

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年3月19日 (19.03.2009)

PCT

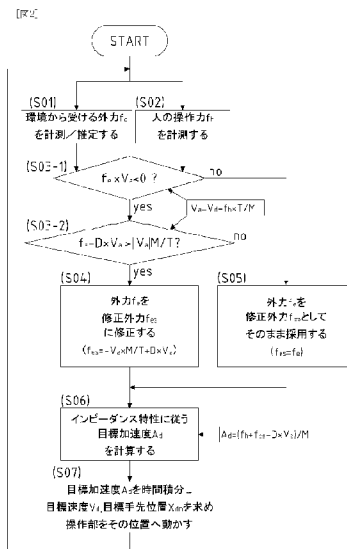
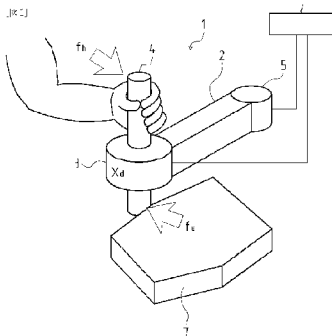
(10) 国際公開番号
WO 2009/034962 A1

- (51) 国際特許分類: *B25J 13/08* (2006.01) *B25J 3/00* (2006.01)
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 武居 直行 (TAKE-SUE, Naoyuki) [JP/JP]; 〒1910065 東京都日野市旭が丘六丁目6番地公立大学法人首都大学東京内 Tokyo (JP). 藤本 英雄 (FUJIMOTO, Hideo) [JP/JP]; 〒4668555 愛知県名古屋市昭和区御器所町国立大学法人名古屋工業大学内 Aichi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/066212
- (22) 国際出願日: 2008年9月9日 (09.09.2008)
- (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2007-237034 2007年9月12日 (12.09.2007) JP
- (74) 代理人: 矢野 寿一郎 (YANO, Juichiro); 〒5406134 大阪府大阪市中央区城見二丁目1番61号 ツイン21 MIDタワー34階 矢野内外国特許事務所 Osaka (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP). 国立大学法人名古屋工業大学 (Nagoya Institute of Technology) [JP/JP]; 〒4668555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 Aichi (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,

[続葉有]

(54) Title: POWER ASSIST DEVICE AND ITS CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: パワーアシスト装置およびその制御方法



- S01... MEASURE/ESTIMATE EXTERNAL FORCE f_e APPLIED BY ENVIRONMENT
- S02... MEASURE USER'S OPERATION FORCE f_n
- S04... CORRECT EXTERNAL FORCE f_e INTO CORRECTED EXTERNAL FORCE f_{es}
- S05... EMPLOY EXTERNAL FORCE f_e DIRECTLY AS CORRECTED EXTERNAL FORCE f_{es}
- S06... CALCULATE TARGET ACCELERATION A_d IN ACCORDANCE WITH IMPEDANCE CHARACTERISTIC
- S07... TEMPORARILY INTEGRATE THE TARGET ACCELERATION A_d SO AS TO OBTAIN TARGET SPEED V_d AND TARGET HAND TIP POSITION $X_{d(m)}$ AND MOVE OPERATION UNIT TO THAT POSITION

(57) Abstract: It is possible to provide a power assist device which can maintain a stable contact state without causing an oscillation phenomenon even if a robot is brought into contact with an environment. A method for controlling the power assist device is also provided. The power assist device (1) includes: an inner force sensor (3) which detects an operation force applied by an operator; an operation handle (4) having the inner force sensor (3); a robot arm (2) which supports the operation handle (4); an actuator (5) which drives the robot arm (2); the actuator (5) and a control device (6) which measure or estimate a force applied when the robot arm (2) is brought into contact with an environment; and the actuator (5) and the control device (6) which detect or estimate a motion speed of the operation handle (4). The control device (6) acquires a corrected external force (f_{es}) according to the operation force (f_n) detected by the inner force sensor (3) and an external force (f_e) detected by the actuator (5) and the control device (6) as external force derivation means and controls the actuator (5) so that the corrected external force (f_{es}) acts on the operation handle (4).

(57) 要約: ロボットが環境に接触しても発振現象を生じることがなく、安定した接触状態を維持できるパワーアシスト装置およびその制御方法を提供することを課題とする。本発明に係る

[続葉有]

WO 2009/034962 A1



ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

パワーアシスト装置 (1) は、操作者による操作力を検出する力覚センサ (3) と、力覚センサ (3) を備えた操作ハンドル (4) と、操作ハンドル (4) を支持するロボットアーム (2) と、ロボットアーム (2) を駆動するアクチュエータ (5) と、ロボットアーム (2) が環境と接触した時に受ける力を計測もしくは推定するアクチュエータ (5) および制御装置 (6) と、操作ハンドル (4) の移動速度を検出もしくは推定するアクチュエータ (5) および制御装置 (6) と、を備える。制御装置 (6) は、力覚センサ (3) により検出した操作力 (f_h) と、外力導出手段たるアクチュエータ (5) および制御装置 (6) により検出した外力 (f_e) と、に基づいて修正外力 (f_{es}) を求めて、修正外力 (f_{es}) が操作ハンドル (4) に作用するようにアクチュエータ (5) を制御する。

明 細 書

パワーアシスト装置およびその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、パワーアシスト装置およびその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、製造現場では、作業者の労力軽減や作業性向上のためにパワーアシスト装置と呼ばれるロボットが用いられている。そして、パワーアシスト装置の制御方法としては、位置制御ベースの機械インピーダンス制御(所謂、アドミッタンス制御)が広く採用されている。

[0003] アドミッタンス制御では、通常は高ゲインの位置制御を行っており、その目標位置は力覚センサの情報に基づいて決めているため、力覚センサを介さずにパワーアシスト装置に加えられた力は制御動作において考慮されず、マニピュレータは殆ど動作しない。つまり、力覚センサによる検出部位以外の部位において、パワーアシスト装置と環境(外界)との接触があつたとしても、パワーアシスト装置は接触を考慮することなく作動し続ける。

今後は、人とロボットが空間を共有していく状況がますます増えるため、ロボットが人や環境と接触することを考慮したアドミッタンス制御が必要となる。

[0004] 力覚センサを介さずにパワーアシスト装置に作用した外力の推定値を併用することにより、環境との接触を考慮したアドミッタンス制御の手法が以下に示す非特許文献1に開示されている。

非特許文献1に示されている環境との接触を考慮した制御方法においては、未知の外力に対してコンプライアントな動作が実現できる。しかしながら、この制御方法では操作者がロボットを環境に接触させてから、ロボットを環境にさらに押し付けた場合に、ロボットが押し付け方向および反押し付け方向に向けて振動する(所謂、発振現象が生じる)ことが知られている。本来、操作力と外力が完全に均衡した状態であれば発振現象は生じないはずであるが、両者の間にわずかでも差があれば発振現象が生じ得るものである。この発振現象は、パワーアシスト装置を用いた押し付け作業

のようにロボットと環境との接触が前提となる場合には問題となる。

[0005] この問題を解決するために、これまでは、操作者によってパワーアシスト装置の押し付け具合を調整するような対処方法しか見出せていなかった。また、パワーアシスト装置の動作に係るパラメータのうち、粘性抵抗を増す設定をすることによっても発振現象を抑えることができるが、この場合にはパワーアシスト装置の操作に必要な操作力が大きくなり操作性が悪化してしまうという別の問題が生じるため、実用上好ましくなかった。

つまり、従来技術では、パワーアシスト装置を用いた押し付け作業で生じる発振現象を抑える有効な方法が存在していなかった。

非特許文献1:磯将人、関弘和、堀洋一著、負荷特性に応じたインピーダンス制御を用いたセンサレスパワーアシスト法、電気学会産業計測制御研究会 IIC-02-40 (2002)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] そこで本発明は、ロボットが環境に接触しても発振現象を生じることがなく、安定した接触状態を維持できるパワーアシスト装置およびその制御方法を提供することを課題としている。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の第一の態様であるパワーアシスト装置は、操作者により操作される操作部位と、前記操作部位に加えられた操作力を検出する操作力検出手段と、前記操作部位を支持するロボットアームと、前記ロボットアームを駆動する駆動手段と、前記ロボットアームが環境と接触した時に受ける力を計測する外力計測手段、もしくは、前記支持部が環境と接触した時に受ける力を推定する外力推定手段と、前記操作部位の移動速度を検出する速度検出手段、もしくは、前記操作部位の移動速度を推定する速度推定手段と、を備えるパワーアシスト装置であって、前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、に基づいて修正外力を求めて、前記操作力と前記修正外力とが前記操作部位に作用するように前記駆動手段を制御する、制御装置を備えるものである。

- [0008] また、本発明のパワーアシスト装置においては、前記制御装置は、前記操作力検出手段により検出した操作力によって計算される操作速度と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力によって計算される接触速度と、を比較し、前記操作速度と前記接触速度の向きが互いに反対で、かつ、前記接触速度が前記操作速度に比して大きい場合には、前記接触速度を、前記操作速度の大きさを上限とする値に制限して、前記修正外力を求め、前記操作速度と前記接触速度の向きが互いに同じである場合、もしくは、前記接触速度が前記操作速度に比して小さい場合には、前記外力をそのまま前記修正外力として採用するものである。
- [0009] また、本発明のパワーアシスト装置においては、前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、を比較し、前記操作力と前記外力の作用方向が反対向きで、かつ、前記外力が予め定めた閾値よりも大きい場合には、前記外力を前記操作力および前記外力によって計算される速度が「0」となる値に制限して前記修正外力を求め、前記操作力と前記外力の作用方向が同じ向きである場合、もしくは、前記外力が予め定めた閾値よりも小さい場合には、前記外力をそのまま修正外力として採用するものである。
- [0010] 本発明の第二の態様であるパワーアシスト装置の制御方法は、操作者により操作される操作部位と、前記操作部位に加えられた操作力を検出する操作力検出手段と、前記操作部位を支持するロボットアームと、前記ロボットアームを駆動する駆動手段と、前記ロボットアームが環境と接触した時に受ける力を計測する外力計測手段、もしくは、前記支持部が環境と接触した時に受ける力を推定する外力推定手段と、前記操作部位の移動速度を検出する速度検出手段、もしくは、前記操作部位の移動速度を推定する速度推定手段を備えるパワーアシスト装置の制御方法であって、前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、に基づいて修正外力を求めて、前記操作力と前記修正外力が前記操作部位に作用するように前記駆動手段を制御するものである。
- [0011] また、本発明のパワーアシスト装置の制御方法においては、前記操作力検出手段により検出した操作力によって計算される操作速度と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力によって計算される接触速度と、を比較し、前記

操作速度と前記接触速度の向きが互いに反対で、かつ、前記接触速度が前記操作速度に比して大きい場合には、前記接触速度を、前記操作速度の大きさを上限とする値に制限して、前記修正外力を求め、前記操作速度と前記接触速度の向きが互いに同じである場合、もしくは、前記接触速度が前記操作速度に比して小さい場合には、前記外力をそのまま前記修正外力として採用するものである。

[0012] また、本発明のパワーアシスト装置の制御方法においては、前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、を比較し、前記操作力と前記外力の作用方向が反対向きで、かつ、前記外力が予め定めた閾値よりも大きい場合には、前記外力を前記操作力および前記外力によって計算される速度が「0」となる値に制限して前記修正外力を求め、前記操作力と前記外力の作用方向が同じ向きである場合、もしくは、前記外力が予め定めた閾値よりも小さい場合には、前記外力をそのまま修正外力として採用するものである。

発明の効果

[0013] 本発明のパワーアシスト装置によれば、パワーアシスト装置が環境に接触しても発振現象を生じることがなく、安定した接触状態を維持できる。

[0014] また、本発明のパワーアシスト装置においては、操作力を修正するのではなく、外力に制限を加える修正をすることにより、操作性を犠牲にすること無くパワーアシスト装置の発振現象を抑えることができる。

[0015] また、本発明のパワーアシスト装置においては、操作性を犠牲にすること無く、より確実にパワーアシスト装置の発振現象を抑えることができる。

[0016] 本発明のパワーアシスト装置の制御方法によれば、パワーアシスト装置が環境に接触しても発振現象を生じることがなく、安定した接触状態を維持できる。

[0017] また、本発明のパワーアシスト装置の制御方法においては、操作力を修正するのではなく、外力に制限を加える修正をすることにより、操作性を犠牲にすること無くパワーアシスト装置の発振現象を抑えることができる。

[0018] また、本発明のパワーアシスト装置の制御方法においては、操作性を犠牲にすること無く、より確実にパワーアシスト装置の発振現象を抑えることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置が環境と接触する状況を示す模式図である。

[図2]本発明の一実施例に係るアドミッタンス制御の制御フロー図である。

[図3]多次元の系に対する本発明の適用を説明する速度ベクトル図であり、(a)は第一速度ベクトル図、(b)は第二速度ベクトル図、(c)は第三速度ベクトル図、(d)は第四速度ベクトル図である。

[図4]本発明の適用効果を確認する実験装置の概略図であり、(a)は平面図、(b)は側面図である。

[図5]アドミッタンス制御時の手先位置、操作力、推定外力の経時変化を表すグラフであり、(a)は通常のアドミッタンス制御(操作力の情報のみ)による実験結果、(b)は従来のアドミッタンス制御(操作力と推定外力の情報)による実験結果、(c)は本発明の一実施例に係るアドミッタンス制御による実験結果である。

発明を実施するための最良の形態

[0020] 次に、添付の図面を参照して発明の実施の形態を説明する。

まず始めに、図1に示す作業を例に挙げて、本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置1およびその制御方法について説明する。

図1に示す如く、パワーアシスト装置1は、ロボットアーム2、力覚センサ3、操作ハンドル4、アクチュエータ5、制御装置6等を具備する。

ロボットアーム2は、駆動手段たるアクチュエータ5により支持されており、制御装置6からの指令に応じてアクチュエータ5が作動し、種々の姿勢をとることができるロボット装置である。

[0021] ロボットアーム2の先端部には、操作力検出手段たる力覚センサ3を介して操作部位たる操作ハンドル4が配設されており、操作ハンドル4を操作者が把持してロボットアーム2を所望する位置に移動させることができる。また、その移動の際に操作者によって操作ハンドル4に加えられた操作力を力覚センサ3で検出している。

[0022] アクチュエータ5は、ロボットアーム2を支持し駆動するのみならず、ロボットアーム2の姿勢を検出したり、速度検出手段として操作ハンドル4の操作速度を検出したりす

ることができる。

このアクチュエータ5により検出されるロボットアーム2の姿勢情報および操作ハンドル4の操作速度情報に基づいて、外力推定手段および速度推定手段たる制御装置6によって、ロボットアーム2に作用する環境から受ける外力(接触力)を推定している。

尚、制御装置6によって推定した推定値を環境から受ける外力として採用しているが、接触検出用の外力計測手段たる力覚センサを別途備える構成とし、環境から受ける外力として実際の計測値を採用することも可能である。

[0023] ロボットアーム2が環境(例えば、障害物7)と接触するときには、ロボットアーム2には、操作者が加える操作力 f_h と障害物7から受ける外力 f_e が作用する。アドミッタンス制御では、この操作力 f_h と外力 f_e を検出または推定し、その検出値または推定値に基づいて、制御装置6によって所望するインピーダンスを実現する目標手先位置 x_{dm} を演算する。そして、その目標手先位置 x_{dm} にロボットアーム2の手先位置 x_d を移動させるように、制御装置6によってロボットアーム2を駆動するアクチュエータ5を制御している。

[0024] そして、図1に示すような状況では、操作力 f_h および外力 f_e を推定する(あるいは直接計測する)ことによって得る情報に基づいて、以下に示す数式1が成立する。

[0025] [数1]

$$\alpha f_h + f_e = M\ddot{x}_d + D\dot{x}_d$$

上式において、 α はアシスト比、 M は慣性力、 D は粘性力を示している。尚、以後の説明では説明を簡単にするために $\alpha = 1$ とする。

[0026] このように、複数の力(即ち、操作力 f_h および外力 f_e)の情報を用いて目標手先位置 x_{dm} を計算する場合、これら複数の力の合力が「0」となり均衡を保っていなければ、目標手先位置 x_{dm} を一定値に整定することができない。

また、力覚センサ3による力の検出遅れや演算時間に起因する遅れ等も考慮しなければ、制御装置6によって、一定値に整定した目標手先位置 x_{dm} を求めることができない。

[0027] パワーアシスト装置1の制御方法の一実施例では、操作力 f_h と外力 f_e の状況に応じ

て、前記数式1の計算に用いる外力 f_e を修正する制御方法を採用し、パワーアシスト装置1に発振現象が生じることを防止するようにしている。以下にその具体的な制御方法を説明していく。

[0028] まず、一次元のモデルで考えると、手先位置 x_d が速度 V_d で移動している状況において、操作力 f_h が作用する場合、以下に示す数式2が成立し、速度 V_a を得る。

[0029] [数2]

$$\begin{aligned} V_a &= V_d + Tf_h / M \\ &= \dot{x}_d + Tf_h / M \quad (V_d = \dot{x}_d) \end{aligned}$$

上式において、Tはサンプリング時間を示している。

[0030] この速度 V_a と外力 f_e が同じ向きするとき(即ち、 $V_a \cdot f_e > 0$)には、修正外力 f_{es} として外力 f_e をそのまま採用し、また、速度 V_a と外力 f_e が逆向きするとき(即ち、 $V_a \cdot f_e < 0$)には、以下の数式3により修正外力 f_{es} を求める。

[0031] [数3]

$$f_{es} = \begin{cases} -V_a M / T + DV_a \cdots if |V_a| \leq |f_e - DV_a| T / M \\ f_e & \cdots otherwise \end{cases}$$

[0032] これにより、操作力 f_h と修正外力 f_{es} から、操作部位の次の目標手先位置 x_{dm} が求められ、操作力 f_h と修正外力 f_{es} が均衡する状態が維持されるため、目標手先位置 x_{dm} の演算結果が発振することはない、安定した接触状態を保持できる。

[0033] 次に、本発明に係るアドミッタンス制御の制御フローについて、図2を用いて説明する。

図2に示す如く、本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置の制御方法では、制御動作が開始されると、まず環境から受ける外力 f_e を計測、もしくは推定により求めて(S01)、なおかつ、操作者による操作力 f_h を計測する(S02)。

[0034] 次に、ステップ(S01)およびステップ(S02)で求めた外力 f_e と操作力 f_h に基づいて、制御装置6によって条件判定をし(S03-1およびS03-2)、ステップ(S03-1)とステップ(S03-2)の両方を満足している場合はステップ(S04)へと進み、それ以外の場合はステップ(S05)へと進む。

[0035] ステップ(S04)では、次の目標速度が「0」となるように、制御装置6によって外力 f_e

を修正外力 f_{es} に修正している。環境に対してロボットアーム2が接触する時には速度 V_d はほとんど「0」であるため、これは、外力 f_e を操作力 f_h に制限してロボットアーム2を振動しないように制御していると考えることができる。

[0036] また、ステップ(S05)では、修正外力 f_{es} として外力 f_e をそのまま採用している。

[0037] そして、ステップ(S04)またはステップ(S05)で計算した修正外力 f_{es} に基づいて、制御装置6によって目標加速度 A_d を計算し(S06)、さらに求めた目標加速度 A_d を時間積分して、目標速度 V_d および目標手先位置 x_{dm} を計算し(S07)、目標速度 V_d および目標手先位置 x_{dm} となるようにロボットアーム2を支持するアクチュエータ5の駆動を制御装置6によって制御している。尚、図2に示す制御フロー中の各演算処理は制御装置6によって行っている。

そして、目標加速度 A_d は、以下の数式4により求めている。

[0038] [数4]

$$A_d = (f_h + f_{es} - D \cdot V_d) / M$$

[0039] 即ち、操作者による操作力を検出する力覚センサ3と、力覚センサ3を備えた操作ハンドル4と、操作ハンドル4を支持するロボットアーム2と、ロボットアーム2を駆動するアクチュエータ5と、ロボットアーム2が環境と接触した時に受ける力を計測もしくは推定するアクチュエータ5および制御装置6と、操作ハンドル4の移動速度を検出もしくは推定するアクチュエータ5および制御装置6を備えるパワーアシスト装置1の制御方法であって、力覚センサ3により検出した操作力 f_h と、アクチュエータ5および制御装置6により求めた外力 f_e に基づき修正外力 f_{es} を求めて、修正外力 f_{es} を操作ハンドル4に作用するようにアクチュエータ5を制御している。

このような構成により、ロボットアーム2が環境(障害物7)に接触してもパワーアシスト装置1の発振現象を生じることがなく、安定した接触状態を維持できる。

[0040] また、力覚センサ3により検出した操作力 f_h と、アクチュエータ5および制御装置6により求めた外力 f_e とを比較し、操作力 f_h に比して外力 f_e が大きい場合には、操作力 f_h を上限とする値に外力 f_e を制限して修正外力 f_{es} を求め、外力 f_e に比して操作力 f_h が大きい場合には、外力 f_e をそのまま採用して修正外力 f_{es} を求めている。

このように、操作力 f_h を修正するのではなく、外力 f_e に制限を加える修正をすること

により、操作性を犠牲にすること無くパワーアシスト装置1の発振現象を抑えることができる。

- [0041] さらに、アクチュエータ5および制御装置6により検出した操作力 f_h と、アクチュエータ5および制御装置6により求めた外力 f_e とが、反対向きで、外力 f_e が予め定めた閾値よりも大きい場合には、外力 f_e を操作力 f_h および外力 f_e によって計算される速度が「0」となる値に制限して修正外力 f_{es} を求め、外力 f_e が予め定めた閾値よりも小さい場合、もしくは、操作力 f_h と同じ向きである場合には、外力 f_e をそのまま修正外力 f_{es} として採用している。

このように、閾値を設定して制御動作に不感帯を設けることにより、操作性を犠牲にすること無く、より確実にパワーアシスト装置1の発振現象を抑えることができる。

- [0042] また、本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置の制御方法は、一次元のモデルに対する適用に限定されるものではなく、多次元のモデルであっても適用することができる。

ここで、本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置の制御方法を、多次元のモデルに適用する場合について、図3を用いて説明する。ただしここでは、説明を簡単にするために、粘性力 $D=0$ としている。

- [0043] 図3(a)に示す如く、操作力による速度ベクトル V_a および外力から求められる速度ベクトル Tf_e/M がある状態を例として、前記数式2により求まる操作力による速度ベクトル V_a を、外力から求められる速度ベクトル Tf_e/M の方向とその垂直方向の成分(V_1, V_2)に分けて考えると、図3(b)のように表すことができる。

そして、図3(c)に示す如く、速度ベクトル Tf_e/M が、 V_1 の逆向きであって、かつ、大きさが V_1 に比して大きい場合には修正を行い、修正した速度ベクトル Tf_{es}/M を、 $-V_1$ とする。

そして、図3(d)に示す如く、最終的に操作力と修正外力から得られる移動方向は V_k となる。つまり、環境から外力を受ける方向には力が働かないため、発振することがない。

また、環境の接線方向に加える操作力(即ち、環境の外縁部の接線方向に沿わせてパワーアシスト装置を動かす操作)を妨げることがない。

[0044] 次に、本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置の制御方法の適用効果を確認した実験結果について、図4および図5を用いて説明する。

[0045] 図4(a)および(b)に示す如く、パワーアシスト装置1は、ロボットアーム2の手先位置に力覚センサ3を配設しており、力覚センサ3を介して操作ハンドル4をロボットアーム2の手先位置に配設している。

そして、操作ハンドル4にバネばかり8のフック8aを引っ掛けて、操作者がバネばかり8を介して操作ハンドル4を引っ張ってロボットアーム2を変位させるように実験装置を構成している。

[0046] そして、操作者がバネばかり8を介して操作ハンドル4を引っ張ると、所定の位置でロボットアーム2が環境(障害物7)と接触するようにし、ロボットアーム2が障害物7と接触した際の、操作力 f_h を力覚センサ3により検出する。また、接触による推定外力 f_e および手先位置 x_d は、ロボットアーム2を駆動するアクチュエータ5から得られる位置情報等に基づく演算によって求めている。

[0047] 前述した実験装置による実験結果を、図5(a)、(b)および(c)に示している。尚、図5(a)、(b)および(c)では、横軸に時間(s)を取っており、グラフ中の時間が9(s)を過ぎたあたりに表示している点線によって、ロボットアーム2が環境(障害物7)と接触したタイミングを示している。

[0048] まず、通常のアドミッタンス制御(即ち、操作力 f_h の情報のみでロボットアーム2をアシスト制御する)による実験結果を説明する。

図5(a)に示す如く、この場合、ロボットアーム2が環境(障害物7)に接触した後も、ほとんど接触による影響がなく手先位置 x_d および操作力 f_h は変化している。

一方、接触による推定外力 f_e は、ここでは制御には用いられていないが、推定外力 f_e は大きく変化しているため、この制御方法ではロボットアーム2によって、環境を破壊する可能性があることが判る。

[0049] 次に、さらに接触による推定外力 f_e の情報を加味した場合のアドミッタンス制御(即ち、操作力 f_h と接触による推定外力 f_e の情報でロボットアーム2をアシスト制御する)による実験結果を説明する。

図5(b)に示す如く、この場合、ロボットアーム2が環境(障害物7)に接触した後は、

手先位置 x_d がそれ以上環境に食い込むようなことはないが、接触による推定外力 f_e の変化により、発振現象が生じていることが判る。

このとき、操作者の手加減により、ロボットアーム2の環境(障害物7)に対する押付け力を弱くすれば発振させないこともできるが、微妙な力加減が必要となる。

[0050] 最後に、本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置の制御方法を適用し、接触による推定外力 f_e を修正し、修正外力 f_{es} の情報を加味したアドミッタンス制御による実験結果を説明する。

図5(c)に本発明に係るアドミッタンス制御(即ち、外力 f_e を操作力 f_h に応じて修正した情報(修正外力 f_{es})でロボットアーム2をアシスト制御する)による実験結果を示す。

この場合、ロボットアーム2が環境(障害物7)に接触してから押付け状態に至るまで、手先位置 x_d が発振すること無く一定位置で安定しており、安定した接触状態を維持していることが確認できる。

[0051] このように、本発明の一実施例に係るパワーアシスト装置の制御方法を適用することにより、ロボットが環境と接触しても、パワーアシスト装置に発振現象を生じることが無いため、押し付け作業においても安定した接触状態を維持できるパワーアシスト装置を提供することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0052] 本発明に係るパワーアシスト装置およびその制御方法は、自動車等の組立ラインに備わるパワーアシスト装置において利用可能であるだけでなく、パワーアシスト装置を使用する各種用途において、広く利用可能である。

請求の範囲

- [1] 操作者により操作される操作部位と、
前記操作部位に加えられた操作力を検出する操作力検出手段と、
前記操作部位を支持するロボットアームと、
前記ロボットアームを駆動する駆動手段と、
前記ロボットアームが環境と接触した時に受ける力を計測する外力計測手段、もしくは、前記支持部が環境と接触した時に受ける力を推定する外力推定手段と、
前記操作部位の移動速度を検出する速度検出手段、もしくは、前記操作部位の移動速度を推定する速度推定手段と、を備えるパワーアシスト装置であって、
前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、に基づいて修正外力を求めて、
前記操作力と前記修正外力とが前記操作部位に作用するように前記駆動手段を制御する、
制御装置を備えることを特徴とするパワーアシスト装置。
- [2] 前記制御装置は、
前記操作力検出手段により検出した操作力によって計算される操作速度と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力によって計算される接触速度と、を比較し、
前記操作速度と前記接触速度の向きが互いに反対で、かつ、前記接触速度が前記操作速度に比して大きい場合には、
前記接触速度を、前記操作速度の大きさを上限とする値に制限して、前記修正外力を求め、
前記操作速度と前記接触速度の向きが互いに同じである場合、もしくは、前記接触速度が前記操作速度に比して小さい場合には、
前記外力をそのまま前記修正外力として採用する、
ことを特徴とする請求項1記載のパワーアシスト装置。
- [3] 前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、を比較し、

前記操作力と前記外力の作用方向が反対向きで、かつ、前記外力が予め定めた閾値よりも大きい場合には、

前記外力を前記操作力および前記外力によって計算される速度が「0」となる値に制限して前記修正外力を求め、

前記操作力と前記外力の作用方向が同じ向きである場合、もしくは、前記外力が予め定めた閾値よりも小さい場合には、

前記外力をそのまま修正外力として採用する、
ことを特徴とする請求項1記載のパワーアシスト装置。

- [4] 操作者により操作される操作部位と、
前記操作部位に加えられた操作力を検出する操作力検出手段と、
前記操作部位を支持するロボットアームと、
前記ロボットアームを駆動する駆動手段と、
前記ロボットアームが環境と接触した時に受ける力を計測する外力計測手段、
もしくは、前記支持部が環境と接触した時に受ける力を推定する外力推定手段と、
前記操作部位の移動速度を検出する速度検出手段、
もしくは、前記操作部位の移動速度を推定する速度推定手段を備えるパワーアシスト装置の制御方法であって、
前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、に基づいて修正外力を求めて、
前記操作力と前記修正外力が前記操作部位に作用するように前記駆動手段を制御する、
ことを特徴とするパワーアシスト装置の制御方法。

- [5] 前記操作力検出手段により検出した操作力によって計算される操作速度と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力によって計算される接触速度と、を比較し、
前記操作速度と前記接触速度の向きが互いに反対で、かつ、前記接触速度が前記操作速度に比して大きい場合には、
前記接触速度を、前記操作速度の大きさを上限とする値に制限して、前記修正外

力を求め、

前記操作速度と前記接触速度の向きが互いに同じである場合、もしくは、前記接触速度が前記操作速度に比して小さい場合には、

前記外力をそのまま前記修正外力として採用する、

ことを特徴とする請求項4記載のパワーアシスト装置の制御方法。

[6] 前記操作力検出手段により検出した操作力と、前記外力計測手段もしくは前記外力推定手段により検出した外力と、を比較し、

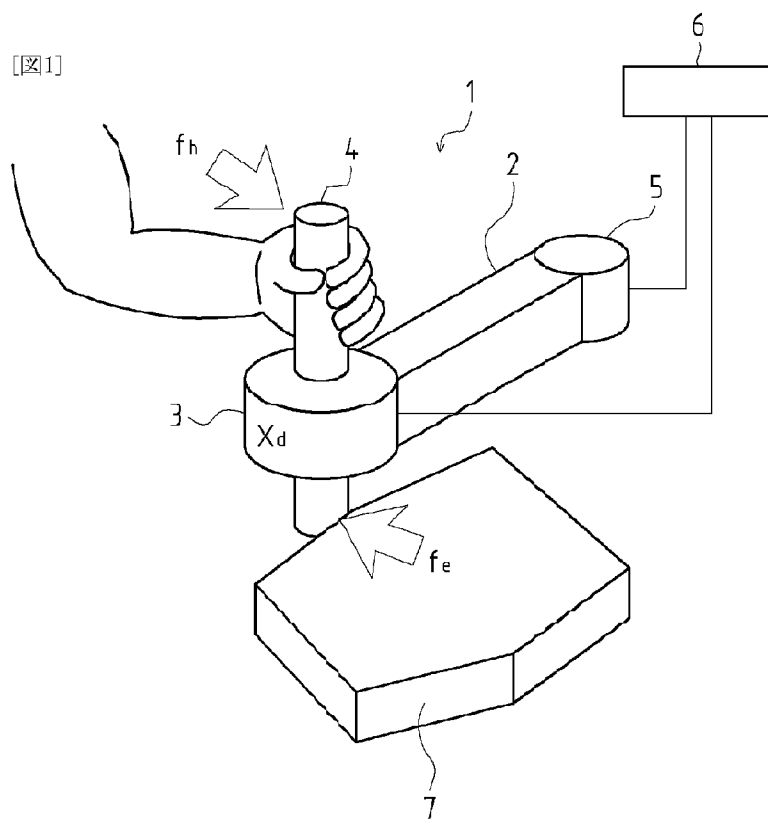
前記操作力と前記外力の作用方向が反対向きで、かつ、前記外力が予め定めた閾値よりも大きい場合には、

前記外力を前記操作力および前記外力によって計算される速度が「0」となる値に制限して前記修正外力を求め、

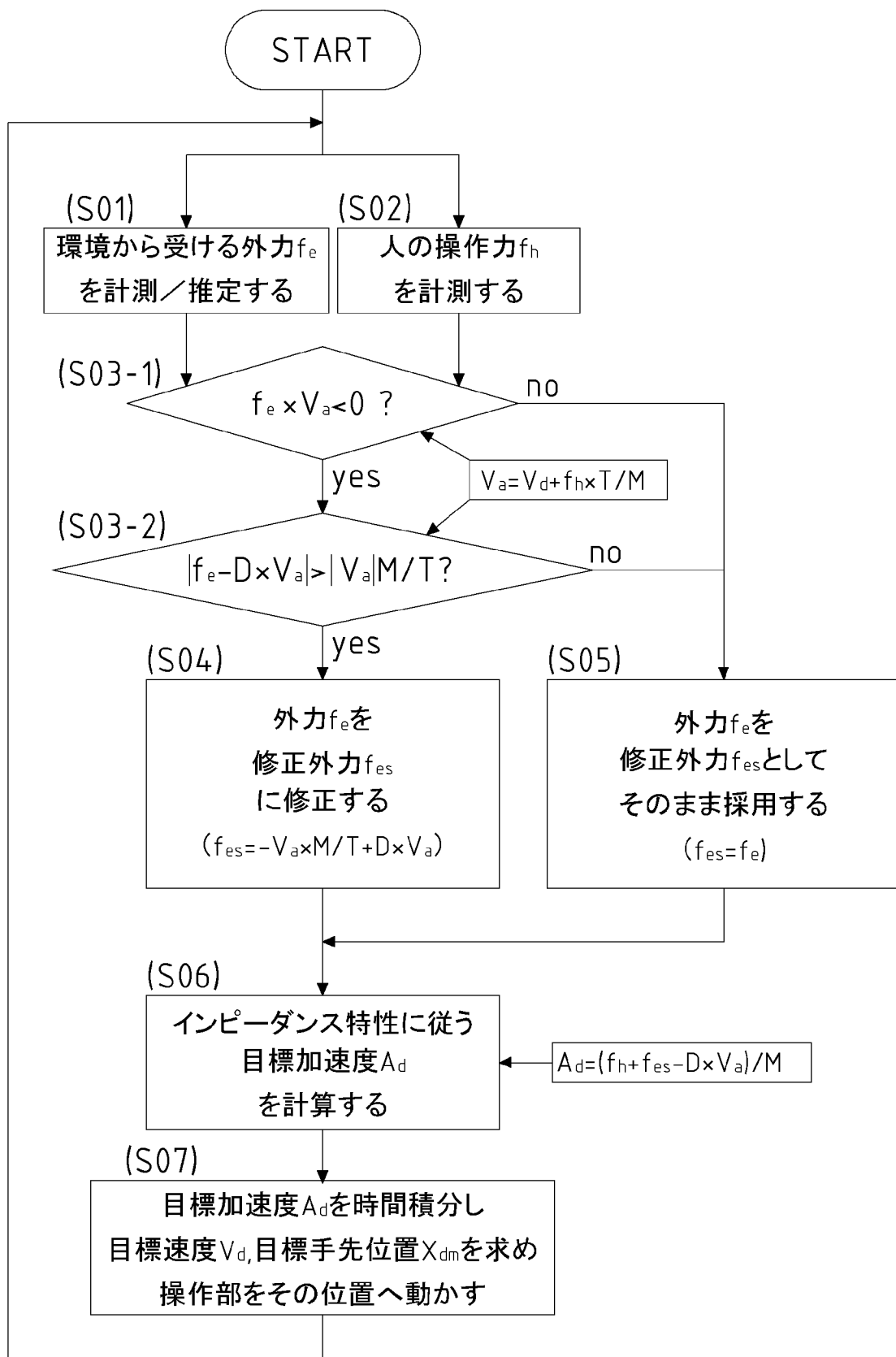
前記操作力と前記外力の作用方向が同じ向きである場合、もしくは、前記外力が予め定めた閾値よりも小さい場合には、

前記外力をそのまま修正外力として採用する、

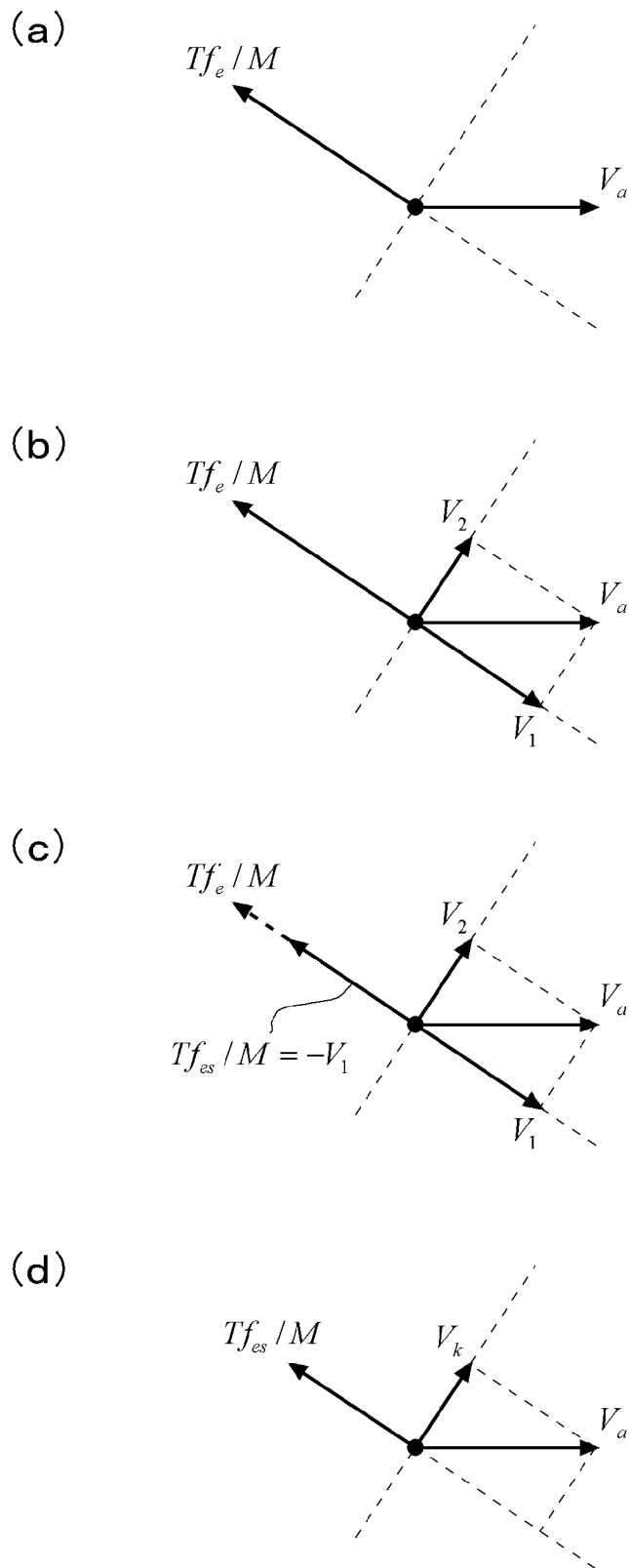
ことを特徴とする請求項4記載のパワーアシスト装置の制御方法。



[図2]

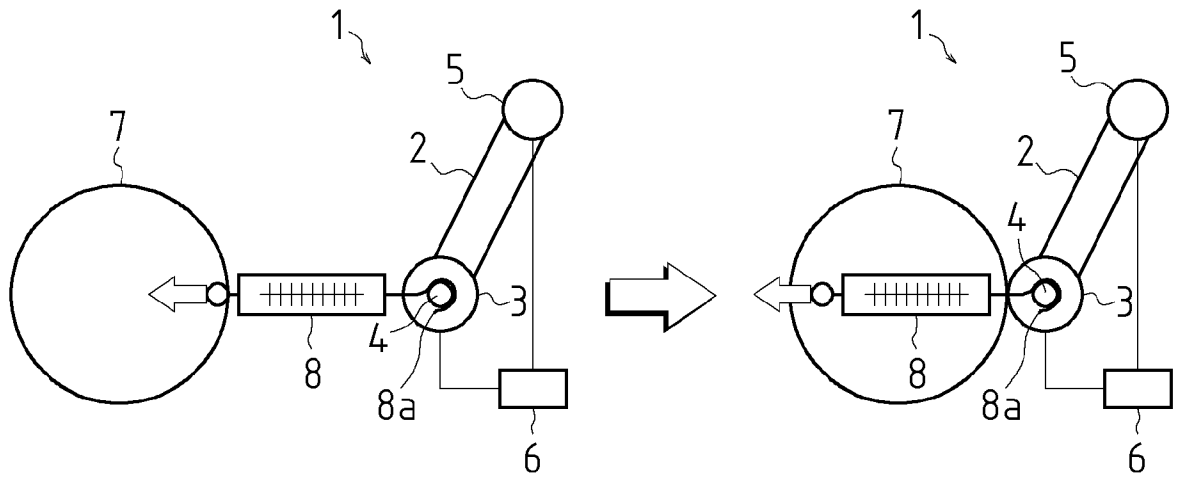


[図3]

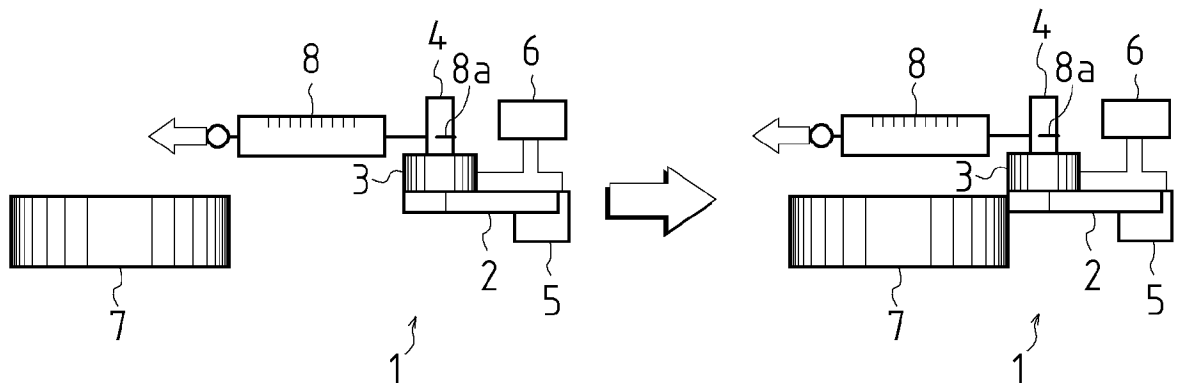


[図4]

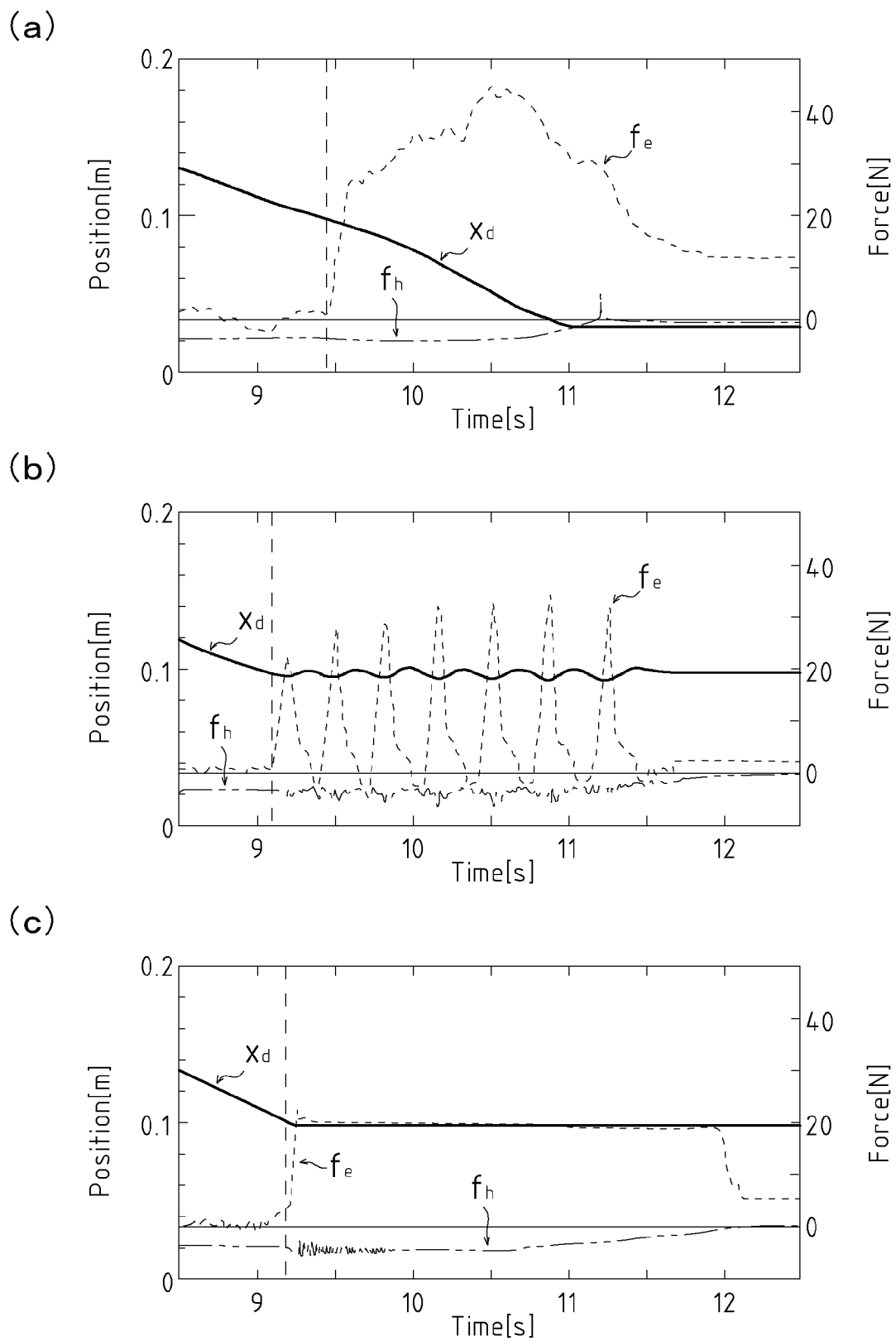
(a)



(b)



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/066212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B25J13/08(2006.01) i, B25J3/00(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)
B25J1/00-21/02, B62D65/00, B66F19/00

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-193339 A (Honda Motor Co., Ltd.), 21 July, 2005 (21.07.05), Par. Nos. [0024], [0036] to [0043]; Figs. 4 to 7 & US 2007/0112458 A1 & EP 1642693 A1 & WO 2005/000537 A1 & CA 2530372 A	1-6
Y	JP 2006-312207 A (Okayama University), 16 November, 2006 (16.11.06), Par. Nos. [0029], [0047], [0080]; Figs. 1, 5 (Family: none)	1-6

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 26 November, 2008 (26.11.08)	Date of mailing of the international search report 16 December, 2008 (16.12.08)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/066212

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-14132 A (Honda Motor Co., Ltd.), 20 January, 2005 (20.01.05), Par. Nos. [0025] to [0042]; Fig. 4 & US 2007/0112458 A1 & EP 1642693 A1 & WO 2005/000537 A1 & CA 2530372 A & CN 1812867 A	1-6
Y	JP 2005-306546 A (Toyota Kohki Co., Ltd.), 04 November, 2005 (04.11.05), Par. Nos. [0065], [0077] to [0079], [0093] to [0094], [0098]; Figs. 9, 11 (Family: none)	2,3,5,6
Y	JP 8-241107 A (Fanuc Ltd.), 17 September, 1996 (17.09.96), Par. No. [0015] (Family: none)	3,6

<Subject to be searched>

[Claims 1, 4]

The phrase "the support unit" appears firstly and it is unclear which component is denoted by the phrase or member is subjected to the external force. Accordingly, the search has been made by assuming that the phrase indicates what is supported by the Description within the meaning of PCT Article 6, i.e., a unit having means for estimating an external force with which a part of the power assist device is brought into contact.

[Claims 2, 5]

For "the operation speed" and "the contact speed calculated by an external force", what is disclosed within the meaning of PCT Article 5 is the speed vector by the operation force indicated by Expression 2 and the speed vector T_{fe}/M obtained by the external force. The general formats of "the operation speed" and "the contact speed calculated by an external force" are not supported by the Description within the meaning of PCT Article 6. Accordingly, search has been made on what is supported by the Description, i.e., the Expression 2 and a particular value described as T_{fe}/M in the Expression.

[Claims 3, 6]

It is unclear what is meant by "the speed calculated by the operation force and the external force." What is disclosed as the speed using the operation force and the external force as parameters within the meaning of PCT Article 5 is the speed of the hand tip end position indicated by Expression 1. No other description can be seen. Moreover, the general format of "the speed calculated by the operation force and the external force" is not supported by the Description within the meaning of PCT Article 6. Accordingly, the search has been made on the scope supported by and disclosed in the Description, i.e., the speed of the hand tip end obtained by the Expression 1.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B25J13/08(2006.01)i, B25J3/00(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. B25J1/00-21/02, B62D65/00, B66F19/00

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 1971-2008年
 日本国実用新案登録公報 1996-2008年
 日本国登録実用新案公報 1994-2008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)
 JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

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 請求の範囲の番号
Y	JP 2005-193339 A (本田技研工業株式会社) 2005.07.21, 【0024】, 【0036】 - 【0043】, 図 4-7 & US 2007/0112458 A1 & EP 1642693 A1 & WO 2005/000537 A1 & CA 2530372 A	1-6
Y	JP 2006-312207 A (国立大学法人 岡山大学) 2006.11.16, 【0029】, 【0047】, 【0080】, 図 1,5 (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2005-14132 A (本田技研工業株式会社) 2005.01.20, 【0025】 - 【0042】, 図 4 & US 2007/0112458 A1 & EP 1642693 A1 & WO 2005/000537	1-6

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 26.11.2008	国際調査報告の発送日 16.12.2008
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) 所村 美和 電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 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 請求の範囲の番号
	A1 & CA 2530372 A & CN 1812867 A	
Y	JP 2005-306546 A (トヨタ工機株式会社) 2005.11.04, 【0065】, 【0077】 - 【0079】, 【0093】 - 【0094】, 【0098】, 図9, 11 (ファミリーなし)	2, 3, 5, 6
Y	JP 8-241107 A (ファナック株式会社) 1996.09.17, 【0015】 (ファミリーなし)	3, 6

<調査の対象について>

[請求の範囲 1, 4]

「前記支持部」が前出しておらずどの構成を示すのか不明瞭であり、どの部材に働く外力を示しているのか不明であったため、PCT第6条の意味において裏付けられている、パワーアシスト装置の一部が接触した外力を推定する手段を備えたものを示すとして、調査を行った。

[請求の範囲 2, 5]

「操作速度」及び「外力によって計算される接触速度」について、PCT第5条の意味において開示されているのは、数2により示される操作力による速度ベクトルと、外力から求められている速度ベクトル Tfe/M であり、「操作速度」や「外力によって計算される接触速度」の一般的形式は、PCT6条の意味での裏付けを欠いている。よって、調査は、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、即ち、上記の数2及び、 Tfe/M として具体的に記載されている特定の式の値について行った。

[請求の範囲 3, 6]

「前記操作力および前記外力によって計算される速度」について、どのような速度であるのか不明であるが、操作力及び外力をパラメータとする速度として、PCT第5条の意味において開示されているのは、数1により示される手先位置の速度であり、それ以外の記載も見あたらない。また、「前記操作力および前記外力によって計算される速度」の一般的形式は、PCT6条の意味での裏付けを欠いている。よって、調査は、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、即ち、上記の数1から求められる手先位置の速度であるとして行った。