

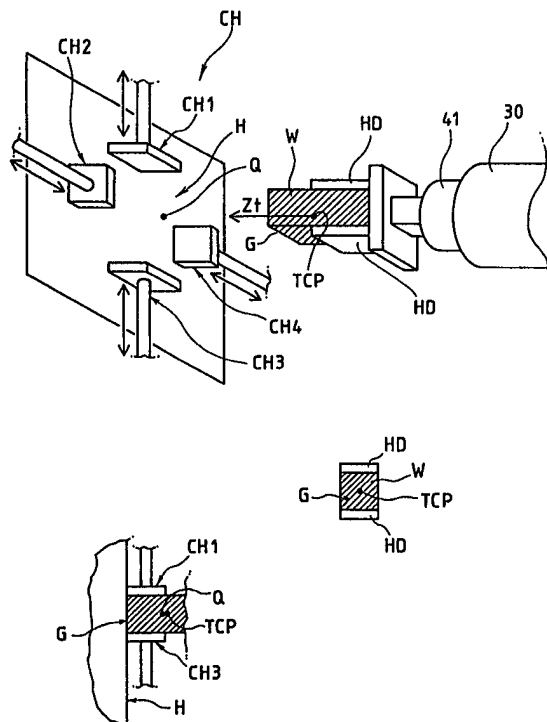
<p>(51) 国際特許分類6 G05B 19/19</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO98/33100</p> <p>(43) 国際公開日 1998年7月30日(30.07.98)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/00314</p> <p>(22) 国際出願日 1998年1月27日(27.01.98)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平9/25715 1997年1月27日(27.01.97) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ファナック株式会社(FANUC LTD.)(JP/JP) 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 Yamanashi, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 渡辺 淳(WATANABE, Atsushi)(JP/JP) 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3517 ファナックハイツフジN-3 Yamanashi, (JP) 加藤哲朗(KATO, Tetsuaki)(JP/JP) 〒259-13 神奈川県秦野市渋沢502-12 Kanagawa, (JP) 土田行信(TSUCHIDA, Yukinobu)(JP/JP) 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3537-1 ファナックマンションハリモミ6-205 Yamanashi, (JP)</p>		<p>(74) 代理人 弁理士 竹本松司, 外(TAKEMOTO, Shoji et al.) 〒105 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54)Title: **METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING ROBOT**

(54)発明の名称 ロボットの制御方法及び制御システム

(57) Abstract

A robot (30) clamping a work (W) to be loaded onto a chuck (CH) moves to a point Q from a TCP along a taught route in accordance with a command. When a force sensor (41) detects that the front end face of the work (W) comes into contact with a work fixing surface (H), the loop gain of a servo control system is changed to a lower value and, as a result, the attitude of the work (W) is corrected by reactive forces from the work fixing surface (H) and chucking members (CH1-CH4), and the work (W) is chucked.



(57) 要約

チャック (CH) にローディングされるべきワーク (W) を把持したロボット (30) は、TCP から点 Q までの教示経路上を指令により移動する。ワーク (W) の先端面がワーク固定面 (H) に接触したことを力センサ (41) が検知すると、サーボ制御系のループゲインが低い値に変更され、その結果、ワーク固定面 (H) から受ける反力とチャッキング部材 (CH1~CH4) からの反力によってワーク (W) の姿勢が修正され、チャッキングが完了する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード (参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AT	オーストリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	TD	チャド
AC	オーストラリア	GB	英国	MC	モナコ	TG	トーゴ
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	MD	モルドバ	TJ	タジキスタン
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BB	バルバドス	GM	ガンナ	MK	マケドニア共和国	TR	トルコ
BE	ベルギー	GN	ギニア			TT	トリニダード・トバゴ
BF	ブルキナ・ファソ	GW	ギニア・ビサオ	ML	マリ	TA	ウクライナ
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	US	米国
BR	ブラジル	ID	インドネシア	MW	モザンビーク	UZ	ウズベキスタン
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CC	中東	IL	イスラエル	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラヴィア
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	NL	オランダ	ZW	ジンバブエ
CG	コンゴ	JP	日本	NO	ノルウェー		
CH	スイス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CI	コートジボアール	KR	韓国	PL	ポーランド		
CM	カメルーン	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
CN	中国	KZ	カザフスタン	PR	ルーマニア		
CU	キューバ	LC	セントルシア	RO	ルーマニア		
CY	キプロス	LI	リヒテンシュタイン	RU	ロシア		
CZ	チェコ	LK	スリランカ	SE	スウェーデン		
DE	ドイツ	LR	リベリア	SG	シンガポール		
DK	デンマーク	LS	レソト	SI	スロベニア		
EE	エストニア			SK	スロバキア		
ES	スペイン			SL	シエラレオネ		

明 細 書

ロボットの制御方法及び制御システム

技 術 分 野

5 本発明は、ロボットが外部の物体に接触した時に適正な動作を行なわせるための、産業用ロボットの制御方法及びその制御方法を実施する制御システムに関する。

背 景 技 術

産業用ロボット（以下、単に「ロボット」と言う。）の制御は、ロボット各軸のモータをサーボ制御系を用いて位置制御する方式で行なわれるのが最も一般的である。
10 このサーボ制御系を図1のブロック図を用いて説明する。

図1に示すサーボ制御系は、位置制御ループ及び速度制御ループを有する通常のものであって、位置ループゲイン K_p の項1、速度ループゲイン K_v の項2、トルク定数 K_t の項3、イナーシャ J の項4、及びモータ実速度 v を積分してモータ実位置 q を求める伝達関数5を含む。
15 それらのうち、トルク定数 K_t の項3及びイナーシャ J の項4はモータ M の伝達関数の項を構成している。なお、記号 s はラプラス演算子を表わしている。

20 ロボットコントローラ（図1には示さない）の内部で作成される移動指令 r とモータ位置 q より位置偏差 e が算出され、該位置偏差 e に位置ループゲイン K_p を乗じて速度指令 v_c が出力される。更に、速度指令 v_c とモータ実速度 v より速度偏差 e_v が算出され、この速度偏差 e_v に速度ループゲイン K_v を乗じてトルク指令 t_c
25

が出力される。そして、該トルク指令 t_c に応じた駆動電流がモータに供給される。なお、速度ループの制御においては、比例制御に代えて比例・積分制御または積分・比例制御が適用される場合もある。

5 このようなロボット制御においては、正確な位置決めを行なうためにサーボ制御系に高い剛性（ループゲイン）が与えられることが通例である。ところが、ロボットが周辺物体と接触した際に破損事故に至ることを防止するために、接触乃至衝突の可能性のある区間については、
10 サーボ制御系のループゲインを通常値より低下させることにより、ロボットの動作に柔らかさをもたせることが行われている。この手法は「ソフトウェアによるフローティング」あるいは「ソフトフローティング」と呼ばれている。なお、ロボットコントローラのCPUからの
15 指令によりソフトフローティングの制御に切り換えることを「ソフトフローティング機能の有効化」という。

 また、ロボットと外部物体との接触に対処するための別の手法としては、各種センサ（力センサ、近接センサ、視覚センサなど）の出力やソフトウェアによる外乱オブ
20 ザーバを用いて接触を検知して、非常停止をかけて危険を回避することも知られている。

 しかし、ロボットの外部物体との接触に備えるために、前者の技術（ソフトフローティング）を適用する場合には、予め接触が起る個所（区間）をプログラム教示して
25 おく必要がある。そのため、教示区間以外ではソフトフ

ローテイングの制御は行なわれないので、予定しない区間で接触を起して破損事故に至ることもある。

また、後者の技術（接触検知して非常停止）を適用する場合には、これまでに知られている技術では、サーボ制御系の剛性を直ちに切り下げるような制御は行なわれてい
5 なかった。そのため、各種センサや外乱オブザーバを利用して接触検知を行い、非常停止をかけても、サーボ制御系のループゲインが高い状態のままロボットがプログラム
10 教示された経路に従って小距離の移動を行なおうとして外部物体と干渉することが避けられなかった。その結果、周辺物体、把持ワーク、ハンド等の破損に至るおそれがあった。

また、いずれの手法を用いて接触に備えるにしても、接触が予想される区間については著しく速度を落とさなければ危険の回避が難しかった。更に、接触検知毎に
15 ロボット動作を停止させた場合には、作業能率を低下させる要因となっていた。

発 明 の 開 示

本発明の一つの目的は、予め接触が起る区間をプログラム教示しておく必要がなく、接触検知時に直ちに破損
20 事故の発生を回避することが出来る制御方法を提供することにある。また、本発明のもう一つの目的は、接触時にロボットの位置・姿勢を修正しようとする外力が存在する環境下であれば、ロボット動作を中止することなく、
25 その外力を利用してロボットの位置・姿勢を修正し得る

制御方法を提供することにある。

上記目的を達成するため、本発明によるロボット制御方法は、位置制御ループ及び速度制御ループを備える制御系で制御されるサーボモータで各軸を駆動されるロボットの移動動作中に、前記ロボットあるいは前記ロボットに支持される物体と外部の物体との間の接触の有無を検出し、前記接触が検出されたならば前記位置制御ループ及び速度制御ループのゲインを下方調整するようにしている。

10 また、本発明によるロボット制御システムは、ロボットを制御するロボットコントローラと、ロボットコントローラに接続されたまたは内蔵の、上記ロボットあるいは上記ロボットに支持される物体と外部の物体との間の接触の有無を検出する接触検出手段と、上記接触検出手段からの出力にしたがって、上記ロボットのループゲインを変更するゲイン変更手段とを含む。

15 なお、好ましくは、さらに、上記ゲイン変更手段により変更されるべきループゲインの値を所望の値に決めるための、またはあらかじめ用意されたいくつかのメニューの内から最適のものを選択するための、表示画面付き手動入力手段をロボットコントローラに接続してなる。

20 本発明によれば、予め接触が起る区間をプログラム教示しておかなくとも、接触検知時に直ちに破損事故の発生を回避することが出来る。また、接触時にロボットの
25 位置・姿勢を修正しようとする外力が存在する環境下に

あれば、ロボット動作を中止することなく、その外力を利用してロボットの位置・姿勢が修正出来る。その結果、ロボットを用いた作業の安全性と効率が改善される。

図面の簡単な説明

5 図1は、位置制御ループ及び速度制御ループを有するサーボ制御系の基本構成を説明するブロック図である。

図2は、本発明を実施する際に使用されるロボットコントローラ及び周辺機器の概略構成を示す要部ブロック図である。

10 図3Aは、本発明をロボットハンドによるワークのチャックへのローディングに適用した場合の、ロボットハンドとチャックとの位置関係を説明する図である。

図3Bは、図3Aのワークが図3Aのチャックに完全にローディングされた状態を示した断面図である。

15 図3Cは、図3Aのロボットハンドに図3Aのワークが支持されている状態を示した断面図である。

図4は、ソフトフローティング機能有効化の条件（各軸の柔らかさ）を設定する画面を示した図である。

20 図5は、本発明をロボットハンドによるワークのチャックへのローディングに適用した場合の、図2のロボットコントローラが実施する処理の概要を説明するフローチャートである。

25 図6は、図5の処理において、ワークの一部がチャックのワーク固定面に突き当たったときの状態を示すための断面図である。

図7Aは、図5の処理において、ワークがチャックのワーク固定面に接触したが、まだチャッキング部材が退避位置にあって閉成運動を開始していない状態を示す図である。

5 図7Bは、図7Aの状態の後、4つのチャッキング部材のすべてにワークの各側面に連なるコーナ部または稜線がそれぞれ接触した状態を示す図である。

図7Cは、図7Bの状態の後、ワークのチャッキング部材によるチャッキングが完了した状態を示す図である。

10 発明を実施するための最良の形態

本発明は、ロボットと外部物体との接触をロボットコントローラに接続するセンサ（カセンサ、近接センサ、視覚センサ等）で或いはソフトウェアによる外乱オブザーバなどの接触検知手段でもって検知し、それに応じて
15 ソフトフローティング機能を有効化させることを特徴としている。

ソフトフローティング機能有効化中のロボットに、該ロボットを押し付けるまたは引き込むような外力が作用すると、ロボットはその外力を打ち消す向きに受動的に
20 移動する。この受動的移動の完了点は、後述する例から判るように、実際の作業において希望する位置・姿勢と一致すると期待することが出来る。

まず、本発明によるロボットの制御に使用されるロボットコントローラについて、図2の要部ブロック図を用いて説明する。
25

ロボットコントローラ R C はホスト C P U 1 0 によってシステム全体が制御される。そのホスト C P U 1 0 には、バス 1 9 を介して R O M 1 1、R A M 1 2、不揮発性メモリ 1 3、入出力装置 (I / O) 1 4、インタフェース (I / F) 1 5、共有 R A M 1 6 が接続される。さらに、この共有 R A M 1 6 にはデジタルサーボ回路 1 7 が接続され、そのデジタルサーボ回路 1 7 には帰還レジスタ 1 8 が接続される。

R O M 1 1 には、各種のシステムプログラムが格納される。R A M 1 2 は、ホスト C P U 1 0 によるデータの一時記憶に使用される。不揮発性メモリ 1 3 には、ロボット 3 0 及び外部装置 4 0 の動作内容に関する各種プログラム、関連設定値等が格納される。入出力装置 (I / O) 1 4 は、外部装置 4 0 とのインタフェースの役割を果たす。インタフェース (I / F) 1 5 には教示操作盤 2 0 が接続される。

共有 R A M 1 6 は、ホスト C P U 1 0 からの移動指令や制御信号をデジタルサーボ回路 1 7 のプロセッサに引渡したり、また、逆にデジタルサーボ回路 1 7 のプロセッサからの各種信号をホスト C P U 1 0 に引き渡す役割をする。デジタルサーボ回路 1 7 はプロセッサ、R O M、R A M 等のメモリ等で構成され、サーボ制御 (ソフトウェアサーボ制御) を実行する。帰還レジスタ 1 8 は、ロボット 3 0 における各軸のサーボモータの位置のフィードバック値、速度のフィードバック値、電流

のフィードバック値等が書き込まれる。

図 2 のロボットコントローラにおいて、ソフトフロー
ティング制御に直接関わりをもつ要素は、ホスト CPU
10、共有 RAM 16、デジタルサーボ回路 17 であ
る。

5 教示操作盤 20 は、液晶ディスプレイ LCD 及びキー
ボード KB を備え、プログラム再生運転指令、ジョグ送
り指令、プログラムデータの入力／変更、関連設定値入
力／変更に加え、後述する態様でソフトフローティング
10 サーボの柔らかさを設定するための画面の呼出等が可能
となっている。

15 ロボット 30 あるいはロボット 30 に支持された物体
が他の物体と接触したことを検知するには、力センサや
近接センサなどのセンサが利用されるか、あるいはソフ
トウェアによる外乱オブザーバが利用される。センサを
20 利用する場合はそのセンサ 41 (センサ用制御ユニット
を含む) は入出力装置 14 に接続される。なお、これら
力センサや近接センサに代えて視覚センサを用いて接触
を検知することもできる。その場合には、別途カメラ・
25 インタフェース、画像処理プロセッサ、フレームメモリ
等を備えた周知の画像処理装置を入出力装置 14 に接続
するか、またはロボットコントローラ RC を画像処理装
置を内蔵したタイプのものにする。以上のように、ロボ
ット 30 あるいはロボット 30 に支持される物体が他の
物体と接触したことはいろいろな手段によって検知可能

ではあるが、本実施例ではその接触をロボットのアームに装着した力センサ41でもって検知する。

以上、図2に示したシステムを用いて本発明による制御方法を実行する場合の一例について、図3A乃至図7Cを用いて説明する。

(1. 作業内容と配置)

本発明による制御を、図3Aに示されるように、ロボットハンドによってワークをチャックへローディングすることに適用した例を説明する。したがって、図2に示したシステムにおける外部装置40は、ハンド（開閉装置）及びチャック（開閉装置）となる。

図3Aに示すように、工作機械（図示せず）のワーク保持部に使用されるチャックCHは、4つのチャッキング部材CH1～CH4を有する。これらのチャッキング部材CH4～CH4は、チャックCHのワーク固定面H上に整列配置されて、ホストCPU10からの指令に従って、図3Aの矢印の向きに、ワーク固定面H上を滑るようにして互いに近づいたり（すなわち、閉じたり）また互いに遠ざかったり（すなわち、開いたり）する。

チャックCHにローディングされるべきワークWは、図3Cに示すように、正方形断面を持ち、ロボット30のアーム先端部に力センサ41を介して装着されたハンドHDによって把持される。ツール・センタ・ポイント（TCP）は、ハンドHDの先端部の中心に設定されている。ツール座標系のZ軸Ztは、図3Aに示したよう

に、ハンドHDの軸心方向とする。

5 教示経路は、図3Aに示される現在のTCPから、チャッキング部材CH1～CH4で取り囲まれた空間領域の中心付近の点（位置・姿勢）Qに到るまでの経路とする。ここで、教示点QはワークWがチャックCHのワーク固定面Hに食い込み気味になるように教示される。但し、必ずしも高精度の教示は必要でない（その理由は後述する）。

10 ワークWは、プログラム再生運転によるロボット移動により、教示点Qへ向かって搬送され、チャッキング部材CH1～CH4の閉成動作によって四個の側面が挟み込まれる。正しくローディングが完了した時点では、図3Bに示すように、ワークWの先端面Gがワーク固定面Hに接し、且つ、ワークWの4個の側面が各チャッキング部材CH1～CH4でもって隙間なく挟まれた状態となる。なお、この状態でのロボットのTCPは、チャックCHに設定された教示点Qよりもややロボットアーム先端側寄りであることに注意すべきである。

（2. 準備）

20 1. ワークWをハンドHDで把持しての教示点Qへ移動、チャックの閉成、及びハンドの開成等、一連のシーケンス動作を教示する。なお、この教示される処理の内容については、後で図5のフローチャートを参照して説明する。教示点Qの選び方は図3Bを参照して上に説明した通りである。また、教示点Qへ向かう際の指令速度

25

は、特に小さくする必要はない。

2. 教示操作盤 20 のキーボード KB を操作して、図 4 に示すような「サーボ柔らかさ設定画面」を LCD 上に呼出し、ソフトフローティング機能有効化時の条件
- 5 (各軸の柔らかさ) を設定する。

- 図 4 に示す「サーボ柔らかさ設定画面」において、ソフトフローティング機能有効化時の条件は、予め用意された条件 #01, #02 . . . の中から 1 つ選択される。各条件において各軸 (ロボットの第 1 軸から第 6 軸まで)
- 10 に関して記されている % 表示の数値は、通常モードにおける位置ループゲイン $K_{p-normal}$, 速度ループゲイン $K_{v-normal}$ に対する割合を表わしている。これら数値は、空間内の各方向 (例えばベース座標系上の X Y Z 各軸方向) について必要とされる柔らかさを考慮して決定され
- 15 ている。図 4 に示した例では、条件 #03 が画面入力で選択されている。

- なお、サーボの柔らかさの条件は、図 4 に示すような各軸毎の割合 (%) でもって指定する方式に限られず、これに代えて、例えば、ソフトフローティング機能有効
- 20 化時 (接触検知時) の位置ループゲイン $K_{p-touch}$ 及び速度ループゲイン $K_{v-touch}$ の値を各軸毎に設定するようにしても良い。これら $K_{p-touch}$ 及び $K_{v-touch}$ の値は当然に、通常モードのときの (ソフトフローティング機能を有効化しないときの) 位置ループゲイン及び速度
- 25 ループゲイン $K_{p-normal}$, $K_{v-normal}$ の値より小さい。

(3 . 処 理 内 容 と 動 作)

図 3 に示した状態から教示点 Q に向かう移動動作が開始されてから、チャック CH によるチャッキングが完了するまでに実行する、ロボットコントローラのホスト CPU 10 の処理の概略を、図 5 のフローチャートを参照して説明する。

ホスト CPU 10 が教示点 Q への移動命令に関する命令文を読み込むことで図 5 の処理が開始され、以後、補間周期ごとにその処理が繰り返される。なお、移動処理開始時の各軸の位置ループゲイン、速度ループゲインはそれぞれ平常時の値、 $K_{p-normal}$ 、 $K_{v-normal}$ である。

まず CPU 10 は、教示点 Q への移動処理が完了していないと判断すると (ステップ S 1)、読み込まれたプログラムデータに基づいて軌道計画を立て、移動指令を各軸サーボへ出力する (ステップ S 2)。

そして、移動指令を出力した直後に力センサ 41 からの最新の出力をチェックし、ロボット 30 のハンド HD に把持したワーク W が外部物体 (例えば、チャック CH の一部、または他の障害物) と接触しているか否かを判定する (ステップ S 3)。ただし、本事例での処理においては、チャッキング部材 CH 1 ~ CH 4 で取り囲まれた空間領域の中心付近の点 Q に到るまでの経路 (教示経路) 上に障害物は存在しないとする。したがって、力センサ 41 から、ワーク W が外部物体に接触したとの出力を得る (ステップ S 3 の判断がイエスとなる) のは、教

示経路に沿って移動中のワークWの一部位（特に先端面Gに連なるコーナ部）が、図6に示すように、チャックCHのワーク固定面Hに突き当たったときに限られる。

よって、ワークWの一部位がチャックCHのワーク固定面Hに突き当たるまでは、位置ループゲイン、速度ループゲインの値を変更することなく（すなわち、処理開始時の値 $K_{p-normal}$ 、 $K_{v-normal}$ に保持したまま）、ステップS1—ステップS2—ステップS3—ステップS1の処理を繰り返す。

10 ロボットが移動を続けると、やがてワークWの一部はチャックCHのワーク固定面Hに接触することになる。チャックCHのワーク固定面Hに接触したときのワークWの姿勢の一例を図6に示す。さらに、ワークWの一部がチャックCHのワーク固定面Hに接触してからのロボットの動き（すなわち、該ロボットのアーム先端に把持されたワークWの動き）の一例を図7A、図7B及び図7Cに示す。これら図6、図7A及び図7Bに示されるように、教示精度や、ワークWの把持姿勢のバラツキ等の要因により、ワークWの先端面Gはワーク固定面Hに対して傾斜し（図6参照）且つチャッキング部材CH1~CH4のチャック面に対しても傾く（図7B参照）ことが想定される。図6及び図7Aでは、ワークWは、まず、その先端面Gに連なる4つのコーナ部のうちのいずれか1つ（または先端面Gに連なる4つの稜線のうちの1本）GCがチャックCHのワーク固定面Hに接触する

15

20

25

ことを示している。

ワークWがこの図6及び図7Aで示される状態にあつては、チャックCHの閉成動作はまだ開始されていないので（図7A参照）、ワークWの受ける外力はコーナ部（場合によっては稜線部）における反力Fのみとなる（重力についてはここでは論じない）。また、図3Bを参照して上に説明したように、ロボットハンドHDに把持されたワークWの先端面Gが完全にチャックCHのワーク固定面Hに接触（面接触）したときでも、そのチャックCHに設定された教示点QはそのときのTCPよりワーク固定面H側にわずかに近寄った位置におかれている。そのため、ワークWの一部GCがチャックCHのワーク固定面Hに接触した状態では、TCPが教示点Qに一致してしまふことはない。なお、図7Aに示されるように、TCPの位置はチャック中心点A（チャック完了時にTCPに対応すべき点）に対応してはいない。

ワークWの一部GCがチャックCHのワーク固定面Hに接触し始めると、直ちに力センサ41が反力Fに由来する力（6軸力）を感知して、ロボットコントローラRCに接触があったことを伝える信号を送信する。一方、ホストCPU10は、力センサ41の最新の出力をRAM12に書込む処理を処理周期ごとに繰り返している。

したがって、ワークWの一部GCがチャックCHのワーク固定面Hに接触していると、力センサ41がこれを感知して（ステップS3、判断イエス）、位置ループゲ

イン、速度ループゲインをそれぞれソフトフローティング有効時の値 $K_{p\text{-float}}$, $K_{v\text{-float}}$ にする。なお、カ
センサ 4 1 が上記の接触を検知した最初の処理周期にお
けるステップ S 4 での処理内容は、位置ループゲイン及
5 び速度ループゲインの、ソフトフローティング有効時の
値 $K_{p\text{-float}}$ 及び $K_{v\text{-float}}$ へのそれぞれの変更である
が、その次及びそれ以降の処理周期におけるステップ S
4 での処理内容は、位置ループゲイン及び速度ループゲ
インをそれぞれ $K_{p\text{-float}}$ 及び $K_{v\text{-float}}$ に維持するた
10 めの処理となる。

以上のように、位置ループゲイン及び速度ループゲ
インをそれぞれ $K_{p\text{-float}}$ 及び $K_{v\text{-float}}$ にしてソフトフ
ローティング機能を有効化してから、チャック C H の閉
成信号が出力されているかどうかを判断する（ステップ
15 S 5）。そしてチャック C H がまだ閉成動作を開始して
なければ、チャック C H を閉成させるための信号を出力
する（ステップ S 6）。

ワーク W の一部 G C がチャック C H のワーク固定面 H
に接触して、ソフトフローティング機能が有効化されて
20 いる状態（図 6 参照）では、ワーク W（従って、ロボッ
トハンド H D）は、外力 F を受けながら、図 6 に矢印 R
で示すような姿勢修正運動を与えられる。

ロボットハンド H D が姿勢修正運動を実行している間、
チャック C H の閉成が完了したかがチェックされ
25 る（ステップ S 7）。チャックの閉成が完了していなけ

れば、当該処理周期を終えて最初のステップ（ステップ
S 1）へ戻る。なお、ワークWはその一部がワーク固定
面Hに一旦接触した後は、ワーク固定面Hから離れるこ
とはないと想定する。ワークWの一部がチャックCHの
5 ワーク固定面Hに接触していても、まだチャックの閉成
が完了してない間（ステップS 7の判断はノー）は、ス
テップS 1、S 2、S 3、S 4、S 5、S 7、S 1の処
理が繰り返されることとなる。

上記の一連の処理を繰り返した結果、各軸サーボアン
10 プへの移動指令の出力が終了してTCPが教示点Qに到
達すると、処理はこのステップS 2を飛ばしてステップ
S 1からステップS 3に移行する。すなわち、TCPが
教示点Qに到達しても、まだチャックの閉成が完了した
ことがステップS 7で検知されていない間は、ステップ
15 S 1、S 3、S 4、S 5、S 7、S 1の処理が繰り返さ
れることとなる。

チャックCHの閉成動作は、ワークWの一部がチャッ
クCHのワーク固定面Hに接触し始めてから（すなわち、
ステップS 3での判断がノーからイエスに変わってから）
20 開始される。このチャックCHの閉成動作を開始させる
ための信号が出力されて（ステップS 6）からしばらく
経つと、図7Bに示すように、チャッキング部材CH 1
～CH 4のすべて（あるいはその内のいくつか）にワー
クWの各側面に連なるコーナ部または稜線がそれぞれ接
25 触するようになる。この図7Bに示す状態からさらにチ

5 ヤッキング部材CH1～CH4の閉成動作を続けると、
これらチャッキング部材CH1～CH4の移動は、ソフト
フロート機能が有効化された状態の下でロボッ
トのハンドHDに支持されたワークWに対して図7Bの
10 矢印AR方向の回転力を与えることになる。その結果、
ワークWは、図7Bの矢印ARで示したような姿勢修正
運動を開始し、最終的には、ワークWの上下左右の側面
はチャッキング部材CH1～CH4と面接触した図7C
に示す状態、すなわち、チャッキング動作完了状態、で
15 停止する。この状態でのTCPの位置は、チャック中心
点Aに対応する。

このチャッキング動作完了状態が検出された時点でも
(ステップS7)、ワークWの先端面がチャックCHの
ワーク固定面Hに密着した状態となっていない場合があ
15 る。その場合はロボットの移動が集束したことは検知さ
れないので(ステップS8)、処理は最初のステップ
(ステップS1)に戻る。そして、ステップS1、(S
2)、S3、S4、S5、S7、S8、S1の処理が繰
り返される。その間に、ステップS8で、図3Bに示す
20 ような、ワークWの先端面GがチャックCHのワーク固
定面Hに密着した状態となって、ロボットの各軸の実速
度が実質的にゼロの状態となったことが検出されると、
各軸サーボ系の位置偏差と速度偏差をクリアして「0」
にするための信号を出力して(ステップS9)から、ハ
25 ンドHD開成信号を出力して、ワークWをハンドHDか

らはずすためハンドHDを開いて（ステップS10）、
処理を終了する。なお、ステップS9で位置偏差と速度
偏差とをともにクリアするのは、ハンドHDを開く時に
ロボットが動くのを防止するためである。

- 5 なお、上記説明では想定しなかったが、ワーク固定面
Hへの接触以前に障害物に接触した場合も、接触が解消
されるまでソフトフローティング機能が有効化され、ロ
ボットは障害物をほぼ撫でるように進み、やがて元の教
示点Qへ向かう軌道に復帰出来る。但し、このような障
10 害物への接触を想定する場合には、ステップS6のチャ
ック閉成信号出力について、TCP位置（教示点Qから
の距離）に条件を課すことが適当である。

- また、上の事例ではステップS3の接触検知をカセン
サ出力で行なったが、前述した通り、接触検知の手法は
15 カセンサ以外に各種センサや外乱オブザーバを利用する
方法など種々のものが知られており、それら周知の手段
のいずれを用いても全く構わない。

20

25

請求の範囲

1. 位置制御ループ及び速度制御ループを備える制御系で制御されるサーボモータで各軸を駆動されるロボットの移動動作中に、前記ロボットあるいは前記ロボットに支持される物体と外部の物体との間の接触の有無を検出し、
5 前記接触が検出されたならば前記位置制御ループ及び速度制御ループのゲインを下方調整するようにした、ロボットの制御方法。
- 10 2. 前記接触後に、前記位置制御ループ及び速度制御ループのゲインが下方調整された状態で制御される前記ロボットに対して外力を作用させ、前記ロボットの位置・姿勢を収束させるようにした、請求の範囲第1項に記載のロボットの制御方法。
- 15 3. 前記外力には、前記ロボットの移動によって生じた外部物体との接触によって生じた反力が含まれている、請求の範囲第2項に記載されたロボットの制御方法。
4. 前記外力に、前記ロボットの外部の装置から加えられる外力が含まれている、請求の範囲第2項に記載されたロボットの制御方法。
20
5. ロボットコントローラからの移動指令に従い、ハンドにワークを把持したロボットを教示経路に沿って移動して、
上記ワークの一部が該ワークをローディングすべき
25 チャックの一部に接触したことを検知すると、ロボッ

トの制御系のループゲインの値を低下し、そして、

上記接触によって生じる、チャックの一部がワークに作用する力でもって、上記ワークに姿勢修正運動を与え、さらに、

5 上記チャックに、上記ワークをローディングする動作を開始させ、そのローディング動作によって生じる、チャックの一部のワークに作用する力でもって、さらに上記ワークに姿勢修正運動を与えることによって、ワークをチャッキング完了状態に導く、

10 ロボットの制御方法。

6. ロボットを制御するロボットコントローラと、

 ロボットコントローラに接続されたまたは内蔵の、上記ロボットあるいは上記ロボットに支持される物体と外部の物体との間の接触の有無を検出する接触検出手段と、

15

 上記接触検出手段からの出力にしたがって、上記ロボットのループゲインを変更するゲイン変更手段とを含む、ロボット制御システム。

7. さらに、上記ゲイン変更手段により変更されるべきループゲインの値を所望の値に決めるための、またはあらかじめ用意されたいくつかのメニューの内から最適のものを選択するための、表示画面付き手動入力手段をロボットコントローラに接続してなる、請求の範囲第6項記載のロボット制御システム。

25

FIG. 1

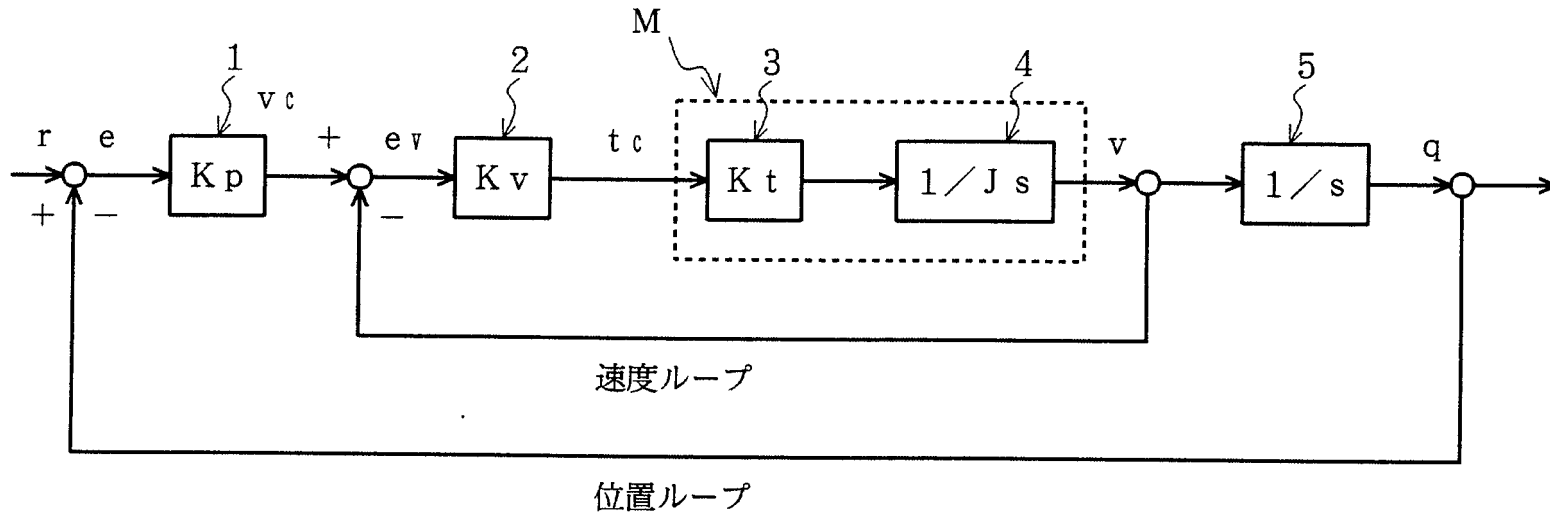
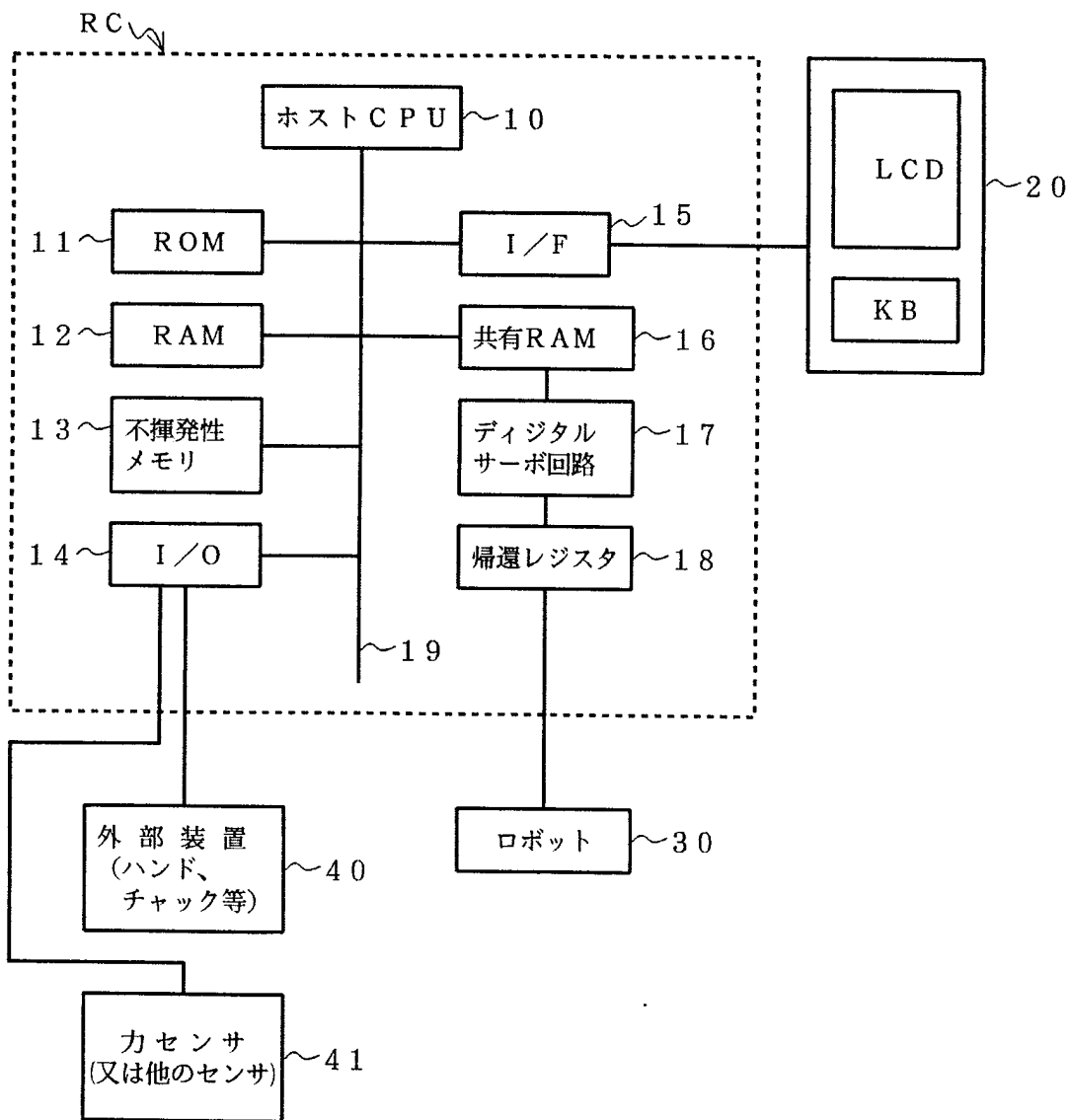


FIG. 2



3/7

Fig. 3A

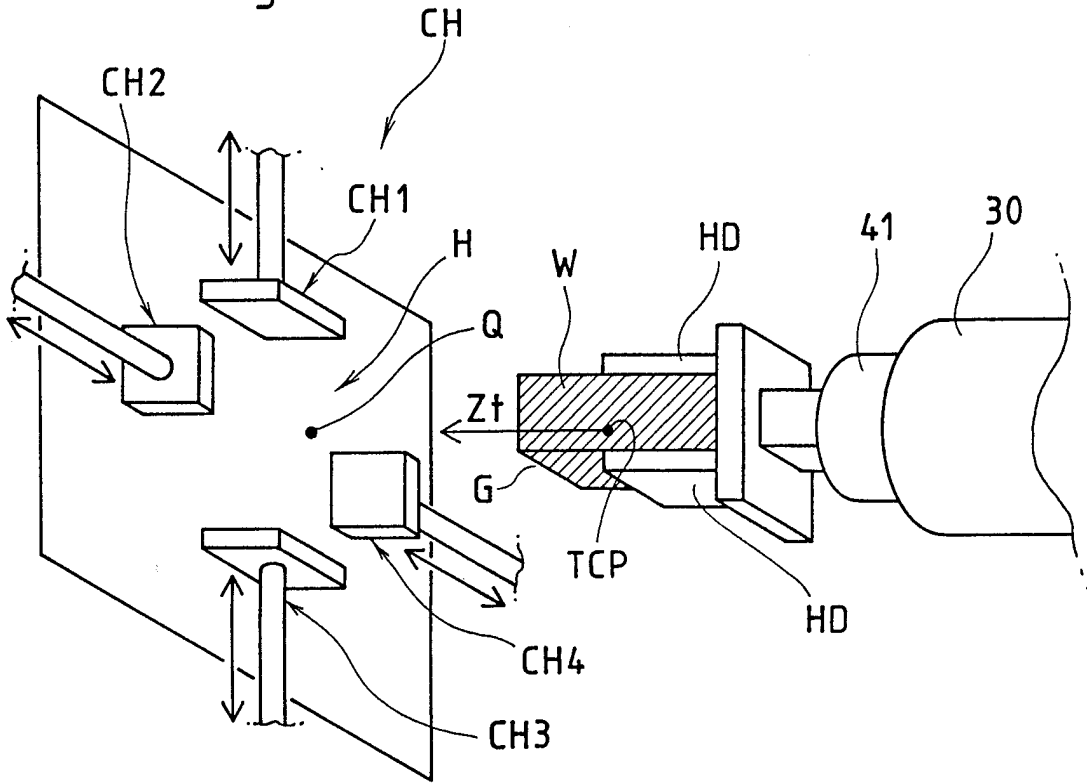


Fig. 3C

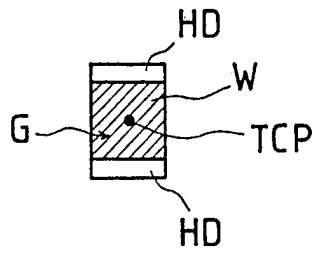


Fig. 3B

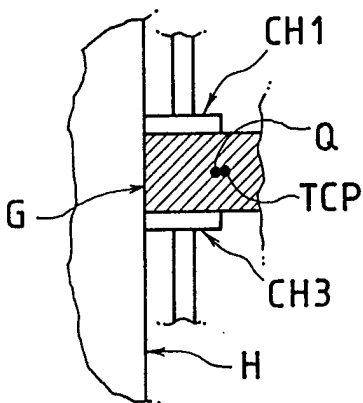


FIG. 4

//////////セッテイ/カクジクソフトフロート//////////

03 ヲセッテイ シマス

ジョウケン リスト

ジクバンゴウ	1	2	3	4	5	6
#01	10%	10%	30%	20%	10%	10%
#02	10%	10%	30%	20%	20%	20%
#03	10%	20%	30%	10%	10%	10%
#04	10%	10%	30%	20%	10%	10%
#05	10%	20%	30%	20%	20%	10%
.....						
.....						

FIG. 5

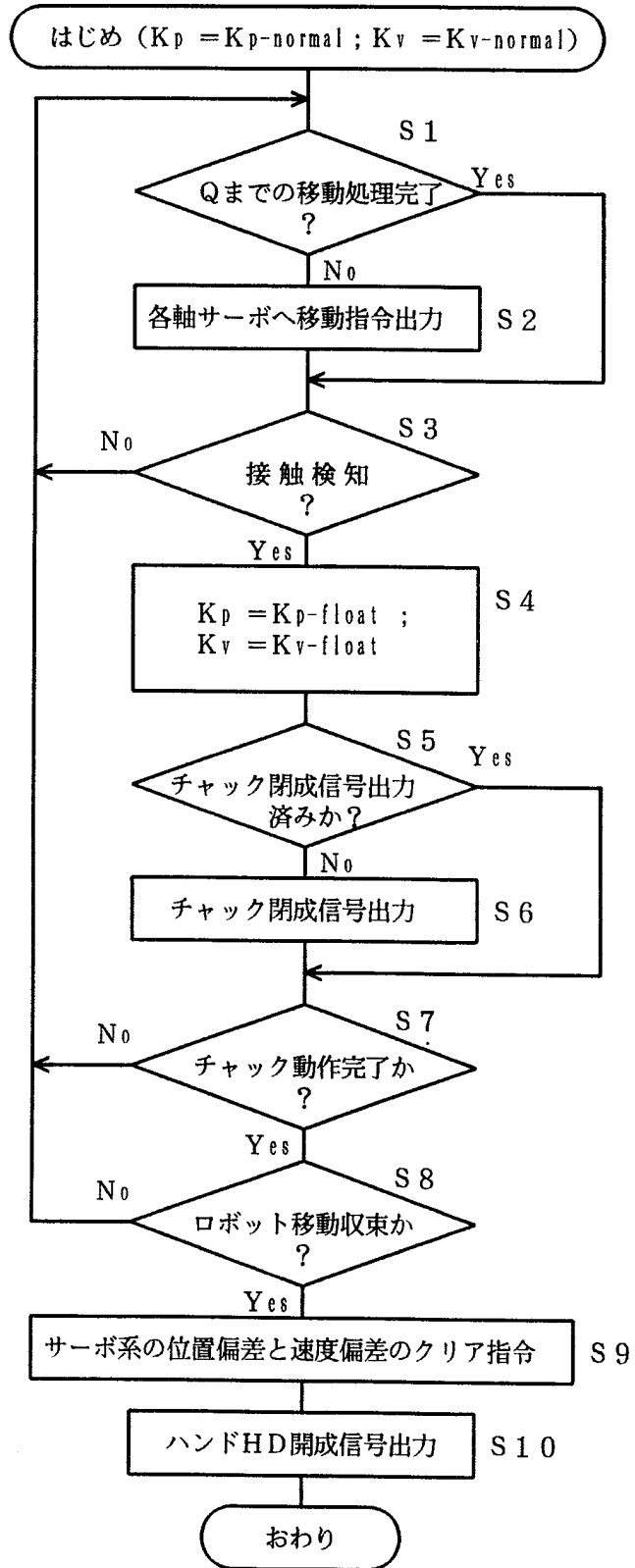
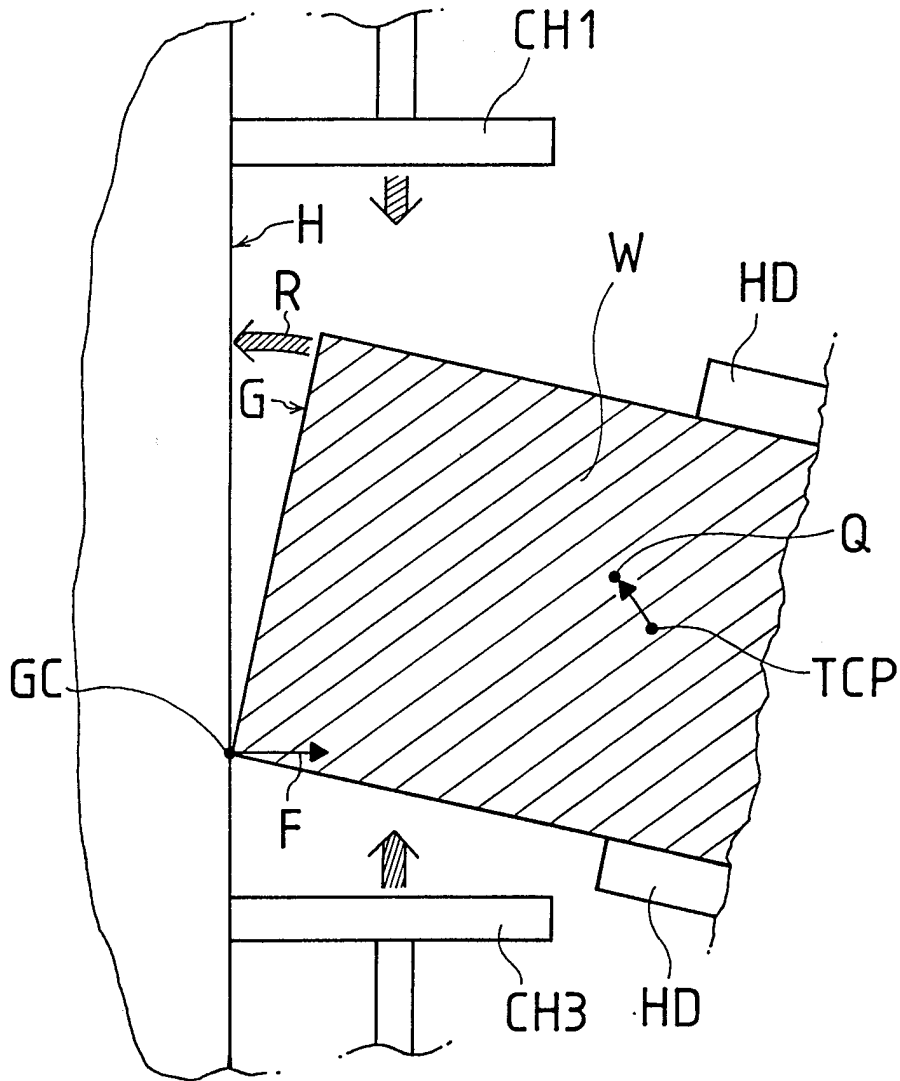


Fig.6



7/7

Fig. 7A

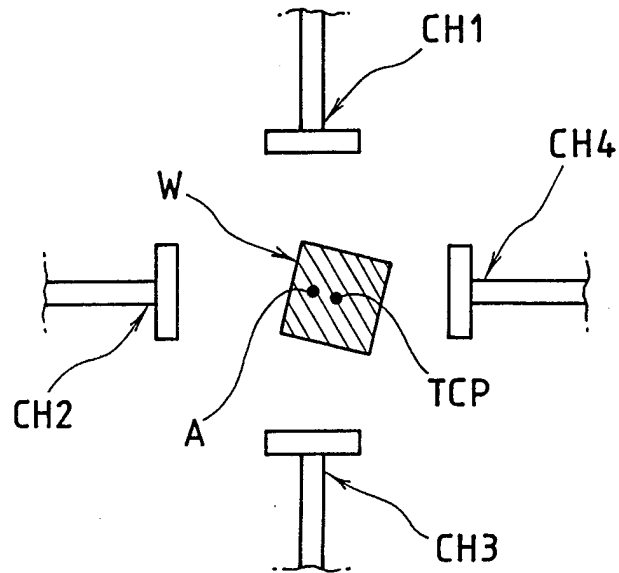


Fig. 7B

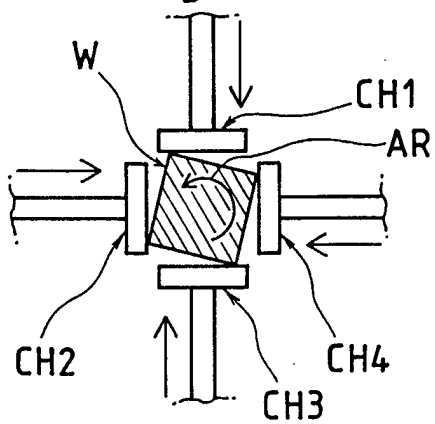
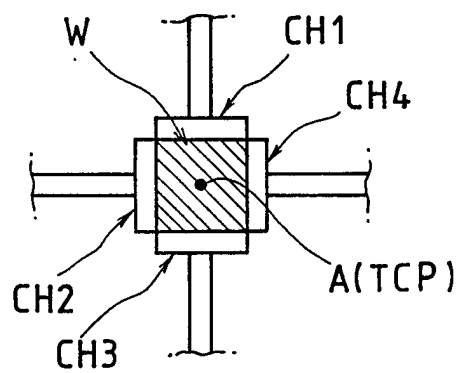


Fig. 7C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/00314

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
Int. Cl ⁶ G05B19/19		
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)		
Int. Cl ⁶ G05B19/19, G05B19/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Jitsuyo Shinan Koho		1940 - 1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho		1971 - 1996
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.
X, Y	JP, 8-71969, A (Fanuc Ltd.), March 19, 1996 (19. 03. 96) (Family: none)	1 - 7
Y	JP, 61-265602, A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), November 25, 1986 (25. 11. 86) (Family: none)	7
Y	JP, 64-44510, A (Omron Tateisi Electronics Co.), February 16, 1989 (16. 02. 89) (Family: none)	1 - 7
A	JP, 4-310104, A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), November 2, 1992 (02. 11. 92) (Family: none)	1 - 7
A	JP, 5-123987, A (Fujitsu Ltd.), May 21, 1993 (21. 05. 93) (Family: none)	1 - 7
A	JP, 6-250728, A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), September 9, 1994 (09. 09. 94) (Family: none)	1 - 7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 document 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
February 5, 1998 (05. 02. 98)		February 17, 1998 (17. 02. 98)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ G05B19/19

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. Cl⁶ G05B19/19
G05B19/18

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 1940-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-1996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 請求の範囲の番号
X, Y	JP, 8-71969, A (ファナック株式会社), 19. 3月. 1996 (19. 03. 96), (ファミリーなし)	1-7
Y	JP, 61-265602, A (三菱重工工業株式会社), 25. 1 1月. 1986 (25. 11. 86), (ファミリーなし)	7
Y	JP, 64-44510, A (立石電機株式会社), 16. 2月. 1989 (16. 02. 89), (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 4-310104, A (松下電器産業株式会社), 2. 11 月. 1992 (02. 11. 92), (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 5-123987, A (富士通株式会社), 21. 5月. 1 993 (21. 05. 93), (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 6-250728, A (日立建機株式会社), 9. 9月. 1 994 (09. 09. 94), (ファミリーなし)	1-7

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」 先行文献ではあるが、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 05. 02. 98

国際調査報告の発送日 17.02.98

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
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) 17.02.98
千葉成就 印 3H 8207
電話番号 03-3581-1101 内線 3317