

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4873253号
(P4873253)

(45) 発行日 平成24年2月8日 (2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年12月2日 (2011.12.2)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 5 J 9/22 (2006.01)

B 2 5 J 9/22 Z

G 0 5 B 19/421 (2006.01)

G 0 5 B 19/421

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2007-241596 (P2007-241596)	(73) 特許権者	000006622
(22) 出願日	平成19年9月18日 (2007.9.18)		株式会社安川電機
(65) 公開番号	特開2009-72833 (P2009-72833A)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(43) 公開日	平成21年4月9日 (2009.4.9)	(72) 発明者	橋口 幸男
審査請求日	平成21年11月20日 (2009.11.20)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		審査官	佐々木 一浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットの直接教示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多関節ロボットの先端部に力センサを介して設けられた操作ハンドルを備え、教示作業者が前記操作ハンドルに加える力を前記力センサにより検出し、前記検出した力に応じて力制御により前記ロボットを動作させ、前記ロボットの動作を記録することで教示を行うロボットの直接教示装置において、

教示中の前記ロボットの位置と速度を予め設定されたサンプリング時間ごとに収録する収録部と、

前記収録部に収録された速度データの大きさが大きいほど前記収録部に収録された位置データの抽出の間隔を大きくして前記ロボットのパスデータを生成する抽出処理部と、

前記生成されたパスデータを記憶する記憶部とを備え、

前記操作ハンドルは、前記生成されたパスデータを提示する表示部を備えたことを特徴とするロボットの直接教示装置。

【請求項 2】

前記表示部は、前記抽出処理部が前記収録部に収録された位置データを抽出する間隔を調整するパラメータを設定する設定部を備えたことを特徴とする請求項 1 記載のロボットの直接教示装置。

【請求項 3】

前記表示部はタッチパネルを備え、前記タッチパネルに前記ロボットの位置と速度の収録の開始および停止を行うスイッチと、前記抽出処理部による前記パスデータ生成開始を

行うスイッチを表示することを特徴とする請求項 1 または 2 記載のロボットの直接教示装置。

【請求項 4】

前記表示部は、前記収録部に収録された位置データおよび生成されたパスデータを 3 次元グラフィックス表示により提示するグラフィックデータ表示部を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載のロボットの直接教示装置。

【請求項 5】

前記表示部は、前記操作ハンドルから取り外し自在に設置されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載のロボットの直接教示装置。

【請求項 6】

前記操作ハンドルはデッドマンスイッチを備え、前記デッドマンスイッチが押下されている間のみ前記力制御を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載のロボットの直接教示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は産業用ロボットの教示装置に関し、特に教示作業者が直接ロボットに力を加えロボットを動作させて教示を行う直接教示装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

産業用ロボットの教示方法として、各軸をジョグ動作させてロボットの手先を所望の位置・姿勢にして教示点として記録する方法の他、オペレータ（教示作業）が直接ロボットに力を加えてロボットを動作させる直接教示が知られている。

従来の産業用ロボットに対する直接教示方法において、オペレータが直接ロボットに力を加えて教示したい軌跡に沿った動作をさせつつ、その全経路に渡ってロボットの各軸の位置を一定のサンプリングタイム（例えば 10 ～ 100 [ms] 程度）毎に読み出し、記録するという方法があった。しかしこの方法では、記録されるデータ量が膨大となり、また教示を行っている途中で経路を誤った場合にこれを修正する作業が極めて困難であるという問題があった。

そこで、その対策としてロボットに教示する作業を複数の作業範囲に分割し、作業範囲毎に直接教示を行い、その後、再生するパスデータ名、各パスデータの再生順序、管理情報、補間情報からなる作業プログラムを作成し、この作業プログラムを再生することでロボットに所望の動作を行わせるという方法があった（例えば、特許文献 1）。また、特許文献 1 では、ロボットが各パス間を滑らかに移動するためのパスデータを生成する方法についても開示されている。

【特許文献 1】特開平 8 - 19975 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

特許文献 1 の直接教示方法は、作業範囲毎のパスデータに識別符号を記憶し、その後パスデータの編集を行うという方式である。こうした方式は塗装作業のように作業範囲毎に作業の特徴が明確化できる作業では有効である。しかしながら、組立作業のように作業者の動きそのもの、言い換えれば動作の緩急が作業の特徴である場合は、直接教示時のオペレータの動作速度を含めた動作そのものを活用する必要がある。このような場合には従来の直接教示方法では対応できない。

また先に述べたように、サンプリングデータをそのまま記録・再生する方法では記憶容量が膨大となり、実用的ではない。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、産業用ロボットによる組立作業のような複雑な動作の教示を行うための直接教示装置に関し、効率よく教示作業が行え

10

20

30

40

50

、さらに直接教示時のオペレータの動作の緩急を反映した作業プログラムを生成できる直接教示装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したものである。

請求項1に記載の発明は、多関節ロボットの先端部に力センサを介して設けられた操作ハンドルを備え、教示作業者が前記操作ハンドルに加える力を前記力センサにより検出し、前記検出した力に応じて力制御により前記ロボットを動作させ、前記ロボットの動作を記録することで教示を行うロボットの直接教示装置において、教示中の前記ロボットの位置と速度を予め設定されたサンプリング時間ごとに収録する収録部と、前記収録部に収録された速度データの大きさが大きいほど前記収録部に収録された位置データの抽出の間隔を大きくして前記ロボットのパスデータを生成する抽出処理部と、前記生成されたパスデータを記憶する記憶部とを備え、前記操作ハンドルは、前記生成されたパスデータを提示する表示部を備えたことを特徴とする。

10

請求項2に記載の発明は、前記表示部は、前記抽出処理部が前記収録部に収録された位置データを抽出する間隔を調整するパラメータを設定する設定部を備えたことを特徴とする。

請求項3に記載の発明は、前記表示部はタッチパネルを備え、前記タッチパネルに前記ロボットの位置と速度の収録の開始および停止を行うスイッチと、前記抽出処理部による前記パスデータ生成開始を行うスイッチを表示することを特徴とする。

20

請求項4に記載の発明は、前記表示部は、前記収録部に収録された位置データおよび生成されたパスデータを3次元グラフィックス表示により提示するグラフィックデータ表示部を備えたことを特徴とする。

請求項5に記載の発明は、前記表示部は、前記操作ハンドルから取り外し自在に設置されることを特徴とする。

請求項6に記載の発明は、前記操作ハンドルはデッドマンスイッチを備え、前記デッドマンスイッチが押下されている間のみ前記力制御を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0005】

請求項1に記載の発明によると、直接教示時のロボット動作の緩急を反映したパスデータを生成することができ、組立作業等の作業スキルが要求される工程の教示作業において効率的に作業プログラムを生成することが可能となる。また、ロボットを実際に動作させなくてもオペレータは生成されたパスデータを確認できるため、教示作業を効率的に進めるのに一層有用である。

30

さらに請求項1に記載の発明によると、直接教示の際のロボットの動作速度の大小によって直接教示時に収録された位置データの抽出間隔を調整することができるため、直接教示時にサンプリングした記憶データ削減と、オペレータによる動作の特徴再現の両立が可能となり、実用性が極めて高い教示装置を提供することができる。

請求項2に記載の発明によると、直接教示時のロボットの動作に対する、生成されるパスデータの再現性を調整することができる。

40

請求項3に記載の発明によると、タッチパネルを採用することによって表示機能とスイッチ機能を兼ね備えるため、表示部が操作ハンドル部に極めて小型コンパクトに収まり、教示作業時にオペレータの視界を遮るなど邪魔になることがなく教示作業の効率化をもたらす。

請求項4に記載の発明によると、ロボットを実際に動作させなくとも、直接教示時のロボット1の動作と生成されたパスデータとを確認でき、生成されたパスデータがオペレータの意図したものとなっているか判断することができるので、教示作業の効率を向上することができる。

請求項5に記載の発明によると、峡間部の直接教示において表示部と周囲環境との接触

50

の虞がある場合には、オペレータが確認容易な場所に表示部を配置することが可能となり実際の製造ラインでの教示作業の効率向上に極めて有用である。また、表示部を複数のロボットの教示作業に兼用することも可能となる。

請求項 6 に記載の発明によると、オペレータが操作ハンドルを確実に把持している場合のみロボットの位置と速度が収録されるので、誤ってロボットに力をかけて意図しないデータが収録されることを防止でき、教示作業を効率的に進めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 0 6 】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

【実施例 1】

【 0 0 0 7 】

以下本発明の実施例を説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施例を示すロボットの直接教示装置の構成図である。

図 1 において 1 は多関節ロボットであり、ロボット 1 の先端には、エンドエフェクタとして開閉動作可能なハンド 2 が取り付けられている。ロボット 1 の先端とハンド 2 との間には力センサ 3 が配置され、力センサ 3 には操作ハンドル 4 が固定されている。

力センサ 3 は操作ハンドル 4 に加わる力の向きと大きさを検知し、オペレータは操作ハンドル 4 を把持して所望の方向に力を加えることでロボット 1 を動作させ、直接教示を行う。直接教示の手順の詳細については後述する。操作ハンドル 4 には、タッチパネル機能を備えた表示器 5 と、デッドマンスイッチ 4 A とが配置される。

表示器 5 は、図 2 に示すようにその画面をグラフィックデータ表示部 5 A と、スイッチ 5 B と、パラメータ表示・編集部 5 C と、パス生成実行スイッチ 5 D とに分けて使用する。スイッチ 5 B は、教示状況に応じてその機能を変更可能で、その都度機能を表す文字が表示される。

図 2 において、グラフィックデータ表示部 5 A に表示されている点線は実際に教示した時のパスデータを表し、実線は後述する抽出処理後のパスデータを表している。

【 0 0 0 8 】

6 は、ロボット 1 を制御するための制御装置である。制御装置 6 はインピーダンス制御部 7 と、位置 / 速度制御部 8 と、サーボアンプ部 9 と、位置データ / 速度データ収録部 10 と、抽出処理部 11 と、不揮発性メモリで構成された記憶部 12 と、タッチパネル制御部 13 と、作業プログラム解読実行部 16 と、モード管理部 17 と、逆変換部 18 で構成される。

インピーダンス制御部 7 は力センサ 3 の出力を受け、後述するインピーダンスモデルに従って位置指令、速度指令を出力する。また、インピーダンス制御部 7 が出力した指令は逆変換部 18 によってロボット 1 の各関節軸に対する指令へと変換される。

タッチパネル制御部 13 は、表示器 5 に表示するグラフィックデータを生成する 3 次元グラフィックデータ生成部 15 と、表示器 5 に対するスイッチ操作を検知したり、グラフィックデータを送信したりするタッチパネル入出力信号管理部 14 とで構成される。

【 0 0 0 9 】

モード管理部 17 はデッドマンスイッチ 4 A と接続されており、オペレータが直接教示を行う際にはデッドマンスイッチ 4 A を押下して制御装置 6 へ教示中であることを明示するようにしている。モード管理部 17 はデッドマンスイッチ 4 A の状態に従って、インピーダンス制御部 7 の機能の ON / OFF を切り換える。

【 0 0 1 0 】

ここでインピーダンス制御部 7 内のインピーダンスモデルは次の式 (1) のように表現される。

【 0 0 1 1 】

10

20

30

40

$$F = M\ddot{x} + B\dot{x} + Kx \quad \dots \text{式 (1)}$$

但し、F：力センサ 3 の出力である操作力

x：ハンド 2 の位置

M：慣性係数

B：粘性係数

K：バネ係数

であり、いずれも実数とする。

【 0 0 1 2 】

慣性係数 M と粘性係数 B、バネ係数 K は予め適切に調整しておき、式 (1) によって求めた x をロボット 1 への指令とすることで、力センサ 3 にて検出した力に対するロボット 1 の直接操作時の動作特性を変更することが出来る。インピーダンス制御については公知技術であるので、詳細な説明は割愛する。

【 0 0 1 3 】

本発明の直接教示装置による直接教示の手順について説明する。

オペレータが教示する作業パターンの例を図 3 に示す。図 3 は、ロボット 1 がシート 5 1 を車体 5 2 内に自動で組み付ける作業に必要なパスデータを、オペレータ 5 0 が直接教示にて教示する様子を示している。

このとき、オペレータ 5 0 は操作ハンドル 4 を右手で把持し、左手でシート 5 1 を把持する。このように、操作ハンドル 4 を把持していないオペレータ 5 0 の片方の手は、実際の作業ではワークを持っている場合が多いので、従来例のように操作ハンドル 4 を把持していない方の手で小型のプログラミングボックスを持つような方式は実用に適さない。これに対して本発明では操作ハンドル 4 を把持した右手のみで直接教示作業に関する各種操作を行え、効率のよい直接教示装置を実現できる。

【 0 0 1 4 】

続いてオペレータ 5 0 が把持した操作ハンドル 4 に力を加えてロボット 1 を誘導し、直接教示を行う場合の制御装置 6 での制御について説明する。

オペレータ 5 0 が操作ハンドル 4 のデッドマンスイッチ 4 A を押下すると、モード管理部 1 7 はその信号を受けてインピーダンス制御部 7 の機能を ON にすると同時に、タッチパネル入出力信号管理部 1 4 に対しスイッチ 5 B 上に「教示スタート」と表示する信号を送る。

オペレータ 5 0 が、表示器 5 の「教示スタート」と表示されたスイッチ 5 B を確認し押下すると、タッチパネル入出力信号管理部 1 4 が押下状態をラッチし、位置データ / 速度データ収録部 1 0 に教示データの収録開始を要求すると同時に、スイッチ 5 B 上に「教示停止」を表示する。

位置データ / 速度データ収録部 1 0 は、タッチパネル入出力信号管理部 1 4 の収録要求信号により位置速度制御部 8 にフィードバックされるロボット 1 の各関節軸の位置 (角度) と速度の収録を始め、蓄積していく。収録のサンプリング周期は位置 / 速度制御部 8 のサンプリング周期と同じとしても良いし、大まかな動作教示でよい場合などはそれよりも長い周期に設定してもかまわない。またサンプリング周期ごとに収録したデータ数をカウントアップし、データを特定するインデックスとする。

例えば位置データは P (1)、P (2)、P (3) … のように収録、管理され、速度データも同様に V (1)、V (2)、V (3) … のように収録、管理される。

【 0 0 1 5 】

実際にオペレータ 5 0 が操作を始めるとオペレータ 5 0 が把持した操作ハンドル 4 の誘導力を力センサ 3 で検出し、この力情報と仮想の慣性と粘性によるインピーダンスモデル (以下の実施例ではバネ係数 = 0 とする) に基づいたインピーダンス制御部 7 で直交座標系での位置指令・速度指令を算出する。この指令を逆変換部 1 8 にて関節座標系に逆変換し、各関節に対する指令を求める。この関節角度指令・関節速度指令とロボット 1 の各駆

10

20

30

40

50

動部分または各関節部分に設けられた図示しない関節角度検出器により検出された関節角度および関節速度に基づいて、位置／速度制御部 8 は各関節軸の駆動源であるサーボモータが発生すべきトルクを算出する。サーボアンプ部 9 は位置／速度制御部 8 からの指令に従ってロボット 1 のサーボモータを駆動する。このようにしてロボット 1 はオペレータ 50 による誘導に従い、シート 51 を車体 52 内に組み付ける作業の経路に沿って動作する。

この操作の間、位置データ／速度データ収録部 10 は収録を継続する。教示したい動作が終了し、オペレータ 50 が「教示停止」と表示されたスイッチ 5B を押下すると、タッチパネル入出力信号管理部 14 が押下状態をラッチし、位置データ／速度データ収録部 10 に収録終了を要求すると同時に、表示器 5 に再度「教示スタート」と表示する。

10

【0016】

次に、オペレータ 50 が操作ハンドル 4 のデッドマンスイッチ 4A を離すと、モード管理部 17 は、インピーダンス制御 7 の機能を OFF にすると同時に、タッチパネル入出力信号管理部 14 に対し、スイッチ 5B 上に「パスデータ生成可能」と表示する信号を送る。オペレータ 50 がスイッチ 5B 上の「パスデータ生成可能」の表示を目視により確認し、パス生成実行スイッチ 5D を押下すると、抽出処理部 11 は、位置データ／速度データ収録部 10 に収録されたデータを読み出す。

抽出処理部 11 は、読み出した速度データに応じて適当なパスデータを生成し、記憶部 12 にパスデータを保存する。より具体的には、図 4 に示す処理フローに基づきパスデータを生成する。

20

図 4 において、 n 、 L 、 M 、 L_{max} は自然数で、 L_{max} は位置データ／速度データ収録部 10 に収録されたデータの個数を表し、 L 、 M はそれぞれ位置データ／速度データ収録部 10 に収録された位置データ ($P(1)$ 、 $P(2)$ 、 $P(3)$ 、 \dots)、速度データ ($V(1)$ 、 $V(2)$ 、 $V(3)$ 、 \dots) を特定するためのインデックスとして用いられる。また n は生成されるパスデータのインデックスとして用いられる。

また、 K_c は、位置データ／速度データ収録部 10 に収録されたデータからパスデータを生成する際の抽出間隔を調整するためのパラメータ（自然数）である。 K_c が大きくなると収録データからの抽出間隔が小さく（細かく）なり、 K_c が小さくなると抽出間隔が大きく（粗く）なる。 K_c が一定の場合は、収録された速度データが大きいほど生成されるパスデータの抽出間隔は大きく（粗く）なり、逆に速度データが小さいほど生成されるパスデータの抽出間隔は小さく（細かく）なる。すなわち、直接教示の際にオペレータがロボット 1 を大きな速度で動作させると抽出間隔の大きい（粗い）パスデータが生成されるので、直接教示時のオペレータによる動作の緩急を再現したパスデータを生成することができる。

30

【0017】

K_c の設定は、オペレータがパラメータ表示・設定部 5C を用いて予め行っておく。図 5 にパラメータ表示・設定部 5C の一例を示す。図 5 では表示部 5C1 と、プラススイッチ 5C2 と、マイナススイッチ 5C3 と、決定スイッチ 5C4 とから構成されている。オペレータがプラススイッチ 5C2 / マイナススイッチ 5C3 を押下すると表示部 5C1 に表示されたパラメータ K_c の値が増減する。 K_c を適切な値に設定した後、決定スイッチ 5C4 を押すと K_c が抽出処理部 11 に保存される。

40

【0018】

パス生成実行スイッチ 5D が押下されると、S1 から処理が開始し、S2 で n 、 L が初期化される。S3 で速度データを読み込み、S4 でパラメータ K_c と収録された速度データの大きさとの比に応じて、読み込むべき位置データのインデックス (M) を決定する。 $|V(L)| / K_c$ が割り切れない場合は小数点以下を繰り上げて自然数にする。

S5 で位置データ／速度データ収録部 10 から位置データ $P(M)$ を読み込み、読み込んだ $P(M)$ を S6 でパスデータの目標位置 $P1(n)$ として記憶部 12 に格納する。続いて S7 でインデックスをカウントアップする。以上の S3 ~ S7 を、位置データ／速度データ収録部 10 に収録されたデータの最後尾になるまで繰り返す。

50

【 0 0 1 9 】

生成されたパスデータは、3次元グラフィックデータ生成部15にてグラフィックデータに変換されて、図2に示すようにグラフィックデータ表示部5Aに表示される。このとき同時に、生成されたパスデータだけでなく位置データ/速度データ収録部10に収録された教示時のパスデータも同時に表示することが可能である。

3次元グラフィックデータ生成部15は、パスデータからグラフィックデータを生成するために、予めロボット1の各リンク部の寸法などのデータが設定されている。

操作ハンドル4上に表示器5を備えることにより、ロボット1による再現動作を行うことなく、またロボット1から離れることなく即座に直接教示した作業の動作軌跡を確認することができる。さらに表示器5はハンドル4に対し脱着可能となっており、複数のロボットで1つの表示器5を共用して各ロボットの直接教示時に利用することも可能である。

10

【 0 0 2 0 】

このようにして生成されたパスデータは、作業実行時には、記憶部12から読み出され、作業プログラム解読実行部16を介して位置/速度制御部8へと入力される。作業実行時にはデッドマンスイッチ4Aは押下されていないのでインピーダンス制御部7の機能はOFF状態となっており、ロボット1は通常のプレイバック動作を行う。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の全体構成を示す図

【 図 2 】 本発明の表示器の構成を示す図

20

【 図 3 】 本発明を適用した具体的な作業パターンを示す図

【 図 4 】 本発明の抽出処理部での処理を説明する処理フロー図

【 図 5 】 本発明のパラメータ表示・編集部を示す図

【 符号の説明 】

【 0 0 2 2 】

- 1 ロボット
- 2 ハンド
- 3 カセンサ
- 4 操作ハンドル
- 4 A デッドマンスイッチ
- 5 表示器
- 5 A グラフィックデータ表示部
- 5 B スイッチ
- 5 C パラメータ表示・調整部
- 5 C 1 表示部
- 5 C 2 プラススイッチ
- 5 C 3 マイナススイッチ
- 5 C 4 決定スイッチ
- 5 D パス生成実行スイッチ
- 6 制御装置
- 7 インピーダンス制御部
- 8 位置/速度制御部
- 9 サーボアンプ部
- 10 位置データ/速度データ収録部
- 11 抽出処理部
- 12 記憶部
- 13 タッチパネル制御部
- 14 タッチパネル入出力信号管理部
- 15 3次元グラフィックデータ生成部
- 16 作業プログラム解読実行部

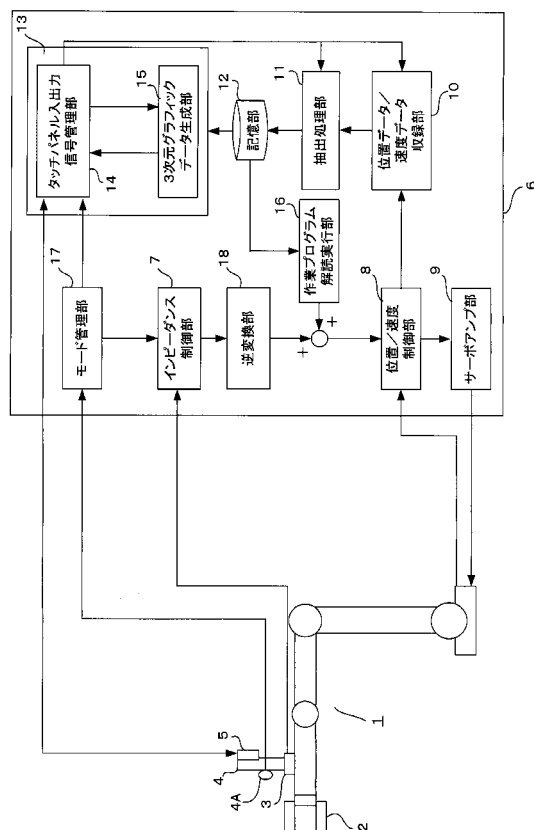
30

40

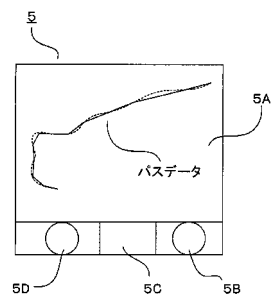
50

- | | |
|-----|--------|
| 1 7 | モード管理部 |
| 1 8 | 逆変換部 |
| 5 0 | オペレータ |
| 5 1 | シート |
| 5 2 | 車体 |

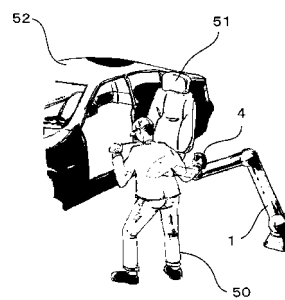
【 図 1 】



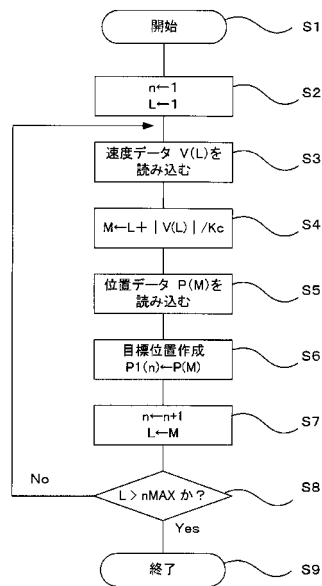
【圖 2】



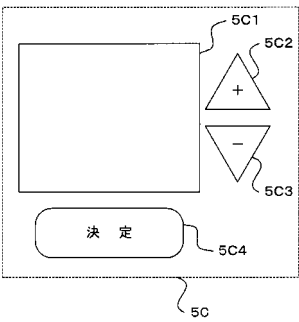
【圖 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-293098(JP,A)

特開平02-072415(JP,A)

特開平02-212083(JP,A)

特開平03-270887(JP,A)

特開昭61-208515(JP,A)

特開平10-291182(JP,A)

特開平1-212083(JP,A)

特開平8-19975(JP,A)

特開平5-301182(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 9/22

G05B 19/421