

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-126894  
(P2019-126894A)

(43) 公開日 令和1年8月1日(2019.8.1)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)		
<b>B 2 5 J</b>	<b>9/22</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 5 J	9/22	A	3 C 7 0 7
<b>B 2 5 J</b>	<b>13/08</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 5 J	13/08	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2018-11355 (P2018-11355)  
(22) 出願日 平成30年1月26日 (2018.1.26)

(71) 出願人 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  
特許業務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  
Fターム(参考) 3C707 AS07 BS10 ES03 JS03 JU02  
JU03 KS33 KT01 KT06 KX06  
LS08 LT07 LT08 LU08 LV14  
LV17 NS02

(54) 【発明の名称】 ロボット制御装置及びロボットシステム

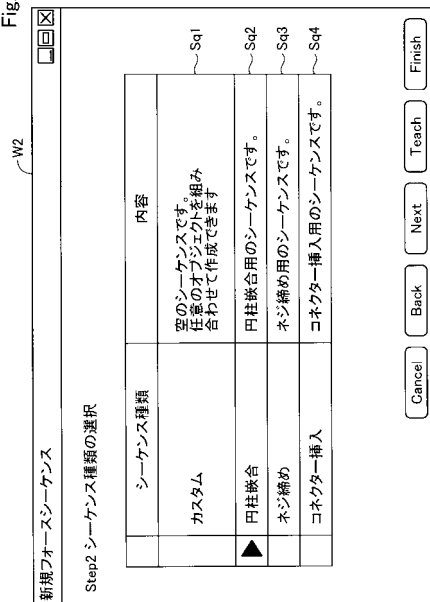
(57) 【要約】

【課題】 教示者が簡単に制御プログラムの作成を行える技術を提供する。

【解決手段】 ロボット制御装置の表示制御部は、入力画面として、(a) 作業を選択するための複数の選択肢を表示する画面と、(b) 複数の選択肢から選択された作業に関する作業パラメータを設定するための画面と、(c) 選択された作業の動作フローを編集可能に表示する画面と、を表示する。表示制御部は、選択された作業について設定された作業パラメータから、力制御動作の動作パラメータの一部を自動的に設定する。

【選択図】 図6C

Fig.6C



**【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、

1つ以上の力制御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、前記入力画面として、

(a) 作業を選択するための複数の選択肢を表示する画面と、

(b) 前記複数の選択肢から選択された選択作業に関する作業パラメータを設定するための画面と、

(c) 前記選択作業の動作フローを表示し、前記動作フローを編集する画面と、

を表示させ、

前記表示制御部は、前記選択作業について設定された前記作業パラメータに基づいて、前記力制御動作の動作パラメータを設定する、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、

前記動作フローを編集する画面は、動作を示す 1 つ以上の動作オブジェクトと、条件分岐を示す 1 つ以上の条件分岐オブジェクトと、グラフィカルに配置される動作フロー作成領域を含む、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、前記入力画面として、更に、前記動作フローに含まれる各動作オブジェクトについて、当該動作オブジェクトで示される動作を定義するパラメータと、前記動作を終了させるための終了条件を定義するパラメータと、前記動作が成功したか否かを判定するための成否判定条件を定義するパラメータと、を設定するパラメータ設定領域を表示させる、ロボット制御装置。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載のロボット制御装置であって、

前記終了条件または前記成否判定条件は、前記力検出器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、ロボット制御装置。

**【請求項 5】**

請求項 3 又は 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、前記パラメータ設定領域に設定されたパラメータの中に許容されないパラメータ値が含まれるときに、前記動作フロー作成領域において、前記許容されないパラメータ値が設定された動作を示す動作オブジェクトにアラームを表示させる、ロボット制御装置。

**【請求項 6】**

請求項 3 ~ 5 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、前記動作フローに含まれる各動作オブジェクトについて前記パラメータ設定領域内に複数のパラメータを表示し、当該動作オブジェクトに対して 1 つ以上のパラメータが設定されると、設定されたパラメータに応じて不要となった他のパラメータを設定不可状態に変更する、ロボット制御装置。

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載のロボット制御装置であって、

前記表示制御部は、前記ロボット制御装置に接続されたロボットの種類を識別し、識別されたロボットの種類に応じて不要となったパラメータを設定不可状態とする、ロボット制御装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 8】

請求項 6 または 7 に記載のロボット制御装置であって、

前記表示制御部は、前記ロボットに備えられているセンサーの種類を識別し、識別されたセンサーの種類に応じて不要となったパラメーターを設定不可状態とする、ロボット制御装置。

## 【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 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、前記力制御動作について、前記ロボット制御装置が外部から一時停止信号を受けたときに前記作業の中断を許可するタイミングである中断許可タイミングを設定するための画面を表示する、ロボット制御装置。

10

## 【請求項 10】

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、

プロセッサを備え、

前記プロセッサは、

( a ) 1 つ以上の力制御動作を含む作業を選択するための複数の選択肢を表示する画面を表示し、

( b ) 前記複数の選択肢から選択された選択作業に関する作業パラメーターを設定するための画面を表示し、

( c ) 前記選択作業の動作フローを表示し、前記動作フローを編集する画面を表示し、

20

( d ) 前記選択作業について設定された前記作業パラメーターに基づいて、前記力制御動作の動作パラメーターを設定し、

( e ) 前記動作フローに従い、前記作業パラメーター及び前記動作パラメーターに基づいて前記ロボットに前記選択作業を実行させる、

ロボット制御装置。

## 【請求項 11】

ロボットシステムであって、

力検出器を備えたロボットと、

前記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と、を備え、

前記ロボット制御装置は、プロセッサを有し、

30

前記プロセッサは、

( a ) 1 つ以上の力制御動作を含む作業を選択するための複数の選択肢を表示する画面を表示し、

( b ) 前記複数の選択肢から選択された選択作業に関する作業パラメーターを設定するための画面を表示し、

( c ) 前記選択作業の動作フローを表示し、前記動作フローを編集する画面を表示し、

( d ) 前記選択作業について設定された前記作業パラメーターに基づいて、前記力制御動作の動作パラメーターを設定し、

( e ) 前記動作フローに従い、前記作業パラメーター及び前記動作パラメーターに基づいて前記ロボットに前記選択作業を実行させる、

40

ロボットシステム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ロボット制御装置及びロボットシステムに関する。

## 【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

50

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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-233814号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、従来技術のようなガイダンス情報を表示した場合にもロボットの制御プログラムを作成する作業にはかなりの熟練を要するので、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】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、以下の形態（aspect）として実現することが可能である。

20

【0006】

（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、1つ以上の力制御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、前記入力画面として、（a）作業を選択するための複数の選択肢を表示する画面と、（b）前記複数の選択肢から選択された選択作業に関する作業パラメータを設定するための画面と、（c）前記選択作業の動作フローを表示し、前記動作フローを編集する画面と、を表示させ、前記表示制御部は、前記選択作業について設定された前記作業パラメータに基づいて、前記力制御動作の動作パラメータを設定する。

30

【0007】

（2）上記ロボット制御装置において、前記動作フローを編集する画面は、動作を示す1つ以上の動作オブジェクトと、条件分岐を示す1つ以上の条件分岐オブジェクトと、がグラフィカルに配置される動作フロー作成領域を含むものとしてもよい。

【0008】

（3）上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記入力画面として、更に、前記動作フローに含まれる各動作オブジェクトについて、当該動作オブジェクトで示される動作を定義するパラメータと、前記動作を終了させるための終了条件を定義するパラメータと、前記動作が成功したか否かを判定するための成否判定条件を定義するパラメータと、を設定するパラメータ設定領域を表示させるものとしてもよい。

40

【0009】

（4）上記ロボット制御装置において、前記終了条件または前記成否判定条件は、前記力検出器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ものとしてもよい。

【0010】

（5）上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記パラメータ設定領域に設定されたパラメータの中に許容されないパラメータ値が含まれるときに、前記動作フロー作成領域において、前記許容されないパラメータ値が設定された動作を示す動作オブジェクトにアラームを表示させるものとしてもよい。

【0011】

50

(6) 上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記動作フローに含まれる各動作オブジェクトについて前記パラメータ設定領域内に複数のパラメータを表示し、当該動作オブジェクトに対して1つ以上のパラメータが設定されると、設定されたパラメータに応じて不要となった他のパラメータを設定不可状態に変更するものとしてもよい。

【0012】

(7) 上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記ロボット制御装置に接続されたロボットの種類を識別し、識別されたロボットの種類に応じて不要となったパラメータを設定不可状態としてもよい。

【0013】

(8) 上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記ロボットに備えられているセンサーの種類を識別し、識別されたセンサーの種類に応じて不要となったパラメータを設定不可状態としてもよい。

【0014】

(9) 上記ロボット制御装置において、前記表示制御部は、前記力制御動作について、前記ロボット制御装置が外部から一時停止信号を受けたときに前記作業の中断を許可するタイミングである中断許可タイミングを設定するための画面を表示するものとしてもよい。

【0015】

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。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【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6A】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6B】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6C】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6D】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6E】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6F】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8A】接触オブジェクトの動作の概要を示す説明図。

【図8B】脱力オブジェクトの動作の概要を示す説明図。

【図8C】押付け探りオブジェクトの動作の概要を示す説明図。

【図8D】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10】作業パラメータと動作パラメータとの関係の一例を示す説明図。

【図11A】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11B】パラメータ調整後の再実行結果を示す画面の一例を示す説明図。

【図12】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。

【図13A】6軸力センサーに適した動作パラメータの表示例の説明図。

【図13B】3軸力センサーに適した動作パラメータの表示例の説明図。

【図14A】6軸力センサーに適した動作パラメータの入力例の説明図。

【図14B】3軸力センサーに適した動作パラメータの入力例の説明図。

【図15A】6軸ロボットに適した動作パラメータの表示例の説明図。

10

20

30

40

50

- 【図15B】SCARAロボットに適した動作パラメータの表示例の説明図。
- 【図16A】6軸ロボットに適した動作パラメータの表示例の説明図。
- 【図16B】SCARAロボットに適した動作パラメータの表示例の説明図。
- 【図17A】動作パラメータの入力禁止例の説明図。
- 【図17B】動作パラメータの入力禁止例の説明図。
- 【図18】作業の中断許可タイミングの設定例を示す説明図。
- 【図19A】作業の中断許可タイミングの設定に応じた動作の説明図。
- 【図19B】作業の中断許可タイミングの設定に応じた動作の説明図。
- 【図19C】作業の中断許可タイミングの設定に応じた動作の説明図。
- 【発明を実施するための形態】

10

【0017】

## 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。

【0018】

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。

20

【0019】

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ripper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。

30

40

【0020】

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。

【0021】

50

本実施形態において、搬送装置 50 によってワーク WK 2 が搬送される。搬送装置 50 は、搬送ローラー 50 a , 50 b を備えており、これらの搬送ローラー 50 a , 50 b 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 WK 2 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 WK 2 が視野に含まれるように設置されている。ワーク WK 2 の上面には、嵌合孔 H 2 が形成されている。エンドエフェクター 140 は、ワーク WK 2 の嵌合孔 H 2 に、エンドエフェクター 140 で把持したワーク WK 1 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。

10

#### 【0022】

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。

#### 【0023】

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 100 及びその制御装置 200 の他に、パーソナルコンピューター 400 , 410 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 500 とが描かれている。パーソナルコンピューター 400 , 410 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 500 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 100 の制御装置を実現することが可能である。

20

#### 【0024】

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 100 の制御装置 200 が、ロボット 100 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 100 の制御装置を実現することが可能である。

#### 【0025】

図 4 は、制御装置 200 の機能を示すブロック図である。制御装置 200 は、プロセッサ 210 とメモリー 220 と表示装置 260 と入力装置 270 とを備えている。メモリー 220 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 210 は、メモリー 220 に予め格納されたプログラム命令 222 を実行することにより、ロボット制御プログラム作成部 240 と制御実行部 250 の機能を実現する。ロボット制御プログラム作成部 240 は、表示制御部 242 と変換部 244 を含んでいる。表示制御部 242 は、ロボット 100 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 260 に表示させる。変換部 244 は、入力画面で作成された動作フローを制御プログラム 224 に変換する。変換された制御プログラム 224 は、メモリー 220 に格納される。制御プログラム 224 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 250 は、こうして作成された制御プログラム 224 を実行することによって、作業の動作をロボット 100 に実行させる。入力装置 270 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 270 を用いて行われる。なお、ロボット制御プログラム作成部 240 と制御実行部 250 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 240 の機能については更に後述する。

30

40

#### 【0026】

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 F 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 240 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。

#### 【0027】

50

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 つ以上の力制御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。

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

( 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 2 8 】

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。

#### 【 0 0 2 9 】

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、複数の選択肢の中から作業を選択するための画面に相当する。ウィンドウ W 2 のタイトルは、「新規フォースシーケンス」となっている。「シーケンス」は、動作フローで表される作業を意味し、「フォースシーケンス」は、力制御を利用した動作（「力制御動作」と呼ぶ）を含む作業を意味する。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 ) シーケンス説明領域 F 2 2 : 新たなシーケンスの概要の説明を入力するための領域である。図 6 B の例では、「円柱嵌合用のシーケンス」という説明が入力されている。

( 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 ~ 図 6 E で説明する設定は不要となり、後述する図 6 F の画面に移行する。

#### 【 0 0 3 0 】

本実施形態では、シーケンスコピーを使用せずに図 6 C の手順 ( Step 2 ) に進む。すなわち、図 6 B において、教示者がフィールド F 2 3 の入力を行うこと無く「 N e x t 」ボタンを押すと、ウィンドウ W 2 の表示内容が図 6 C に変更される。

#### 【 0 0 3 1 】

図 6 C では、以下のような複数種類のシーケンスの選択肢が表示されている。

( 1 ) カスタムシーケンス S q 1 : 動作フローが設定されていないシーケンスであり、任意のオブジェクトを組み合わせることによって動作フローが作成されるシーケンスである。

( 2 ) 円柱嵌合シーケンス S q 2 : 円柱の第 1 ワークを、穴を有する第 2 ワークに嵌合させるシーケンスである。

( 3 ) ネジ締めシーケンス S q 3 : 雄ネジを雌ネジに挿入してネジ締めを行うシーケンス

10

20

30

40

50

である。

(4) コネクタ挿入シーケンス S q 4 : 嵌合する 2 つのコネクタの一方を他方に挿入するシーケンスである。

【0032】

図 6 C に示したシーケンスの複数の選択肢は一例であり、他の任意の種類を選択肢を入力画面に表示してもよい。図 6 C において、教示者が円柱嵌合シーケンス S q 2 を選択して「Next」ボタンを押すと、図 5 のステップ S 1 1 0 からステップ S 1 2 0 に進み、その作業の作業パラメータを設定するための入力画面が表示される。

【0033】

図 6 D は、ステップ S 1 2 0 において作業パラメータの設定を行う際のウィンドウ W 2 の表示内容の一例を示している。このウィンドウ W 2 は、円柱嵌合の作業パラメータとして、作業の開始予定位置と作業の方向を設定するための入力画面として構成されており、以下の領域を含んでいる。

10

(1) ロボット画像表示領域 I M 1 : ロボットの画像を表示し、また、作業の開始位置や作業の方向を示すマークを表示する領域である。

(2) 開始予定位置設定領域 P 1 : 作業の開始時の T C P の予定位置を設定するための領域である。ここでは、複数の開始予定位置をそれぞれ「ポイント」として登録することが可能であり、また、開始予定位置の許容される位置バラツキを設定可能である。

(3) パラメータ設定領域 P 2 : 作業パラメータを設定するための領域である。図 6 D の例では、作業パラメータとして、座標系としてロボット座標系を使用すること、及び、嵌合方向が - Z 方向（鉛直下向き方向）であることが設定されている。なお、作業の方向を指定する座標系としては、ロボット座標系と、T C T を基準とする T C P 座標系と、ワークを基準とするワーク座標系と、を含む複数の座標系の中のひとつを選択可能である。従って、その作業に適した方向を指定することができる。

20

【0034】

図 6 D での設定の終了後に教示者が「Next」ボタンを押すと、ウィンドウ W 2 の表示内容が図 6 E に変更されて、作業パラメータの設定が更に行われる。このときのウィンドウ W 2 は、円柱嵌合の作業パラメータとしてのワーク情報を設定するための入力画面として構成されており、以下の領域を含んでいる。

(1) 画像表示領域 I M 2 : ワークの形状や、その寸法の変数を表示する領域である。

30

(2) ワークパラメータ設定領域 F 2 4 : 画像表示領域 I M 2 に表示された変数の数値を設定するための領域である。

【0035】

なお、図 6 D 及び図 6 E で設定される作業に関する作業パラメータは、作業に含まれる個々の動作のパラメータとは異なり、作業全体に関連するパラメータである。一方、作業に含まれる個々の動作における動作パラメータ（後述）は、個々の動作を個別に規定するパラメータである。選択した作業について作業パラメータが設定されると、その作業パラメータから力制御動作の動作パラメータの一部が自動的に設定される。この点については後述する。

【0036】

40

こうして作業パラメータの設定が終了し、教示者が図 6 E の「Next」ボタンを押すと、表示制御部 2 4 2 が図 5 のステップ S 1 3 0 を実行し、作業の動作フローが自動的に作成されて表示装置 2 6 0 に表示される。

【0037】

図 6 F は、設定された作業の動作フローが第 1 のウィンドウ W 1 に表示された様子を示している。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。

(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と、各カテゴリ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、

50

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 :

複数のオブジェクト O B 1 ~ O B 4 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 F の例では、シーケンスのラベルを示すシーケンスブロック S B 1 の後に、接触オブジェクト O B 1 と、条件分岐オブジェクト O B 2 と、押付け探りオブジェクト O B 3 と、押付け移動オブジェクト O B 4 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とアイコンとが表示される。4 つのオブジェクト O B 1 ~ O B 4 のうち、条件分岐オブジェクト O B 2 以外の 3 つのオブジェクト O B 1 , O B 3 , O B 4 は、動作オブジェクトである。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 M V 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。

10

(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) パラメーター設定領域 P R :

動作フロー作成領域 F L に配置されたブロック S B 1 , O B 1 ~ O B 4 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表示される。すなわち、シーケンスブロック S B 1 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 O B 1 ~ O B 4 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 6 F の例では、条件分岐ブロック O B 2 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。

20

【0038】

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 8 A ~ 図 8 D 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。

【0039】

< 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。

30

接触動作の分類は、接触オブジェクトを含む。図 8 A 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 1 4 0 で保持したワーク W K a を指定方向 D D に移動させ、力検出器 1 3 0 で反力を検出した時にエンドエフェクター 1 4 0 を停止させる。なお、図 8 A に示したワーク W K a , W K b は、図 1 に示したワーク W K 1 , W K 2 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 8 B ~ 図 8 D も同様である。

【0040】

< 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。

40

図 8 B 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 8 B の例では、ワーク W K a , W K b 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 1 4 0 を戻すことにより、力検出器 1 3 0 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。

【0041】

< 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。

50

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。

#### 【0042】

<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。

10

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「俵う」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「俵う」動作を実行させることも可能である。

図8Dに示すように、押付け移動オブジェクトでは、指定方向DDにエンドエフェクター140を移動させて指定の力で押付け、その後、指定の力での押付けを維持しながら(すなわち、俵いながら)指定方向と異なる方向に移動する。図8Dの例では、エンドエフェクター140で保持したワークWkaをワークWkbの穴Hbに挿入する動作が、押付け移動によって実行されている。

20

#### 【0043】

図6Fに示した4つのオブジェクトOB1~OB4のパラメーターとしては、例えば以下のパラメーターを設定できる。特に、動作オブジェクトOB1, OB3, OB4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。

#### 【0044】

<接触オブジェクトOB1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(図6D)から自動的に設定される。)

30

・接触予定距離：10mm

・動作速度：5mm/s

・接触時の力制御ゲイン：1.0

(2) 終了条件の例

力の閾値：5N(5N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=3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。)

・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。)

40

#### 【0045】

<条件分岐オブジェクトOB2のパラメーター>

(1) 条件分岐の判定条件の例

・判定対象オブジェクト：Contact01(判定対象オブジェクトの結果に応じて、条件分岐が実行される。)

・条件分岐の判定が真になる条件：動作の成功(判定対象オブジェクトの動作が成功した場合と、判定対象オブジェクトの動作が失敗した場合のいずれかを指定可能である。)

(2) 条件分岐の移行先の例

・判定が真のときの移行先：PressProbe01(動作フロー中の任意の位置を指定可能である)

50

- 。)
- ・判定が偽のときの移行先：PressMove01（動作フロー中の任意の位置を指定可能である
- 。)

#### 【0046】

< 押付け探りオブジェクトOB3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

- ・経路：螺旋（探る経路として、螺旋又は直線を指定可能である）
- ・経路形状：
  - ・螺旋の直径：5 mm
  - ・螺旋のピッチ：1 mm
- ・動作速度：5 mm / s
- ・押付け方向：- Z方向（押付け方向は、作業パラメーターとして設定された嵌合方向（図6D）から自動的に設定される。）
- ・押付け力：3 N
- ・押付け中の力制御ゲイン：2 . 0

10

(2) 終了条件の例

下記条件C1とC2のアンド条件とする：

- ・条件C1：力の閾値（力の閾値を下回ったこと）
- ・条件C2：位置移動量の閾値（オブジェクト開始位置から閾値を超えた範囲に移動したこと）

20

(3) 成否判定条件の例

- ・成否判定条件：経路終了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失敗したものと判定する。
- ・失敗時動作：シーケンスを終了

#### 【0047】

< 押付け移動オブジェクトOB4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

- ・経路：直線
- ・移動方向：- Z方向（移動方向は、作業パラメーターとして設定された嵌合方向（図6D）から自動的に設定される。）
- ・移動距離：30 mm
- ・移動速度：10 mm / s
- ・Fx, Fy, Fz方向の力制御：弱い
- ・Fz方向の力制御：3 N押付け
- ・Tx, Ty方向の力制御：弱い
- ・Tz方向の力制御：オフ
- ・力制御ゲイン：Fxのゲインは1, Fyのゲインは1, Fzのゲインは2, Txのゲインは300, Tyのゲインは300

30

(2) 終了条件の例

下記条件C1, C2のアンド条件とする：

- ・条件C1：力の許容値（押付け方向の力の範囲が目標力±許容値の範囲内であること）
- ・条件C2：位置移動量の閾値（オブジェクト開始位置から閾値を超えた範囲に移動したこと）

40

(3) 成否判定条件の例

- ・成否判定条件：経路終了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失敗したものと判定する。
- ・失敗時動作：シーケンスを終了

#### 【0048】

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

50

とを設定可能なパラメータ設定領域 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と、動作の成否判定条件を定義するパラメータ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 4 9 】

図 6 F の例において、4 番目の動作オブジェクト O B 4 に対しては、アラームマーク A L が表示されている。このアラームマーク A L は、その動作オブジェクト O B 4 に関してパラメータ設定領域 P R で設定されたパラメータの中に、許容されないパラメータ値が含まれるときに表示されるマークである。このアラームマーク A L にマウスポインタを合わせると、不備のあるパラメータの項目や値が表示されるようにしてもよい。教示者は、このアラームマーク A L を見た場合には、その動作オブジェクト O B 4 のパラメータに不備があることが解るので、パラメータの不備を修正することが可能である。なお、動作オブジェクト O B の中にアラームマーク A L を表示する代わりに、画面内の他の位置にアラームやエラーを表示してもよい。例えば、シーケンス表示領域 S Q のツリーにアラームやエラーを表示してもよく、また、同一の動作オブジェクト O B に関するアラームやエラーを複数箇所に表示してもよい。また、作業パラメータに不備がある場合にも、アラームやエラーを表示するようにしてもよい。このような作業パラメータのアラームやエラーの表示は、例えば、シーケンス表示領域 S Q のツリーに表示してもよい。

10

【 0 0 5 0 】

なお、動作パラメータ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。

20

【 0 0 5 1 】

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 1 3 0 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。

30

【 0 0 5 2 】

ところで、前述したように、図 6 C で選択した作業について図 6 D , 図 6 E で作業パラメータが設定されると、その作業パラメータから力制御動作の動作パラメータの一部が自動的に設定される。

【 0 0 5 3 】

図 1 0 は、図 6 D 及び図 6 E で設定された作業パラメータと、動作パラメータとの関係の一例を示す説明図である。ここではウィンドウ W 1 ( 図 6 F ) のパラメータ設定領域 P R に表示される作業パラメータの一例が示されている。これらの作業パラメータは、例えば、動作フロー作成領域 F L 内のシーケンスブロック S B 1 を選択することによって、パラメータ設定領域 P R に表示される。これらの作業パラメータは、図 6 D 及び図 6 E の入力画面で設定された作業パラメータである。図 1 0 において、パラメータ設定領域 P R 内の特定のパラメータの関連表示ボタン B T をクリックすると、その作業パラメータによって影響される動作パラメータを示すダイアログ D L 1 が表示される。この例では、嵌合方向の関連表示ボタン B T をクリックすると、その嵌合方向が、接触動作の接触方向と、押付け探り動作の押付け方向と、押付け移動動作の移動方向と、6 軸方向の力制御と、に影響することがダイアログ D L 1 内に表示される。教示者は、こ

40

50

のようなダイアログDL1から、作業パラメータと、各動作の動作パラメータとの関係を確認することが可能である。

【0054】

作業パラメータから自動的に設定される力制御動作の動作パラメータは、力制御の方向に限らず、他の動作パラメータも作業パラメータに応じて自動的に設定されるようにしてもよい。例えば、押付け移動動作の押付けながらの移動量（図8Dの右端の-Z方向の移動量）は、作業パラメータのワーク情報（例えば嵌合深さ）から自動的に設定されるようにしてもよい。また、パラメータの自動設定モードとしては、作業パラメータのみが変更できる第1モードと、動作パラメータのみが変更できる第2モードと、作業パラメータと動作パラメータび両方が変更できる第3モードと、のいずれか1つのモードを選択できるようにしてもよい。こうすれば、初心者は作業パラメータのみを使って作業シーケンスを作成でき、一方、熟練者は動作パラメータを使ってさらに細かい修正を行うことが可能である。作業パラメータと動作パラメータに整合性が無い場合、例えば、図10の例で嵌合方向が-Z方向であるのに接触方向が-X方向に設定されている場合には、作業パラメータが正しいものとして動作パラメータが修正されることが好ましい。

10

【0055】

図6F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6F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。

20

【0056】

図11A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。この例では、動作フロー作成領域FLの3番目の動作オブジェクトOB3に実行停止マークSMが設定されている。この実行停止マークSMは、その動作オブジェクトOB3で実行を一時停止することを意味している。実行停止マークSMは、例えば、各動作オブジェクトのコンテキストメニューを使用して設定できる。コンテキストメニューは、マウスの右クリックで表示されるメニューである。

【0057】

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FxとX軸回りのトルクTxの時間変化が表示されている。なお、メインビュー領域MV内には、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内には、図11A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。

30

40

【0058】

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

50

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。

#### 【0059】

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。この調整は、動作フロー作成領域 FL 内のオブジェクト OB 1 ~ OB 4 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。

10

#### 【0060】

図 11B 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 W 1 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成できる。但し、このような調整と試行の工程は省略してもよい。なお、図 11A 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。

20

#### 【0061】

こうして動作フローが完成すると、図 5 のステップ S 140 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行えることが好ましい。

(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。

30

(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。

#### 【0062】

図 12 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 31 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 32 とを含んでいる。なお、シーケンス選択領域 F 31 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 244 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 220 内に格納される。

40

#### 【0063】

図 5 のステップ S 150 では、ステップ S 140 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 200 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 100 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。

#### 【0064】

50

以上のように、第1実施形態では、力制御動作を含む作業を複数の選択肢(図6C)の中から選択すると、選択された作業の作業パラメータを設定するための画面(図6D, 図6E)や、作業の動作フローを編集可能に表示する画面(図6F)が表示されるので、作業の動作フローを容易に生成することができる。また、選択した作業について設定された作業パラメータから力制御動作の動作パラメータの一部が自動的に設定されるので、教示者が簡単に制御プログラムの作成を行うことが可能である。

【0065】

B. 他の実施形態：

他の実施形態として、以下の形態を順次説明する。

(1) 動作パラメータの表示及び入力に関する制限

10

(2) 作業の中断許可タイミングの設定

これらの形態は、上述した第1実施形態に任意に適用可能である。

【0066】

図13Aは、力検出器130として6軸力センサーを使用する場合における動作パラメータの表示例を示している。ここでは、押付け動作に対して、パラメータ設定領域PR(図6F)の一部に力制御の方向とその設定値が表示される例が示されている。6軸力センサーを使用する場合には、6軸の力(3軸の力 $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ と3軸回りのトルク $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ )のすべてについて、どのような力制御を実行するかを指定することが可能である。

20

【0067】

図13Bは、力検出器130として3軸力センサーを使用する場合における動作パラメータの表示例を示している。3軸力センサーを使用する場合には、3軸センサーで検出できる力 $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ について、どのような力制御を実行するかを指定することが可能である。一方、3軸センサーで検出できない力(3軸回りのトルク $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ )については、それらのパラメータを設定できない設定不可状態とすることが好ましい。パラメータを設定不可状態とする方法の一つは、図13Bに示すように、そのパラメータを入力画面に表示しない方法である。他の方法としては、パラメータ設定領域PR内において、パラメータをグレーアウト状態として、その設定値を変更できないようにする方法も採用可能である。

【0068】

30

図14Aは、力検出器130として6軸力センサーを使用する場合における動作パラメータの他の表示例を示している。ここでは、接触動作に対して、パラメータ設定領域PRの一部に接触方向(力制御の方向)とその設定値が表示される例が示されている。6軸力センサーを使用する場合には、6軸の力の方向 $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $U$ ,  $V$ ,  $W$ のうちの任意の1つの方向を選択することができ、また、各方向についてプラス方向とマイナス方向のいずれかを選択することができる。なお、方向 $U$ ,  $V$ ,  $W$ は、トルク $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ の方向を意味している。

【0069】

40

図14Bは、力検出器130として3軸力センサーを使用する場合における動作パラメータの他の表示例を示している。3軸力センサーを使用する場合には、3軸センサーで検出できる力の方向 $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ のうちの任意の1つの方向を選択することができ、また、各方向についてプラス方向とマイナス方向のいずれかを選択することができる。一方、3軸センサーで検出できない力(3軸回りのトルク $T_x$ ,  $T_y$ ,  $T_z$ )については、それらのパラメータを設定できない設定不可状態とすることが好ましい。

【0070】

図15Aは、6軸ロボットに適した動作パラメータの表示例の説明図である。ここでは、押付け動作に対して、パラメータ設定領域PR(図6F)の一部に力制御の方向とその設定値が表示される例が示されている。6軸ロボットを使用する場合には、6軸の力のすべてについて、どのような力制御を実行するかを指定することが可能である。

【0071】

50

図15Bは、4軸ロボットであるSCARAロボットに適した動作パラメータの表示例を示している。SCARAロボットを使用する場合には、SCARAロボットで制御できる4軸の方向について、どのような力制御を実行するかを指定することが可能である。一方、SCARAロボットで制御できない方向については、それらのパラメータを設定できない設定不可状態とすることが好ましい。

【0072】

図16Aは、6軸ロボットに適した動作パラメータの他の表示例を示している。ここでは、接触動作に対して、パラメータ設定領域PRの一部に接触方向（力制御の方向）とその設定値が表示される例が示されている。6軸ロボットを使用する場合には、6軸の力の方向X, Y, Z, U, V, Wのうちの任意の1つの方向を選択することができ、また、各方向についてプラス方向とマイナス方向のいずれかを選択することができる。

10

【0073】

図16Bは、4軸のSCARAロボットに適した動作パラメータの他の表示例を示している。SCARAロボットを使用する場合には、SCARAロボットで制御できる4軸の力の方向X, Y, Z, Uのうちの任意の1つの方向を選択することができ、また、各方向についてプラス方向とマイナス方向のいずれかを選択することができる。一方、SCARAロボットで制御できない方向については、それらのパラメータを設定できない設定不可状態とすることが好ましい。

【0074】

以上の図13A～図16Bで説明したように、ロボット制御装置200に接続されたロボットの種類とセンサー（力検出器）の種類とに応じて不要となったパラメータを設定不可状態とするようにすれば、教示者が必要なパラメータのみを容易に設定することが可能である。ロボットの種類に応じたパラメータの表示及び入力に関する制限と、力検出器の種類に応じたパラメータの表示及び入力に関する制限が異なる場合には、より厳しい方の制限が適用される。例えば、6軸ロボットに3軸の力検出器が設けられている場合には、3軸の力検出器による制限の方が厳しいので、その制限が適用される。なお、センサーの種類としては、力検出器130に限らず、カメラ30の種類（例えば単眼カメラとステレオカメラのいずれか）などの他のセンサーの種類を使用してもよい。

20

【0075】

図17Aは、動作パラメータの入力禁止の一例を示す説明図である。この例では、押付け探り動作（図7参照）のパラメータとして、パラメータ設定領域PR内に、「探る経路」の形状と、その寸法とが表示されている。「探る経路」の形状は螺旋である旨が設定され、その寸法として螺旋の直径とピッチの値が設定されている。また、パラメータ設定領域PR内に存在するパラメータのうちで、「探る経路」が螺旋でない場合のパラメータ（X, Y, Z方向の移動距離）については、設定不可状態（ここではグレースアウト状態）となっている。

30

【0076】

図17Bは、動作パラメータの入力禁止の他の例を示す説明図である。この例では、「探る経路」の形状が直線である旨が設定され、その寸法としてX, Y, Z方向の移動距離の値が設定されている。また、「探る経路」が直線でない場合のパラメータ（螺旋の直径とピッチ）については、設定不可状態（グレースアウト状態）となっている。

40

【0077】

これらの図17A及び図17Bに示すように、或る動作オブジェクトに対して設定されたパラメータに応じて不要となったパラメータが存在するときに、そのパラメータを設定不可状態に変更するようになれば、教示者が必要なパラメータのみを容易に設定することが可能である。なお、或る動作パラメータに応じて他の動作パラメータを設定不可状態とする他に、或る作業パラメータに応じて他の作業パラメータを設定不可状態してもよく、あるいは、或る作業パラメータに応じて特定の動作パラメータを設定不可状態としてもよい。

【0078】

50

図18は、更に他の実施形態における作業の中断許可タイミングの設定例を示す説明図である。図18の左上のパラメータ設定領域PRには、作業パラメータとして、「動作中の中断」と「動作後の中断」という2つの中断許可タイミングが表示されている。例えば、これらの2つの中断許可タイミングのいずれかの関連表示ボタンBTをクリックすると、中断許可タイミング設定ダイアログDL3が開き、作業中の各動作に関する中断許可タイミングの設定値が表示される。各動作に関する中断許可タイミングは、このダイアログDL3で設定しても良く、或いは、動作フロー作成領域FL(図6F)において1つの動作オブジェクトを選択し、パラメータ設定領域PR内でその動作の動作パラメータとして設定してもよい。

#### 【0079】

「動作中の中断」の許可及び不許可、及び、「動作後の中断」の許可及び不許可は、以下の設定S1e, S1n, S2e, S2nをそれぞれ意味する。

- ・設定S1e: 「動作中の中断」の許可

その動作の実行中にロボット制御装置200が一時停止信号を受けた時に、直ちに作業を中断することを意味する。一時停止信号は、ロボット100の作業の一時停止を要求する信号であり、例えば、安全扉が開いたことを検知するセンサーからの信号や、人の接近を検知したことを検知するセンサーからの信号などである。

- ・設定S1n: 「動作中の中断」の不許可

その動作の実行中にロボット制御装置200が一時停止信号を受けても直ちに作業を中断せず、その後に「動作中の中断」又は「動作後の中断」が許可と設定されているタイミングまで作業を継続することを意味する。

- ・設定S2e: 「動作後の中断」の許可

その動作の実行中にロボット制御装置200が一時停止信号を受けた時に、その動作の終了時に作業を中断することを意味する。

- ・設定S2n: 「動作後の中断」の不許可

その動作の実行中にロボット制御装置200が一時停止信号を受けてもその動作の終了時に作業を中断せず、その後に「動作中の中断」又は「動作後の中断」が許可と設定されているタイミングまで作業を継続することを意味する。

#### 【0080】

なお、或る動作(「特定動作」と呼ぶ)において「動作中の中断」が許可に設定されており、その特定動作の前の動作(「先行動作」と呼ぶ)において「動作中の中断」と「動作後の中断」が不許可に設定されている場合には、先行動作の実行中に一時停止信号が発生すると、特定動作の開始時に作業が中断される。

#### 【0081】

図18の例では、4つのオブジェクトOB1~OB4について、それぞれ中断許可タイミングが許可又は不許可に設定されている。このような中断許可タイミングは、作業中に一時停止信号が発生したときに、作業中の動作の内容に適した適切なタイミングで作業を中断させるために設定される。例えば、研磨動作を行っている途中で一時停止信号を受けたときに、研磨動作の途中で作業を中断してしまうと、研磨のムラが発生してしまうという不具合がある。そこで、例えば研磨を実行する動作(押付け移動動作)に関しては「動作中の中断」を不許可に設定し、「動作後の中断」を許可に設定すれば、研磨動作の終了時まで作業が中断しないので、研磨のムラなどの不良が発生してしまうことを防止できる。研磨動作のように、力制御を利用した動作に関しては、その動作の途中で作業を中断すると不具合が発生する可能性がある場合があるので、中断許可タイミングを適切に設定できることが好ましい。このような中断許可タイミングの設定は、ロボットの制御プログラムを直接入力する場合に設定することは難しいのに対して、1つ以上の動作オブジェクトを含む動作フロー(シーケンス)を用いて作業の内容を設定する場合には比較的容易に行うことができるという利点がある。

#### 【0082】

作業によっては、複数の動作を実行している期間は作業を中断したくない場合もあり得

10

20

30

40

50

る。例えば、研磨を複数の動作に分けて実行するように、研磨用の動作オブジェクト（例えば押付け移動オブジェクト）を動作フローに複数個配置する場合が考えられる。それらの複数の動作オブジェクトの動作が全て終了するまで作業を中断したく無い場合には、研磨用の複数の動作オブジェクトのうち、最後の動作オブジェクトを除く他の動作オブジェクトに関しては「動作中の中断」と「動作後の中断」をいずれも不許可と設定し、最後の動作オブジェクトに関しては「動作中の中断」を不許可、「動作後の中断」を許可と設定する。こうすれば、研磨の途中で作業を中断することによって、製品不良が発生してしまう可能性を低減できる。

【0083】

なお、中断許可タイミングとしては、「動作中の中断」と「動作後の中断」の両方を設定できるものとしてもよく、或いは、これらの一方のみを設定できるものとしてもよい。

10

【0084】

図19Aは、「動作中の中断」と「動作後の中断」の両方を設定できる形態における設定例を示している。この形態における作業の中断の判断は、上述した設定S1e, S1n, S2e, S2nの内容と同じである。なお、動作フロー中の最後の動作Dに関する中断許可タイミングの設定がいずれも不許可である場合に、その動作D中に一時停止信号を受信したときには、最後の動作Dの終了時にロボット100の動作を停止することが好ましい。

【0085】

図19Bは、「動作中の中断」のみを設定できる形態における設定例を示している。この形態における作業の中断の判断は、上述した設定S1e, S1nの内容と同じである。

20

【0086】

図19Cは、「動作後の中断」のみを設定できる形態における設定例を示している。この形態における作業の中断の判断は、上述した設定S2e, S2nの内容と同じである。

【0087】

以上のように、作業中の力制御動作について中断許可タイミングを設定できるようにすれば、ロボット制御装置200が外部から一時停止信号を受けたときに、作業の中断を好ましいタイミングで実行することができる。この結果、製品不良などの不具合が発生する可能性を低減することが可能な制御プログラムを容易に作成できる。

【0088】

なお、作業に関してタイムアウトを設定できるように画面が構成されていてもよい。例えば、作業を継続する場合にも、予め指定されたタイムアウト時間以上に亘って作業が継続した場合には、その時点で作業を中断するようにしてもよい。

30

【0089】

本発明は、上述の実施形態や実施例、変形例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構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態、実施例、変形例中の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述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。

40

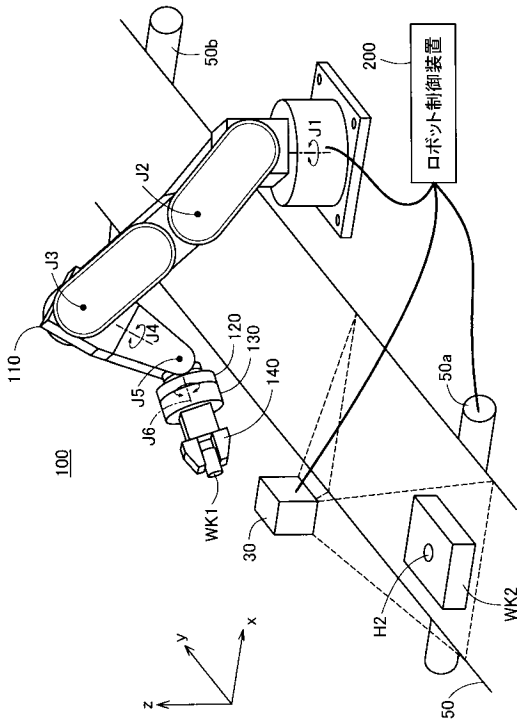
【符号の説明】

【0090】

30...カメラ、50...搬送装置、50a, 50b...搬送ローラー、100...ロボット、110...アーム、120...アームフランジ、130...力検出器、140...エンドエフェクター、200...ロボット制御装置、210...プロセッサ、220...メモリー、222...プログラム命令、224...制御プログラム、240...ロボット制御プログラム作成部、242...表示制御部、244...変換部、250...制御実行部、260...表示装置、270...入力装置、400...パーソナルコンピューター、500...クラウドサービス

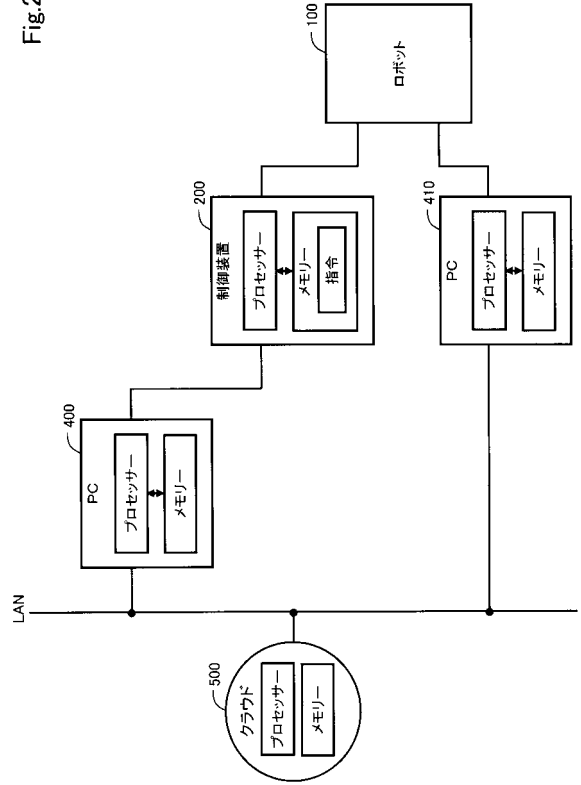
【 図 1 】

Fig.1



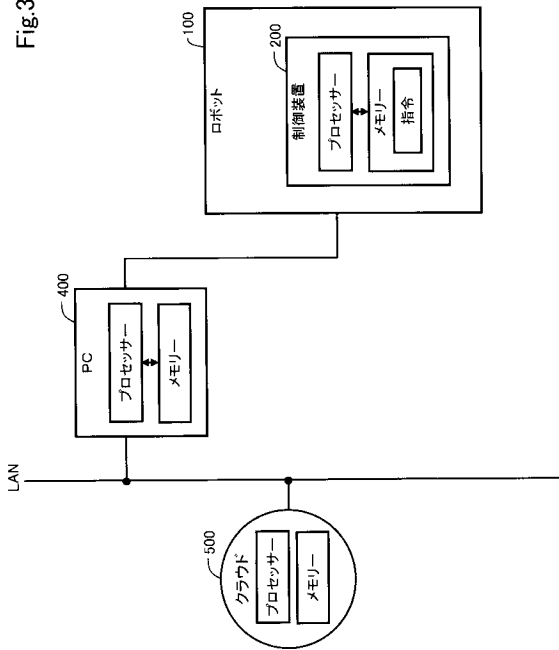
【 図 2 】

Fig.2



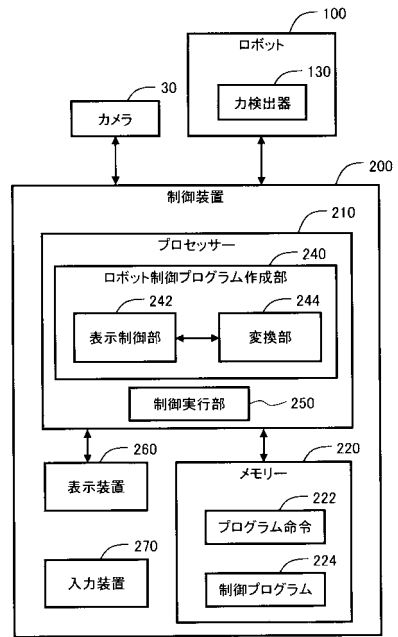
【 図 3 】

Fig.3



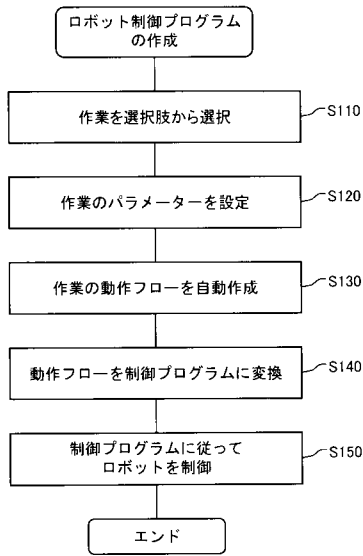
【 図 4 】

Fig.4



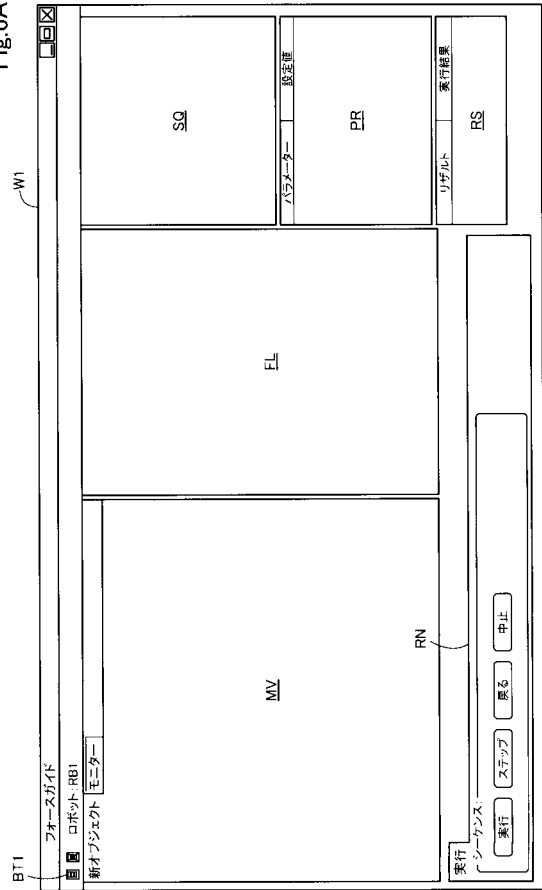
【 図 5 】

Fig.5



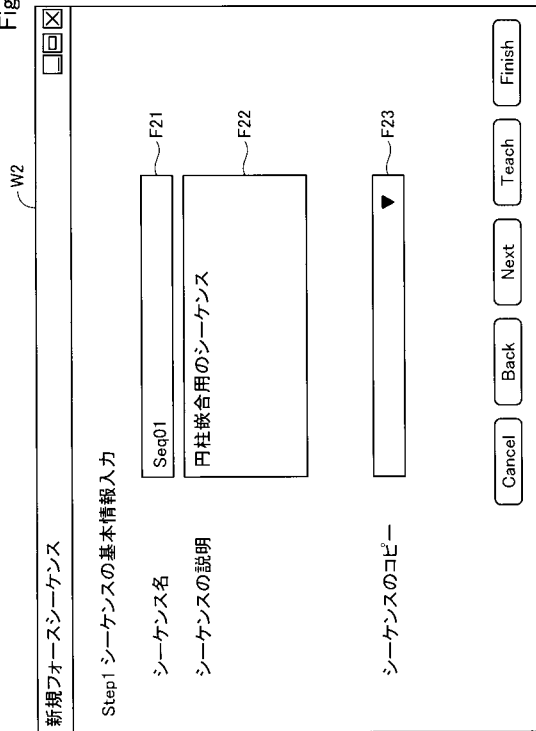
【 図 6 A 】

Fig.6A



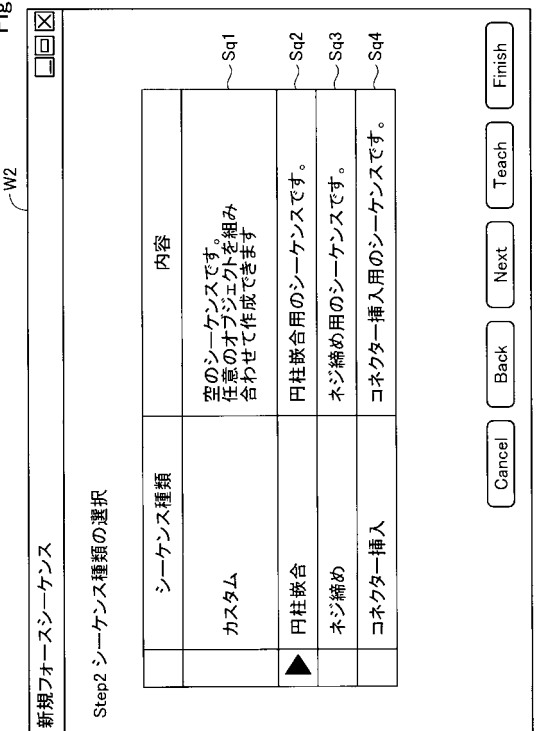
【 図 6 B 】

Fig.6B



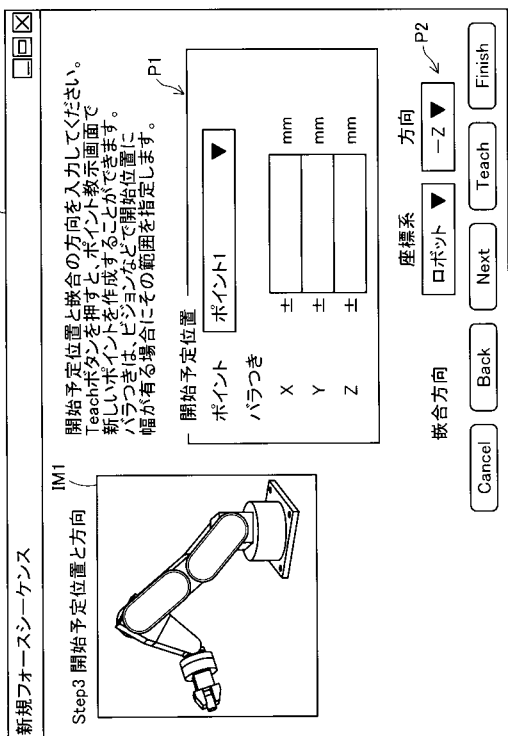
【 図 6 C 】

Fig.6C



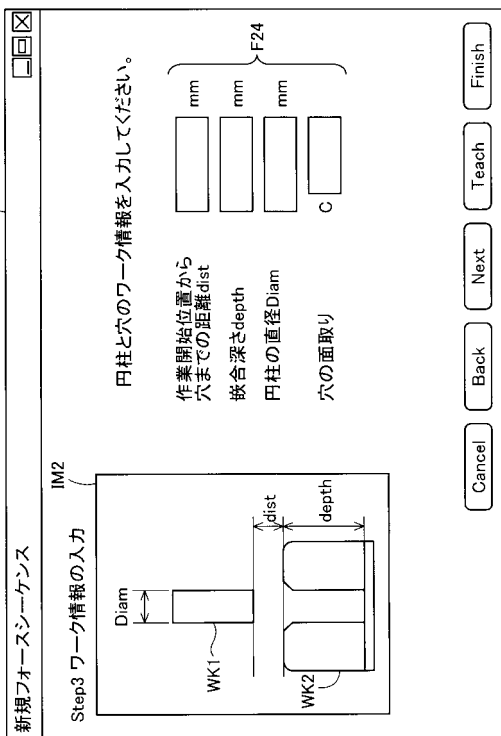
【 図 6 D 】

Fig.6D



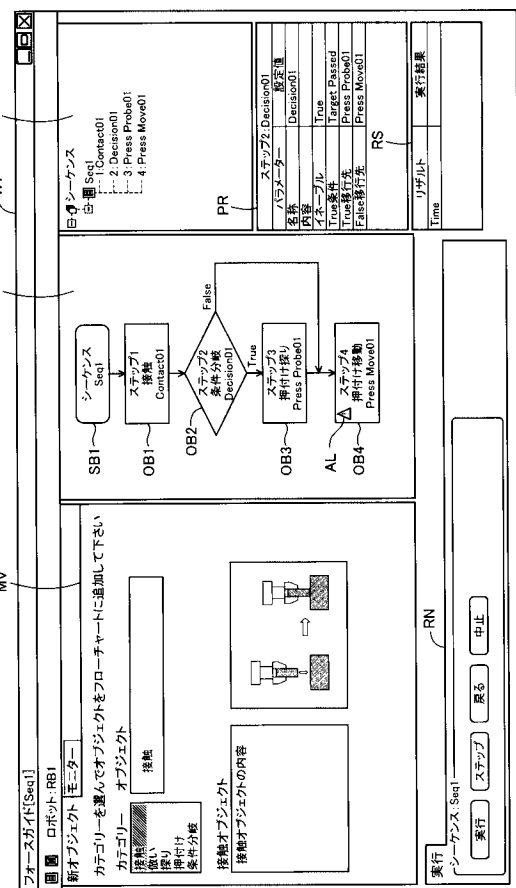
【 図 6 E 】

Fig.6E



【 図 6 F 】

Fig.6F



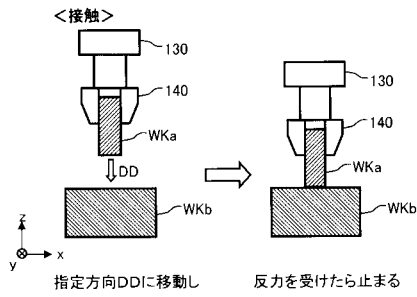
【 図 7 】

Fig.7

分類	オブジェクト	概要
接触	1. 接触	指定方向に移動して、反力を受けたら停止する
	2. 脱力	指定軸の力が0になるように做う
做い	3. 做い移動	指定軸の力を0にするように做いながら指定軸を動かす
	4. 面合わせ	指定方向に角度を做いながら押し付け、面と面とを合わせる
探り	5. 押し付け探り	押し付けながら指定された軌跡で探って穴を見つける
	6. 接触探り	接触動作を繰り返し探して穴を見つける
押し付け	7. 押し付け	指定方向に指定の力で押し付ける (指定軸は「做う」を含む)
	8. 押し付け移動	指定方向に指定の力で押し付けながら移動する (指定軸は「做う」を含む)

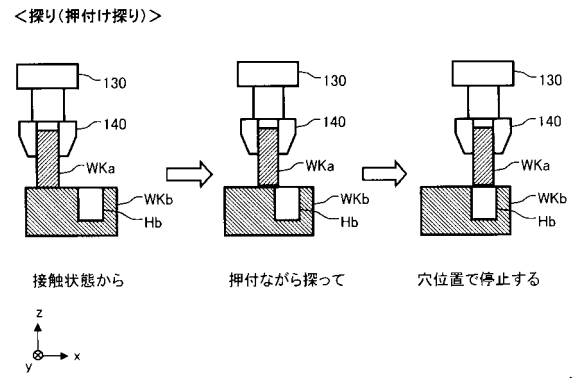
【 図 8 A 】

Fig.8A



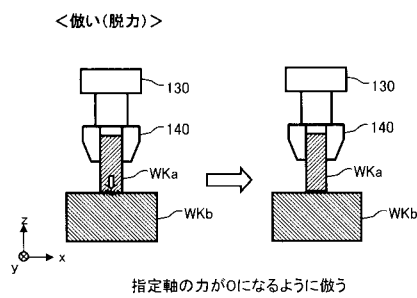
【 図 8 C 】

Fig.8C



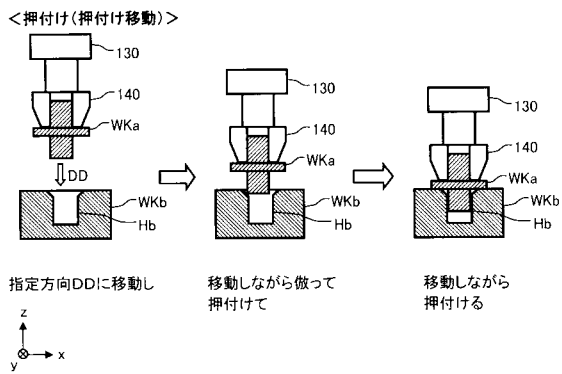
【 図 8 B 】

Fig.8B



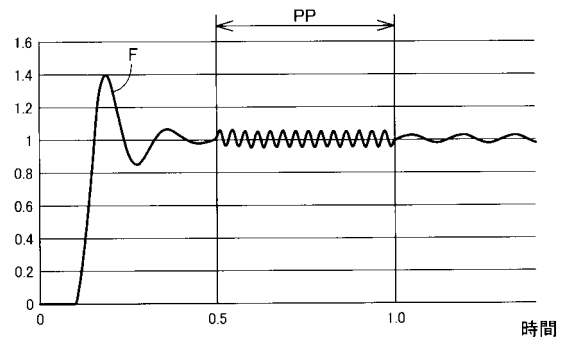
【 図 8 D 】

Fig.8D



【 図 9 】

Fig.9



【図 10】

Fig.10

円柱嵌合用の動作フローの作業パラメーター

パラメーター	設定値
嵌合方向	-Z
開始位置からワークまでの距離	10
嵌合深さ	20
円柱の直径	10
ワークの面取り	1

この作業パラメーターは以下の動作パラメーターに影響します。  
 Contact: 接触方向  
 Press Probe: 押付け方向  
 Press Move: 移動方向  
 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz方向の力制御

関連表示ボタン BT

【図 11 A】

Fig.11A

【図 11 B】

Fig.11B

【図 12】

Fig.12

制御プログラムに変換

シーケンス選択:  
 Seq1 (F31)

プログラムファイル  
 ファイル名  
 Seq1.prg (F32)

実行 キャンセル

【図 13 A】

Fig.13A

6軸力センサーの場合  
 押付け動作のパラメーター

パラメーター	設定値
Fx方向の力制御	良い
Fy方向の力制御	良い
Fz方向の力制御	3N押付け
Tx方向の力制御	良い
Ty方向の力制御	良い
Tz方向の力制御	OFF

【 図 1 3 B 】

Fig.13B

3軸力センサーの場合  
押付け動作のパラメーター

パラメーター	設定値
Fx方向の力制御	無い
Fy方向の力制御	無い
Fz方向の力制御	3N押付け

【 図 1 4 A 】

Fig.14A

6軸力センサーの場合  
接触動作のパラメーター

パラメーター	設定値
接触方向	-Z
	+X
	-X
	+Y
	-Y
	+Z
	-Z
	+U
	-U
	+V
	-V
	+W
	-W

【 図 1 5 B 】

Fig.15B

SCARAロボットの場合  
押付け動作のパラメーター

パラメーター	設定値
Fx方向の力制御	無い
Fy方向の力制御	無い
Fz方向の力制御	3N押付け
Tz方向の力制御	無い

【 図 1 6 A 】

Fig.16A

6軸ロボットの場合  
接触動作のパラメーター

パラメーター	設定値
接触方向	-Z
	+X
	-X
	+Y
	-Y
	+Z
	-Z
	+U
	-U
	+V
	-V
	+W
	-W

【 図 1 4 B 】

Fig.14B

3軸力センサーの場合  
接触動作のパラメーター

パラメーター	設定値
接触方向	-Z
	+X
	-X
	+Y
	-Y
	+Z
	-Z

【 図 1 5 A 】

Fig.15A

6軸ロボットの場合  
押付け動作のパラメーター

パラメーター	設定値
Fx方向の力制御	無い
Fy方向の力制御	無い
Fz方向の力制御	3N押付け
Tx方向の力制御	無い
Ty方向の力制御	無い
Tz方向の力制御	OFF

【 図 1 6 B 】

Fig.16B

SCARAロボットの場合  
接触動作のパラメーター

パラメーター	設定値
接触方向	-Z
	+X
	-X
	+Y
	-Y
	+Z
	-Z
	+U
	-U

【 図 1 7 A 】

Fig.17A

探る経路が螺旋の場合  
押付け探り動作のパラメーター

パラメーター	設定値
探る経路	螺旋
螺旋の直径	5mm
螺旋のピッチ	1mm
X方向の移動距離	0mm
Y方向の移動距離	0mm
Z方向の移動距離	0mm

【 図 1 7 B 】

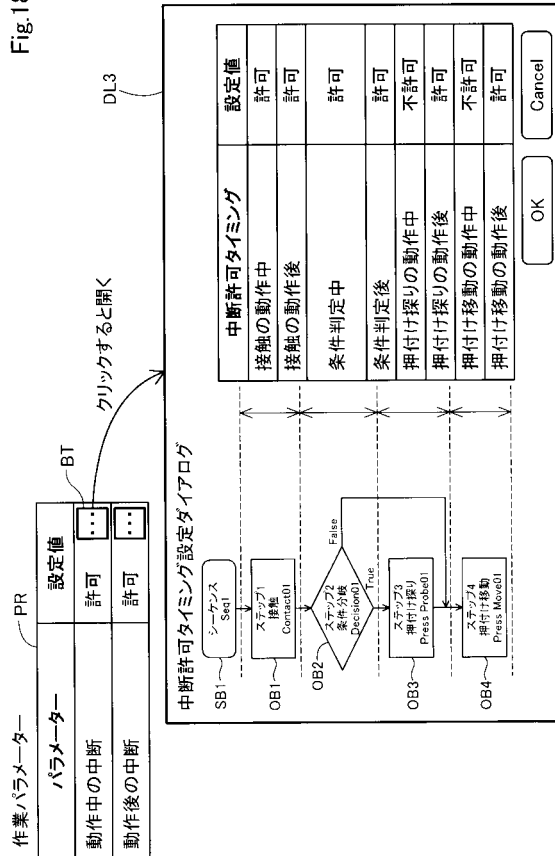
Fig.17B

探る経路が直線の場合  
押付け探り動作のパラメーター PR

パラメーター	設定値
探る経路	直線
螺旋の直径	5mm
螺旋のピッチ	1mm
X方向の移動距離	10mm
Y方向の移動距離	0mm
Z方向の移動距離	0mm

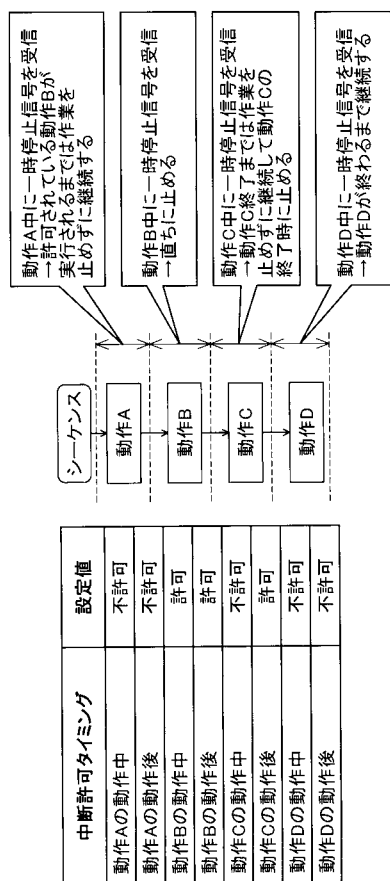
【 図 1 8 】

Fig.18



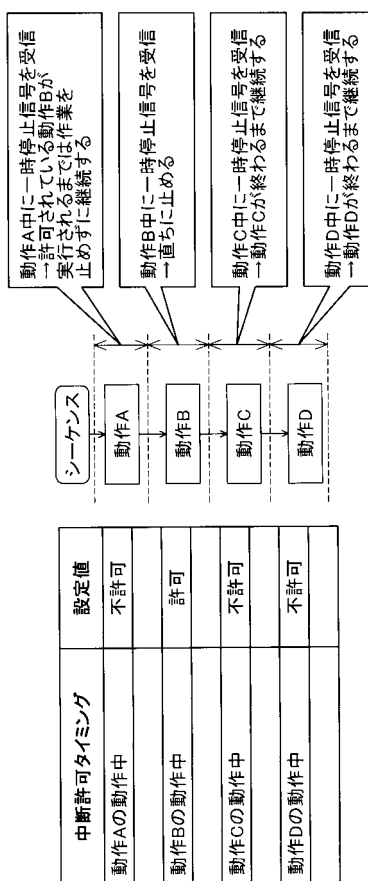
【 図 1 9 A 】

Fig.19A



【 図 1 9 B 】

Fig.19B



【図 19C】

Fig.19C

