

(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
2017年1月12日(12.01.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/006636 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 19/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/065125
- (22) 国際出願日: 2016年5月23日(23.05.2016)
- (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 2015-134828 2015年7月4日(04.07.2015) JP
- (71) 出願人: 学校法人早稲田大学(WASEDA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: シュミッツ アレクサンダー(SCHMITZ, Alexander); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP).
ババラジュ ソウミヤ(BHAVARAJU, Soumya); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 坂本 義弘

(SAKAMOTO, Yoshihiro); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). アギーレ ドミンゲス ゴンザロ(AGUIRRE DOMINGUEZ, Gonzaro); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 佐藤 立樹(SATO, Ritsuki); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 汪偉(WANG, Wei); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP). 菅野 重樹(SUGANO, Shigeki); 〒1698050 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内 Tokyo (JP).

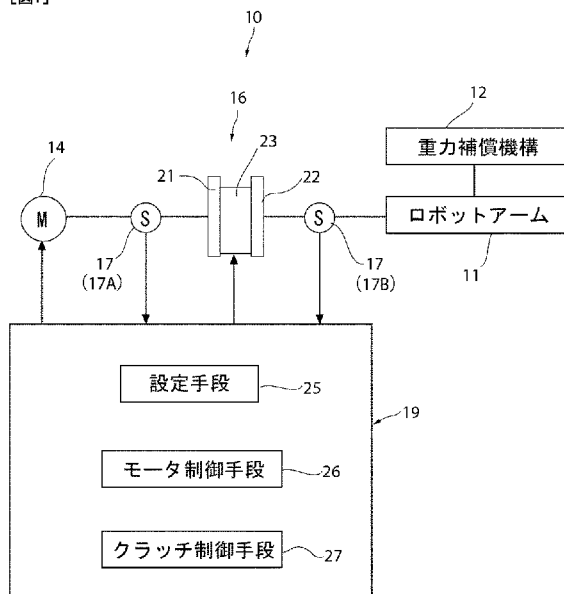
- (74) 代理人: 榎本 英俊(ENOMOTO, Hidetoshi); 〒1920071 東京都八王子市八日町8-1-171 O Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,

[続葉有]

(54) Title: ROBOT ARM CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: ロボットアームの制御システム

[図1]



- 11... ROBOT ARM
12... GRAVITY-COMPENSATING MECHANISM
25... SETTING MEANS
26... MOTOR CONTROL MEANS
27... CLUTCH CONTROL MEANS

(57) Abstract: This control system 10 is provided with a robot arm 11 that is provided so as to be movable inside a given space, a motor 14 for moving the robot arm 11, a torque adjustment device 16 for adjustably operating transmitted torque transmitted from the motor 14 to the robot arm 11, and a control device 19 for controlling the operation of the robot arm 11. The robot arm 11 is provided with a gravity-compensating mechanism 12 for canceling the effect of gravity due to the robot arm 11, and the control device 19 is configured to issue commands for adjustment of transmitted torque by the torque adjustment device 16 without considering the gravity effects of the robot arm 11.

(57) 要約: 本発明に係る制御システム10は、所定の空間内で移動可能に設けられたロボットアーム11と、ロボットアーム11を動作させるモータ14と、モータ14からロボットアーム11に伝達される伝達トルクを調整可能に動作するトルク調整装置16と、ロボットアーム11の動作制御を行う制御装置19とを備えている。ロボットアーム11には、ロボットアーム11による重力の影響をキャンセルする重力補償機構12が設けられており、制御装置19では、ロボットアーム11の重力の影響を考慮せずに、トルク調整装置16での伝達トルクの調整を指令するようになっている。



FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

ロシア (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, 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:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： ロボットアームの制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、ロボットアームの制御システムに係り、更に詳しくは、簡単な演算処理により、安全性を考慮したロボットアームの位置制御及び力制御を行うことのできるロボットアームの制御システムに関する。

背景技術

[0002] ロボットと人間とが共生する環境下においては、当該環境に対するロボットの安全対策が重要になる。この安全対策として、ロボットが所望の動作を行っている最中に環境中の人間や物体に不意に衝突した場合に、当該衝突を緩和するコンプライアンス機能が必要になる。当該コンプライアンス機能としては、ロボットの可動部であるロボットアーム等に衝突時の衝撃緩和用のばね等の弾性要素を取り付けたものが一般的である。しかしながら、当該ばねを衝撃緩和用として用いる場合、例えば、衝突時にばねを弱めることでクッション性を高める等、ロボットの動作中にばねの弾性を調整する必要がある、このことがロボットアームの位置制御を難しくする一要因になる。また、ばね等の弾性要素は、ロボットの加速動作をスピーディーにしにくくするばかりか、ロボットの動作時における振動発生要因にもなる。

[0003] ところで、特許文献1には、ロボットハンドが所定以上の大きさの外力で他の物体等に衝突した際に、当該物体等に作用する力を逃がす衝突トルク緩衝機構を備えたロボットが開示されている。この衝突トルク緩衝機構は、ロボットハンド側とロボットアーム側との間の接続部分に潤滑剤を充填し、当該潤滑剤の粘性によって、ロボットアーム側にある程度までの外力が作用してもロボットハンド側とロボットアーム側の連結状態を維持する一方で、それを超える外力が作用したときに、ロボットハンド側とロボットアーム側の相対回転を許容することで、衝突時に物体に作用する力を緩衝するようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-12088号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 前記特許文献1の衝突トルク緩衝機構において、ロボットハンド側とロボットアーム側の相対回転を許容するトルク値は、潤滑剤の粘性によって決まり、製品毎に一定値に設定される。そこで、ロボットの動作モードに応じて、前記トルク値を可変にするには、特許文献1の構成に対し、例えば、モータ等によって動作するロボットアーム側からロボットハンド側に伝達されるトルクを電氣的に調整可能となるように、ロボットハンド側とロボットアーム側とを接続する電磁クラッチを代替的に用いることも考えられる。しかしながら、この場合、電磁クラッチへの給電が停止したときでも、安全上の観点から、ロボットハンド側とロボットアーム側との間の接続状態を維持する必要があり、このために更なる構造上の対策が必要になる。また、電磁クラッチへの動作指令に際し、前記トルク値を所望の状態に制御するために、ロボットの動作に基づく物理的演算が必要となるが、ロボットの自重の影響を考慮したモーメント計算、すなわち、ロボットの姿勢や動作に応じて異なる煩雑な演算が必要になり、ロボットの位置制御や力制御が非常に難しくなるという問題がある。

[0006] 本発明は、このような課題を解決するために案出されたものであり、その目的は、簡単な構成で、安全性を考慮したロボットアームの位置制御や力制御を実現できるロボットアームの制御システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 前記目的を達成するため、主として、本発明は、所定の空間内で移動可能に設けられたロボットアームと、当該ロボットアームを動作させるモータと、当該モータから前記ロボットアームに伝達される伝達トルクを調整可能に

動作するトルク調整装置と、前記ロボットアームの動作制御を行う制御装置とを備えたロボットアームの制御システムにおいて、

前記ロボットアームには、当該ロボットアームによる重力の影響をキャンセルする重力補償機構が設けられ、

前記制御装置では、前記ロボットアームの重力の影響を考慮せずに、前記トルク調整装置での伝達トルクの調整を指令する、という構成を採っている。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、モータからロボットアームに伝達される伝達トルクを調整可能に設けられたトルク調整装置と、ロボットアームの重力の影響をキャンセルする重力補償機構とを併用したことから、ロボットアームの位置調整と、トルク調整装置による伝達トルクの調整とを、ロボットアームの重力の影響を考慮しない簡単な演算処理により行うことができる。また、ロボットアームの位置調整と力調整とを複雑に関連させることなく、ロボットアームの位置制御は、モータの駆動調整にて行い、コンプライアンス等を考慮したロボットアームの力制御は、トルク調整装置による伝達トルクの調整にて行うことができ、ロボットアームの位置制御と力制御をシンプルに行うことができる。更に、トルク調整装置により、モータとロボットアームとの接続状態を意図的にスリップ可能にすることで、ロボットアームに作用した外力や、ロボットアームで把持している物体の重量を検出することも可能となる。また、重力補償機構により、ロボットアームの重量が補償されるため、重力補償機構が無い場合に比べ、トルク調整装置でのトルクリミット値を同一条件下で小さくすることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本実施形態に係るロボットアームの制御システムの構成を概略的に表したブロック図。

[図2]変形例に係る図1と同様のブロック図。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0011] 図 1 には、本実施形態に係るロボットアームの制御システムの構成を概略的に表したブロック図が示されている。この図において、前記制御システム 10 は、所定の空間内で移動可能に設けられ、当該空間内で所定の作業を行うためのロボットアーム 11 と、ロボットアーム 11 に設けられ、ロボットアーム 11 による重力の影響をキャンセルする重力補償機構 12 と、ロボットアーム 11 の動力として回転駆動するモータ 14 と、ロボットアーム 11 とモータ 14 との間に配置され、モータ 14 からロボットアーム 11 に伝達される伝達トルクを調整可能に動作するトルク調整装置 16 と、トルク調整装置 16 の入力側と出力側の変位状態を検出するセンサ 17 と、ロボットアーム 11 の動作制御を行う制御装置 19 とを備えて構成されている。なお、特に限定されるものではないが、重力補償機構 12、モータ 14、トルク調整装置 16、センサ 17 は、その関節部分やその周囲等、ロボットアーム 11 の近傍に設けられている。

[0012] 前記ロボットアーム 11 は、モータ 14 からの動力により、関節部分を回転運動させながら所定の空間内で移動可能にする公知の動力伝達機構からなる。当該ロボットアーム 11 の詳細な構造については、本発明の本質部分ではないため、構造の図示及び詳細な説明を省略する。なお、ロボットアーム 11 としては、先端に物体の把持部を備えた片持ち状の多関節型の構造により、予め指令した動作によって、前記把持部で把持した物体（把持物体）を所定空間内で移動可能な構成を例示できる。

[0013] 前記重力補償機構 12 は、ロボットアーム 11 の自重に前記把持物体の重量を含めたロボットアーム 11 全体の重力への影響をキャンセルするように調整可能な公知の機構からなる。本実施形態では、ばねを使ったリンク構造からなるスプリングバランス式の重力補償機構が採用されている。ここでの重力補償機構 12 としては、ロボットアーム 11 のみの自重を補償するように、ばねの張力が事前に調整されるものの他に、前記把持物体の重量も含めた自重補償を行う場合には、ばねの張力が把持物体の重量に応じて動的に調

整可能なアジャスタブル自重補償機構が採用される。その他、本発明はこれに限定されるものではなく、カウンターウエイト式のもの等、同一の作用を奏する限りにおいて、種々の構造の重力補償機構 12 を採用することができる。

[0014] 前記トルク調整装置 16 は、ロボットアーム 11 側とモータ 14 側とを連結するとともに、所定のトルクリミット値以下のときに、モータ 14 側の図示しない回転軸から入力された入力トルクと、ロボットアーム 11 側の図示しない回転軸に出力される出力トルクの値とを同一にする一方、前記トルクリミット値を超えたときに、前記入力トルクの値よりも前記出力トルクの値を小さくするように動作する。また、前記トルクリミット値は、制御装置 19 からの指令によって調整可能になっている。ここで、制御装置 19 には、予め設定されたモデルに基づき、トルク調整装置 16 への電流や電圧等の制御指令値と、トルクリミット値を含む入力トルクに対する出力トルクとの関係が所定の関数として記憶されている。

[0015] 本実施形態において、前記トルク調整装置 16 は、クラッチにより構成されており、モータ 14 側に繋がってモータ 14 の駆動によって回転可能に設けられた入力部 21 と、ロボットアーム 11 側に繋がって回転可能に設けられた出力部 22 と、これら入力部 21 と出力部 22 との間に配置されるとともに、入力部 21 から出力部 22 に動力を伝達可能に設けられた伝達部 23 とを備えている。

[0016] 前記出力部 22 は、入力部 21 の回転による入力トルクが、制御装置 19 で制御されたトルクリミット値以下のときに、当該入力部 21 と一体的に回転する一方、前記入力トルクが前記トルクリミット値を超えたときに、入力部 21 に対する相対回転を許容するスリップ動作が発生する。なお、トルク調整装置 16 としては、例えば、伝達部 23 の摩擦力の調整を電氣的に行う摩擦クラッチや、伝達部 23 を磁性流体によって構成し、当該磁性流体の粘性の調整を電氣的に行う磁性流体クラッチを採用できる他、入力部 21 から出力部 22 への伝達トルクを前述のように調整できる限りにおいて、種々の

クラッチ、トルクリミッタ、ブレーキ等を採用することができる。特に、クラッチとしては、伝達部２３での静摩擦力や動摩擦力を更に考慮して伝達トルクを調整できるものや、トルク調整装置１６のスリップ動作時における入力部２１と出力部２２の相対回転速度となるスリップ速度を更に考慮することで、伝達トルクを調整できるもの等を採用することができる。

[0017] 前記センサ１７としては、制御装置１９による後述の制御を行うための情報を検出可能なものであれば、特に限定されるものではない。本実施形態においては、センサ１７として、トルク調整装置１６の入出力側それぞれに設けられたエンコーダが用いられている。トルク調整装置１６の入力側に配置された入力側エンコーダ１７Ａは、入力部２１の回転角度変位を検出する一方、同出力側に配置された出力側エンコーダ１７Ｂは、出力部２２の回転角度変位を検出するようになっており、各エンコーダ１７Ａ、１７Ｂの検出値は、制御装置１９に逐次伝送される。

[0018] 前記制御装置１９は、ＣＰＵ等の演算処理装置及びメモリやハードディスク等の記憶装置等からなるコンピュータによって構成されており、ロボットアーム１１による重力の影響を考慮せずに、トルク調整装置１６の動作制御を行うようになっている。また、ここでは、安全性を考慮したロボットアーム１１の位置制御を行う第１の制御モードによる制御と、入力トルクに対する出力トルクの大きさを調整することで、ロボットアーム１１の力制御を行う第２の制御モードによる制御との何れかの選択に基づいて、トルク調整装置１６による伝達トルクの調整が行われる。

[0019] この制御装置１９は、ロボットアーム１１の目標動作や動作モード等を人為的及び／又は自動的に設定する設定手段２５と、モータ１４の駆動制御を行うモータ制御手段２６と、トルク調整装置１６の動作制御を行うクラッチ制御手段２７とを備えて構成されている。

[0020] 前記第１の制御モードでは、次の制御が行われる。

[0021] 前記モータ制御手段２６では、設定手段２５によって設定されたロボットアーム１１の目標動作に応じ、ロボットアーム１１の経時的な目標位置を特

定するため、時間に対するロボットアーム 11 の関節部分の目標回転値（目標回転角度、目標回転速度、及び目標回転加速度）が求められる。更に、ロボットアーム 11 の現在位置情報に対応する出力側エンコーダ 17 B からの回転角度がフィードバックされ、ロボットアーム 11 の前記目標回転値と前記現在位置情報と、ロボットアーム 11 等の既知の慣性テンソルとから、ロボットアーム 11 の回転動作で要求されるトルク調整装置 16 からの出力トルクである目標トルクが演算によって求められる。そして、当該目標トルクが得られるように、モータ 14 に駆動指令が行われ、ロボットアーム 11 の位置制御が行われる。

[0022] 前記クラッチ制御手段 27 では、次のように、トルク調整装置 16 の前記トルクリミット値が調整される。ここでは、前述のロボットアーム 11 の位置制御によって決定されたモータ 14 の駆動に対応した前記目標トルクよりも若干大きなトルクがトルク調整装置 16 に作用した時点で、入力部 21 に対する出力部 22 の相対回転を許容し、トルク調整装置 16 をスリップ動作させるように、トルクリミット値が決定される。すなわち、前記目標トルクに対して所定のゲインを乗じてトルクリミット値が求められ、当該トルクリミット値でスリップ動作が発生するように、前述したモデルに基づいて、トルク調整装置 16 の動作が調整される。ここでのトルクリミット値は、前記モデルの誤差や電氣的なノイズ等の付加を考慮して、前記目標トルクよりも若干大きく設定される。

[0023] この第 1 の制御モードでは、所望の位置にロボットアーム 11 を動作させる際に、環境中の人間や障害物等の物体がロボットアーム 11 に接触、衝突していないとき等、ロボットアーム 11 に不意の外力が付加されていない場合には、前述の位置制御に基づいて決定された目標トルクで入力部 21 が回転する。当該目標トルクは、このモードで設定されたトルクリミット値よりも低いため、入力部 21 と出力部 22 が一体回転することで、目標トルクの値が出力トルクの値にほぼ一致した状態で、出力部 22 からロボットアーム 11 に伝達され、ロボットアーム 11 の所望の位置制御がなされる。一方で

、人間や物体の衝突によってロボットアーム 11 に外力が付加されると、ロボットアーム 11 が予定の位置に達しなくなり、ロボットアーム 11 の位置情報のフィードバックによる位置制御により、ロボットアーム 11 の移動を促進させるためにモータ 14 の駆動トルクを増加させてしまう。ところが、これに伴って増加した入力部 21 への入力トルクの値は、設定されたトルクリミット値を超えてしまうことになって、トルク調整装置 16 がスリップ動作し、増加した入力トルクがロボットアーム 11 側にそのまま伝達されなくなり、ロボットアーム 11 によって人間や物体に与える衝撃を緩和させることが可能になる。

[0024] 以上の第 1 のモードによれば、ロボットアーム 11 の位置制御を行う過程で、ロボットアーム 11 が不意に環境中の人間や物体等に衝突したときに、トルク調整装置 16 をスリップ動作させることで、衝突時における衝撃力を緩和し、位置制御されたロボットアーム 11 の動作時の安全性を確保することができる。なお、トルク調整装置 16 のスリップ動作を検出したときに、入力部 21 から出力部 22 へのトルク伝達を遮断し、出力部 22 を外力に応じてフリー回転させることもできる。

[0025] 前記第 2 の制御モードでは、次の制御が行われる。

[0026] 第 2 の制御モードが選択されると、モータ制御手段 26 では、第 1 の制御モードと同様の手順でロボットアーム 11 の位置制御が行われるが、クラッチ制御手段 27 では、ロボットアーム 11 が環境中の人間や物体に接触したときでも、ロボットアーム 11 から所望のトルクを出力させるように、トルク調整装置 16 の動作を制御する。このとき、クラッチ制御手段 27 では、モータ 14 の駆動による入力部 21 への入力トルク値よりも低いトルクリミット値が設定され、トルク調整装置 16 がスリップ動作可能になる。その上で、伝達部 23 に対して前記モデルに基づく電氣的な指令がなされ、粘性調整や摩擦増減等の伝達部 23 の作用により、ロボットアーム 11 に繋がる出力部 22 の出力トルクが、入力部 21 の入力トルクよりも低い範囲内での所望の値に調整され、ロボットアーム 11 に対して所望とする力制御が行われ

る。換言すると、設定手段 25 において、人間や物体に接触したときのロボットアーム 11 の所望の動作状態が設定されると、当該動作状態に応じたロボットアーム 11 の回転動作時における目標トルクが特定される。そして、前記クラッチ制御手段 27 では、出力部 22 の出力トルクが前記目標トルクとほぼ同一の値になるように、トルク調整装置 16 に指令がなされ、ロボットアーム 11 は、前記目標トルクで回転動作することになる。

[0027] この第 2 の制御モードでは、入力側エンコーダ 17 A と出力側エンコーダ 17 B からの検出値に基づき、トルク調整装置 16 のスリップ速度を求め、当該スリップ速度に基づき、実際のロボットアーム 11 の動作時における実トルク値を特定し、当該実トルク値をクラッチ制御手段 27 にフィードバックした上で、トルク調整装置 16 の動作制御を行っても良い。また、この場合、ロボットアーム 11 の前記実トルク値を計測可能なトルクセンサを設け、その計測値をクラッチ制御手段 27 にフィードバックする構成を採用することもできる。

[0028] また、トルク調整装置 16 として、前記スリップ速度に応じて伝達トルクが変化する性質のものを採用した場合、入力側エンコーダ 17 A と出力側エンコーダ 17 B からの検出値から求めたスリップ速度をクラッチ制御手段 27 に入力し、スリップ速度をも考慮して、ロボットアーム 11 が前記目標トルクで動作するように、トルク調整装置 16 が制御される。

[0029] この第 2 の制御モードでは、例えば、ロボットアーム 11 を使って建築物の破碎作業を行わせるときのように、ロボットアーム 11 に障害物が接触しても、ロボットアーム 11 をそのまま所望に位置に移動させるような条件を設定した場合、入力部 21 から出力部 22 への伝達トルクの損失を小さくするように、トルク調整装置 16 について、入力部 21 と出力部 22 の連結状態を強くした固い状態に設定される。一方、ティーチング動作等、ロボットアーム 11 を外力によって動かし易くしたい場合には、入力部 21 から出力部 22 への伝達トルクの損失を大きくするように、トルク調整装置 16 について、入力部 21 と出力部 22 の連結状態を弱くした柔らかい状態に設定さ

れる。

[0030] なお、本実施形態においては、制御装置 19 による種々の制御モードを採用することもできる。例えば、運動障害を生じている人間のリハビリ用ロボットとして、モータ 14 を駆動させずに、障害が生じている腕や脚等の体部位を使ってロボットアーム 11 に外力を与え、障害の程度や回復度に応じ、入力部 21 と出力部 22 の連結状態の強弱を変化させるように、トルク調整装置 16 の動作調整をしても良い。また、パワーアシストロボットのように、モータ 14 を駆動させない状態で、人間からロボットアーム 11 に外力を付加したときに、トルク調整装置 16 でのスリップ動作の状態から、ロボットアーム 11 を動作させるモータ 14 の目標トルクを定めることもできる。更に、モータ 14 の力を効果的に伝達するために、モータ 14 の回転開始時においては、トルク調整装置 16 での動力伝達を遮断した状態にし、モータ 14 がある程度の回転数になった時点で、トルク調整装置 16 での動力伝達を徐々に行うようにすることもできる。

[0031] 次に、前記制御システム 10 の変形例としては、図 2 に示されるように、前記実施形態の構成に対し、トルク調整装置 16 の動作に基づいて、ロボットアーム 11 に作用する外力を検出する外力検出装置 35 を更に設けることもできる。この外力検出装置 35 は、制御装置 19 のコンピュータと同一のコンピュータに設けても良いし、それぞれ別に設けても良い。

[0032] 当該変形例における制御装置 19 では、外力検出装置 35 での外力検出のために、モータ 14 とトルク調整装置 16 の動作制御を行う第 3 の制御モードによる制御を更に選択可能となっている。

[0033] 本変形例では、トルク調整装置 16 をスリップ動作させ、次の第 1 ～第 3 の何れかの手法によって、ロボットアーム 11 に作用する外力や把持物体の重量を求めることも可能になっている。

[0034] 前記第 1 の手法では、モータ制御手段 26 及びクラッチ制御手段 27 により、トルク調整装置 16 の入力部 21 と出力部 22 とが一体回転する状態から、入力部 21 の回転状態を変化させずに、トルクリミット値を徐々に減少

させるように、モータ 14 及びトルク調整装置 16 の動作制御が行われる。そして、外力検出装置 35 では、入力部 21 と出力部 22 の相対回転が開始されたとき、すなわち、トルク調整装置 16 のスリップ動作が始まったときのトルクリミット値から、次のようにして外力を求めるようになっている。このときのトルクリミット値は、クラッチ制御手段 27 に付加された電流や電圧等の制御指令値の検知によって前記モデルから特定でき、現時点でロボットアーム 11 全体に作用している総作用トルク値に等しい。また、ロボットアーム 11 のサイズや慣性テンソルは既知であり、ロボットアーム 11 の回転角度、回転角速度、回転角加速度等は、出力側エンコーダ 17B の検出に基づいて特定され、これらを用いた演算によって、ロボットアーム 11 自身の動作による内的トルク値が求められる。そこで、前記総作用トルク値に該当するトルクリミット値から、前記内的トルク値を減算することにより、ロボットアーム 11 が外部との接触によって発生する外的トルク値が求められる。そして、当該外的トルク値から外力や把持物体の重量が演算によって求められる。

[0035] 前記第 2 の手法では、モータ制御手段 26 及びクラッチ制御手段 27 により、入力部 21 の回転状態を維持したまま、トルク調整装置 16 がスリップ動作するように、モータ 14 とトルク調整装置 16 の動作制御が行われる。そして、ロボットアーム 11 に外力が作用したり、所定の重量の把持物体を保持したときに、トルク調整装置 16 のスリップ速度が変化し、出力側エンコーダ 17B で、そのときのロボットアーム 11 の回転角加速度が検出される。外力検出装置 35 では、ロボットアーム 11 の回転角加速度とロボットアーム 11 の既知の慣性モーメントから前記総作用トルク値が演算され、前記第 1 の手法と同様に、総作用トルク値から前記内的トルク値を減算して前記外的トルク値が求められ、外力や把持物体の重量が求められる。

[0036] 前記第 3 の手法では、モータ制御手段 26 及びクラッチ制御手段 27 により、入力部 21 の回転状態を維持したまま、トルク調整装置 16 がスリップ動作するように、モータ 14 とトルク調整装置 16 の動作制御が行われる。

そして、トルクリミット値と総作用トルク値とが平衡状態となって、トルク調整装置 1 6 のスリップ速度が一定になったときに、このときのトルクリミット値を総作用トルク値として特定し、前記各手法と同様にして前記外的トルク値を求め、外力や把持物体の重量が求められる。

[0037] その他、本発明における装置各部の構成は図示構成例に限定されるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。

符号の説明

- [0038]
- 1 0 制御システム
 - 1 1 ロボットアーム
 - 1 2 重力補償機構
 - 1 4 モータ
 - 1 6 トルク調整装置
 - 1 7 センサ
 - 1 9 制御装置
 - 2 1 入力部
 - 2 2 出力部
 - 2 3 伝達部
 - 3 5 外力検出装置

請求の範囲

[請求項1] 所定の空間内で移動可能に設けられたロボットアームと、当該ロボットアームを動作させるモータと、当該モータから前記ロボットアームに伝達される伝達トルクを調整可能に動作するトルク調整装置と、前記ロボットアームの動作制御を行う制御装置とを備えたロボットアームの制御システムにおいて、

前記ロボットアームには、当該ロボットアームによる重力の影響をキャンセルする重力補償機構が設けられ、

前記制御装置では、前記ロボットアームの重力の影響を考慮せずに、前記トルク調整装置での伝達トルクの調整を指令することを特徴とするロボットアームの制御システム。

[請求項2] 前記トルク調整装置は、前記モータ側に繋がって当該モータの駆動により回転可能に設けられた入力部と、前記ロボットアーム側に繋がって回転可能に設けられた出力部と、これら入力部と出力部との間に配置されるとともに、前記入力部から前記出力部に動力を伝達可能に設けられた伝達部とを備え、前記入力部の回転による入力トルクが所定のトルクリミット値以下のときに、前記入力部と前記出力部が一体的に回転して、前記出力部の回転による出力トルクの値を前記入力トルクの値とほぼ同一にする一方、前記入力トルクが前記トルクリミット値を超えたときに、前記入力部と前記出力部の相対回転を許容するスリップ動作により、前記出力トルクの値を前記入力トルクの値から低減させるように設けられ、

前記制御装置では、前記ロボットアームの所望の動作モードに応じて、前記伝達トルクを調整するように前記トルク調整装置に指令することを特徴とする請求項1記載のロボットアームの制御システム。

[請求項3] 前記制御装置では、安全性を考慮した前記ロボットアームの位置制御を行う第1の制御モードによる制御と、前記入力トルクに対する前記出力トルクの大きさを調整することで、前記ロボットアームの力制

御を行う第2の制御モードによる制御とを選択可能に設けられ、

前記第1の制御モードでは、前記ロボットアームの位置制御に必要なとなる前記モータの回転による前記入力トルクよりもやや大きい値を前記トルクリミット値に設定し、

前記第2の制御モードでは、前記ロボットアームの動作における目標トルクが得られるように、前記伝達トルクを調整することを特徴とする請求項2記載のロボットアームの制御システム。

[請求項4] 前記ロボットアームに作用する外力を検出する外力検出装置を更に備え、

前記制御装置では、前記外力検出装置での外力の検出のために前記モータと前記トルク調整装置の動作制御を行う第3の制御モードによる制御を更に選択可能に設けられ、

前記外力検出装置では、前記第3の制御モードによる制御による前記トルク調整装置のスリップ動作に基づいて、前記外力を求めることを特徴とする請求項3記載のロボットアームの制御システム。

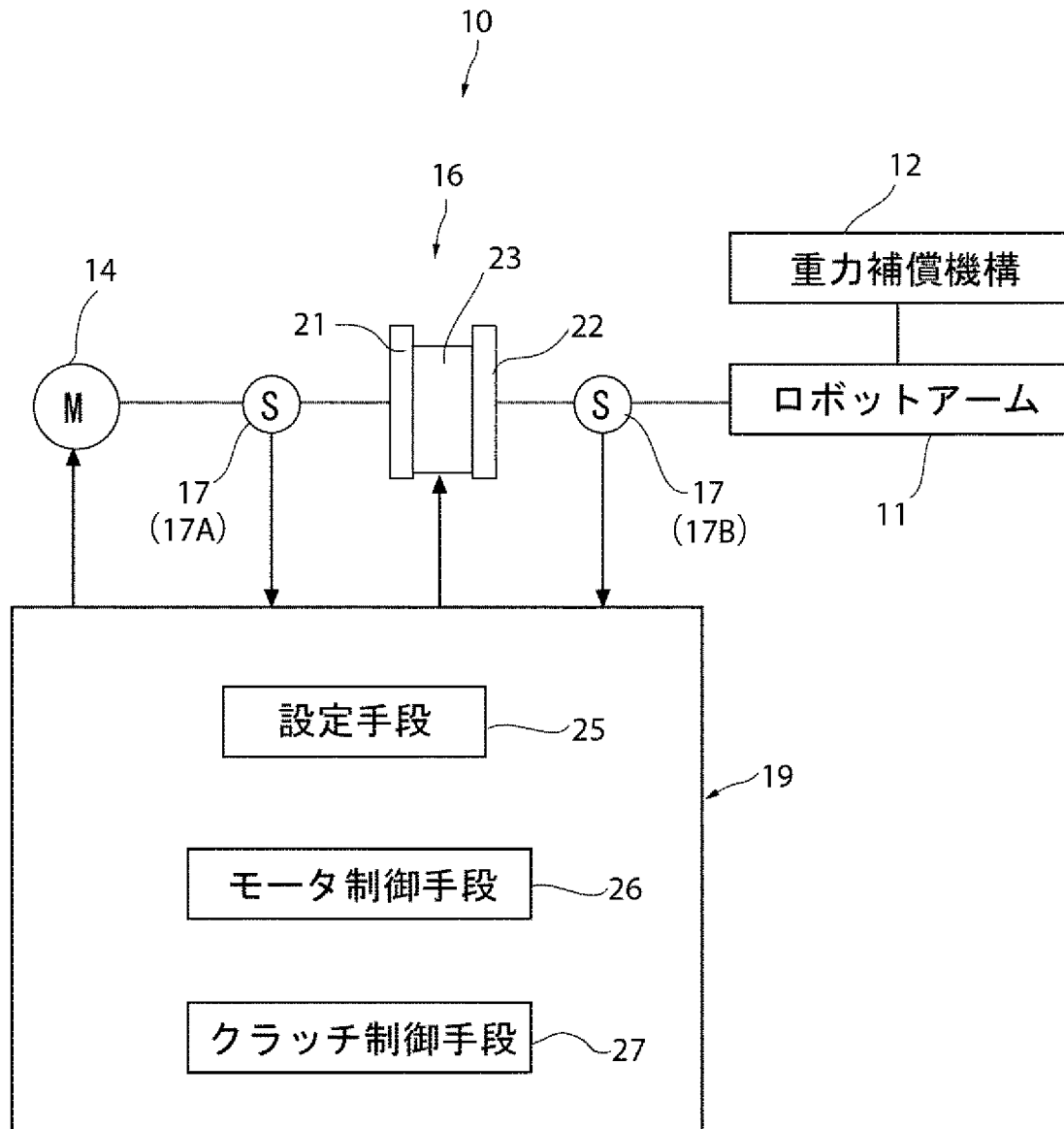
[請求項5] 前記制御装置では、前記入力部と前記出力部が一体的に回転する状態から、前記入力部の回転状態を変化させずに、前記トルクリミット値を徐々に減少させるように、前記モータと前記トルク調整装置の動作制御を行い、

前記外力検出装置では、前記スリップ動作の開始時の前記トルクリミット値から、前記外力を演算で求めることを特徴とする請求項4記載のロボットアームの制御システム。

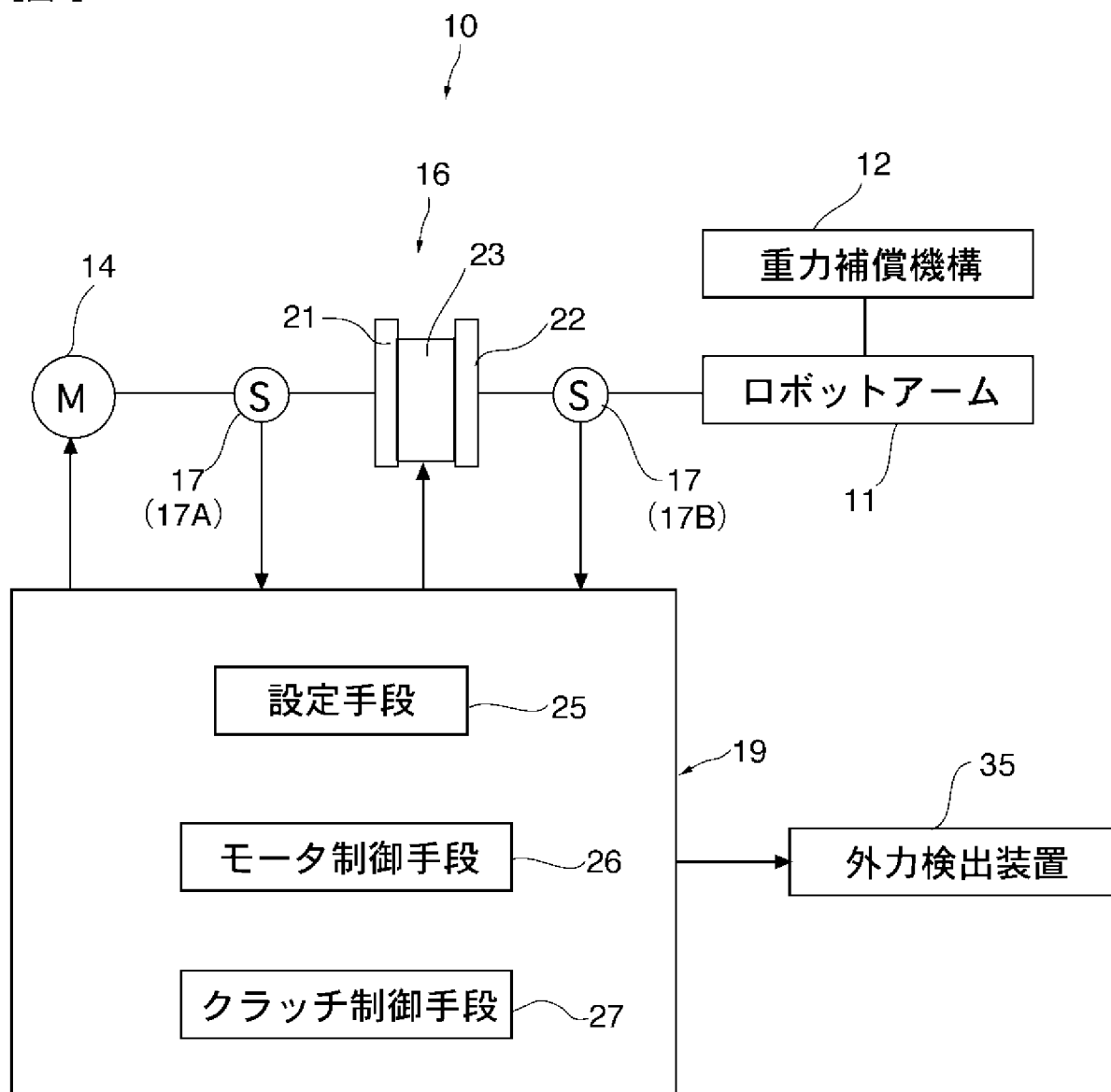
[請求項6] 前記制御装置では、前記入力部の回転状態を維持したまま、当該入力部と前記出力部とが相対回転するように、前記モータと前記トルク調整装置の動作制御を行い、

前記外力検出装置では、前記スリップ動作の相対回転速度に基づいて、前記外力を演算で求めることを特徴とする請求項4記載のロボットアームの制御システム。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J19/06(2006.01) i

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	JP 2013-169628 A (Nikon Corp.), 02 September 2013 (02.09.2013), paragraphs [0011] to [0021], [0041] to [0046] (Family: none)	1-3 4-6
Y	JP 8-323663 A (Meidensha Corp., Nissan Motor Co., Ltd.), 10 December 1996 (10.12.1996), paragraphs [0004], [0017] (Family: none)	1-3

☐ 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
03 August 2016 (03.08.16)

Date of mailing of the international search report
16 August 2016 (16.08.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B25J19/06 (2006.01) i

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））

Int.Cl. 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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 A	JP 2013-169628 A（株式会社ニコン） 2013. 09. 02, 段落[0011]-[0021], [0041]-[0046]（ファミリーなし）	1-3 4-6
Y	JP 8-323663 A（株式会社明電舎, 日産自動車株式会社） 1996. 12. 10, 段落[0004], [0017]（ファミリーなし）	1-3

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矛盾するものではなく、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

03. 08. 2016

国際調査報告の発送日

16. 08. 2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

佐々木 一浩

3 U

9 4 2 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3364