べてきたように、本実施形態に係るロボット制御装置１０及びロボット制御方法によれば、ロボット２が衝突したときに衝突のエネルギーが緩和される。このようにすることで、ロボット２は、衝突した物体に更に強く接触したり衝突した物体の他の物体等に接触したりしにくくなる。その結果、ロボット２の回避行動の信頼性が高められる。

[0068]（他の実施形態）

状態推定部２０（制御部）は、ロボット２のモータ電流の変化に基づいて、ロボット２に加わる外力を推定可能に構成される。状態推定部２０（制御部）は、推定した外力に基づき、ロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知してよい。状態推定部２０（制御部）は、外力が第１閾値より大きい

場合に、ロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知してよい。動作制御部４０（制御部）は、状態推定部２０で推定した外力が第１閾値を超えない場合、第１動作経路に沿ったロボット２の動作の動作速度を小さくしてよい。第１動作経路に沿ったロボット２の動作の動作速度を小さくすることは、ロボット２が正常動作を実行するときの動作速度を小さくすることを意味する。また、状態推定部２０（制御部）は、ロボット２の加速度に基づいて、ロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知してよい。状態推定部２０（制御部）は、ロボット２の加速度に基づいて、ロボット２の衝突方向を検知してもよい。

[0069] また、状態推定部２０（制御部）は、電流センサによる関節２Ｂのモータの電流の測定値と、加速度センサによるロボット２のリンク２Ｄ又は関節２Ｂ等の加速度の測定値とに基づいて、ロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知してよい。具体的に、ロボット２が何かと衝突して動かなくなった場合、ロボット２のリンク２Ｄ又は関節２Ｂ等の加速度の測定値は、ゼロ又はほとんどゼロに近い値になる。一方で、関節２Ｂのモータの電流の測定値は、状態推定部２０でロボット２の状態を推定して得られる電流の推定値に対してずれた値となる。したがって、状態推定部２０（制御部）は、ロボット２のリンク２Ｄ又は関節２Ｂ等の加速度の測定値がゼロ又はほとんどゼロに近い値であり、かつ、関節２Ｂのモータの電流の測定値と状態推定部２０による電流の推定値との差が所定値以上である場合に、ロボット２の少なくとも一部が人間５等に対して衝突したことを検知してよい。

[0070] 関節２Ｂのモータの電流は、衝突の発生後にフィードバック制御によって増減する。したがって、関節２Ｂのモータの電流の測定値だけに基づいて衝突を検知する場合、リンク２Ｄ又は関節２Ｂの加速度の測定値に基づいて衝突を検知する場合よりも、衝突の検知が遅延することがある。電流センサ又は加速度センサのどちらか一方のセンサ３だけに基づいて衝突を検知する場合、衝突の検知精度は、状況へのロバスト性とセンシング速度とのトレードオフになる可能性がある。したがって、電流センサ及び加速度センサの両方

のセンサ３の測定値に基づいて衝突を検知することによって、上述のトレードオフが緩和され得る。衝突の発生から関節２Ｂのモータの電流が変化するまでの遅延時間が現実的に問題にならない程度であれば、状態推定部２０（制御部）は、加速度の測定値を用いずに、関節２Ｂのモータの電流の測定値に基づいて衝突を検知してもよい。

[0071] 動作制御部４０（制御部）は、ロボット２に加わる外力が第２閾値より小さくなるまで、ロボット２に回避動作を実行させてよい。動作制御部４０（制御部）は、ロボット２に加わる外力の大きさに基づいて、回避動作の動作速度を変更してよい。動作制御部４０（制御部）は、所定時間内にロボット２が回避動作を実行できない場合に、ロボット２の電源を遮断してもよい。

[0072] 動作計画部３０は、状態推定部２０（制御部）がロボット２の少なくとも一部に対する衝突を検知したときに、衝突のエネルギーを緩和する動作経路として第２動作経路を生成してよい。第２動作経路は、ロボット２の衝突方向に基づいて生成されてよい。第２動作経路は、第２動作経路の少なくとも初期経路がロボット２の衝突方向の反対の成分を含むように生成されてよい。

[0073] 動作計画部３０は、ロボット制御装置１０の外部のサーバ、例えばクラウドコンピューティング環境で演算するサーバとして構成されてもよい。動作計画部３０がロボット制御装置１０の外部のサーバとして構成される場合、状態推定部２０（制御部）は、外部の動作計画部３０に対してロボット２の状態の推定結果を出力してよい。動作制御部４０（制御部）は、外部の動作計画部３０から動作経路を取得してよい。つまり、動作制御部４０（制御部）は、ロボット制御装置１０の内部だけでなく外部からも動作経路を取得可能に構成されてよい。

[0074] 以上、ロボット制御システム１の実施形態を説明してきたが、本開示の実施形態としては、システム又は装置を実施するための方法又はプログラムの他、プログラムが記録された記憶媒体（一例として、光ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、ＣＤ－Ｒ、ＣＤ－ＲＷ、磁気テープ、ハードディス

ク、又はメモリカード等）としての実施態様をとることも可能である。プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

[0075] また、プログラムの実装形態としては、コンパイラによってコンパイルされるオブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラムコード等のアプリケーションプログラムに限定されることはなく、オペレーティングシステムに組み込まれるプログラムモジュール等の形態であってもよい。さらに、プログラムは、制御基板上のＣＰＵにおいてのみ全ての処理が実施されるように構成されてもされなくてもよい。プログラムは、必要に応じて基板に付加された拡張ボード又は拡張ユニットに実装された別の処理ユニットに

よってその一部又は全部が実施されるように構成されてもよい。

[0076] 本開示に係る実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は改変を行うことが可能であることに注意されたい。従って、これらの変形又は改変は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部等を１つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

[0077] 本開示において「第１」及び「第２」等の記載は、当該構成を区別するための識別子である。本開示における「第１」及び「第２」等の記載で区別された構成は、当該構成における番号を交換することができる。例えば、第１動作経路は、第２動作経路と識別子である「第１」と「第２」とを交換することができる。識別子の交換は同時に行われる。識別子の交換後も当該構成は区別される。識別子は削除してよい。識別子を削除した構成は、符号で区別される。本開示における「第１」及び「第２」等の識別子の記載のみに基づいて、当該構成の順序の解釈、小さい番号の識別子が存在することの根拠に利用してはならない。

符号の説明

[0078] １　ロボット制御システム

２　ロボット（２Ａ：アーム、２Ｂ：関節、２Ｃ：エンドエフェクタ、２Ｄ：リンク）

３　センサ

４　カメラ

５　人間

６　移動経路

１０　ロボット制御装置（２０：状態推定部、３０：動作計画部、４０：動作制御部、５０：プラントモデル、６０：インタフェース、７０：目標指示部、８０：空間情報取得部）

請求の範囲

[請求項1] ロボットを制御する制御部を備え、

前記制御部は、第１動作経路に沿ってロボットを動作させる動作制御部と、前記ロボットの状態を推定する状態推定部と、を有し、

前記動作制御部は、前記状態推定部が前記ロボットの少なくとも一部に対する衝突を検知した場合、前記衝突のエネルギーを緩和するように前記ロボットを動作させる回避動作経路を取得可能であり、前記回避動作経路を取得した場合には前記回避動作経路に沿って前記ロボットに回避動作を実行させる、

ロボット制御装置。

[請求項2] 前記回避動作経路は、前記第１動作経路と異なる第２動作経路である、請求項１に記載のロボット制御装置。

[請求項3] 前記回避動作経路は、前記第１動作経路である、請求項１に記載のロボット制御装置。

[請求項4] 前記状態推定部は、前記ロボットのモータ電流の変化に基づいて、前記ロボットに加わる外力を推定可能であり、

推定した前記外力に基づき、前記ロボットの衝突を検知する、請求項１から３までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項5] 前記状態推定部は、前記外力が第１閾値より大きい場合に、前記ロボットの衝突を検知する請求項４に記載のロボット制御装置。

[請求項6] 前記動作制御部は、前記状態推定部で前記外力を推定したが前記外力が第１閾値を超えない場合、前記第１動作経路に沿った前記ロボットの動作の動作速度を小さくする、請求項４又は５に記載のロボット制御装置。

[請求項7] 前記状態推定部は、前記ロボットの加速度に基づいて、前記ロボットの衝突を検知する、請求項４から６までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項8] 前記状態推定部は、前記加速度に基づいて、前記ロボットの衝突方

向を検知する請求項７に記載のロボット制御装置。

[請求項9] 前記制御部は、前記ロボットの動作経路を生成する動作計画部を更に備え、

前記動作計画部は、前記状態推定部が前記衝突を検知したときに、前記ロボットの動作経路として、前記衝突のエネルギーを緩和する回避動作経路を生成する、請求項４から８までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項10] 前記回避動作経路は、前記ロボットの衝突方向に基づいて生成されている、請求項４から９までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項11] 前記回避動作経路の少なくとも初期経路は、前記衝突方向とは反対の成分を含んでいる、請求項１０に記載のロボット制御装置。

[請求項12] 前記動作制御部は、前記外力が第２閾値より小さくなるまで、前記ロボットに前記回避動作を実行させる、請求項４から１１までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項13] 前記動作制御部は、前記外力の大きさに基づいて、前記回避動作の動作速度を変更する、請求項４から１２までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項14] 前記動作制御部は、所定時間内に前記ロボットが前記回避動作を実行できない場合に、前記ロボットの電源を遮断する、請求項１から１３までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項15] 前記動作制御部は、前記状態推定部が前記ロボットの複数の部分に対する衝突を検知した場合、前記ロボットを停止させる、請求項１から１４までのいずれか一項に記載のロボット制御装置。

[請求項16] 請求項１から１５までのいずれか一項に記載のロボット制御装置と、前記ロボットとを備える、ロボット制御システム。

[請求項17] ロボットを第１動作経路に沿って動作させることと、

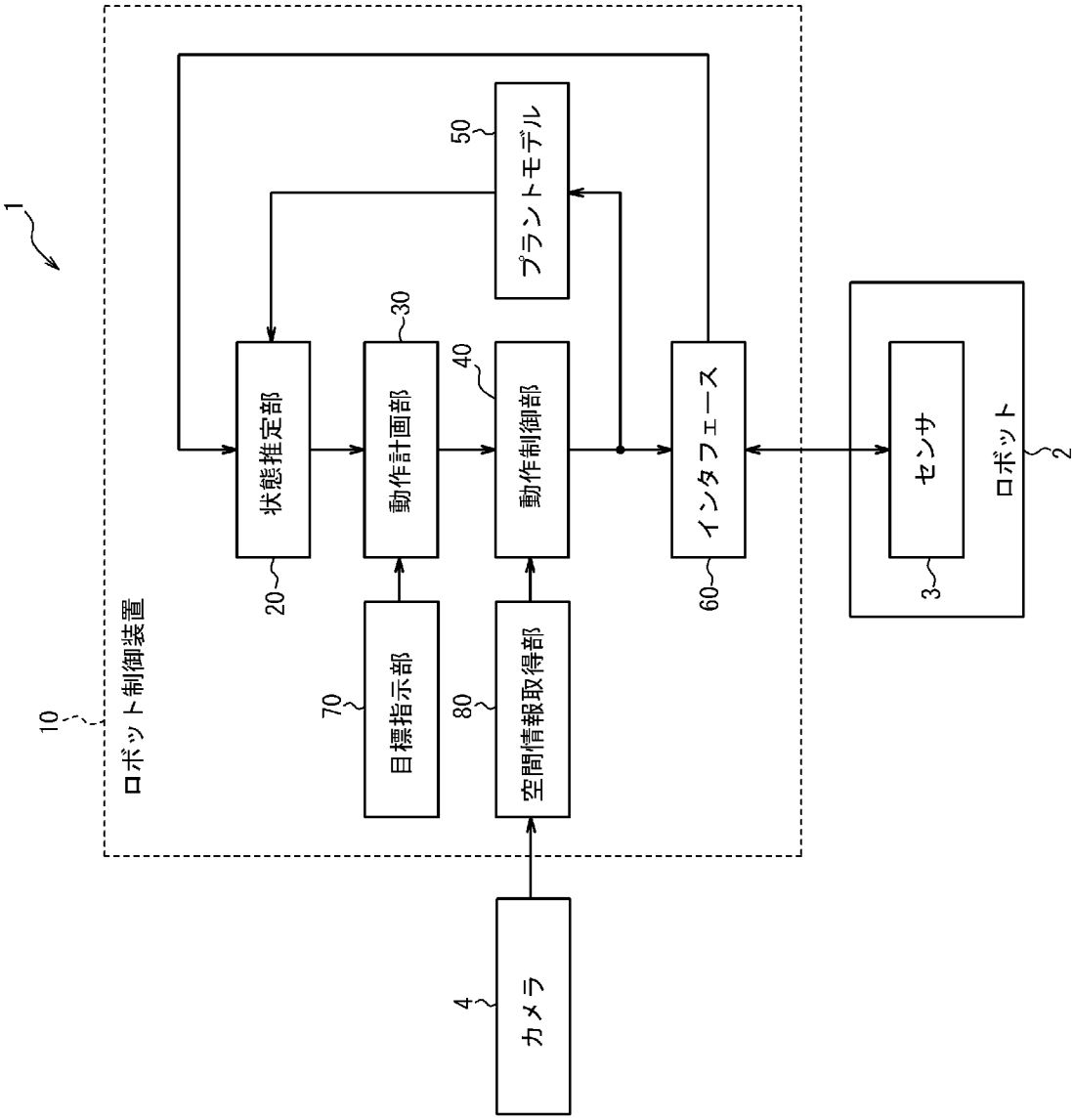
前記ロボットの少なくとも一部に対する衝突を検知した場合、前記

衝突のエネルギーを緩和するように前記ロボットを動作させる回避動作経路を取得することと、

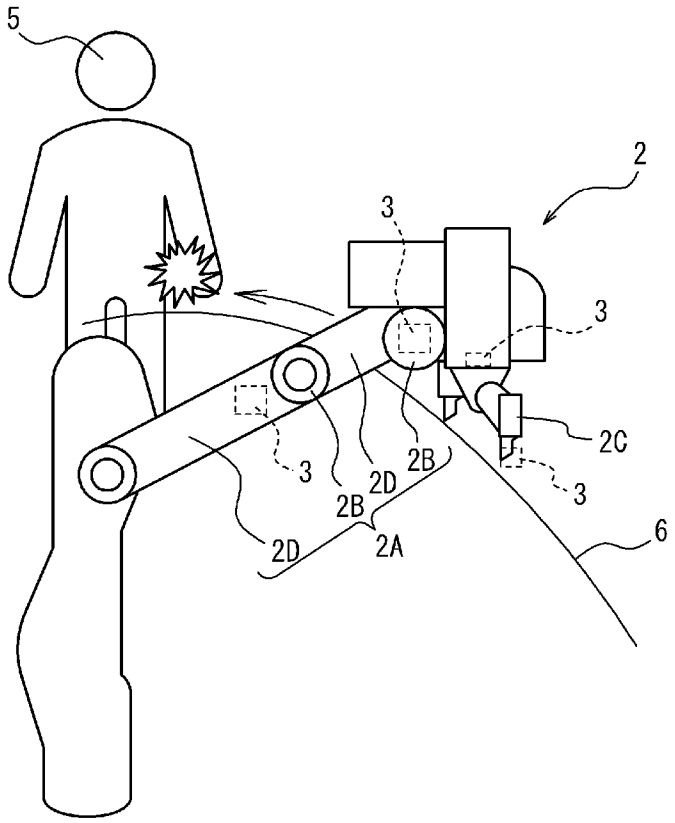
前記回避動作経路を取得した場合、前記回避動作経路に沿って前記ロボットに回避動作を実行させることと

を含むロボット制御方法。

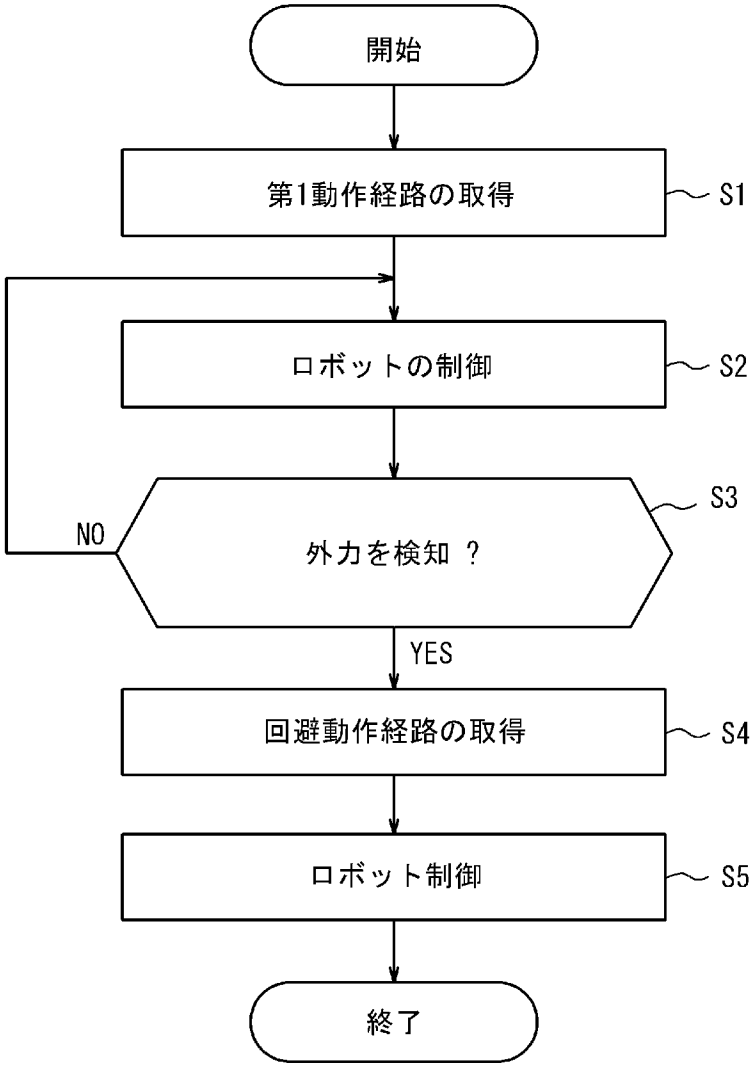
[図1]


1
10
ロボット制御装置
状態推定部
20
動作計画部
30
動作制御部
40
プラントモデル
50
インタフェース
60
センサ
3
ロボット
2
目標指示部
70
空間情報取得部
80
カメラ
4

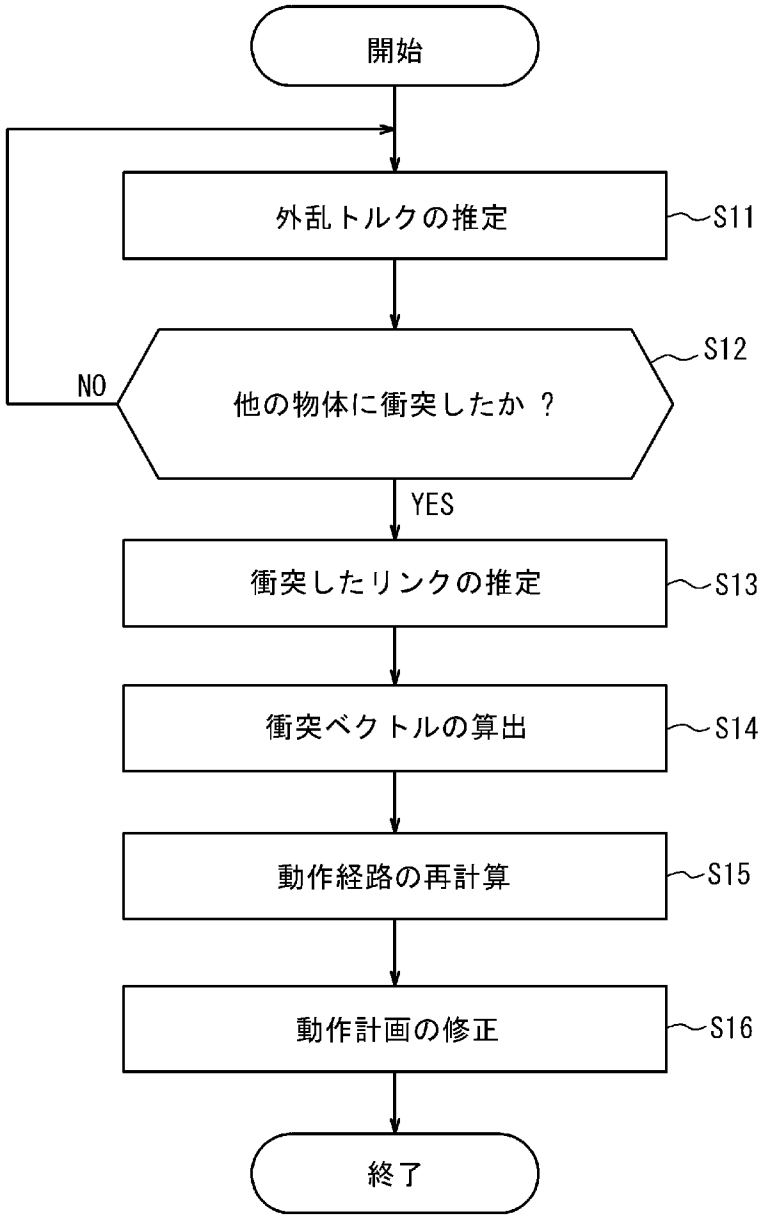
[図2]



[図3]


開始
第1動作経路の取得
S1
ロボットの制御
S2
外力を検知 ？
S3
NO
YES
回避動作経路の取得
S4
ロボット制御
S5
終了

[図4]


開始
外乱トルクの推定
S11
S12
NO
他の物体に衝突したか ？
YES
衝突したリンクの推定
S13
衝突ベクトルの算出
S14
動作経路の再計算
S15
動作計画の修正
S16
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/044046

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 19/06(2006.01)i
FI: B25J19/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J19/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2021/117701 A1 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 17 June 2021 (2021-06-17) see paragraphs [0057]-[0123]	1-8, 10, 13-17
A		9, 11-12
Y	JP 2017-516674 A (SOFTBANK ROBOTICS EUROPE) 22 June 2017 (2017-06-22) paragraphs [0008], [0064]-[0074]	1-8, 10, 13-17
A		9, 11-12
Y	WO 2020/045483 A1 (NACHI FUJIKOSHI CORP) 05 March 2020 (2020-03-05) paragraphs [0071]-[0084]	14-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 January 2023	**31 January 2023**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/044046

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021/117701 A1	17 June 2021	CN 114829076 A see paragraphs [0061]-[0129]	
JP 2017-516674 A	22 June 2017	US 2017/0173791 A1 paragraphs [0008], [0064]-[0074] WO 2015/185710 A2 EP 2952300 A1 CN 106604804 A KR 10-2017-0041678 A	
WO 2020/045483 A1	05 March 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/044046

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B25J 19/06(2006.01)i
FI: B25J19/06

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B25J19/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2021/117701 A1 (川崎重工業株式会社) 17.06.2021 (2021-06-17) 段落 [0057] ～ [0123] 参照。	1-8,10,13-17
A		9,11-12
Y	JP 2017-516674 A (ソフトバンク・ロボティクス・ヨーロッパ) 22.06.2017 (2017-06-22) 段落 [0008], [0064] ～ [0074]	1-8,10,13-17
A		9,11-12
Y	WO 2020/045483 A1 (株式会社不二越) 05.03.2020 (2020-03-05) 段落 [0071] ～ [0084]	14-16

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
16.01.2023	31.01.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
杉山　悟史 3U 3322

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/044046

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/117701 A1	17.06.2021	CN 114829076 A 段落［0061］～［0129］参照。	
JP 2017-516674 A	22.06.2017	US 2017/0173791 A1 段落［0008］，［0064］～［0074］ WO 2015/185710 A2 EP 2952300 A1 CN 106604804 A KR 10-2017-0041678 A	
WO 2020/045483 A1	05.03.2020	（ファミリーなし）	