

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7087632号

(P7087632)

(45)発行日 令和4年6月21日(2022.6.21)

(24)登録日 令和4年6月13日(2022.6.13)

(51)国際特許分類

F I

B 2 5 J 9/22 (2006.01)

B 2 5 J 9/22

A

G 0 5 B 19/42 (2006.01)

G 0 5 B 19/42

P

請求項の数 6 (全23頁)

(21)出願番号 特願2018-84922(P2018-84922)
(22)出願日 平成30年4月26日(2018.4.26)
(65)公開番号 特開2019-188545(P2019-188545
A)
(43)公開日 令和1年10月31日(2019.10.31)
審査請求日 令和3年3月17日(2021.3.17)

(73)特許権者 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74)代理人 110000028弁理士法人明成国際特許事
務所
(72)発明者 竹内 馨
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
コーエプソン株式会社内
審査官 杉田 隼一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボット制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

力検出器を備えるロボットの作業の制御プログラムを作成するロボット制御装置であって、
力制御動作を含む作業の動作フローを作成するための動作フロー作成領域を含む入力画面
を表示装置に表示させる表示制御部と、

作成された動作フローを制御プログラムに変換する変換部と、

前記制御プログラムを実行して前記ロボットを制御する制御実行部と、

を備え、

前記表示制御部は、前記制御実行部によって前記制御プログラムが実行された後に、前記
ロボットの動作が予め設定した所定の動作でない場合に、前記予め設定した所定の動作を
実現するための対策案を提示する画面を前記表示装置に表示させ、

前記表示制御部は、前記制御プログラムの実行結果から前記予め設定した所定の動作で
はないことを示す項目を表示させ、前記画面を前記表示装置に表示させ、

前記対策案は、前記力制御動作を特定する複数のパラメータのうち、前記項目に関連
するパラメータを含み、

前記表示制御部は、前記項目が表示された場合に、前記画面に前記パラメータの現在
設定値と推奨設定値とを表示させる、ロボット制御装置。

【請求項2】

請求項1に記載のロボット制御装置であって、

前記表示制御部は、前記画面に、前記パラメータの前記推奨設定値から算出した第1特

性値を表示させる、ロボット制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のロボット制御装置であって、
前記表示制御部は、前記画面に、前記力制御動作の目標値を入力する目標値フィールドに前記目標値が入力されると、前記目標値と前記パラメータの前記推奨設定値から算出した第 2 特性値を表示させる、ロボット制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のロボット制御装置であって、
前記表示制御部は、前記画面に、前記パラメータの新規設定値を入力する設定値フィールドを表示させる、ロボット制御装置。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載のロボット制御装置であって、
前記表示制御部は、前記設定値フィールドに入力された前記新規設定値を用いて前記制御実行部によって前記制御プログラムが実行された後に、前記ロボットの動作が前記予め設定した所定の動作である場合、前記制御プログラムの実行結果を提示する画面を前記表示装置に表示させる、ロボット制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のロボット制御装置であって、
前記表示制御部は、前記パラメータの設定値の履歴を表示させ、前記履歴から前記パラメータの過去の設定値を選択可能な形態で前記画面を表示させる、ロボット制御装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ティーチングプレイバック方式のロボットでは、教示された結果に基づきロボットの作業を表す制御プログラム（ジョブ）が作成される。ティーチングプレイバック方式とは、教示によって作成された制御プログラムを実行することによって、ロボットを動作させる方式を意味する。制御プログラムを作成する手順は、「ティーチング（教示）」と呼ばれており、従来から様々なティーチング方法が工夫されている。特許文献 1 では、力検出器を利用した力制御を実行するロボットの制御プログラムを作成するために、ロボットの動作のパラメータを設定するためのガイダンス情報を教示装置の画面に表示する技術が開示されている。教示者（作業員）は、このガイダンス情報に従ってパラメータを設定することによりティーチングを行うことが可能である。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2014 - 233814 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述した従来技術では、動作の各種のパラメータを設定することは可能であるが、一般に、作業の制御プログラムを作成する教示作業は熟練を要するので、教示者がより簡単に制御プログラムの作成を行える技術が望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【0005】

（1）本発明の第 1 の形態によれば、力検出器を備えるロボットの作業の制御プログラムを作成するロボット制御装置が提供される。このロボット制御装置は、力制御動作を含む作業の動作フローを作成するための動作フロー作成領域を含む入力画面を表示装置に表示

50

させる表示制御部と、作成された動作フローを制御プログラムに変換する変換部と、前記制御プログラムを実行して前記ロボットを制御する制御実行部と、を備える。前記表示制御部は、前記制御実行部によって前記制御プログラムが実行された後に、前記ロボットの動作が予め設定した所定の動作でない場合に、前記予め設定した所定の動作を実現するための対策案を提示する画面を前記表示装置に表示させる。前記表示制御部は、前記制御プログラムの実行結果から前記予め設定した所定の動作ではないことを示す項目を表示させ、前記画面を前記表示装置に表示させる。前記対策案は、前記力制御動作を特定する複数のパラメーターのうち、前記項目に関連するパラメーターを含み、前記表示制御部は、前記項目が表示された場合に、前記画面に前記パラメーターの現在設定値と推奨設定値とを表示させる。

10

【 0 0 0 6 】

(2) 本発明の第 2 の形態によれば、力検出器を備えるロボットの作業の制御プログラムを作成するロボット制御装置が提供される。このロボット制御装置は、プロセッサを備え、前記プロセッサは、(a) 力制御動作を含む作業の動作フローを作成するための動作フロー作成領域を含む入力画面を表示装置に表示させ、(b) 作成された動作フローを制御プログラムに変換し、(c) 前記制御プログラムを実行して前記ロボットを制御するように構成されている。前記プロセッサは、前記制御プログラムを実行した後に、前記ロボットの動作が予め設定した所定の動作でない場合に、前記予め設定した所定の動作を実現するための対策案を提示する画面を前記表示装置に表示させる。

【 図面の簡単な説明 】

20

【 0 0 0 7 】

【 図 1 】 ロボットシステムの斜視図。

【 図 2 】 複数のプロセッサを有する制御装置の一例を示す概念図。

【 図 3 】 複数のプロセッサを有する制御装置の他の例を示す概念図。

【 図 4 】 制御装置の機能ブロック図。

【 図 5 】 ロボット制御プログラムの作成手順のフローチャート。

【 図 6 A 】 力検出器を用いる作業の制御プログラムの作成手順を示す説明図。

【 図 6 B 】 力検出器を用いる作業の制御プログラムの作成手順を示す説明図。

【 図 6 C 】 力検出器を用いる作業の制御プログラムの作成手順を示す説明図。

【 図 6 D 】 力検出器を用いる作業の制御プログラムの作成手順を示す説明図。

30

【 図 7 】 動作フローを構成する動作の分類と動作オブジェクトの例を示す説明図。

【 図 8 A 】 接触オブジェクトの動作の概要を示す説明図。

【 図 8 B 】 脱力オブジェクトの動作の概要を示す説明図。

【 図 8 C 】 押付け探りオブジェクトの動作の概要を示す説明図。

【 図 8 D 】 押付け移動オブジェクトの動作の概要を示す説明図。

【 図 9 】 力検出器で測定される力の変化の一例を示すグラフ。

【 図 1 0 A 】 動作フローに従って作業を実行した結果を示す画面の一例を示す説明図。

【 図 1 0 B 】 パラメーター調整後の再実行結果を示す画面の一例を示す説明図。

【 図 1 1 】 力制御動作の問題点の対策案を提示する画面の一例を示す説明図。

【 図 1 2 】 図 1 1 の対策案提示領域を拡大して示す説明図。

40

【 図 1 3 】 対策案提示領域の他の例を示す説明図。

【 図 1 4 】 対策案提示領域の他の例を示す説明図。

【 図 1 5 】 対策案提示領域の他の例を示す説明図。

【 図 1 6 】 対策案提示領域の他の例を示す説明図。

【 図 1 7 】 対策案提示領域の他の例を示す説明図。

【 図 1 8 】 動作フローを制御プログラムに変換する際の入力画面の一例を示す説明図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 8 】

A. 第 1 実施形態：

図 1 は、第 1 実施形態におけるロボットシステムを示す斜視図である。このロボットシス

50

テムは、カメラ30と、搬送装置50と、ロボット100と、ロボット制御装置200と、を備えている。ロボット100とロボット制御装置200は、ケーブル又は無線を介して通信可能に接続される。

【0009】

このロボット100は、アーム110の先端にあるアームフランジ120に各種のエンドエフェクターを装着して使用される単腕ロボットである。アーム110は6つの関節J1～J6を備える。関節J2、J3、J5は曲げ関節であり、関節J1、J4、J6はねじり関節である。関節J6の先端にあるアームフランジ120には、対象物（ワーク）に対して把持や加工等の作業を行うための各種のエンドエフェクターが装着される。アーム110の先端近傍の位置を、ツールセンターポイント（TCP）として設定可能である。TCPは、エンドエフェクターの位置の基準として使用される位置であり、任意の位置に設定可能である。例えば、関節J6の回転軸上の所定位置をTCPとして設定することができる。なお、本実施形態では6軸ロボットを用いているが、他の関節機構を有するロボットを使用してもよい。

10

【0010】

ロボット100は、アーム110の可動範囲内においてエンドエフェクターを任意の位置で任意の姿勢とすることができる。アームフランジ120には、力検出器130と、エンドエフェクター140とが設置されている。本実施形態ではエンドエフェクター140はグリッパーであるが、他の任意の種類のエンドエフェクターを使用可能である。力検出器130は、エンドエフェクター140に作用する3軸の力と、当該3軸まわりに作用するトルクとを計測する6軸センサーである。力検出器130は、固有の座標系であるセンサー座標系において互いに直交する3個の検出軸と平行な力の大きさと、当該3個の検出軸まわりのトルクの大きさとを検出する。なお、関節J6以外の関節J1～J5のいずれか1つ以上に力検出器としての力センサーを備えても良い。なお、力検出器は、制御する方向の力やトルクを検出できればよく、力検出器130のように直接的に力やトルクを検出する手段や、ロボットの関節のトルクを検出して間接的に力やトルクを求める手段などを用いてもよい。また、力を制御する方向のみの力やトルクを検出してもよい。

20

【0011】

ロボット100が設置された空間を規定する座標系をロボット座標系と呼ぶ。ロボット座標系は、水平面上において互いに直交するx軸とy軸と、鉛直上向きを正方向とするz軸とによって規定される3次元の直交座標系である。また、x軸周りの回転角をRxで表し、y軸周りの回転角をRyで表し、z軸周りの回転角をRzで表す。x、y、z方向の位置により3次元空間における任意の位置を表現でき、Rx、Ry、Rz方向の回転角により3次元空間における任意の姿勢を表現できる。以下、「位置」と表記した場合、位置と姿勢（position and orientation）も意味し得ることとする。また、「力」と表記した場合、力とトルクも意味し得ることとする。

30

【0012】

本実施形態において、搬送装置50によってワークWK2が搬送される。搬送装置50は、搬送ローラー50a、50bを備えており、これらの搬送ローラー50a、50bを回転させることによって搬送面を移動させ、搬送面上に載置されたワークWK2を搬送することができる。搬送装置50の上方には、カメラ30が設置されている。このカメラ30は、搬送面上のワークWK2が視野に含まれるように設置されている。ワークWK2の上面には、嵌合孔H2が形成されている。エンドエフェクター140は、ワークWK2の嵌合孔H2に、エンドエフェクター140で把持したワークWK1を嵌合させる作業を行うことができる。なお、この嵌合作業は、搬送面を停止させた状態で行っても良く、或いは、搬送面を移動させつつ実行しても良い。但し、搬送装置50やカメラ30は省略可能である。

40

【0013】

ロボット制御装置200は、アーム110と、エンドエフェクター140と、搬送装置50と、カメラ30とを制御する。ロボット制御装置200の機能は、例えば、プロセッサ

50

ーとメモリーを備えるコンピューターがコンピュータープログラムを実行することによって実現される。

【 0 0 1 4 】

図 2 は、複数のプロセッサによってロボットの制御装置が構成される一例を示す概念図である。この例では、ロボット 1 0 0 及びその制御装置 2 0 0 の他に、パーソナルコンピューター 4 0 0 , 4 1 0 と、LAN などのネットワーク環境を介して提供されるクラウドサービス 5 0 0 とが描かれている。パーソナルコンピューター 4 0 0 , 4 1 0 は、それぞれプロセッサとメモリーとを含んでいる。また、クラウドサービス 5 0 0 においてもプロセッサとメモリーを利用可能である。これらの複数のプロセッサの一部又は全部を利用して、ロボット 1 0 0 の制御装置を実現することが可能である。

10

【 0 0 1 5 】

図 3 は、複数のプロセッサによってロボットの制御装置が構成される他の例を示す概念図である。この例では、ロボット 1 0 0 の制御装置 2 0 0 が、ロボット 1 0 0 の中に格納されている点が図 2 と異なる。この例においても、複数のプロセッサの一部又は全部を利用して、ロボット 1 0 0 の制御装置を実現することが可能である。

【 0 0 1 6 】

図 4 は、制御装置 2 0 0 の機能を示すブロック図である。制御装置 2 0 0 は、プロセッサ 2 1 0 とメモリー 2 2 0 と表示装置 2 6 0 と入力装置 2 7 0 とを備えている。メモリー 2 2 0 は、メインメモリーと不揮発性メモリーとを含む。プロセッサ 2 1 0 は、メモリー 2 2 0 に予め格納されたプログラム命令 2 2 2 を実行することにより、ロボット制御プログラム作成部 2 4 0 と制御実行部 2 5 0 の機能を実現する。ロボット制御プログラム作成部 2 4 0 は、表示制御部 2 4 2 と変換部 2 4 4 を含んでいる。表示制御部 2 4 2 は、ロボット 1 0 0 の作業の動作フローを作成するための入力画面（後述）を表示装置 2 6 0 に表示させる。変換部 2 4 4 は、入力画面で作成された動作フローを制御プログラム 2 2 4 に変換する。変換された制御プログラム 2 2 4 は、メモリー 2 2 0 に格納される。制御プログラム 2 2 4 は、機械語などの低級言語で記述されていてもよく、或いは、ロボット言語などの高級言語で記述されていてもよい。制御実行部 2 5 0 は、こうして作成された制御プログラム 2 2 4 を実行することによって、作業の動作をロボット 1 0 0 に実行させる。入力装置 2 7 0 は、キーボードやマウスなどの入力デバイスであり、教示者による入力や設定が入力装置 2 7 0 を用いて行われる。なお、ロボット制御プログラム作成部 2 4 0 と制御実行部 2 5 0 の機能の一部又は全部をハードウェア回路で実現しても良い。ロボット制御プログラム作成部 2 4 0 の機能については更に後述する。

20

30

【 0 0 1 7 】

図 5 は、ロボット制御プログラムの作成手順を示すフローチャートであり、図 6 A ~ 図 6 D は、その手順の説明図である。図 5 の処理は、教示者がロボット制御プログラム作成部 2 4 0 を実現するアプリケーションプログラムを起動することによって開始される。

【 0 0 1 8 】

図 6 A は、ロボット制御プログラム作成部 2 4 0 が起動すると表示制御部 2 4 2 が表示装置 2 6 0 に表示するウィンドウ W 1 の一例を示している。このウィンドウ W 1 は、1 つ以上の動作を含む作業の動作フローを作成するための入力画面に相当する。ウィンドウ W 1 は、以下の領域を含んでいる。

40

(1) メインビュー領域 M V : 後述する動作オブジェクト及び条件分岐オブジェクトの選択肢や、制御プログラムの実行結果、トラブルシュート（問題点の対策案）などを表示する領域である。

(2) 動作フロー作成領域 F L : 複数のオブジェクトがグラフィカルに配置された動作フローを編集可能に表示する領域である。なお、動作フローで表される作業を「シーケンス」とも呼ぶ。

(3) シーケンス表示領域 S Q : シーケンスのツリー構造を表示する領域である。

(4) パラメーター設定領域 P R : 作業全体に関する作業パラメーターや、個々の動作に関する動作パラメーターの設定を行うための領域である。

50

(5) 結果領域 R S : 制御プログラムの実行結果を表示する領域である。

(6) 実行指示領域 R N : 制御プログラムの実行を指示するための領域である。

【 0 0 1 9 】

図 6 A の例では、ウィンドウ W 1 内の複数の領域は、異なるフレームとして分割されているが、フレームに分割されていなくても良い。ウィンドウ W 1 の左上には、作業の制御プログラムの作成手順の開始を指示するためのボタン B T 1 が設けられている。教示者がボタン B T 1 を押すと、図 5 のステップ S 1 1 0 を開始するための入力画面が表示制御部 2 4 2 によって表示装置 2 6 0 に表示される。なお、本明細書では、教示者が、作業パラメータを入力画面のボックスやフィールドに入力することを「入力する」と言い、教示者によって入力されたパラメータを受け付けて内部の値を変更することを「設定する」と言う。

10

【 0 0 2 0 】

図 6 B は、ステップ S 1 1 0 を開始するための入力画面としてのウィンドウ W 2 の一例を示している。このウィンドウ W 2 は、以下の領域を含んでいる。

(1) シーケンス名設定領域 F 2 1 : 新たなシーケンスの名称を設定するための領域である。図 6 B の例では、シーケンス名が「 S e q 1 」と入力されている。

(2) ロボット選択領域 F 2 2 : 使用するロボットのタイプを複数の選択肢から選択するための領域である。図 6 B の例では、「 R B 1 」というタイプのロボットが選択されている。

(3) シーケンスコピー指示領域 F 2 3 : 既に作成済みのシーケンスをコピーすることを指定するための領域である。この領域には、例えば、予めメモリ 2 2 0 内に登録されている複数のシーケンスのシーケンス名がプルダウンメニューとして表示される。シーケンスコピーを使用する場合には、図 6 C で説明する設定は不要となり、後述する図 6 D の画面に移行する。

20

【 0 0 2 1 】

本実施形態では、シーケンスコピーを使用せずに図 6 C の画面に進む。すなわち、図 6 B において、教示者がシーケンスコピー指示領域 F 2 3 の入力を行うこと無く「次へ」ボタンを押すと、表示装置 2 6 0 の表示内容が図 6 C に示すウィンドウ W 1 に変更される。

【 0 0 2 2 】

図 6 C は、図 6 A に示したウィンドウ W 1 において、動作フローの作成を開始する状態を示している。ウィンドウ W 1 の各領域には以下のような内容が表示される。

30

(1) メインビュー領域 M V :

動作フローを構成する動作や条件分岐の分類を示す複数のカテゴリーと、各カテゴリーに属するオブジェクトの名称及びアイコンと、オブジェクトの内容の説明と、オブジェクトの概要を示す図とが表示される。メインビュー領域 M V に表示されたオブジェクトは、ドラッグアンドドロップ等の操作によって動作フロー作成領域 F L 内の動作フローに任意に追加可能である。

(2) 動作フロー作成領域 F L :

1 つ以上のオブジェクトがグラフィカルに配置された動作フローが編集可能に表示される。図 6 C に示すように、動作フローの作成の開始時には、シーケンスのラベルを示すシーケンスブロック S B 1 のみが動作フロー作成領域 F L 内に配置される。

40

(3) シーケンス表示領域 S Q :

動作フロー作成領域 F L に表示されたシーケンスのツリー構造が表示される。

(4) パラメータ設定領域 P R :

動作フロー作成領域 F L に配置されたブロックのいずれかが選択されると、選択されたブロックに対するパラメータが表示される。

【 0 0 2 3 】

図 6 D は、ウィンドウ W 1 の動作フロー作成領域 F L 内に、教示者が動作フローを作成した状態を示している。この例では、シーケンスブロック S B 1 の後に、接触オブジェクト O B 1 と、脱力オブジェクト O B 2 と、押付け探りオブジェクト O B 3 と、押付けオブジ

50

エクトOB4のブロックがこの順に配置されている。各オブジェクトのブロックの中には、そのオブジェクトの名称が表示される。4つのオブジェクトOB1～OB4はすべて動作オブジェクトであるが、条件分岐オブジェクトを配置することも可能である。条件分岐オブジェクトとは、予め定められた条件が成立するか否かに応じて、その進行先が切り換えられるオブジェクトを意味する。動作のカテゴリーと動作オブジェクトについては更に後述する。動作フローには、メインビュー領域MVに表示されたオブジェクトを任意に追加可能であり、また、動作フロー中の任意のオブジェクトを削除することも可能である。

【0024】

図6Dにおいて、動作フロー作成領域FLに配置されたブロックSB1, OB1～OB4のいずれかが選択されると、選択されたブロックに対するパラメーターがパラメーター設定領域PRに表示される。例えば、シーケンスブロックSB1が選択されると、シーケンス全体に関する作業パラメーターが表示される。また、オブジェクトのブロックOB1～OB4のいずれかが選択されると、そのオブジェクトに関するパラメーターが表示される。図6Dの例では、接触オブジェクトOB1に関するパラメーターが表示されている。これらのパラメーターは、必要に応じて変更される。

【0025】

図7は、動作フローを構成する際に利用可能な複数の動作オブジェクトの例を示しており、図8A～図8Dは幾つかの動作オブジェクトの動作の概要を示している。複数の動作オブジェクトは、例えば以下の4つに分類可能である。これらは、いずれも力制御を伴う動作である。

【0026】

<分類1：接触> 指定方向に移動して、反力を受けたら停止する動作である。接触動作の分類は、接触オブジェクトを含む。図8Aに示すように、接触オブジェクトでは、エンドエフェクター140で保持したワークWKaを指定方向DDに移動させ、力検出器130で反力を検出した時にエンドエフェクター140を停止させる。なお、図8Aに示したワークWKa, WKbは、図1に示したワークWK1, WK2とは無関係であり、動作の概要を説明するための仮想的なワークである。この点は、後述する図8B～図8Dも同様である。

【0027】

<分類2：倣い> 指定軸の力が0になる状態を維持する動作である。倣い動作の分類は、以下の3種類の動作オブジェクトを含む。
(a) 脱力オブジェクト：指定軸の力が0になるように倣う動作である。図8Bに示すように、脱力オブジェクトでは、指定軸の力が0になるように倣う動作が実行される。図8Bの例では、ワークWKa, WKb間のz軸方向の力が0でないときに-z方向にエンドエフェクター140を戻すことにより、力検出器130で検出されるz軸方向の力を0にしている。
(b) 倣い移動オブジェクト：指定軸の力を0にするように倣いながら指定軌道を動く動作である。
(c) 面合わせオブジェクト：指定方向に角度を倣いながら押し付けて、面と面とを合わせる動作である。

【0028】

<分類3：探り> 指定方向の力が0となる位置を探る動作である。探り動作の分類は、以下の2種類の動作オブジェクトを含む。
(a) 押付け探りオブジェクト：押付けながら指定された軌跡で探って穴を見つける動作である。図8Cに示すように、押付け探りオブジェクトでは、エンドエフェクター140で保持したワークWKaを指定方向に押付けながら、指定方向の力がゼロとなる位置を探り、穴Hbの位置で停止させる。探りの軌跡としては、直線軌跡や螺旋軌跡などの複数の候補の中から1つの軌跡を選択することが可能である。
(b) 接触探りオブジェクト：接触動作を繰り返して穴を見つける動作である。

【 0 0 2 9 】

<分類 4：押付け> 指定方向に指定の力で押し付ける動作である。

押付け動作の分類は、以下の 2 種類の動作オブジェクトを含む。

(a) 押付け (単純押付け) オブジェクト：指定方向に指定の力で押し付ける動作である。この動作では、他の指定軸については「倣う」動作を実行させることも可能である。

(b) 押付け移動オブジェクト：指定方向に指定の力で押し付けながら移動する動作である。この動作では、他の指定軸については「倣う」動作を実行させることも可能である。

図 8 D に示すように、押付け移動オブジェクトでは、指定方向 D D にエンドエフェクター 1 4 0 を移動させて指定の力で押付け、その後、指定の力で押付けを維持しながら (すなわち、倣いながら) 指定方向と異なる方向に移動する。図 8 D の例では、エンドエフェクター 1 4 0 で保持したワーク W K a をワーク W K b の穴 H b に挿入する動作が、押付け移動によって実行されている。

10

【 0 0 3 0 】

図 6 D に示した動作オブジェクト O B 1 ~ O B 4 に関しては、動作の終了条件を定義するパラメーターと、動作の成否判定条件を定義するパラメーターとを設定可能である。例えば、接触オブジェクト O B 1 に関しては以下のパラメーターを設定できる。

【 0 0 3 1 】

<接触オブジェクト O B 1 のパラメーター>

(1) 動作を定義する動作パラメーターの例

・接触方向： - Z 方向 (接触方向は、作業パラメーターとして設定された嵌合方向から自動的に設定される。)

20

・接触予定距離： 1 0 m m

・動作速度： 5 m m / s

・接触時の力制御ゲイン： 1 . 0

(2) 終了条件の例

・目標力： 5 N (5 N を超えると動作を停止する)

(3) 成否判定条件の例

・成否判定条件：タイムアウト時間 = 1 0 秒 (タイムアウト時間までに終了条件を満たした場合には動作が成功したものと判定し、終了条件を満たさなかった場合には動作が失敗したものと判定する。)

30

・失敗時動作：シーケンスを継続 (動作が失敗したと判定された場合にどのように進めるかを指定する。シーケンスの継続又はシーケンスの終了を指定可能である。)

【 0 0 3 2 】

これらの例から理解できるように、本実施形態では、動作を定義するパラメーターと、動作の終了条件を定義するパラメーターと、動作の成否判定条件を定義するパラメーターとを設定可能なパラメーター設定領域 P R を表示可能なので、動作の終了や成功 / 失敗の判定を含む制御プログラムを容易に作成することが可能である。なお、動作の終了条件を定義するパラメーターと、動作の成否判定条件を定義するパラメーターとのうちの一方又は両方の設定が行えない形態としてもよい。

【 0 0 3 3 】

なお、動作パラメーターの終了条件又は成否判定条件は、力検出器 1 3 0 で測定される力の周波数に基づいて判定を実行する条件を含むように設定することも可能である。

40

【 0 0 3 4 】

図 9 は、力検出器 1 3 0 で測定される力 F の変化の一例を示している。この例では、動作開始から 0 . 5 秒後以降の期間 P P において、力 F が振動している。このような振動は、周辺装置 (例えばコンベアが動作していること) の影響である可能性がある。従って、ロボット 1 0 0 の動作が周辺装置の影響を受けることを回避するために、制御装置 2 0 0 が力 F の時間変化の周波数分析を実行して、予め指定した周波数のパワースペクトルが閾値以下又は閾値以上になることを検知したことを終了条件又は成否判定条件の一部として使用してもよい。図 9 の例では、期間 P P が経過した後、すなわち、予め指定した周波数の

50

パワースペクトルが閾値以下になった後に、動作が終了する旨の判定、又は動作の成功又は失敗の判定を行うことができる。こうすれば、力検出器 130 で測定される力の周波数に基づいて判定する条件を使用するので、図 9 のように動作によって振動が発生する場合にも、動作の終了の有無の判定や、動作の成否の判定をより正しく行うことが可能である。

【0035】

図 6 D に示したように作業の動作フローが作成されると、この動作フローに従ってロボット 100 に作業を実行させることが可能である。例えば、図 6 D の実行指示領域 RN 内にある「実行」ボタンを教示者が押すと、変換部 244 (図 4) が動作フローを制御プログラムに変換し、制御実行部 250 がその制御プログラムを実行することによってロボット 100 に作業を実行させる。これは、制御プログラムの試行に相当する。

10

【0036】

図 10 A は、動作フローに従って作業を実行した結果を示す画面の一例を示している。メインビュー領域 MV 内には、動作フローの実行時に力検出器 130 で検出された複数の力のうちから、X 軸方向の力 F_x と X 軸回りのトルク T_x の時間変化が表示されている。なお、メインビュー領域 MV には、力検出器 130 で検出された複数の力の中の任意の 1 つ以上の力の時間変化を選択して表示することが可能である。また、TCP の実測位置の時間変化や、TCP の目標位置と実測位置の偏差の時間変化をメインビュー領域 MV に表示することも可能である。メインビュー領域 MV 内の結果表示の期間は、動作フロー中の任意の 1 つの動作オブジェクトの動作期間とすることも可能であり、また、実行開始から停止までの全期間とすることも可能である。例えば、動作フロー作成領域 FL 内で任意の動作オブジェクトを選択すると、その動作オブジェクトの動作期間の実行結果が表示される。また、シーケンスブロック SB1 を選択すると、実行開始から停止までの全期間の結果が表示される。なお、メインビュー領域 MV 内の結果表示の期間は、複数の連続する動作オブジェクトに亘る動作期間としてもよい。結果領域 RS にも、制御プログラムの実行結果の一部の情報が表示される。例えば、任意の動作オブジェクトについて、動作の終了状態 (成功又は失敗) や、動作に要した時間、動作終了時の力、及び、動作終了時の位置などを結果領域 RS 内に表示可能である。なお、メインビュー領域 MV には、図 10 A に示したものの以外の種々の結果を表示できるようにしてもよい。例えば、ロボットの速度や各関節の角度などのロボットに関わる情報を表示してもよい。

20

【0037】

ウィンドウ W1 は、更に、実行した結果のデータを所望の場所に保存するためのフィールドやボタンを有するように構成されていることが好ましい。実行結果のデータを保存できるようにすれば、後述する調整において、過去のデータと見比べることが可能となる。なお、データの保存先は、ロボット制御装置 200 内でもよく、ロボット制御装置 200 に接続されたコンピューターやクラウドでもよい。また、データ形式は、データベースでもよく、ファイル形式でもよい。

30

【0038】

教示者は、制御プログラムの実行結果を観察し、必要に応じて個々のオブジェクトのパラメーターを調整することが可能である (図 5 のステップ S120)。この調整は、動作フロー作成領域 FL 内のオブジェクト OB1 ~ OB4 の任意の 1 つを選択した状態において、パラメーター設定領域 PR に表示されるオブジェクトのパラメーターを変更することによって行うことができる。具体例として、例えば接触動作において接触したときの力が過度に大きな場合には、接触動作における速度を低下させるように接触オブジェクトのパラメーターが調整される。

40

【0039】

図 10 B は、パラメーターの調整後に制御プログラムを再度実行した結果の例を示している。この例では、調整後の力 F_{new} 、 T_{new} のピークが、調整前の力 F_{old} 、 T_{old} のピークに比べて小さくなっている。このように、このウィンドウ W1 では、動作フロー作成領域 FL 内で生成された動作フローのオブジェクトのパラメーターの調整と、その動作フローに従った作業の試行とを行うことができるので、適切に動作する動作フローを容易に作

50

成できる。なお、図 10 A で説明したように、過去の実行結果のデータを保存しておいた場合には、過去のデータを表示することも可能となる。

【0040】

図 11 は、力制御動作の問題点の対策案を提示する画面の一例を示す説明図である。この入力画面 W1 は、制御プログラムの実行後に、メインビュー領域 MV のトラブルシュートのタブを選択することによって表示される。この状態のメインビュー領域 MV を「対策案提示領域 TS」と呼ぶ。対策案提示領域 TS には、動作フローを構成する複数の動作オブジェクト OB1 ~ OB4 の名称が動作フローに従って配列されており、実行結果で問題のあった動作オブジェクトについて、その問題点と対策案が表示される。動作オブジェクトに問題点が存在するか否かは、例えば、作業の試行においてその動作オブジェクトの終了条件や成否判定条件が満たされていたか否かに応じて判定することができる。なお、「問題点」とは、ロボットの動作が予め設定した所定の動作でないことを意味する。

10

【0041】

対策案提示領域 TS には、動作フロー作成領域 FL において教示者が選択した 1 つの動作オブジェクトのみを表示するようにしてもよい。また、メインビュー領域 MV のトラブルシュートのタブを選択した後に対策案を提示する代わりに、表示制御部 242 が制御プログラムの実行結果から問題点を自動的に検出し、検出した問題点に対する対策案を提示するようにしてもよい。「問題点に対する対策案」は、「予め設定した所定の動作を実現するための対策案」と呼ぶことも可能である。

【0042】

図 12 に拡大して示すように、この例では、対策案提示領域 TS 内に接触オブジェクトに関して以下の 5 つの項目について問題点があることが提示されている。

20

- ・「接触せずにタイムアウトする」
- ・「時間がかかる」
- ・「接触時の力が大きい」
- ・「動かしたい方向に動かない」
- ・「接触前に接触と誤判定する」

これらの 5 つの項目は、「予め設定した所定の動作では無いことを示す項目」に相当する。

【0043】

また、図 12 では、「接触せずにタイムアウトする」という問題点が教示者によって選択されており、その問題点に対する対策案として、「1. 開始位置を確認する」、「2. 動作のパラメーターを確認する」の対策案が提示されている。「2. 動作のパラメーターを確認する」の対策案には、その動作のパラメーターを調整する画面に切り替えるためのボタン BT2 が表示されている。

30

【0044】

図 13 は、図 12 のボタン BT2 を押した場合に表示される対策案提示領域 TS の例を示している。この対策案提示領域 TS は、目標値フィールド TF と、パラメーター設定値テーブル PT と、を含んでいる。また、問題点を解消するためのパラメーターの変更の方向を説明する説明文として、「目標力を大きくすると速度が速くなります」及び「力制御ゲインを小さくすると速度が速くなります」という文章が表示されている。

40

【0045】

目標値フィールド TF は、その動作オブジェクトのパラメーターでは無いが、後述する第 2 特性値 CV2 を算出するために設定される目標値を入力するフィールドである。この例では、接触動作における目標移動距離が、目標値フィールド TF として表示されている。

【0046】

パラメーター設定値テーブル PT には、その動作オブジェクトのパラメーターの名称と、その現在設定値と、推奨設定値とが表示される。パラメーター設定値テーブル PT のパラメーターとしては、その動作オブジェクトの複数のパラメーターのうち、その動作オブジェクトの問題点に関連するパラメーターのみを提示することが好ましい。「問題点に関連するパラメーター」とは、そのパラメーターを調整することによって問題点を解消できる

50

可能性のあるパラメーターを意味する。図 1 3 の例では、接触オブジェクトの問題点に関連するパラメーターとして、「目標力」と「力制御ゲイン」と「タイムアウト時間」の 3 つが提示されている。パラメーター設定値テーブル P T に、その動作オブジェクトの問題点に関連するパラメーターのみを対策案として提示すれば、教示者がその動作オブジェクトの問題点を容易に解消できる。

【 0 0 4 7 】

パラメーター設定値テーブル P T には、更に、動作オブジェクトのパラメーターから予想される特性値も表示される。ここでは、パラメーターから予想される特性値として、「予想移動距離」と「予想移動速度」と「予想接触時間」の 3 つの特性値が例示されている。これらのうち、「予想移動距離」と「予想移動速度」は、接触オブジェクトのパラメーターのみから予想される特性値である。このように、動作オブジェクトのパラメーターのみから予想される特性値を「第 1 特性値 C V 1」と呼ぶ。なお、「第 1 特性値 C V 1」を、「パラメーターの推奨設定値から算出した第 1 特性値」とも呼ぶ。一方、「予想接触時間」は、接触オブジェクトのパラメーターと、目標値フィールド T F に入力される目標値（図 1 3 の例では目標移動距離）とから予想される特性値である。このように、目標値フィールド T F に入力される目標値と動作オブジェクトのパラメーターの設定値から予想される特性値を「第 2 特性値 C V 2」と呼ぶ。なお、「第 2 特性値 C V 2」を、「目標値とパラメーターの推奨設定値から算出した第 2 特性値」とも呼ぶ。但し、図 1 3 の例では、目標値フィールド T F に目標値が入力されていないので、第 2 特性値 C V 2 である予想接触時間の値は表示されていない。

【 0 0 4 8 】

パラメーター設定値テーブル P T に表示されるパラメーターの推奨設定値は、その動作の問題点を解消できる可能性がある設定値である。この推奨設定値は、制御プログラムの実行結果に応じて、ロボット制御プログラム作成部 2 4 0 によって決定される。

【 0 0 4 9 】

対策案提示領域 T S には、推奨設定値を受け入れることを示すボタン B T 3 と、新規設定値を入力する画面に切り換えるためのボタン B T 4 とが含まれている。ボタン B T 3 を押すと、推奨設定値が採用され、その後、実行指示領域 R N（図 6 D）内の「実行」ボタンを教示者が押すと、推奨設定値を用いて動作フローが再度実行される。

【 0 0 5 0 】

図 1 4 は、図 1 3 において目標値フィールド T F に目標値が入力された後に表示される対策案提示領域 T S を示している。この例では、目標値フィールド T F に入力された目標値と動作オブジェクトの設定値とから決まる第 2 特性値 C V 2 である予想接触時間の値が表示されている。なお、動作オブジェクトのパラメーターのみから決まる第 1 特性値 C V 1 のうち、「予想移動距離」は、目標値フィールド T F に入力された目標値と重複するので表示されていないが、目標値と同じ値を表示してもよい。

【 0 0 5 1 】

このように、対策案提示領域 T S に第 1 特性値や第 2 特性値 C V 2 を表示するようにすれば、教示者がこれらの特性値を見て力制御動作の問題点を容易に解消することが可能である。

【 0 0 5 2 】

図 1 5 は、図 1 3 において新規設定値を入力する画面に切り換えるためのボタン B T 4 が押された後に表示される対策案提示領域 T S を示している。この例では、パラメーターの現在設定値と推奨設定値に加えて、パラメーターの新規設定値を入力する設定値フィールド S F が表示されている。この設定値フィールド S F の値は、教示者が任意に変更可能である。推奨設定値と新規設定値の下方には、その設定値を受け入れることを示すボタン B T 3 a , B T 3 b が表示されている。教示者は、これらのボタン B T 3 a , B T 3 b のいずれかを押すことによって、推奨設定値か新規設定値のいずれかを採用することが可能である。従って、教示者が適切な設定値を任意に設定して力制御動作の問題点を容易に解消することが可能である。なお、パラメーターの新規設定値を入力する設定値フィールド S

Fを表示する際に、パラメーターの現在設定値と推奨設定値を表示しないようにしてもよい。

【0053】

なお、対策案提示領域TSにおいてパラメーターの新規設定値を入力する代わりに、図1に示したパラメーター設定領域PRにおいてパラメーターの新規設定値を入力するようにしてもよい。

【0054】

図16は、接触オブジェクトの「接触前に接触と誤判定する」という問題点に対する対策案を提示する対策案提示領域TSの例を示している。ここでは、問題点を解消するためのパラメーターの変更の方向を説明する説明文として、「力制御ゲインを大きくする」及び「目標力を大きくする」という2つの文章が表示されている。このように、問題点を解消するためのパラメーターの変更の方向を説明する説明文として、1つ又は複数の説明文を対策案提示領域TSに表示するようにすれば、教示者が問題点を解消する設定値をより容易に入力することが可能となる。

10

【0055】

図17は、パラメーターの設定値を複数回試行した後に表示される対策案提示領域TSの例を示している。この例では、パラメーター設定値テーブルPTに、パラメーターの設定値の履歴が表示されている。具体的には、パラメーター設定値テーブルPTには、過去の設定値と、現在設定値と、推奨設定値と、新規設定値が表示されている。また、各設定値に対しては、設定値を受け入れることを示すボタンBT3a~BT3dが設けられている。従って、例えばボタンBT3bを押せば、過去に使用した設定値を再選択することが可能である。過去の設定値は1つに限らず、複数の過去の設定値を履歴として表示してもよい。

20

【0056】

図17では、更に、過去の設定値と現在の設定値について、その設定値を用いた動作フローの実行結果を表示させるための結果表示ボタンBT4a, BT4bが設けられている。これらの結果表示ボタンBT4a, BT4bのいずれかを押すと、その設定値を用いた動作フローの実行結果が、前述した図10A又は図10Bに示したように、メインビュー領域MVに表示される。なお、このときに表示される実行結果としては、パラメーターの設定値の履歴に含まれる異なる設定値に対応する実行結果が識別可能な態様で表示されることが好ましい。こうすれば、教示者がパラメーターの設定値の履歴の中から、最もすぐれた実行結果を容易に選択できる。

30

【0057】

このように、図5のステップS120では、様々な方法でパラメーター調整を行うことが可能である。

【0058】

こうして動作フローが完成すると、図5のステップS130において、教示者の指示に応じて変換部244が動作フローを制御プログラムに変換する。この指示は、例えば、動作フロー作成領域FLのコンテキストメニューから「制御プログラムの作成」を選択することによって行うことができる。なお、動作フローから制御プログラムへの変換と実行には、以下の3種類の方法いずれかを選択的に実行することが好ましい。

40

(1) 動作フローを低級言語の制御プログラムに変換する。教示者は、変換された低級言語の制御プログラムを、自分で別個に記述した高級言語の制御プログラムから呼び出して実行する。この場合には、教示者が作業シーケンスを作成した後に、教示者が別個に記述する高級言語の制御プログラムの中で、例えば"FGRun シーケンス名"と記述することによって、そのシーケンスの制御プログラムが呼び出されて実行される。これは、最も基本的な実行方法である。

(2) 動作フローを高級言語の制御プログラムに変換して、それを実行する。

(3) 動作フローを低級言語の制御プログラムに変換して、それを直接実行する。

以下の説明では、主として上記(2)の方法で実行する場合を説明する。

50

【 0 0 5 9 】

図 1 8 は、教示者の指示に応じて動作フローを制御プログラムに変換する際に表示される入力画面としてのウィンドウ W 3 の一例を示している。このウィンドウ W 3 は、制御プログラムに変換するシーケンス（すなわち動作フロー）を選択するシーケンス選択領域 F 3 1 と、制御プログラムのファイル名を設定するプログラムファイル名設定領域 F 3 2 とを含んでいる。なお、シーケンス選択領域 F 3 1 は省略してもよい。なお、ウィンドウ W 3 は、パラメーターの保存先などの情報を指定する領域を有するように構成されていてもよい。ウィンドウ W 3 において「実行」ボタンを押すと、変換部 2 4 4 によって動作フローが制御プログラムに変換され、その制御プログラムがメモリー 2 2 0 内に格納される。

【 0 0 6 0 】

図 5 のステップ S 1 4 0 では、ステップ S 1 3 0 で作成された制御プログラムに従って、ロボット制御装置 2 0 0 がロボットを制御し、ロボットに作業を実行させる。この作業は、製造ラインでロボット 1 0 0 の動作を確認する確認作業や、或いは、製造ラインで製品を製造するための本作業として実行可能である。

【 0 0 6 1 】

以上のように、第 1 実施形態では、表示制御部 2 4 2 は、制御実行部 2 5 0 によって動作フローの制御プログラムが実行された後に、ロボット 1 0 0 の動作が予め設定した所定の動作でない場合に、予め設定した所定の動作を実現するための対策案を提示するので、その動作の問題点を解消して、正常に動作を実行させることが可能である。

【 0 0 6 2 】

また、第 1 実施形態では、動作フロー作成領域 F L に動作オブジェクトと条件分岐オブジェクトとをグラフィカルに配置することによって、条件分岐を含む動作フローを容易に作成できるので、作業中の動作が失敗したときにそのリカバリーや終了処理を簡単に教示することが可能である。また、その動作フローがロボットの制御プログラムに変換されるので、制御プログラムを容易に作成することが可能である。

【 0 0 6 3 】

B. 他の実施形態：

本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の形態で実現することができる。例えば、本発明は、以下の形態（aspect）によっても実現可能である。以下に記載した各形態中の技術的特徴に対応する上記実施形態中の技術的特徴は、本発明の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、本発明の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

【 0 0 6 4 】

（ 1 ）本発明の第 1 の形態によれば、力検出器を備えるロボットの作業の制御プログラムを作成するロボット制御装置が提供される。このロボット制御装置は、力制御動作を含む作業の動作フローを作成するための動作フロー作成領域を含む入力画面を表示装置に表示させる表示制御部と；作成された動作フローを制御プログラムに変換する変換部と；前記制御プログラムを実行して前記ロボットを制御する制御実行部と；を備える。前記表示制御部は、前記制御実行部によって前記制御プログラムが実行された後に、前記ロボットの動作が予め設定した所定の動作でない場合に、前記予め設定した所定の動作を実現するための対策案を提示する画面を前記表示装置に表示させるように構成されている。

このロボット制御装置によれば、制御実行部によって制御プログラムが実行された後に、表示制御部が予め設定した所定の動作を実現するための対策案を提示するので、その動作を正常に実行することが可能であり、教示者が問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【 0 0 6 5 】

（ 2 ）上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記制御プログラムの実行結果から前記予め設定した所定の動作ではないことを示す項目を表示させ、前記画面を前記

10

20

30

40

50

表示装置に表示させるように構成されていてもよい。

このロボット制御装置によれば、制御プログラムの実行結果から予め設定した所定の動作ではないことを示す項目を表示させるので、その動作を正常に実行させることが可能であり、教示者が問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【0066】

(3) 上記ロボット制御装置において、前記対策案は、前記力制御動作を特定する複数のパラメーターのうち、前記項目に関連するパラメーターを含むように構成されていてもよい。

このロボット制御装置によれば、対策案は、力制御動作を特定する複数のパラメーターのうち、前記項目に関連するパラメーターを含むので、教示者が問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

10

【0067】

(4) 上記ロボット制御装置であって、前記項目が表示された場合に、前記画面に前記パラメーターの現在設定値と推奨設定値とを表示させるように構成されていてもよい。

このロボット制御装置によれば、前記項目が表示された場合に、画面にパラメーターの現在設定値と推奨設定値とを表示させるので、教示者が問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【0068】

(5) 上記ロボット制御装置において、前記画面に、前記パラメーターの前記推奨設定値から算出した第1特性値を表示させるように構成されていてもよい。

20

このロボット制御装置によれば、パラメーターの推奨設定値から算出した第1特性値を表示するので、教示者がその第1特性値を見て問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【0069】

(6) 上記ロボット制御装置において、前記画面に、前記力制御動作の目標値を入力する目標値フィールドに前記目標値が入力されると、前記目標値と前記パラメーターの前記推奨設定値から算出した第2特性値を表示させるように構成されていてもよい。

このロボット制御装置によれば、パラメーターから決まらない力制御動作の目標値が入力されると、その目標値とパラメーターの推奨設定値から算出した第2特性値を表示するので、教示者がその第2特性値を見て問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

30

【0070】

(7) 上記ロボット制御装置において、前記画面に、前記パラメーターの新規設定値を入力する設定値フィールドを表示させるように構成されていてもよい。

このロボット制御装置によれば、パラメーターの新規設定値を入力する設定値フィールドを表示させるので、教示者がその設定値フィールドに適切な設定値を任意に設定することによって、問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【0071】

(8) 上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記設定値フィールドに入力された前記新規設定値を用いて前記制御実行部によって前記制御プログラムが実行された後に、前記ロボットの動作が前記予め設定した所定の動作である場合、前記制御プログラムの実行結果を提示する画面を前記表示装置に表示させるように構成されていてもよい。

40

このロボット制御装置によれば、新規設定値を用いて制御プログラムが実行された後にその実行結果を提示する画面を表示するので、教示者がその動作の問題点が解消したか否かを容易に判断することが可能であり、教示者が問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【0072】

(9) 上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記パラメーターの設定値の履歴を表示させ、前記履歴から前記パラメーターの過去の設定値を選択可能な形態で前記画面を表示させるように構成されていてもよい。

このロボット制御装置によれば、パラメーターの設定値の履歴から過去の設定値を再度選

50

択可能なので、教示者がその動作の問題点を容易に解消することが可能であり、教示者が問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【 0 0 7 3 】

(1 0) 本発明の第 2 の形態によれば、力検出器を備えるロボットの作業の制御プログラムを作成するロボット制御装置が提供される。このロボット制御装置は、プロセッサを備え、前記プロセッサは、(a) 力制御動作を含む作業の動作フローを作成するための動作フロー作成領域を含む入力画面を表示装置に表示させ、(b) 作成された動作フローを制御プログラムに変換し、(c) 前記制御プログラムを実行して前記ロボットを制御する、ように構成されている。前記プロセッサは、前記制御プログラムを実行した後に、前記ロボットの動作が予め設定した所定の動作でない場合に、前記予め設定した所定の動作を実現するための対策案を提示する画面を前記表示装置に表示させる。

10

このロボット制御装置によれば、制御プログラムが実行された後に、予め設定した所定の動作を実現するための対策案を提示するので、その動作を正常に実行させることが可能であり、教示者が問題点の無い制御プログラムを容易に作成できる。

【 0 0 7 4 】

本発明は、上記以外の種々の形態で実現することも可能である。例えば、ロボットとロボット制御装置とを備えたロボットシステム、ロボット制御装置の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した一時的でない記録媒体 (non-transitory storage medium) 等の形態で実現することができる。

【 符号の説明 】

20

【 0 0 7 5 】

3 0 ... カメラ、5 0 ... 搬送装置、5 0 a , 5 0 b ... 搬送ローラー、1 0 0 ... ロボット、1 1 0 ... アーム、1 2 0 ... アームフランジ、1 3 0 ... 力検出器、1 4 0 ... エンドエフェクター、2 0 0 ... ロボット制御装置、2 1 0 ... プロセッサ、2 2 0 ... メモリー、2 2 2 ... プログラム命令、2 2 4 ... 制御プログラム、2 4 0 ... ロボット制御プログラム作成部、2 4 2 ... 表示制御部、2 4 4 ... 変換部、2 5 0 ... 制御実行部、2 6 0 ... 表示装置、2 7 0 ... 入力装置、4 0 0 ... パーソナルコンピューター、5 0 0 ... クラウドサービス

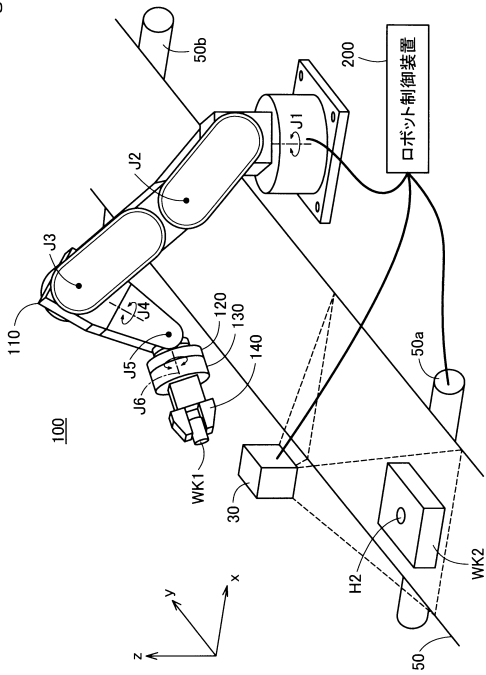
30

40

50

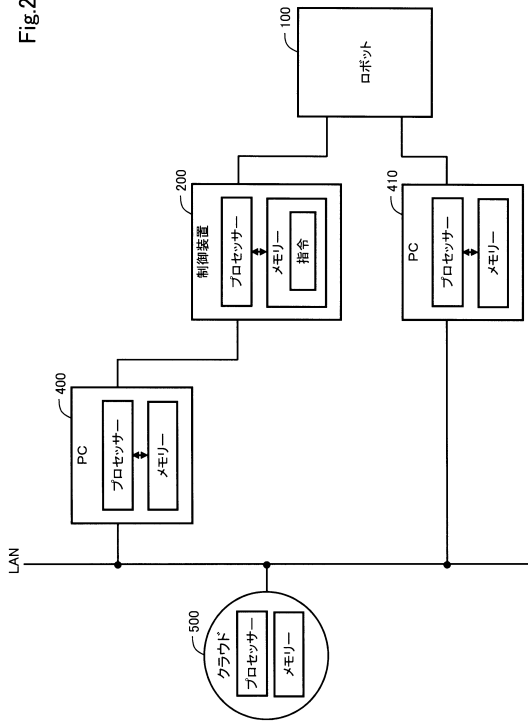
【図面】
【図 1】

Fig.1



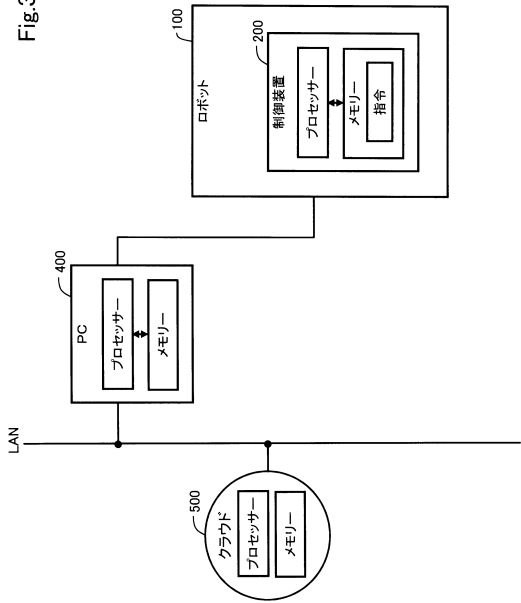
【図 2】

Fig.2



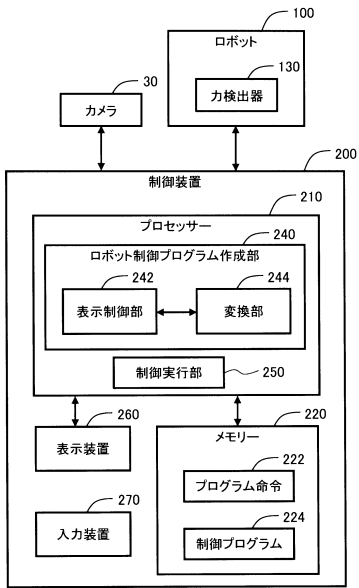
【図 3】

Fig.3



【図 4】

Fig.4



10

20

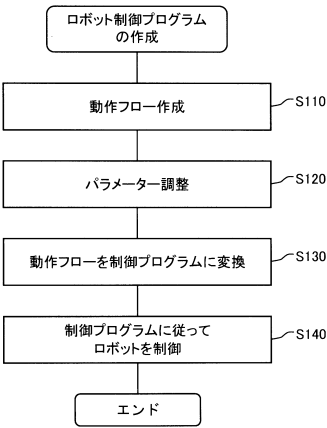
30

40

50

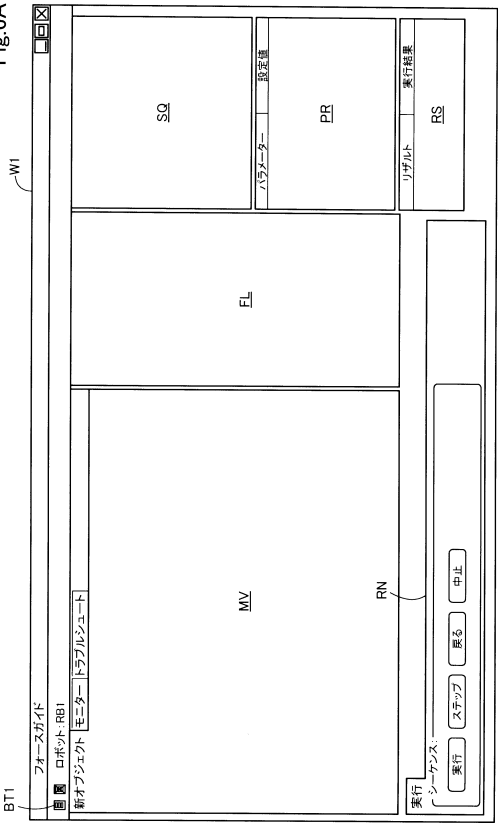
【図 5】

Fig.5



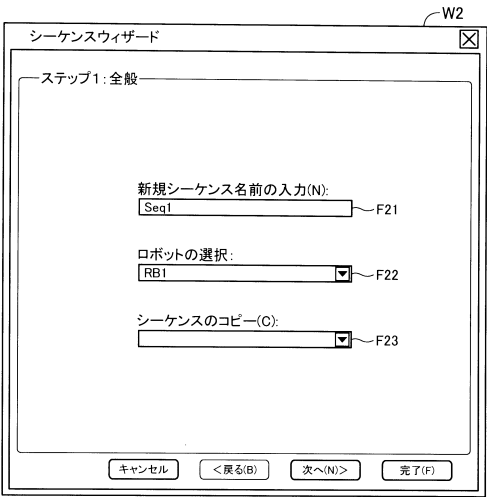
【図 6 A】

Fig.6A



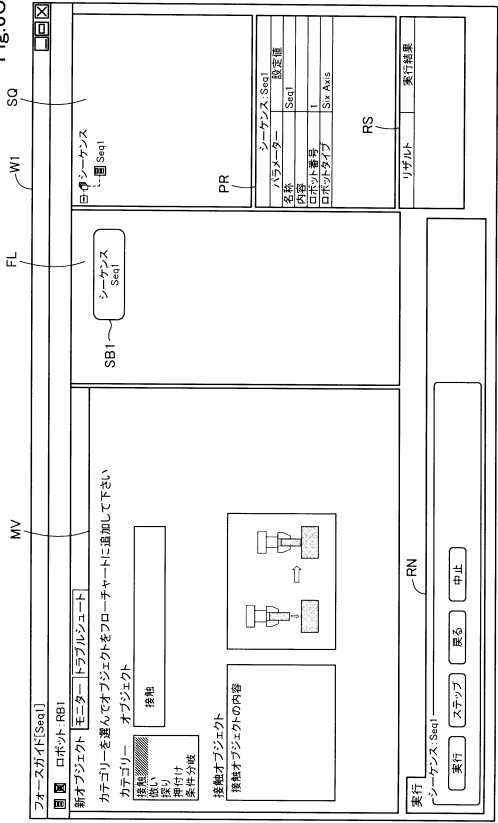
【図 6 B】

Fig.6B



【図 6 C】

Fig.6C



10

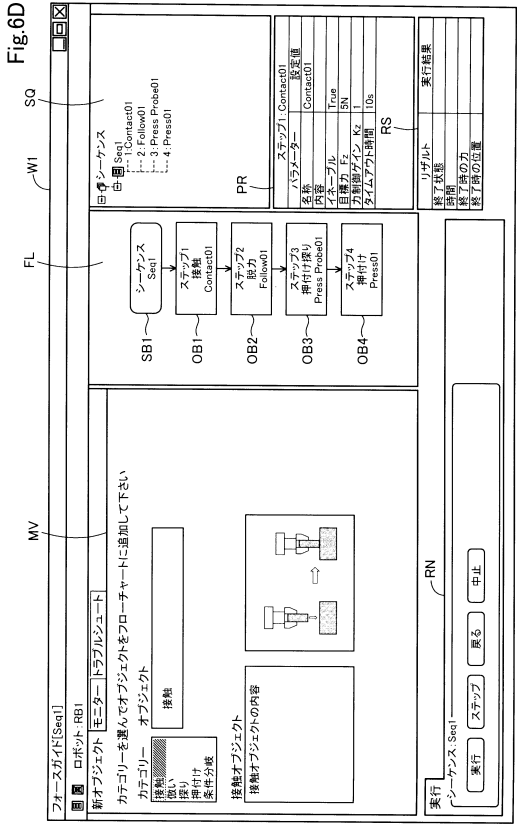
20

30

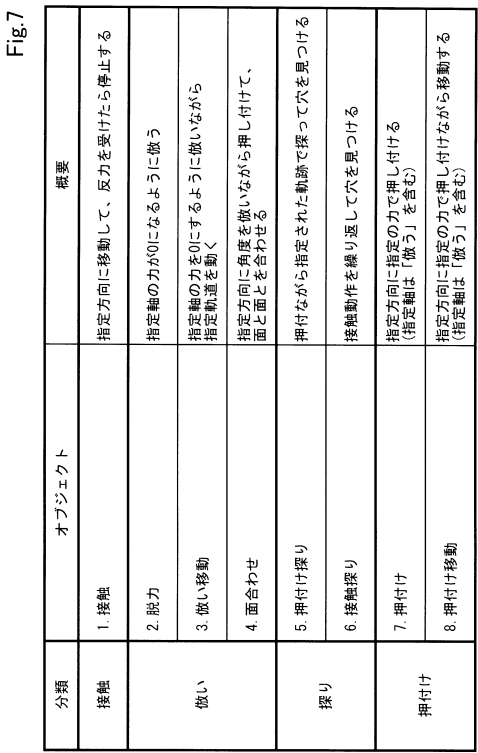
40

50

【図 6 D】

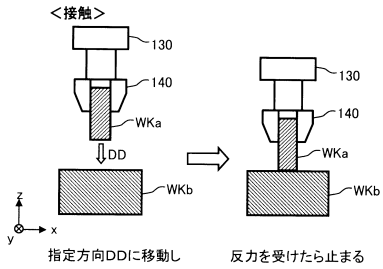


【図 7】



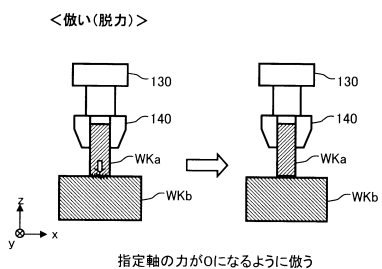
【図 8 A】

Fig.8A



【図 8 B】

Fig.8B



10

20

30

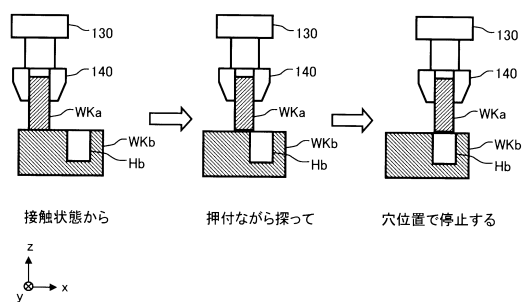
40

50

【 図 8 C 】

Fig.8C

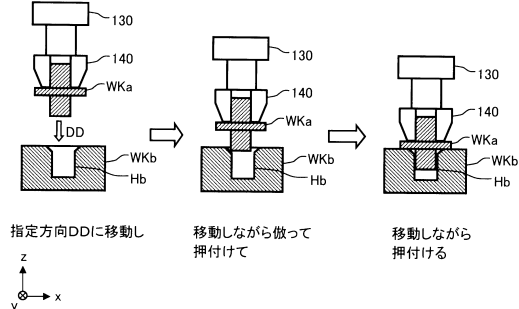
＜探し(押付け探し)＞



【 ㊦ 8 D 】

Fig.8D

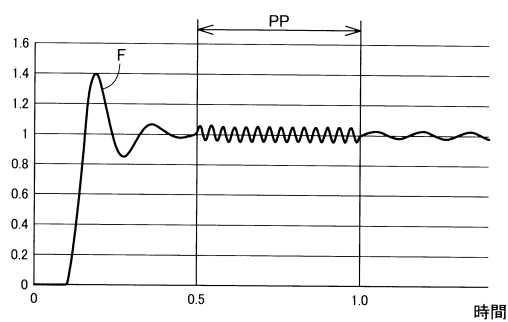
＜押付け(押付け移動)＞



10

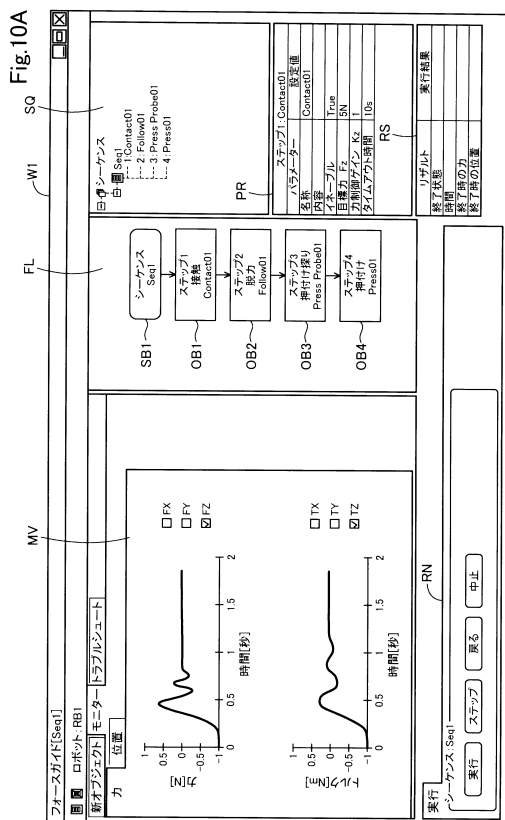
【圖 9】

Fig.9



【 図 1 0 A 】

Fig. 10A



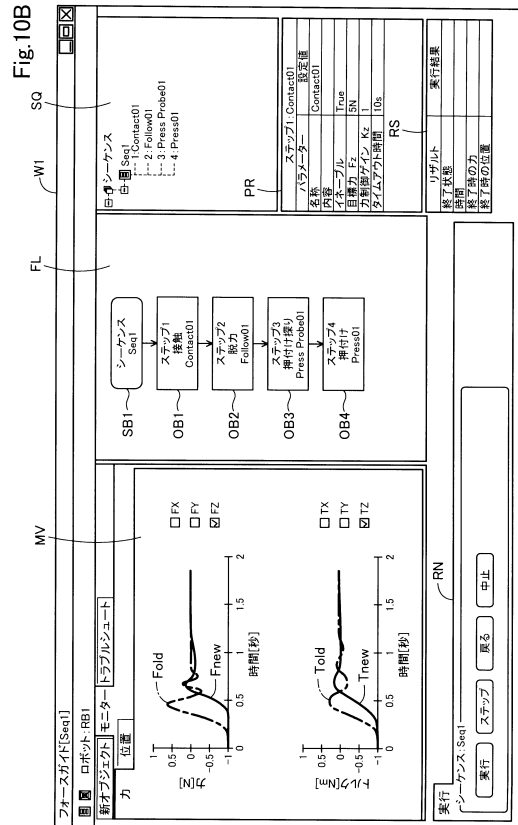
20

30

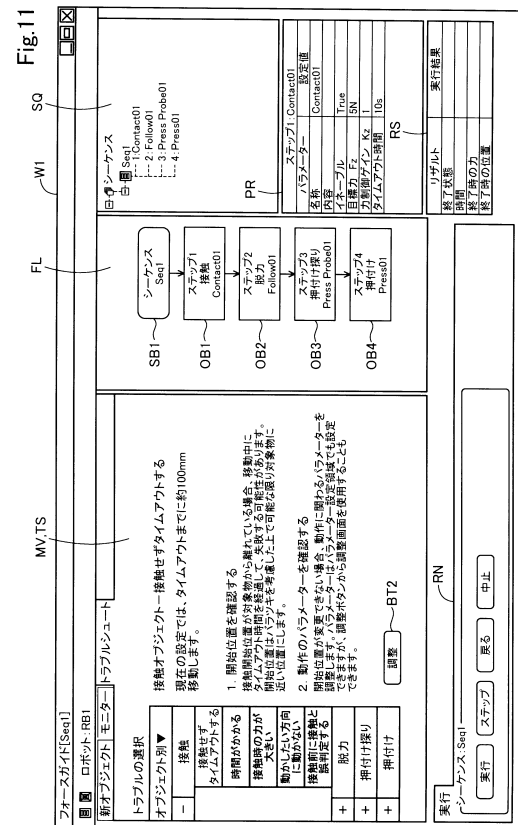
40

50

【 ㄨ 1 0 B 】

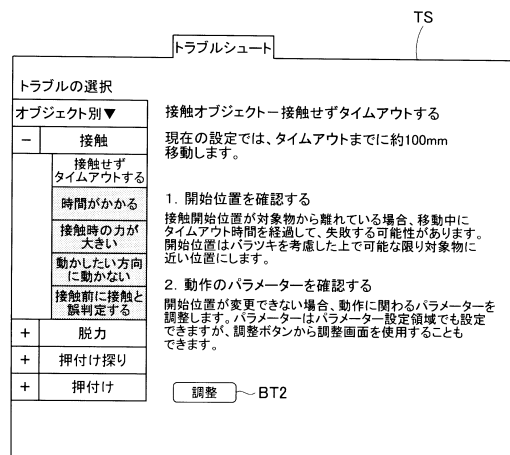


【 図 1 1 】



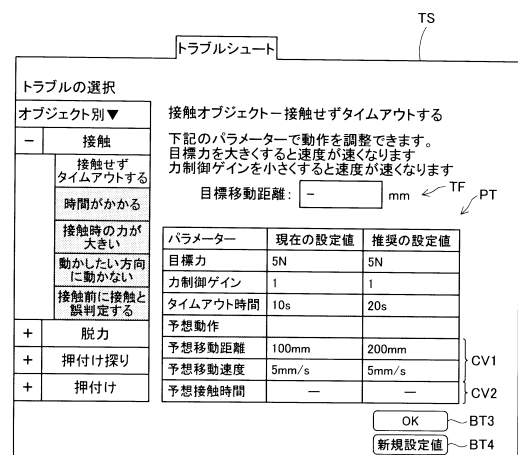
【 図 1 2 】

Fig.12



【 図 1 3 】

Fig.13



【図 1 4】

Fig.14

トラブルシューティング

トラブルの選択

オブジェクト別▼

-	接触
	接触せず タイムアウトする
	時間がかかる
	接触時の力が 大きい
	動かせたい方向 に動かない
	接触前に接触と 誤判定する
+	脱力
+	押付け探り
+	押付け

接触オブジェクト→接触せずタイムアウトする

下記のパラメーターで動作を調整できます。
目標力を大きくすると速度が速くなります。
力制御ゲインを小さくすると速度が遅くなります。

目標移動距離: 50 mm ← TF PT

パラメーター	現在の設定値	推奨の設定値
目標力	5N	5N
力制御ゲイン	1	1
タイムアウト時間	10s	20s
予想動作		
予想移動距離	—	—
予想移動速度	5mm/s	5mm/s
予想接触時間	10s	10s

OK BT3

新規設定値 BT4

CV1

CV2

【図 1 5】

Fig.15

トラブルシューティング

トラブルの選択

オブジェクト別▼

-	接触
	接触せず タイムアウトする
	時間がかかる
	接触時の力が 大きい
	動かせたい方向 に動かない
	接触前に接触と 誤判定する
+	脱力
+	押付け探り
+	押付け

接触オブジェクト→接触せずタイムアウトする

下記のパラメーターで動作を調整できます。
目標力を大きくすると速度が速くなります。
力制御ゲインを小さくすると速度が遅くなります。

目標移動距離: 50 mm ← TF PT

パラメーター	現在の設定値	推奨の設定値
目標力	5N	5N
力制御ゲイン	1	0.5
タイムアウト時間	10s	10s
予想動作		
予想移動距離	—	—
予想移動速度	5mm/s	6.25mm/s
予想接触時間	10s	8s

OK BT3a

OK BT3b

CV1

CV2

【図 1 6】

Fig.16

トラブルシューティング

トラブルの選択

オブジェクト別▼

-	接触
	接触せず タイムアウトする
	時間がかかる
	接触時の力が 大きい
	動かせたい方向 に動かない
	接触前に接触と 誤判定する
+	脱力
+	押付け探り
+	押付け

接触オブジェクト→接触前に接触と誤判定する

下記のパラメーターで動作を調整できます。
(1) 力制御ゲインを大きくする。
(2) 目標力を大きくする。

目標移動距離: 10 mm ← TF PT

パラメーター	現在の設定値	推奨の設定値
目標力	5N	5N
力制御ゲイン	1	1.5
タイムアウト時間	10s	10s
予想動作		
予想移動距離	—	—
予想移動速度	5mm/s	3.33mm/s
予想接触時間	2s	3s

OK BT3a

OK BT3b

CV1

CV2

【図 1 7】

Fig.17

トラブルシューティング

トラブルの選択

オブジェクト別▼

-	接触
	接触せず タイムアウトする
	時間がかかる
	接触時の力が 大きい
	動かせたい方向 に動かない
	接触前に接触と 誤判定する
+	脱力
+	押付け探り
+	押付け

接触オブジェクト→接触せずタイムアウトする

下記のパラメーターで動作を調整できます。
目標力を大きくすると速度が速くなります。
力制御ゲインを小さくすると速度が遅くなります。

目標移動距離: 50 mm ← TF PT

パラメーター	現在の設定値	推奨の設定値
目標力	5N	5N
力制御ゲイン	0.8	0.5
タイムアウト時間	10s	10s
予想動作		
予想移動距離	—	—
予想移動速度	6.25mm/s	10mm/s
予想接触時間	8s	5s

OK BT3a

OK BT3b

OK BT3c

OK BT3d

結果表示 BT4a

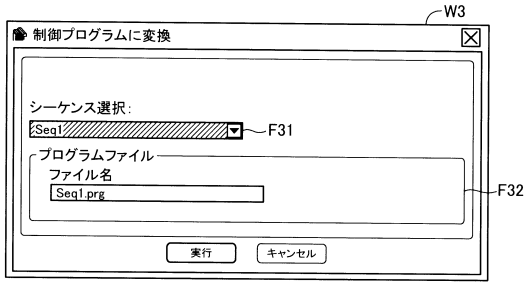
結果表示 BT4b

CV1

CV2

【図 18】

Fig.18



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 1 2 8 8 5 7 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 0 3 3 7 4 5 (J P , A)
特開平 0 8 - 2 4 9 0 2 6 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 3 1 7 5 3 5 (U S , A 1)
特開平 1 0 - 1 5 1 5 8 8 (J P , A)
特開平 0 7 - 3 1 9 5 0 6 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 6 4 8 2 2 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 5 J 9 / 2 2
G 0 5 B 1 9 / 4 2