

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月26日(26.03.2020)



(10) 国際公開番号

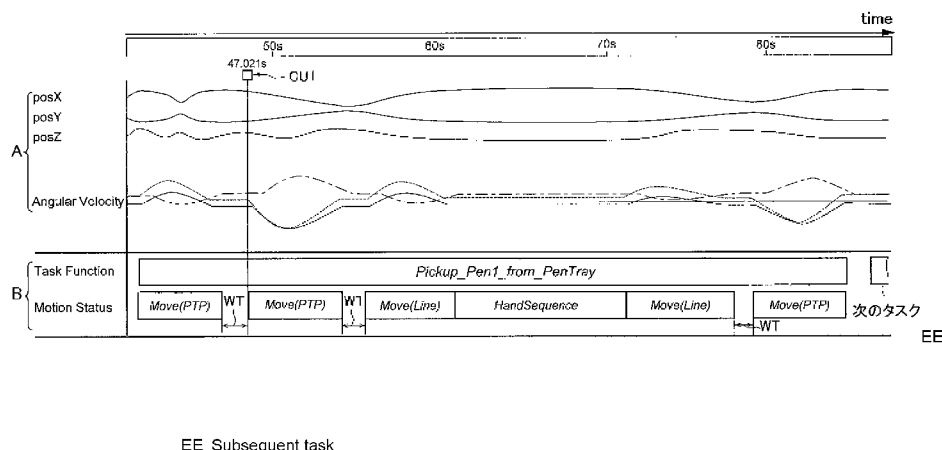
WO 2020/059342 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 9/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/030923
- (22) 国際出願日: 2019年8月6日(06.08.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-176775 2018年9月21日(21.09.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電産株式会社 (NIDEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 小 菅 昌 克 (KOSUGA, Masakatsu); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 吉田 昌弘(YOSHIDA, Masahiro); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). ドアン タン ナット (DOAN, Thanh, Nhat); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP). 常田 晴弘(TSUNET, Haruhiro); 〒6018205 京都府京都市南区久世殿城町 3 3 8 番地 日本電産株式会社内 Kyoto (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: ROBOT SIMULATOR

(54) 発明の名称: ロボットシミュレータ

[図9]



(57) Abstract: One embodiment of the present invention is a robot simulator comprising: a program execution unit that executes a robot program; a state information calculation unit that calculates state information that is information that indicates the state of a robot according to the passage of time on the basis of the execution result by the program execution unit; a timing chart creation unit that creates a timing chart that indicates the state of the robot such that a period corresponding to each element work can be identified on the time axis on the basis of the state information; a simulation unit

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

that operates a three-dimensional model of the robot on the basis of the state information in a virtual space and displays the three-dimensional model on a display device; and a display control unit that displays the timing chart on the display device, wherein the simulation unit displays the three-dimensional model at the time specified by a user in the timing chart.

(57) 要約: 本発明の一実施形態は、ロボットプログラムを実行するプログラム実行部と、プログラム実行部による実行結果に基づいて、時間の経過に応じたロボットの状態を示す情報である状態情報を演算する状態情報算出部と、状態情報に基づいて時間軸において各要素作業に相当する期間が識別可能となるように、ロボットの状態を示すタイミングチャートを作成するタイミングチャート作成部と、状態情報に基づいてロボットの3次元モデルを仮想空間内で動作させて表示装置に表示するシミュレーション部と、タイミングチャートを表示装置に表示する表示制御部と、を備え、シミュレーション部は、タイミングチャートにおいてユーザによって指定された時刻における3次元モデルを表示する、ロボットシミュレータである。

明 細 書

発明の名称： ロボットシミュレータ

技術分野

[0001] 本発明は、ロボットシミュレータに関する。

背景技術

[0002] コンピュータによるシミュレーションによってロボットの動作を評価できるようにしたロボットシミュレータが知られている。

例えば、日本国公開公報特開 2 0 1 7 - 1 9 9 0 7 7 号公報には、動作プログラムによって動作する複数の産業機械を有する生産システムにおいて、動作プログラムの速度または加速度の修正を自動的に行うようにして動作プログラムを改良し、その改良結果を確認するための生産システムのシミュレータが開示されている。

また、日本国公開公報特開 2 0 1 8 - 0 9 4 6 3 2 号公報には、ロボットコントローラによって実行されたプロセス命令の中の予め決められたプロセス命令の各々に関する関連したプロセスデータを収集し、記憶することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国公開公報：特開 2 0 1 7 - 1 9 9 0 7 7 号公報

特許文献2：日本国公開公報：特開 2 0 1 8 - 0 9 4 6 3 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、従来のロボットシミュレータでは、ロボットの動作をタイミングチャートによって表示することが多い（例えば、日本国公開公報特開 2 0 1 7 - 1 9 9 0 7 7 号公報の図 4）。しかし、タイミングチャートが表示されただけでは、ロボットによる作業全体の中のどのプロセス、若しくはプロセス内のどの動作を変更すれば作業を改善できるのか分かり難いという問題

がある。

[0005] そこで、本発明は、ロボットを利用した作業の改善を効率良く行うことを可能とするロボットシミュレータ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

[0006] 本願の例示的な第1発明は、順に行われる複数の要素作業に対するロボットの動作を記述したロボットプログラムを実行するプログラム実行部と、前記プログラム実行部による実行結果に基づいて、時間の経過に応じた前記ロボットの状態を示す情報である状態情報を演算する状態情報算出部と、前記状態情報算出部により得られた前記状態情報に基づいて、時間軸において前記複数の要素作業の各々に相当する期間が識別可能となるように、前記ロボットの状態を示す第1タイミングチャートを作成するタイミングチャート作成部と、前記状態情報算出部によって得られた状態情報に基づいて、ロボットの3次元モデルを仮想空間内で動作させて表示装置に表示するシミュレーション部と、前記第1タイミングチャートを前記表示装置に表示する表示制御部と、を備え、前記シミュレーション部は、前記第1タイミングチャートにおいてユーザによって指定された時刻である指定時刻における前記3次元モデルを表示する、ロボットシミュレータである。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、ロボットを利用した作業の改善を効率良く行うことを可能とするロボットシミュレータを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、実施形態のロボットシミュレータの全体構成について示す図である。

[図2]図2は、実施形態のロボットシミュレータに含まれる各装置のハードウェア構成を示す図である。

[図3]図3は、実施形態の一例に係る3次元CAD用ウィンドウを示す図である。

[図4]図4は、実施形態の一例に係る教示用ウィンドウを示す図である。

[図5]図5は、ジョブを概念的に説明するための図である。

[図6]図6は、タスクを概念的に説明するための図である。

[図7]図7は、実施形態の一例に係る教示用ウィンドウの遷移を示す図である。

[図8]図8は、タスクリストの一例を示す図である。

[図9]図9は、実施形態に係るロボットシミュレータによって表示されるタイミングチャートの一例を示す図である。

[図10]図10は、実施形態の一例に係るユーザインタフェースを示す図である。

[図11]図11は、実施形態に係るロボットシミュレータの機能ブロック図である。

[図12]図12は、実施形態に係るロボットシミュレータの処理を示すシーケンスチャートの例である。

[図13]図13は、実施形態に係るロボットシミュレータの処理を示すフローチャートの例である。

[図14]図14は、実施形態に係るロボットシミュレータの処理を示すシーケンスチャートの例である。

[図15]図15は、実施形態に係るロボットシミュレータによって表示されるタイミングチャートの一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明のロボットシミュレータの実施形態について説明する。

以下の説明において、「要素作業」とは、物体を「取る」や「置く」等、一連の作業の中でロボットが行う最小単位の作業を意味する。

「物品」とは、ロボットの作業の対象となる物体を意味し、ロボットが把持する物体（例えば、加工物品であるワーク）に限らず、ロボットの作業に関連する物体（例えば、ロボットが把持する物体を置く棚）をも含む。

ロボットの「基準点」は、後述するロボットのアプローチ点、目標点、デパーチャ点等のロボットの教示点の基準となるロボットの位置を意味し、例

例えばロボットの作用点（TCP：Tool Center Point）である。

[0010] （１）実施形態に係るロボットシミュレータの構成

以下、実施形態のロボットシミュレータ１の構成について、図１および図２を参照して説明する。図１は、実施形態のロボットシミュレータ１の全体構成について示す図である。図２は、本実施形態のロボットシミュレータ１に含まれる各装置のハードウェア構成を示す図である。

[0011] 図１に示すように、ロボットシミュレータ１は、情報処理装置２およびロボット制御装置３を備える。情報処理装置２とロボット制御装置３とは、例えばイーサネット（登録商標）ケーブルＥＣにより通信可能に接続される。

情報処理装置２は、工場のラインに設置されたロボットに対して動作を教示するための装置である。情報処理装置２は、ユーザによるオフラインティーチングを行うために設けられており、例えばロボットが設置される工場から離れた位置（例えば、ユーザの作業場所）に配置される。

[0012] ロボット制御装置３は、情報処理装置２から送信されるロボットプログラムを実行する。本実施形態ではロボット制御装置３はロボットと接続されないが、ロボットと接続された場合には、ロボットプログラムの実行結果に応じた制御信号をロボットに送り、ロボットを動作させることが可能である。そのため、好ましくは、ロボット制御装置３は、ロボットの実機の近傍に配置される。

[0013] 図２に示すように、情報処理装置２は、制御部２１と、ストレージ２２と、入力装置２３と、表示装置２４と、通信インタフェース部２５とを備える。

制御部２１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、および、ＲＡＭ（Random Access Memory）を含む。ＲＯＭには、３次元ＣＡＤアプリケーションプログラムと教示ソフトウェアが記憶されている。ＣＰＵは、ＲＯＭ上の３次元ＣＡＤアプリケーションソフトウェア（以下、適宜「ＣＡＤソフトウェア」という。）と教示ソフトウェアをＲＡＭに展開して実行する。教示ソフトウェアとＣＡＤソフトウェアは、ＡＰＩ（Ａ

pplication Program Interface) を介して協調して処理を実行する。

制御部 2 1 は、C A D ソフトウェアによる動画再生を行うために、フレーム単位で画像を連続的に表示する。

[0014] ストレージ 2 2 は、H D D (Hard Disk Drive) あるいは S S D (Solid State Drive) 等の大容量記憶装置であり、制御部 2 1 の C P U により逐次アクセス可能に構成されている。後述するように、ストレージ 2 2 には、タスクデータベース 2 2 1、階層型リストデータベース 2 2 2、3 次元モデルデータベース 2 2 3、および、実行ログデータベース 2 2 4 が格納される。

ストレージ 2 2 には、C A D ソフトウェアを実行するときに参照される 3 次元モデルのデータが格納される。本実施形態の例では、ストレージ 2 2 には、ロボットおよび物品（例えば、後述するペン、キャップ、製品、ペントレイ、キャップトレイ、製品トレイ）の 3 次元モデルのデータが格納される。

ストレージ 2 2 には、ロボット制御装置 3 から取得した実行ログデータが格納される。実行ログデータには、ロボットプログラムおよび後述する仮ロボットプログラムの実行結果と、後述するロボット状態データとが含まれる。

ロボット状態データは、後述するタイミングチャートの作成に使用される。ロボット状態データはまた、3 次元 C A D によってロボットの動作を仮想空間内で動画（アニメーション）により再現するために使用されてもよい。

[0015] 入力装置 2 3 は、ユーザによる操作入力を受け付けるためのデバイスであり、ポインティングデバイスを含む。

表示装置 2 4 は、教示ソフトウェアおよび C A D ソフトウェアの実行結果を表示するためのデバイスであり、表示駆動回路および表示パネルを含む。

通信インタフェース部 2 5 は、ロボット制御装置 3 との間でイーサネット通信を行うための通信回路を含む。

[0016] ロボット制御装置 3 は、制御部 3 1 と、ストレージ 3 2 と、通信インタフェース部 3 3 とを備える。

制御部 31 は、CPU、ROM、RAM、および、制御回路を含む。制御部 31 は、情報処理装置 2 から受信するロボットプログラムを実行し、実行ログデータを出力する。上述したように、実行ログデータには、ロボットプログラムおよび仮ロボットプログラムの実行結果と、ロボットプログラムに記述された作業を実行するロボットのロボット状態データとを含む。

ストレージ 32 は、ロボットのマニピュレータ（アーム 51、ハンド 52 を含むロボット本体）のモデルのデータを備えている。制御部 31 は、ロボットプログラムおよび仮ロボットプログラムの実行結果に基づいて、マニピュレータを構成する各部のジョブを実行中の時間の経過に応じた物理量（例えば、アーム 51 の関節角の角度変位、角速度、ハンド 52 の位置等）を演算する。かかる物理量のデータが上記ロボット状態データに含まれる。

[0017] ストレージ 32 は、HDDあるいはSSD等の大容量記憶装置であり、制御部 31 のCPUにより逐次アクセス可能に構成されている。ストレージ 32 には、ロボットのマニピュレータのモデルのデータの他に、ロボットプログラムおよび実行ログデータが格納される。

通信インタフェース部 33 は、情報処理装置 2 との間でイーサネット通信を行うための通信回路を含む。

[0018] （2）オフラインティーチング

ロボットのシミュレーションを実行する前に、ユーザは、情報処理装置 2 を使用して、ロボットに対するオフラインティーチングを行い、ロボットプログラムを作成する。ロボットプログラムを作成するに当たって、本実施形態の好ましい例では、CADソフトウェアと教示ソフトウェアを情報処理装置 2 に実行させる。

CADソフトウェアの実行結果はCAD用ウィンドウに表示され、教示ソフトウェアの実行結果は教示用ウィンドウに表示される。ユーザは、CAD用ウィンドウと教示用ウィンドウの両方を情報処理装置 2 に表示させ、あるいはCAD用ウィンドウと教示用ウィンドウを切り替えながら情報処理装置 2 に表示させ、ティーチングやCADによる動画再生に関連する操作を行う

。

[0019] 図3に、本実施形態の一例に係るCAD用ウィンドウW1を示す。図3には、テーブルTの上に、ロボットRと、ペントレイ11と、キャップトレイ12と、治具13と、製品トレイ14とが、仮想空間に配置された状態の画像（以下、適宜「CAD画像」という。）が表示されている。

図3に示す例では、ロボットRがペンにキャップを嵌めて製品（ペンにキャップが嵌められた状態の完成品）を組み立てる一連の作業を行うことが想定されている。ペントレイ11には複数のペンからなるペン群Pが配置され、キャップトレイ12には複数のキャップからなるキャップ群Cが配置されている。治具13は、ロボットRがペンを一時的に配置してキャップを嵌める作業を行うための部材である。製品トレイ14は、製品を置くための部材である。

[0020] 図3に示す例では、ペン群Pに含まれる各ペン、キャップ群Cに含まれる各キャップ、ペントレイ11、キャップトレイ12、治具13、製品トレイ14の各々は、ロボットRの作業対象である物品の例である。また、ペンにキャップが嵌められた製品も物品の例である。

[0021] （2-1）階層型リスト 図4に、本実施形態の一例に係る教示用ウィンドウW2を示す。教示用ウィンドウW2に表示されているのは、図3のCAD画像に含まれているロボットR、および、物品の階層関係を示す階層型リストである。

[0022] 教示ソフトウェアは、CADソフトウェアと連携して階層型リストを作成することができる。階層型リストとして木構造のデータフォーマットが教示ソフトウェアによって用意される。ユーザは、CAD用ウィンドウと教示用ウィンドウを表示させた状態で、CAD画像内のロボットRおよび物品をポインティングデバイスで選択した状態で上記木構造のデータフォーマットの所望のノードまでドラッグする操作を行う。この操作を、ロボットRの教示を行うのに必要となるすべての物品に対して順に行うことで、階層型リストを完成させることができる。階層型リストに表示される各ノードの名称は、

元となる３次元モデルの名称がそのまま適用されてもよいが、後で名称を変更できるようにしてもよい。

[0023] 以下の説明では、ＣＡＤ画像内のロボットＲ、物品を階層型リストのいずれかのノードに含めるようにすることを、ロボットＲ又は物品を「階層型リストに登録する」という。図３では、ロボットが１体である場合のＣＡＤ画像を例示しているが、ロボットが２体以上存在する場合には、当該２体以上のロボットを階層型リストに登録することができる。

[0024] 図４に示す階層型リストにおいて、ロボットＲ（Robot_R）のノードの下層には、ハンドに関連する３個のノードが設けられている。ハンドに対して複数のノードを設けているのは、ハンドに想定される作業状態を考慮するためである。すなわち、ノード６１～６３は、以下の内容を意味する。

[0025] ・ノード６１（Pen）…ペンを把持した状態のハンド
・ノード６２（Cap）…キャップを把持した状態のハンド
・ノード６３（Pen_with_Cap）…キャップが嵌められたペンを把持した状態のハンド

[0026] ノード６１～６３のいずれかを対象として右クリック操作を行い、「ハンドシーケンス操作」を選択すると、アクチュエーション方式（シングルソレノイド、又はダブルソレノイド等）、センサ種類などのハンドシーケンスに関連する設定を行うことができる。

ハンドシーケンスは、ロボットＲのハンド５２が把持する物品に依存するため、ハンド５２が把持する物品ごとに設定される。ハンドシーケンスが設定されていない場合に後述するタスクを作成した場合には、タスクに基づくプログラムを実行できないため、表示装置２４に警告表示を出力してもよい。

[0027] 物品の構成要素には、治具（JIG）、ペントレイ（PenTray）、キャップトレイ（CapTray）、製品トレイ（ProductTray）、ペン（Pen1, Pen2, …, Pen12）、キャップ（Cap1, Cap2, …, Cap12）、および、製品（PenProduct1, PenProduct2, …, PenProduct12）が含まれる。

治具（JIG）のノードの下位には、治具を対象とした作業に対応して、例えば、以下のノードが設けられる。

- [0028] ・ノード64（PenProduct）…製品（PenProduct）を保持した状態の治具
 ・ノード65（PenJ）…ペン（Pen）を保持した状態の治具
 ・ノード66（CapJ）…キャップ（Cap）を保持した状態の治具

[0029] ペントレイ（PenTray）のノードの下位には、ペンPen1, Pen2, …, Pen12に対応する各ノードが設けられる。キャップトレイ（CapTray）のノードの下位には、キャップCap1, Cap2, …, Cap12に対応する各ノードが設けられる。製品トレイ（ProductTray）のノードの下位には、製品PenProduct1, PenProduct2, …, PenProduct12に対応する各ノードが設けられる。

[0030] 階層型リストの中のロボットR（図4のRobot_R）、および物品（治具（JIG）、ペントレイ（PenTray）、キャップトレイ（CapTray）、製品トレイ（ProductTray）、ペンPen1, Pen2, …, Pen12、キャップCap1, Cap2, …, Cap12、および、製品PenProduct1, PenProduct2, …, PenProduct12）の各ノードは、各々に対応する3次元モデルのデータと関連付けられた状態となっている。そのため、階層型リストを作成後に階層型リスト内のロボットRおよび物品の3次元モデルに変更があった場合であっても、階層型リストに再度登録する必要はない。

[0031] （2-2）ジョブおよびタスクについて

次に、ジョブおよびタスクについて、図5および図6を参照して説明する。

図5は、ジョブを概念的に説明するための図である。図6は、タスクを概念的に説明するための図である。

[0032] ジョブとは、ロボットRが行う一連の作業である。タスクとは、一連の作業の中でロボットRが行う最小単位の作業である要素作業に関する情報である。従って、図5に示すように、ジョブ（JOB）に相当する期間には、複数のタスク $T_1, T_2, \dots, T_{n-1}, T_n$ に対応する複数の要素作業の期間と、ロボットRの要素作業間の移動（つまり、「タスク間移動」）とが含まれる。図

5に示すように、本実施形態では、ロボットRが行うジョブに対して複数のタスクが定義される。

[0033] 各タスクには、複数のモーション（「ロボットRの動き」を意味する。） $M_1 \sim M_n$ が含まれる。タスクには、モーションの他、ハンドシーケンス（HS）が含まれてもよい。ハンドシーケンスは、ロボットRのハンド52による物品の把持についての一連の処理である。隣接するモーションの間には、後述するインターロック等による待機時間WTが設定される場合がある。

[0034] 図6において、矢印付きの線は、ロボットRのハンド52の軌跡を概念的に示している。当該軌跡は、要素作業の目標点TPに到達する前の通過点であるアプローチ点AP1、AP2と、目標点TPと、目標点TPに到達した後の通過点であるデパーチャ点DP1、DP2とを含む。目標点TPは、要素作業の対象である物品の位置を示している。

[0035] 図6に示す例では、アプローチ点AP1に到達する前のロボットRの動作が、要素作業間の移動（つまり、前の要素作業と図6に示す要素作業との間の移動）に相当する。デパーチャ点DP2から後のロボットRの動作が、要素作業間の移動（つまり、図6に示す要素作業と次の要素作業との間の移動）に相当する。アプローチ点AP1からデパーチャ点DP2までのロボットRの動作が1つの要素作業および1つのタスクに対応し、当該要素作業内において隣接する点間のロボットRの動きが1つのモーションに相当する。

すなわち、タスクは、要素作業に関する情報のほか、目標点TP、アプローチ点AP、およびデパーチャ点DPのうち少なくともいずれかの点に関する情報を含んでもよい。

[0036] 図6では、アプローチ点AP1、AP2においてインターロックが設定されている場合が例示されている。インターロックは、他のロボット等との干渉を回避するために、所定の信号が入力されるまで、目標点TP、アプローチ点AP、およびデパーチャ点DPの少なくともいずれかの点においてロボットRの動作を待機させる処理である。

タスクには、インターロックを設定する点と、インターロックによる待機

時間のタイムアウト値とを含むインターロック設定に関する情報を含んでもよい。

[0037] (2-3) タスクの作成

次に、階層型リストを用いたタスクの作成方法について、図4および図7を参照して説明する。図7は、本実施形態の一例に係る教示用ウィンドウの遷移を示す図である。

図4に示す階層型リストにおいてタスクを作成するには、まず、ロボット領域RAに含まれるロボットR (Robot_R) のハンド (Hand) のノード61～63のうちいずれかのノードを、ユーザがポインティングデバイスで選択して右クリック操作を行い、「タスク作成」を選択する。すなわち、ノードの選択は、ユーザの操作入力に基づいて、タスクに対応する要素作業におけるロボットRのハンドの把持対象から選択される。

[0038] 「タスク作成」が選択されると、図7のタスク作成のための教示用ウィンドウW3が表示される。教示用ウィンドウW3はタスクの詳細設定を行うための画面であり、タスク名称 (Name) と、要素作業の種別 (Function)、要素作業の目標物 (Target) の各項目が表示される。ここで、階層型リストの物品領域PAの中からいずれかの物品に対応するノードをポインティングデバイスで左クリックすることで、教示用ウィンドウW3の目標物 (Target) の項目に、左クリックにより選択された物品が入力される。要素作業の種別 (Function) の欄には、予め設定された複数の種類の要素作業 (例えば、取る (Pick up)、置く (Place) 等) の候補からなるプルダウンメニューの中からいずれかの要素作業を選択できるように構成されている。

[0039] 次に、階層型リストの物品領域PAの中から作業対象となる物品をポインティングデバイスで選択して左クリック操作を行うことにより、教示用ウィンドウW3の目標物 (Target) の項目に、選択された物品が入力される。

要素作業の種別 (Function) と目標物 (Target) の各項目についてデータが入力されると、当該データに基づいて、タスクの名称 (Name) が自動的に決定されて表示される。

[0040] 例えば、ロボットRのハンドが何も把持していない状態において、「ペントレイからペンPen1を取る」という要素作業に対応するタスクを作成するには、ロボット領域RA内のノード61を、ユーザはポインティングデバイスで右クリックしてから「タスク作成」を選択する。次いで、階層型リストの物品領域PAの中からペントレイ（PenTray）に対応するノード67を対象としてポインティングデバイスで左クリック操作を行うことで教示用ウィンドウW3の目標物（Target）の項目に、ペントレイ（PenTray）が入力される。要素作業の種別（Function）の欄では、複数の種類の要素作業の候補の中から「取る（Pick up）」を選択する。そして、階層型リストの物品領域PAの中から作業対象となるペンPen1に対応するノード68を対象としてポインティングデバイスで左クリック操作を行うことで、図7に示す教示用ウィンドウW3が表示される。

[0041] 以上の操作の結果、「ペントレイからペンPen1を取る」という要素作業に関する情報として、“Pickup_Pen1_From_PenTray”という名称のタスクが作成される。

本実施形態では、要素作業の物品（ここでは「ペンPen1」）と、要素作業の始点（例えば「ペントレイ」）若しくは終点とを階層型リスト上で指定することで、ユーザは直感的にタスクを作成することができる。また、タスクの名称は、要素作業の作業内容（例えば「Pickup」）と、作業対象（例えば「ペンPen1」）と、要素作業の始点となる物品（例えば「ペントレイ」）、又は終点となる物品とを含むように自動的に作成されるため、タスクの名称からタスクの内容が直ちに分かるようになっている。

[0042] タスクを作成した場合、タスクに含まれるアプローチ点AP、目標点TP、および、デパーチャ点DPについての情報が自動的に作成されてもよい。あるいは、ユーザが教示用ウィンドウW3のボタンb1（「詳細設定」）を操作し、1又は複数のアプローチ点及び／又はデパーチャ点を設定してもよい。自動的にアプローチ点AP、目標点TP、および、デパーチャ点DPを作成する場合、物品の重心を目標点TPとして設定し、物品の重心を基準と

した物品のローカル座標系において所定の軸上（例えばZ軸上）にアプローチ点A Pおよびデパーチャ点D Pを設定してもよい。

- [0043] 図7を参照すると、教示用ウィンドウW3のボタンb1（「詳細設定」）を操作することで、ユーザは、「アプローチ点、デパーチャ点設定」のほか、「モーションパラメータ設定」および「インターロック設定」のいずれかを選択することができる。

モーションパラメータとは、タスクに含まれる隣接するアプローチ点A P間、アプローチ点A Pから目標点T Pまでの間、および、目標点T Pからデパーチャ点D Pまでの間のロボットRのハンド52等の動きに関するパラメータである。例えば、かかるパラメータとして、移動速度、加速度、加速時間、減速時間、ロボットRの姿勢等が挙げられる。「モーションパラメータ設定」を選択することで、上記モーションパラメータをデフォルト値から変更することができる。

「インターロック設定」を選択することで、インターロックの待機時間のタイムアウト値と、待機時間がタイムアウト値を超えてエラーと判断したときの動作の設定とを、デフォルト値から変更することができる。

- [0044] 図7の教示用ウィンドウW3には、ボタンb2（「作成」）が設けられている。ボタンb2（「作成」）が操作されることで、教示用ウィンドウW3によって設定されたタスクが後述するタスクリストに登録される。

- [0045] （2-4）タスクに基づくプログラム（プログラムモジュールの例）の作成

例えば、図6に示すタスクに対応する要素作業を実行するためのプログラムは、以下の複数の関数からなり、各関数は、ロボットRに対応するモーションを実行させるためのプログラム（プログラムモジュール）によって記述されている。

なお、以下のmove(AP1)は、要素作業間の移動として別に定義されてもよい。

- [0046] ・move(AP1) …アプローチ点A P 1 までの移動

- ・ interlock(IL1)…アプローチ点 A P 1 でインターロック (I L 1) による待機

- ・ move(AP2)…アプローチ点 A P 2 までの移動

- ・ interlock(IL2)…アプローチ点 A P 2 でインターロック (I L 2) による待機

- ・ move(TP)…目標点 T P までの移動

- ・ handSequence()…ハンドシーケンス処理

- ・ move(DP1)…デパーチャ点 D P 1 までの移動

- ・ move(DP2)…デパーチャ点 D P 2 までの移動

なお、interlock(IL1)およびinterlock(IL2)の関数において、タスクごとの動作確認を行う場合、プログラムは作成されるが、インターロックによる待機時間のタイムアウト値が無効となっている。

[0047] (2-5) タスクリスト

タスクリストとは、ロボットRが行うジョブに含まれる複数の要素作業の各々に対応する複数のタスクの一覧の情報である。特定のジョブを対象として教示用ウィンドウW3によって作成されたタスクは、順次、当該ジョブに対応するタスクリストに登録されていく。タスクリストに含まれる複数のタスクの順序は、当該複数のタスクにそれぞれ対応する複数の要素作業の実行順序を示していることが、ジョブを管理する上で好ましい。

[0048] 図8の教示用ウィンドウW4は、「ペンにキャップを嵌めて製品を組み立てる」という一連の作業であるジョブ（「Pen Assembly」）に対応するタスクリストの一例を表示する。このタスクリストの一例は、以下の(i)～(vi)の6個の要素作業に対応するタスクを含む。この場合、タスク作成のための教示用ウィンドウW3によって、括弧内に表された名称のタスクが作成された場合を示している。

- (i) ペントレイからペンを取る (Pickup_Pen1_From_PenTray)

- (ii) 取ったペンを治具にセットする (Place_to_PenJ_in_PenProduct)

- (iii) キャップトレイからキャップを取る (Pickup_Cap1_From_CapTray)

- (iv) 治具上のペンにキャップを嵌める (Place_to_CapJ_in_PenJ)
- (v) キャップが嵌められたペンを取る (Pickup_PenProduct_From_JIG)
- (vi) キャップが嵌められたペンを製品トレイに置く (Place_to_PenProduct1_in_ProductTray)

[0049] ユーザは、タスクリストにおいて、いずれかのタスクをポインティングデバイスで選択した状態でドラッグ操作を行うことで、選択されたタスクをタスクリスト中の任意の順序に設定することができる。

[0050] 図8に示すように、タスクリストのいずれかのタスクをポインティングデバイスで選択した状態で右クリックを行うと、「タスク編集」、「タスク追加」、「タスク削除」のいずれかの処理を選択できる。ここで、「タスク編集」が選択された場合には、選択されているタスクの教示用ウィンドウW3に戻って、当該タスクについての情報を変更することができる。「タスク追加」が選択された場合には、選択されているタスクのすぐ後の順序に、作成済みのタスクを読み込んで挿入するか、あるいは、教示用ウィンドウW3に戻ってタスクを作成して挿入することができる。「タスク削除」が選択された場合には、選択されているタスクをタスクリストから削除することができる。

[0051] 図8において、教示用ウィンドウW4内の任意の位置を対象として右クリック操作を行い、「プログラム出力」が選択された場合、ジョブに対応したロボットプログラムを出力する。

[0052] (2-6) ジョブのシミュレーション

図8の教示用ウィンドウW4においてボタンb3が操作された場合、タスクリストに対応するロボットRのジョブのシミュレーションが実行される。

ジョブのシミュレーションを実行するに当たっては、まず、当該ジョブに対応するロボットプログラムが作成される。ロボットプログラムは、1または複数のプログラムモジュールを含み、各プログラムモジュール1つのタスクに対応している。

各タスクに基づくプログラムモジュールは、前述したように、ロボットR

に対応する複数のモーションを実行させるためのプログラムが記述された関数の集合体として表される。なお、連続するタスクに対応する要素作業の間のロボットRの移動についてのモーションパラメータ（移動速度、加速度、加速時間、減速時間等）は、デフォルト値として予め定められていてもよいし、ユーザが設定できるようにしてもよい。

各タスクに基づくプログラムモジュールを組み合わせるに当たっては、入力信号あるいは条件によって実行するプログラムを切り替えるような分岐処理や、特定のプログラムを繰り返す処理等が組み込まれてもよい。

[0053] 本実施形態では、情報処理装置2においてロボットプログラムが作成され、ロボット制御装置3において当該ロボットプログラムが実行される。

本実施形態では、ロボット制御装置3にロボットの実機が接続されていないため、ロボット制御装置3の制御部31は、ストレージ32に記録されているロボットRのマニピュレータのモデルのデータに基づいて、マニピュレータを構成する各部の時間の経過に応じた物理量（例えば、アーム51の関節角の角度変位、角速度等）を、ロボット状態データとして演算する。

[0054] ジョブの実行結果とロボット状態データを含む実行ログデータは、ロボット制御装置3から情報処理装置2へ送信される。情報処理装置2は、ロボット状態データに基づいて、タイミングチャートを作成して表示する。

[0055] 図9に、情報処理装置2の表示装置24において表示されるタイミングチャートの一例を示す。

図9に例示するタイミングチャートは、図8の教示用ウィンドウW4において例示したジョブ（「Pen Assembly」）の中の「ペントレイからペンを取る（Pickup_Pen1_From_PenTray）」という名称のタスクに対応するタイミングチャートを示している。

図9のタイミングチャートは、グラフを表示する部分であるA部と、タスクの実行状況について表示する部分であるB部と、を含み、最上部には、ジョブの開始時刻からの時間が表示されている。図9に示す例では、カーソルCU1が設けられている。ポインティングデバイスによってカーソルCU1

を左右に移動させることができる。カーソルC U 1は、ジョブの開始時刻からの時間を示している。

[0056] 図9のA部には、ロボットRの以下のロボット状態データの参照時間（例えば1ms）ごとの変化をプロットした波形（グラフ）が表示される。なお、ロボットRの位置とは、例えば、マニピュレータの先端フランジの位置である。

- ・ロボットRのX座標（ワールド座標系）の位置の指令値（“posX”）
- ・ロボットRのY座標（ワールド座標系）の位置の指令値（“posY”）
- ・ロボットRのZ座標（ワールド座標系）の位置の指令値（“posZ”）
- ・アーム51の関節角の角速度の指令値（“Angular Velocity”）

[0057] なお、図9のA部に表示されているグラフは、複数の種別のロボット状態データの一部の種別のデータに過ぎない。ユーザは、複数の種別のロボット状態データの中から、表示させるロボット状態データの種別を選択できる。

[0058] 図9のB部では、タスク名称（“Task Function”）とモーション状態（“Motion status”）が表示される。タスク名称（“Task Function”）は、上述したように“Pickup_Pen1_From_PenTray”であり、図9からジョブに含まれる当該タスクの期間（開始時刻および終了時刻）がわかる。

モーション状態（“Motion status”）はタスクに含まれるモーションに対応している。すなわち、モーション状態（“Motion status”）では、以下の3種類のモーション（ここでは、ハンドシーケンスも含む。）の期間（開始時刻および終了時刻）がわかる。各モーションの開始時刻および終了時刻は、各モーションに対応する関数の実行開始時刻および実行終了時刻と一致する。各タスクの開始時刻は、各タスクに含まれる複数のモーションのうち最初のモーションの開始時刻と一致し、各タスクの終了時刻は、各タスクに含まれる複数のモーションのうち最後のモーションの終了時刻と一致する。

[0059] ・Move(PTP)…円弧移動。主に、アプローチ点AP間の移動、および、デパーチャ点DP間の移動のうちのいずれかの移動に用いられる。

- ・Move(Line)…直線移動。主に、アプローチ点APから目標点TPまでの

移動、および、目標点TPからデパーチャ点DPまでの移動のうちのいずれかの移動に用いられる。

・ HandSequence()…ハンドシーケンス処理

[0060] ロボットRのロボット状態データを算出するときにエラーが発生した場合には、図8の教示用ウィンドウW4のステータス (Status) の欄に、エラー原因を表示してもよい。エラー原因としては、例えば、速度超過、目標点不到達、特異点到達等が挙げられる。

[0061] 好ましくは、本実施形態では、情報処理装置2は、ロボット状態データに基づいて、ロボットRおよび物品の3次元モデルを仮想空間内で動作させ、シミュレーション出力として、タスクに対応するロボットRの動きの動画 (アニメーション) の表示を行う。それによって、ユーザは、ジョブのシミュレーションの結果をCAD用ウィンドウで確認することができる。

[0062] (3) ロボットシミュレータ1におけるユーザインタフェース

図10に示すユーザインタフェースUIは、情報処理装置2に表示され、ユーザによる操作を受け入れるように設けられている。ユーザインタフェースUIを使用することによって、ユーザが、表示されているタイミングチャート (図9に例示) 上の所望の時刻を指定することで、ユーザインタフェースUIには、指定した時刻に対応するタスクがタスク表示部81に表示され、ロボット位置 (ロボットの基準点) の座標 (ワールド座標系の位置) が座標表示部82に表示される。ロボットの現在位置とは、例えば、マニピュレータの先端フランジの現在位置である。図示しないが、タイミングチャート上で指定された時刻のCAD画像が表示装置24に表示される。

[0063] ユーザインタフェースUIは、ユーザによって指定された時刻である指定時刻の要素作業 (第1要素作業の例) 内におけるロボットRの動作を変更する指示 (第1指示)、または、当該要素作業を削除する指示 (第2指示) を受け付ける操作対象を有する。具体的には、以下のとおりである。

[0064] ・ スイッチ88を切り替えることで、ユーザは、指定時刻のタスクまたは指定時刻のいずれを変更するか切り替えることができる (つまり、タスク選

択メニュー８９または座標選択メニュー９０のいずれかを選択することができる）。

- [0065] ・タスク選択メニュー８９には、タスク表示部８１に表示されたタスクを変更するときの候補となるタスク（以下、「変更候補タスク」という。）が選択肢として複数含まれており、複数の変更候補タスクの中からいずれか１つをユーザが選択することができる。タスク選択メニュー８９において変更候補タスクを選択することは、ロボットＲの動作を変更する第１指示の一例である。

なお、タスク選択メニュー８９をユーザが操作していずれかの変更候補タスクを選択しただけでは、対応するタスクを変更して保存したことにはならない。

- [0066] ・座標選択メニュー９０には、座標表示部８２に表示された座標を変更するときの候補となる座標（以下、「変更候補座標」という。）が選択肢として複数含まれており、複数の変更候補座標の中からいずれか１つをユーザが選択することができる。座標選択メニュー９０において変更候補座標を選択することは、ロボットＲの動作を変更する第１指示の一例である。

なお、座標選択メニュー９０をユーザが操作していずれかの変更候補座標を選択しただけでは、対応する座標を変更して保存したことにはならない。

- [0067] ・再生ボタン８３をユーザが操作することで、タスク表示部８１に表示されているタスクにおいて、座標表示部８２に表示されている時刻からの動画を再生することができる。

・再生ボタン８４をユーザが操作することで、タスク表示部８１に表示されているタスクにおいて、座標表示部８２に表示されている時刻から動画を逆再生することができる

・再生ボタン８５をユーザが操作する度に、タスク表示部８１に表示されているタスクの最初、またはそれよりも前の所望のタスクに順次戻すことができる。その後、再生ボタン８３を操作することによって、その時点のタスクに対応する動画を最初から再生することができる。

・削除ボタン 87 をユーザが操作することで、指定時刻に対応するタスク、または、再生ボタン 85 の操作に応じて選択されたタスクを削除することができる。

[0068] ・例えば、タスクをいずれかの変更候補タスクに仮に変更し、または、座標をいずれかの変更候補座標に仮に変更した後にユーザが評価ボタン 91 を操作することによって、変更後のロボットプログラム（以下、「仮ロボットプログラム」という。）を実行し、変更後のタイミングチャートを作成することができる。

・変更後のタイミングチャートをユーザが分析した結果、ユーザがタスクまたは座標を変更することを決定した場合、ユーザが保存ボタン 92 を操作することによって、現在設定されているタスクまたは座標を仮変更したものに變更して保存することができる。保存ボタン 92 は、ロボットの動作が変更された要素作業に対応する情報を保存するための操作対象の一例である。

[0069] ユーザインタフェース UI を使用することによってユーザは、ロボットを利用した作業の改善を効率良く行うことができる。例えば、ある時点でのロボットプログラムを実行することによって得られるタイミングチャートを見てロボットの動作（例えばタクトタイム）を改善しようとする場合、タイミングチャート上で改善の余地がある時刻を指定した後、タスク選択メニュー 89 または座標選択メニュー 90 における選択操作で、指定時刻のタスク、または指定時刻におけるロボットの位置を仮に変更することができる。

評価ボタン 91 が操作された場合、仮に変更したタスクまたは仮に変更したロボットの位置に基づく仮ロボットプログラムが実行され、変更後のタイミングチャート（第 2 タイミングチャートの一例）が表示される。それによってユーザは、変更したタスクまたは変更したロボットの位置によってロボットの動作が改善されたかどうか確認することができる。このとき、仮ロボットプログラムの実行によって生成されたロボット状態データに基づき、ロボットの動作を CAD において動画再生してもよい。

変更によってロボットの動作が改善された場合、保存ボタン 92 を操作す

ることによって、仮に変更したタスクまたは仮に変更したロボットの位置が、現在設定されているタスクまたはロボットの位置が実際に（仮ではなく）変更された状態で保存される。

よって、ユーザインタフェースUIを使用することによって、ユーザが、ロボットの動作情報の出力（つまり、タイミングチャートの出力）、当該出力を基にした改善点のタイミングチャート上での特定、そしてタスク等の変更による改善の検証、といった一連の作業を行うことを効率化できる。

[0070] 変更によってロボットの動作が改善されない場合であっても、仮に変更したタスクや座標を実行履歴データとして保存してもよい。その場合、当該実行履歴データは、タスク選択メニュー89および座標選択メニュー90の選択肢に含められるようにしてもよい。それによって、過去に試したことがあるタスクやロボット位置を、簡単に呼び出してロボットを再度動作させてみることができる。

[0071] （４）ロボットシミュレータ1の機能

次に、本実施形態のロボットシミュレータ1の機能について、図11を参照して説明する。図11は、実施形態に係るロボットシミュレータ1の機能ブロック図である。

図11に示すように、ロボットシミュレータ1は、表示制御部101、タスク作成部102、プログラム作成部103、プログラム実行部104、状態情報算出部105、タイミングチャート作成部106、シミュレーション部107、および、インターロック設定部108を備える。

ロボットシミュレータ1はさらに、タスクデータベース221、階層型リストデータベース222、3次元モデルデータベース223、および、実行ログデータベース224を備える。

[0072] 表示制御部101は、教示ソフトウェアおよびCADソフトウェアの実行結果を表示装置24に表示させる制御を行う。表示制御部101の機能を実現するために、情報処理装置2の制御部21は、教示ソフトウェアおよびCADソフトウェアの出力を含む画像データを生成し、バッファリングし、表

示装置 24 へ送信する。表示装置 24 は、表示駆動回路を駆動して画像を表示パネルに表示する。

[0073] タスク作成部 102 は、ユーザの操作入力に基づいて、物品に対するロボットの要素作業に関する情報であるタスクを作成する機能を備える。

タスク作成部 102 の機能を実現するために、情報処理装置 2 の制御部 21 は、入力装置 23 からユーザの操作入力を受け付けると、当該操作入力に基づき、図 7 の要素作業の種別 (Function) および要素作業の目標物 (Target) の情報を含むファイルとしてタスクを作成し、ストレージ 22 に記録する。制御部 21 は、要素作業の種別 (Function) および要素作業の目標物 (Target) に基づいて、所定の規則に従ってタスク名称を決定する。ストレージ 22 は、タスク作成部 102 によって作成されたタスクを含むタスクデータベース 221 を記憶する。

情報処理装置 2 の制御部 21 は、ロボットが行うジョブに含まれる複数の要素作業に対応するタスクを順に作成し、それによって、当該ジョブに関連付けられた複数のタスクがタスクリストとして作成される。タスクデータベース 221 では、各タスクが特定のジョブに関連付けられた状態で記録されている。

表示制御部 101 は、ストレージ 22 のタスクデータベース 221 を参照して、複数のタスクの一覧であるタスクリストを表示装置 24 に表示する。タスクリストが表示されることで、ロボットのティーチングを行うときに、ロボットが行うジョブを分かり易く管理することができる。本実施形態では、表示されるタスクリストの各タスクの名称が、ロボットの要素作業の作業内容が認識できるように構成されているため、一連の作業内容がユーザに直感的に理解しやすいものとなっている。

[0074] 表示制御部 101 は、後述するタイミングチャート作成部 106 によって作成されるタイミングチャートを表示装置 24 に表示する機能を備える。

ここで、表示制御部 101 は、後述する状態情報算出部 105 により得られたロボット状態データに基づいて、時間軸においてタスクの要素作業に相

当する期間が識別可能となるように、ロボットの状態を示すタイミングチャートを表示装置 24 に表示する。

- [0075] プログラム作成部 103 は、タスク作成部 102 によって作成されたタスクに基づいて、当該タスクに対応する要素作業をロボット 5 に実行させるためのプログラムを作成する機能を備える。

プログラム作成部 103 の機能を実現するために、情報処理装置 2 の制御部 21 は、タスクに含まれる要素作業の種別、要素作業の目標物、アプローチ点、デパーチャ点、モーションパラメータ、およびインターロックの設定を基に、タスクに対応する要素作業をロボットに実行させるためのプログラムが記述された関数を作成する。例えば、プログラム作成部 103 は、タスクに含まれる情報を参照し、ストレージ 22 に保存された要素作業の種別に応じた所定のプログラムのフォーマットにおける座標位置等を書き換えることで、自動的にプログラムを作成する。

- [0076] プログラム実行部 104 は、順に行われる複数の要素作業に対するロボットの動作を記述したロボットプログラムを実行する機能を備える。

プログラム実行部 104 の機能を実現するために、情報処理装置 2 の制御部 21 は、通信インタフェース部 25 を介して少なくとも 1 つのタスクに基づいて作成したロボットプログラムを、ロボット制御装置 3 へ送信する。

前述したように、1 つのジョブには、タスクによって記述される複数の要素作業と要素作業間の移動とが含まれる。1 つのタスクには、複数のモーションと必要に応じてハンドシーケンスとが含まれ、タスクに対応する要素作業を実行するためのプログラムは、複数の関数によって定義される。ロボットの要素作業間の移動は、予め決められたデフォルトのモーションパラメータを含むプログラムによって記述された関数で定義される。

- [0077] 本実施形態では、図 10 に示したユーザインタフェース UI の操作に応じて、タスクまたはロボットの座標を仮変更した仮ロボットプログラムが作成される。その場合も、仮ロボットプログラムがロボット制御装置 3 に送信される。

ロボット制御装置3の制御部31は、ロボットプログラムまたは仮ロボットプログラムを受信すると、各モーションおよびハンドシーケンスに対応する複数の関数を順に実行することで、1つのジョブに対するロボットプログラムまたは仮ロボットプログラムを実行する。

[0078] 状態情報算出部105は、プログラム実行部104による実行結果に基づいて、時間の経過に応じたロボットの状態を示す情報であるロボット状態データ（状態情報の例）を演算する機能を備える。

タイミングチャート作成部106は、状態情報算出部105により得られたロボット状態データに基づいて、時間軸において複数の要素作業の各々に相当する期間が識別可能となるように、ロボットRの状態を示すタイミングチャートを作成する機能を備える。

タイミングチャート作成部106によって作成されるタイミングチャートは、ロボットプログラムの実行に基づくタイミングチャート（第1タイミングチャートの例）と、仮ロボットプログラムに基づくタイミングチャート（第2タイミングチャートの例）とである。

[0079] 状態情報算出部105およびタイミングチャート作成部106の機能は、以下のようにして実現される。ロボット制御装置3の制御部31は、上述したように、各タスクに基づいて作成されたプログラムを順に実行するようにして、情報処理装置2から受信したロボットプログラムまたは仮ロボットプログラムを実行する。そして、制御部31は、ロボットプログラムまたは仮ロボットプログラムの実行結果として、ジョブ全体におけるロボット状態データを演算して順次、ストレージ32に記録する。

ロボット状態データは、マニピュレータのモデルを基に演算された時間の経過に応じたロボットの状態を示す物理量（例えば、アームの関節角、アームの速度や加速度、ハンドの位置等）のデータである。

ジョブ全体のロボットプログラムまたは仮ロボットプログラムの実行が終了すると、制御部31は、ストレージ32から、ジョブの進行の時間軸に沿った所定の参照時間（例えば1ms）ごとのロボット状態データを読み出す

。制御部 31 は、読み出したロボット状態データと、ロボットプログラムの実行結果とを含む実行ログデータを、通信インタフェース部 33 を介して情報処理装置 2 へ送信する。

情報処理装置 2 の制御部 21 は、ロボット制御装置 3 からロボット状態データを含む実行ログデータを取得すると、実行ログデータを実行ログデータベース 224 に記録する。

制御部 21 は、取得した参照時間ごとのロボット状態データに基づいてタイミングチャートを作成する。作成されるタイミングチャートは、ロボットの一連の作業について特定の要素作業に相当する期間を識別可能となるように構成される。

[0080] ストレージ 22 は、仮想空間におけるロボットの 3 次元モデルと、物品の 3 次元モデルの情報と、を含む 3 次元モデルデータベース 223 を記憶する。

シミュレーション部 107 は、状態情報算出部 105 によって得られたロボット状態データに基づいて、3 次元モデルを仮想空間内で動作させて表示装置 24 に表示する機能を備える。

シミュレーション部 107 の機能を実現するため、情報処理装置 2 の制御部 21 は、実行ログデータベース 224 に記録した実行ログデータを読み出し、当該実行ログデータに含まれるロボット状態データを基に仮想空間上でロボットおよび物品の 3 次元モデルを動作させて表示装置 24 に表示する。これによって、ユーザは、各タスクのロボットの動作を視覚的に確認することができるため、各タスクの設定値（例えば、アプローチ点、デパーチャ点、モーションパラメータ等）や物品の配置（例えば、図 3 のキャップトレイ 12 の配置等）を再検討することが容易となる。

[0081] シミュレーション部 107 は、状態情報算出部 105 によって得られた状態情報に基づいて、ロボット R の 3 次元モデルを仮想空間内で動作させて表示装置 24 に表示する機能を備える。

シミュレーション部 107 は、タイミングチャート作成部 106 によって

作成されて表示されるタイミングチャートにおいてユーザによって指定された時刻である指定時刻における３次元モデルを表示する機能を備える。

実行ログデータベース２２４に記録した実行ログデータに含まれるロボット状態データに基づき、所定の参照時間ごとのロボットの状態を示す物理量のデータがわかる。そのため、情報処理装置２の制御部２１は、ロボット状態データを参照することで、ロボットＲの３次元モデルを仮想空間内で動作させるとともに、指定時刻におけるロボットの３次元モデルの画像を表示させることができる。

[0082] インターロック設定部１０８は、ユーザの操作入力に基づき、タスクに設定された目標点、アプローチ点およびデパーチャ点の少なくともいずれかの点においてロボットの動作を待機させる待機時間のタイムアウト値を設定する機能を備える。

インターロック設定部１０８の機能を実現するために、情報処理装置２の制御部２１は、入力装置２３が受け付けたユーザの操作入力（例えば、図７の教示用ウィンドウＷ３における操作入力）に基づいてストレージ２２にアクセスし、タスクデータベース２２１に含まれるタスクに含まれる特定のアプローチ点又はデパーチャ点に設定されたインターロックの待機時間のタイムアウト値を書き換える。

インターロック設定部１０８により、ロボットのオフラインティーチングを行うときに、インターロックによる待機時間のタイムアウト値を要素作業ごとにユーザが容易に設定することができる。

[0083] （５）ジョブのシミュレーションの実行処理

次に、図１２を参照して、ロボットシミュレータ１によるジョブのシミュレーションの実行処理についてシーケンスチャートを参照して説明する。図１２は、本実施形態に係るロボットシミュレータのジョブの実行処理を示すシーケンスチャートの例である。

[0084] 図８の教示用ウィンドウＷ４においてユーザによるボタンｂ３に対する操作入力（シミュレーションの実行指示）を受け付けると（ステップＳ１０：

YES)、プログラム作成部103は、ジョブをロボットRに実行するためのロボットプログラムを作成する(ステップS12)。このロボットプログラムには、ジョブに対応するタスクリストの各タスクに対応する要素作業をロボットRに実行させるためのプログラムが記述された複数の関数が含まれる。

[0085] 作成されたロボットプログラムは、情報処理装置2からロボット制御装置3へ送信されて(ステップS14)、ロボット制御装置3において実行される。すなわち、プログラム実行部104は、タスク単位でロボットプログラムを実行する(ステップS16)。状態情報算出部105は、プログラム実行部104による実行結果に基づいて、時間の経過に応じたロボットRの状態を示す情報であるロボット状態データを演算し、ロボット状態データを含む実行ログデータをストレージ32に記録する(ステップS18)。ステップS16、S18の処理は、タスクリストに含まれるすべてのタスクが終了するまで行われる。

すべてのタスクについての処理が終了すると(ステップS20: YES)、ロボット制御装置3は、実行ログデータを情報処理装置2に送信する(ステップS22)。実行ログデータには、ジョブの進行の時間軸に沿った所定の参照時間(例えば1ms)ごとのロボット状態データと、ロボットプログラムの実行結果とが含まれる。情報処理装置2は、受信した実行ログデータを実行ログデータベース224に記録する。

次いで、表示制御部101は、ステップS22で受信した実行ログデータに含まれるロボット状態データ(つまり、状態情報算出部105によって得られたロボット状態データ)に基づいて所定のフォーマットとしたタイミングチャートを表示装置24に表示する(ステップS24)。シミュレーション部107は、ロボット状態データに基づいて3次元モデルを仮想空間内で動作させて表示装置24に表示する(ステップS26)。

[0086] 以上説明したように、本実施形態のロボットシミュレータ1は、ジョブに対応するロボットプログラムの実行結果に基づいてロボット状態データを演

算し、当該ロボット状態データに基づいて、時間軸においてタスクの要素作業に相当する期間が識別可能となるようにタイミングチャートを表示する。そのため、ロボットの一連の作業についてのシミュレーションの結果を表示するときに、特定の要素作業に相当する期間を識別可能とすることができ、要素作業ごとの検討を支援することができる。ステップS 24のタイミングチャートの表示例は、図9に示したとおりである。

[0087] (6) ユーザインタフェースUI (図10参照) を用いたロボットの動作改善、検証の処理

(6-1) ロボットRの動作を改善すべき点の確認処理

次に、ロボットRの動作を改善すべき点の確認処理について、図13のフローチャートを参照して説明する。図13のフローチャートは、情報処理装置2の制御部21によって実行される処理を示している。

図12のフローチャートを実行することで作成されたフローチャート (図9参照) をユーザが見てロボットの動作 (例えばタクトタイム) の改善すべき点を見つけた場合、タイミングチャート上で改善の余地がある時刻をカーソルCU1で指定すると (ステップS 30: YES)、情報処理装置2の制御部21は、指定時刻におけるタスクとロボット位置の座標とを含むユーザインタフェースUIを表示装置24に表示する (ステップS 32)。指定時刻におけるタスクとロボット位置の座標は、例えば、図10のタスク表示部81および座標表示部82に表示される。

[0088] 次いで、ユーザインタフェースUIによる再生指示があった場合には (ステップS 34)、制御部21は、再生対象に応じて、ロボット状態データに基づき、3DCADによる動画再生を行う。

例えば、ユーザインタフェースUIの再生ボタン83を操作することによる再生指示があった場合には (ステップS 36: 「現在の要素作業」)、タスク表示部81に表示されているタスクにおいて、座標表示部82に表示されている時刻からのCADによる動画を再生する (ステップS 38)。

ユーザインタフェースUIの再生ボタン85を操作する度に、タスク表示

部 8 1 に表示されているタスクの最初、またはそれよりも前の所望のタスクに順次戻すことができる。その後に再生ボタン 8 3 を操作することによって再生指示があった場合には（ステップ S 3 6 : 「指定された前の要素作業」）、その時点のタスクに対応する動画を最初から再生する。つまり、指定された要素作業の C A D による動画を再生する（ステップ S 4 0 ）。

[0089] 図 1 3 のフローチャートの処理を実行することでユーザは、タイミングチャートにおいて改善の余地のある部分を予測し、実際にその部分を動画再生することでロボット R の動作を改善すべき点を確認することができる。

[0090] （ 6 - 2 ） ロボット R の動作の変更と検証処理

次に、ロボット R の動作の変更と検証処理について、図 1 4 および図 1 5 を参照して説明する。図 1 4 は、ロボット R の動作の変更と検証処理を示すシーケンスチャートである。図 1 5 は、変更前後のタイミングチャートの表示例を示す図である。

図 1 2 のフローチャートを実行することで作成されたフローチャート（図 9 参照）をユーザが見てロボットの動作（例えばタクトタイム）の改善しようとする場合、タイミングチャート上で改善の余地がある時刻をカーソル C U 1 で指定すると（ステップ S 5 0 : Y E S）、情報処理装置 2 は、指定時刻におけるタスクとロボット位置の座標とを含むユーザインタフェース U 1 を表示する（ステップ S 5 2）。指定時刻におけるタスクとロボット位置の座標は、例えば、図 1 0 のタスク表示部 8 1 および座標表示部 8 2 に表示される。

[0091] 次いで、指定時刻におけるタスクまたはロボット位置の仮変更の指示があった場合（ステップ S 5 4 : Y E S）、情報処理装置 2 は仮ロボットプログラムを作成する（ステップ S 5 6）。タスクまたはロボット位置の仮変更の指示は、ユーザインタフェース U 1（図 1 0）において、タスク選択メニュー 8 9 または座標選択メニュー 9 0 における選択操作を行った後に、評価ボタン 9 1 を操作することにより行われる。

ステップ S 5 6 において、情報処理装置 2 は、現在のロボットプログラム

に対して仮変更されたタスクまたはロボット位置を反映させたロボットプログラムを作成する。

作成された仮ロボットプログラムは、情報処理装置2からロボット制御装置3へ送信されて（ステップS58）、ロボット制御装置3において実行される（ステップS60）。仮ロボットプログラムの実行が終了すると、ロボット制御装置3は、実行ログデータを情報処理装置2に送信する（ステップS62）。実行ログデータには、ジョブの進行の時間軸に沿った所定の参照時間（例えば1ms）ごとのロボット状態データと、仮ロボットプログラムの実行結果とが含まれる。

[0092] 次いで、情報処理装置2は、ロボットプログラムの実行に基づくタイミングチャート（第1タイミングチャートの例）と仮ロボットプログラムの実行に基づくタイミングチャート（第2タイミングチャートの例）とを時間軸を比較可能に表示する（ステップS64）。

ステップS64におけるタイミングチャートの表示例を図15に示す。図15では、ロボットプログラムの実行に基づくタイミングチャート（図9と同じもの）が上半分に表示され、仮ロボットプログラムの実行に基づくタイミングチャートが下半分に表示される。この例では、上半分のタイミングチャートにおける2個目の待機時間WTが下半分のタイミングチャートでは削除され、対応するタスクに対するタクトタイムが改善されていることがわかる。

[0093] よって、ユーザインタフェースUIを使用することによって、ユーザは、ロボットの動作情報の出力（つまり、タイミングチャートの出力）、当該出力を基にした改善点のタイミングチャート上での特定、そしてタスク等の変更による改善の検証、といった一連の作業を効率化できる。

[0094] 以上、本発明のロボットシミュレータの実施形態について詳述したが、本発明は上記の実施形態に限定されない。また、上記の実施形態は、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更が可能である。

[0095] 上述した実施形態に係るロボットシミュレータは、図11の機能ブロック

図に記載されたすべての機能を備えている必要はなく、少なくとも一部の機能を備えていればよい。

上述した実施形態では、ロボットシミュレータは、情報処理装置とロボット制御装置の２つの装置を含む場合について例示したが、その限りではなく、一体の装置として構成してもよい。

上述した実施形態では、情報処理装置の入力装置にポインティングデバイスが含まれる場合について説明したが、その限りではなく、他のデバイスであってもよい。例えば、タッチ入力機能を備えた表示パネルを使用し、ユーザによるタッチ入力を受け付けてもよい。

上述した実施形態では、ジョブに含まれるタスクリストを、階層型リストを基に作成する例を説明したが、その限りではない。ジョブに含まれる複数の要素作業が特定される限り、階層型リストを基にジョブに含まれるタスクを定義する必要はない。

[0096] 上述した説明により、図１１の機能ブロック図に記載された機能のうち少なくとも一部の機能をコンピュータに実現させるためのプログラム、および、当該プログラムが記録されたコンピュータ可読記憶媒体（不揮発性の記憶媒体をも含む。）が開示されていることは当業者に理解される。

符号の説明

[0097] １…ロボットシミュレータ、２…情報処理装置、２１…制御部、２２…ストレージ、２３…入力装置、２４…表示装置、２５…通信インタフェース部、３…ロボット制御装置、３１…制御部、３２…ストレージ、３３…通信インタフェース部、１１…ペントレイ、Ｐ…ペン群、１２…キャップトレイ、Ｃ…キャップ群、１３…治具、１４…製品トレイ、ＥＣ…イーサネットケーブル、Ｒ…ロボットＲ、５１…アーム、５２…ハンド、６１～６８…ノード、ＵＩ…ユーザインタフェースＵＩ、８１…タスク表示部、８２…座標表示部、８３～８５…再生ボタン、８７…削除ボタン、８８…スイッチ、８９…タスク選択メニュー、９０…座標選択メニュー、９１…評価ボタン、９２…保存ボタン、１０１…表示制御部、１０２…タスク作成部、１０３…プロ

グラム作成部、１０４…プログラム実行部、１０５…状態情報算出部、１０６…タイミングチャート作成部、１０７…シミュレーション部、１０８…インターロック設定部、２２１…タスクデータベース、２２２…階層型リストデータベース、２２３…３次元モデルデータベース、２２４…実行ログデータベース、ＲＡ…ロボット領域、ＰＡ…物品領域、Ｗ１～Ｗ４…ウィンドウ、ｂ１～ｂ３…ボタン、ＡＰ…アプローチ点、ＴＰ…目標点、ＤＰ…デパーチャ点、Ｔ…テーブル

請求の範囲

- [請求項1] 順に行われる複数の要素作業に対するロボットの動作を記述したロボットプログラムを実行するプログラム実行部と、
- 前記プログラム実行部による実行結果に基づいて、時間の経過に応じた前記ロボットの状態を示す情報である状態情報を演算する状態情報算出部と、
- 前記状態情報算出により得られた前記状態情報に基づいて、時間軸において前記複数の要素作業の各々に相当する期間が識別可能となるように、前記ロボットの状態を示す第1 タイミングチャートを作成するタイミングチャート作成部と、
- 前記状態情報算出部によって得られた状態情報に基づいて、ロボットの3次元モデルを仮想空間内で動作させて表示装置に表示するシミュレーション部と、
- 前記第1 タイミングチャートを前記表示装置に表示する表示制御部と、
- を備え、
- 前記シミュレーション部は、前記第1 タイミングチャートにおいてユーザによって指定された時刻である指定時刻における前記3次元モデルを表示する、
- ロボットシミュレータ。
- [請求項2] 表示制御部は、前記時刻における前記ロボットの基準点の座標を表示する、
- 請求項1に記載されたロボットシミュレータ。
- [請求項3] 前記複数の要素作業のうち、前記指定時刻に対応する要素作業である第1 要素作業の再生、または、前記第1 要素作業より前の要素作業の再生を指示する指示対象を有するユーザインタフェースを備え、
- 前記シミュレーション部は、前記指示対象に応じて、前記第1 要素作業、前記第2 要素作業、または、前記第3 要素作業のいずれかに対

する前記 3 次元モデルの動作を表示する、

請求項 1 または 2 に記載されたロボットシミュレータ。

[請求項4] 前記複数の要素作業のうち前記指定時刻に対応する要素作業である第 1 要素作業内における前記ロボットの動作を変更する第 1 指示、または、前記第 1 要素作業を削除する第 2 指示を受け付ける操作対象を有するユーザインタフェースを備え、

前記プログラム実行部は、前記ユーザインタフェースによって受け付けられた前記第 1 指示または前記第 2 指示に基づいて作成された仮のロボットプログラムを実行し、

前記タイミングチャート作成部は、前記仮のロボットプログラムの実行結果に基づいた前記ロボットの状態を示す第 2 タイミングチャートを作成する、

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載されたロボットシミュレータ。

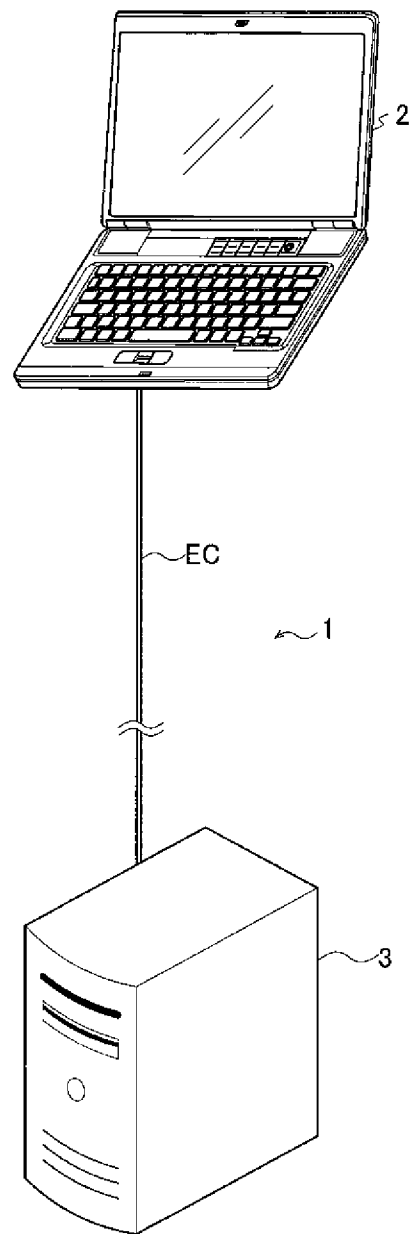
[請求項5] 前記表示制御部は、前記第 1 タイミングチャートと前記第 2 タイミングチャートとを時間軸を比較可能に表示する、

請求項 4 に記載されたロボットシミュレータ。

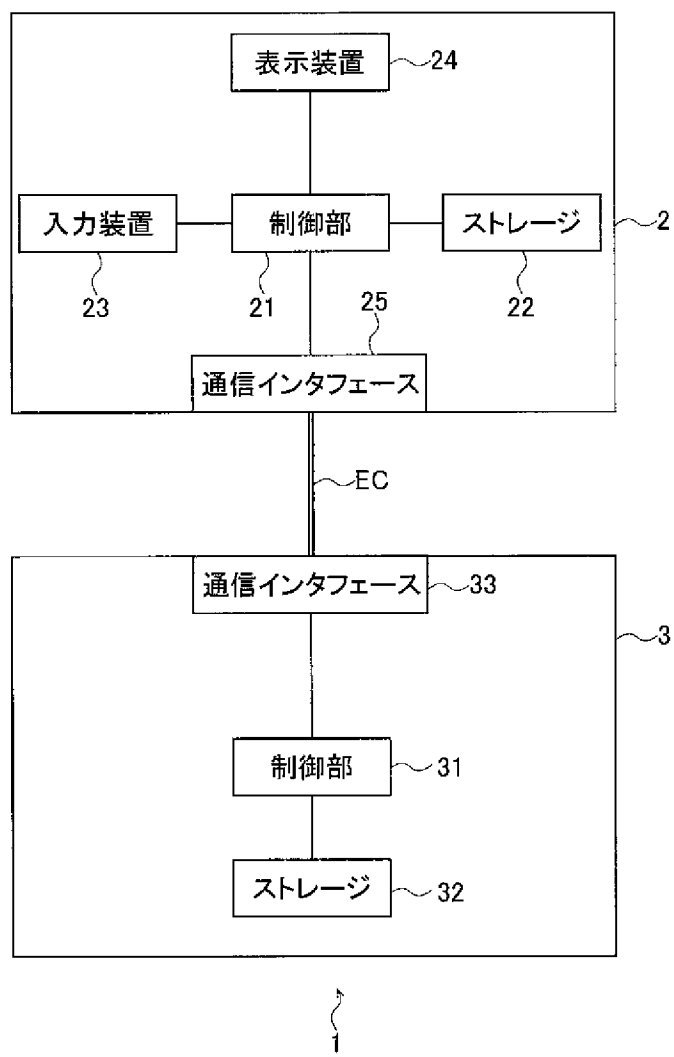
[請求項6] 前記ユーザインタフェースは、前記複数の要素作業のうち前記ロボットの動作が変更された要素作業に対応する情報を保存するための操作対象を有する、

請求項 4 または 5 に記載されたロボットシミュレータ。

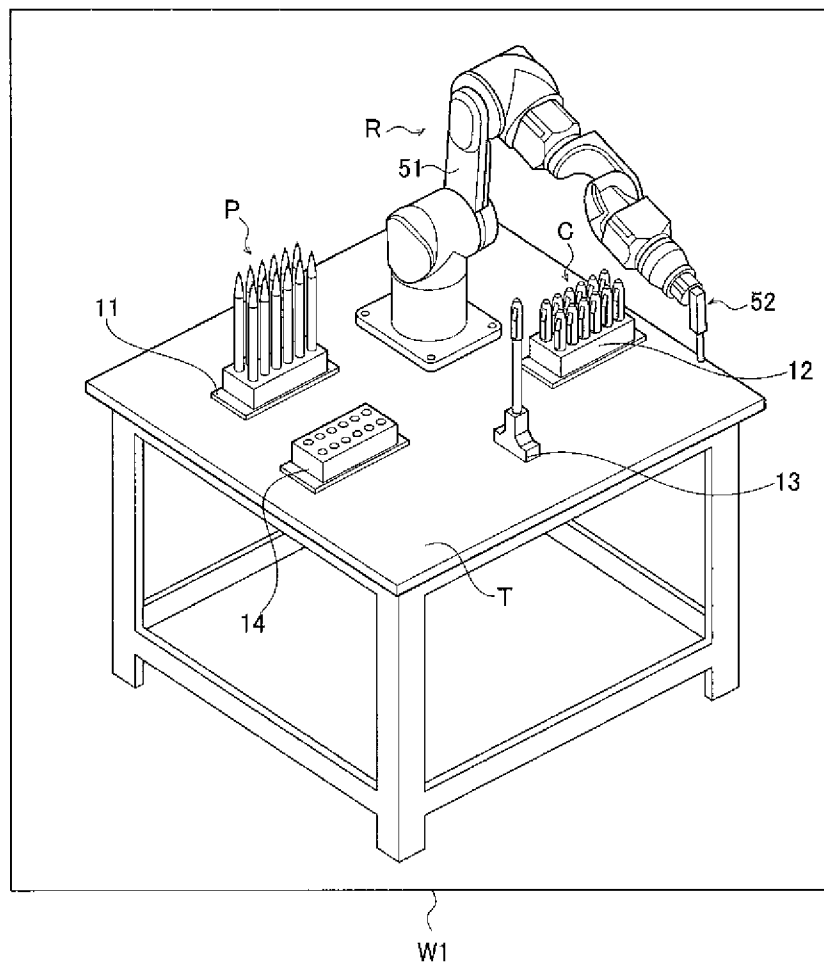
[図1]



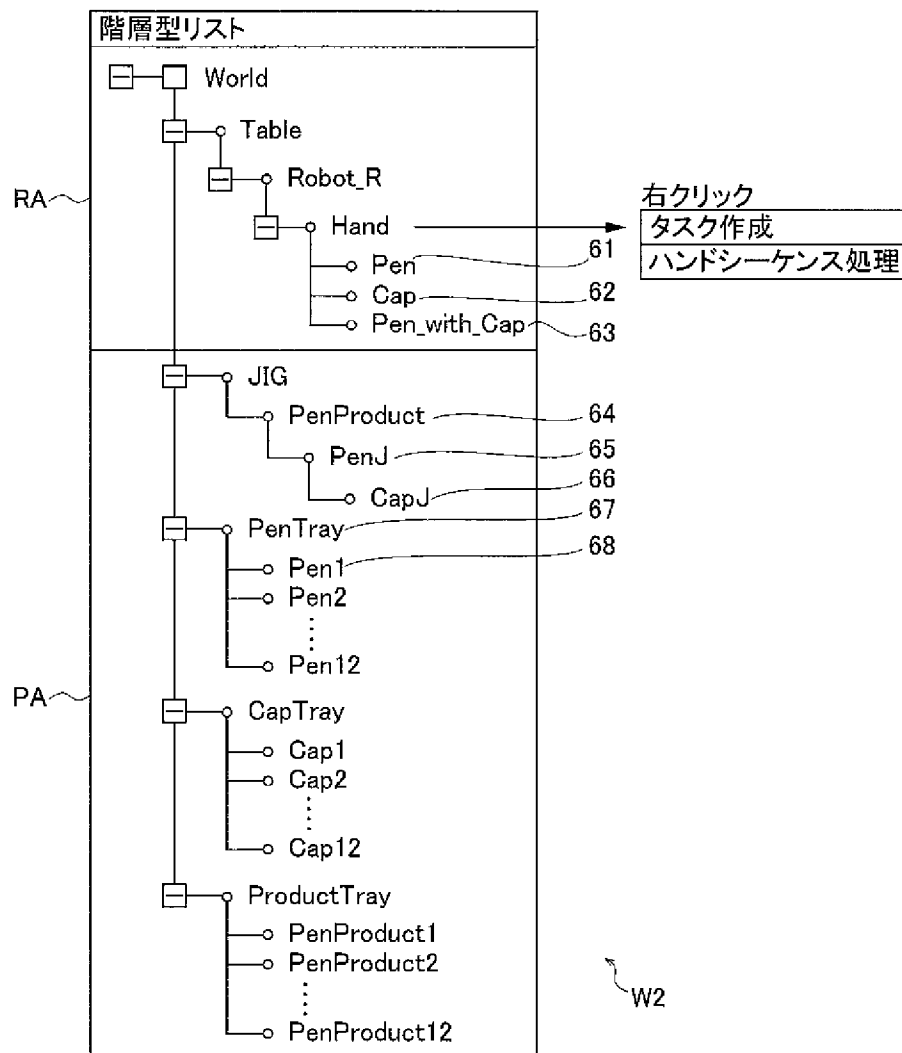
[図2]



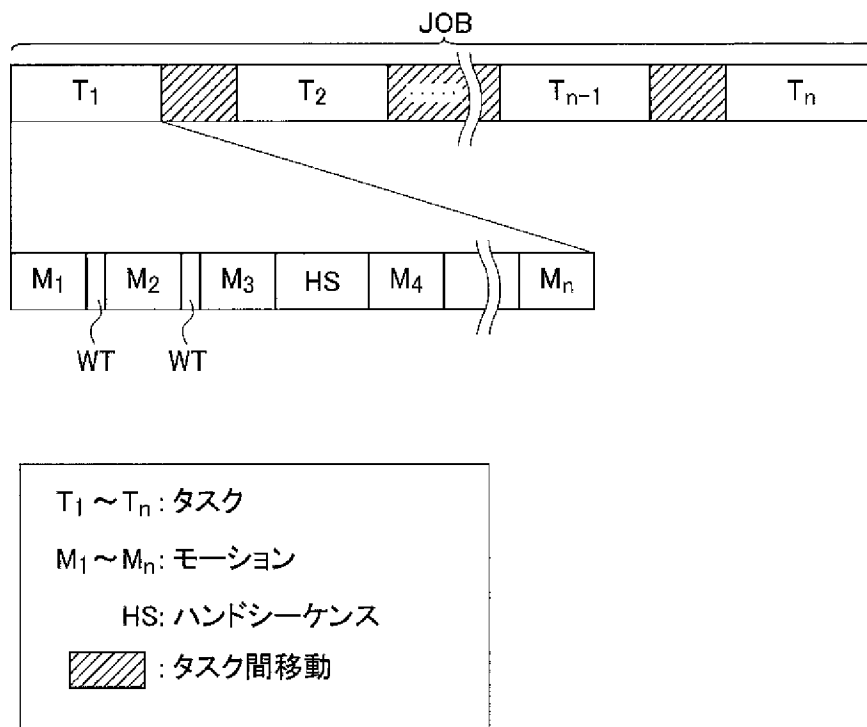
[図3]



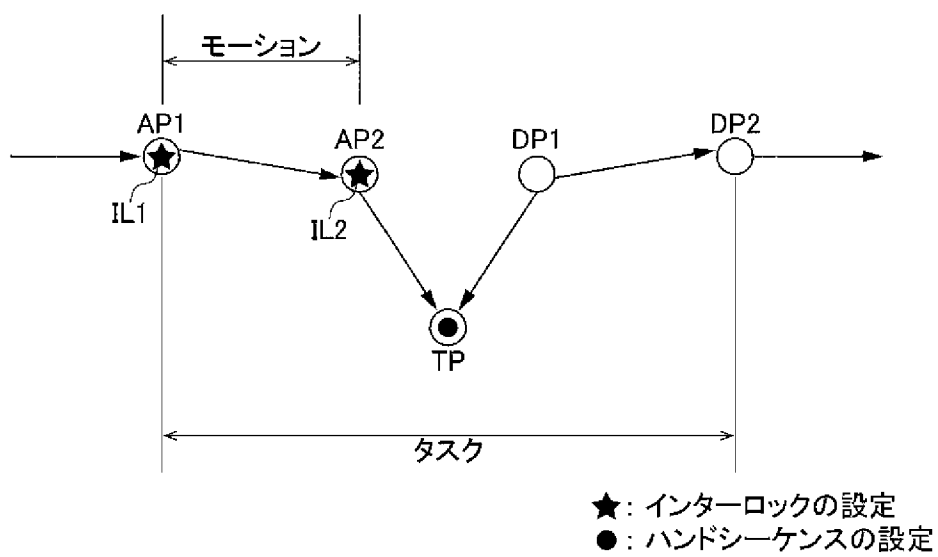
[図4]



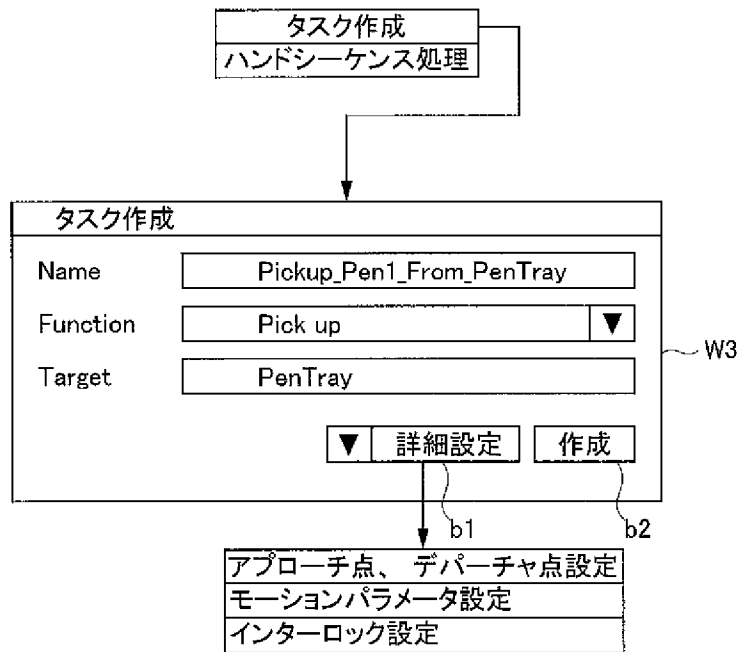
[図5]



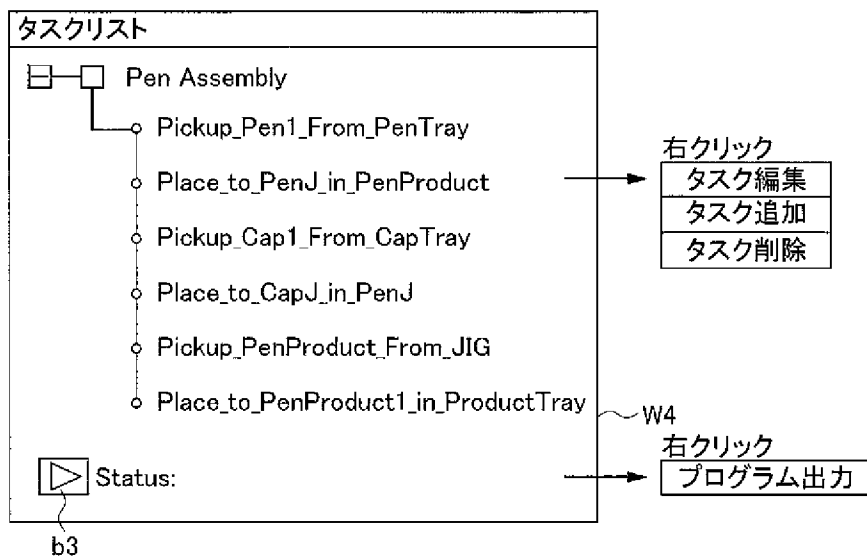
[図6]



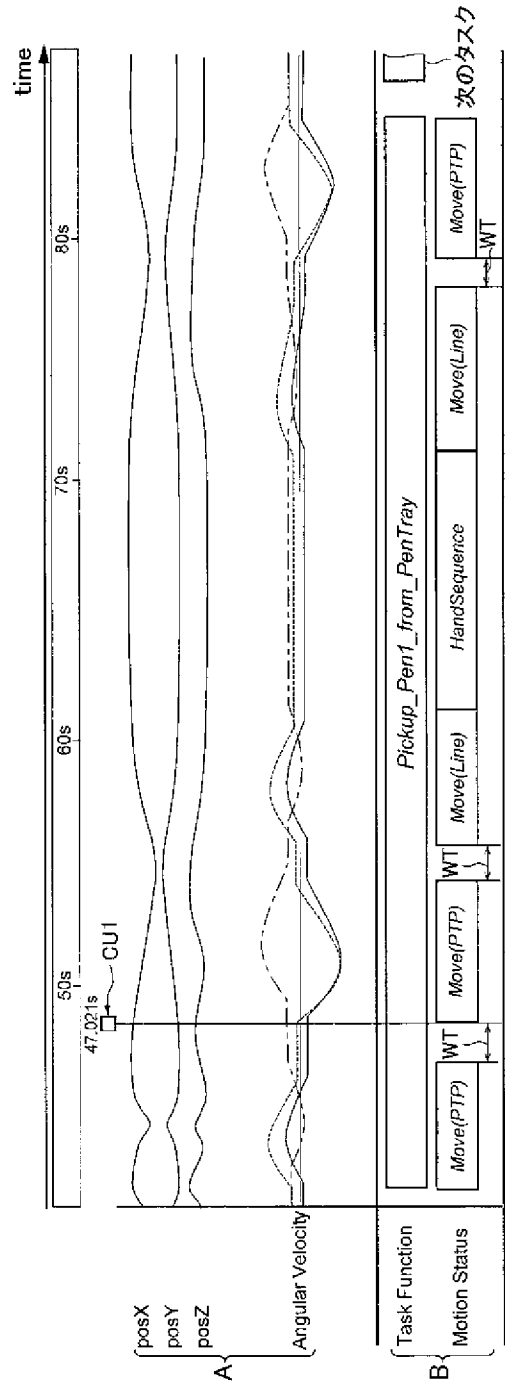
[図7]



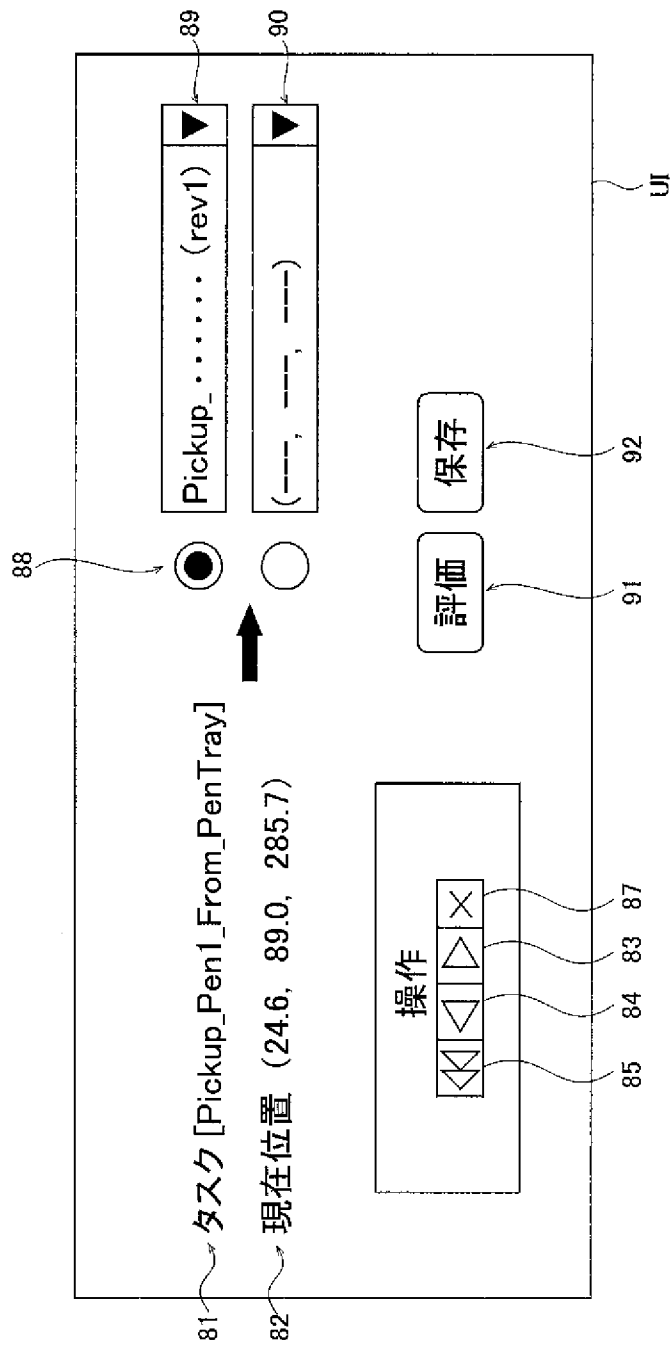
[図8]



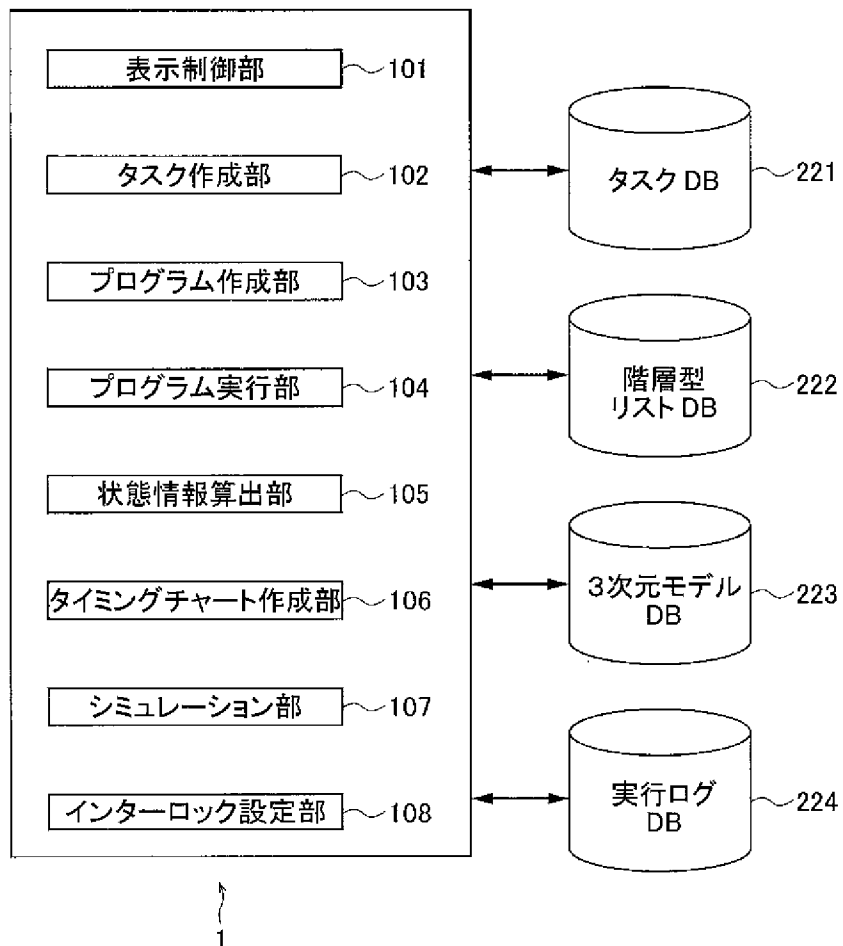
[図9]



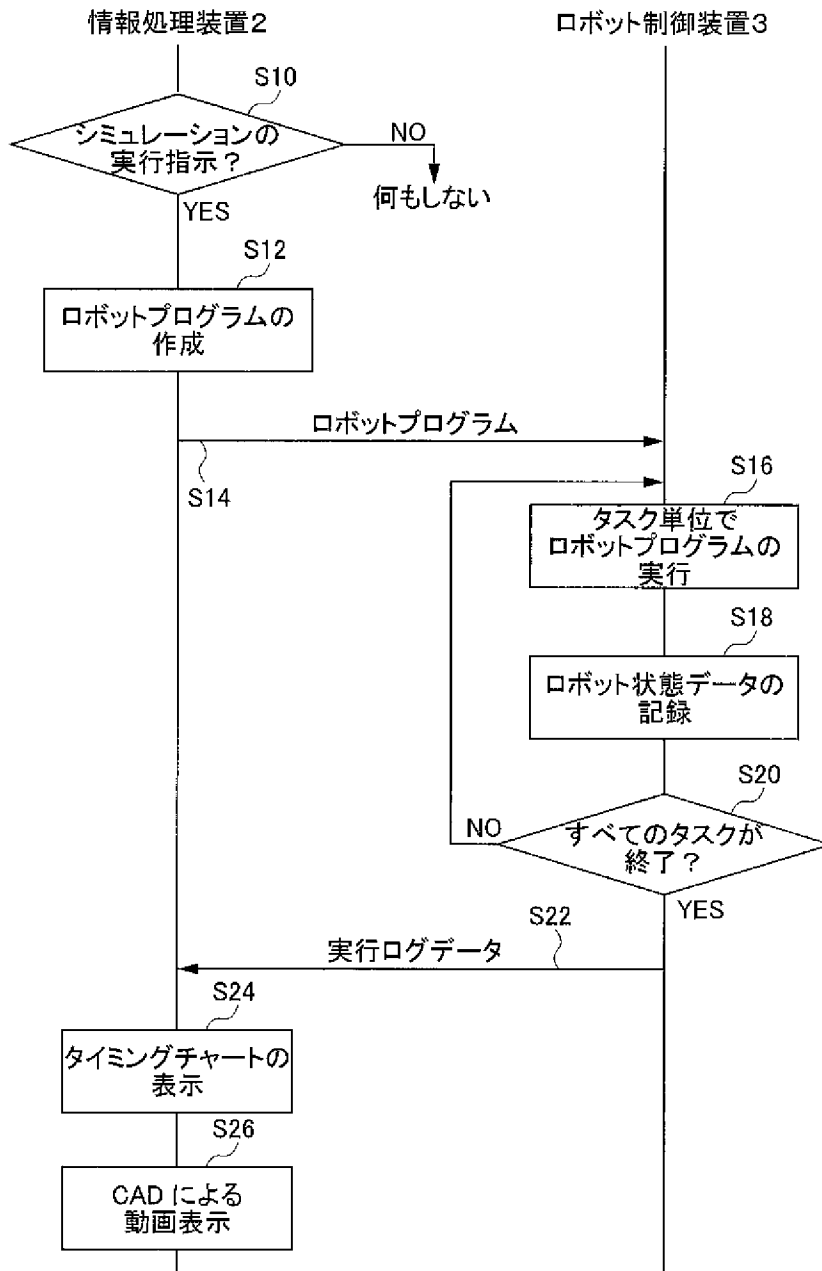
[図10]



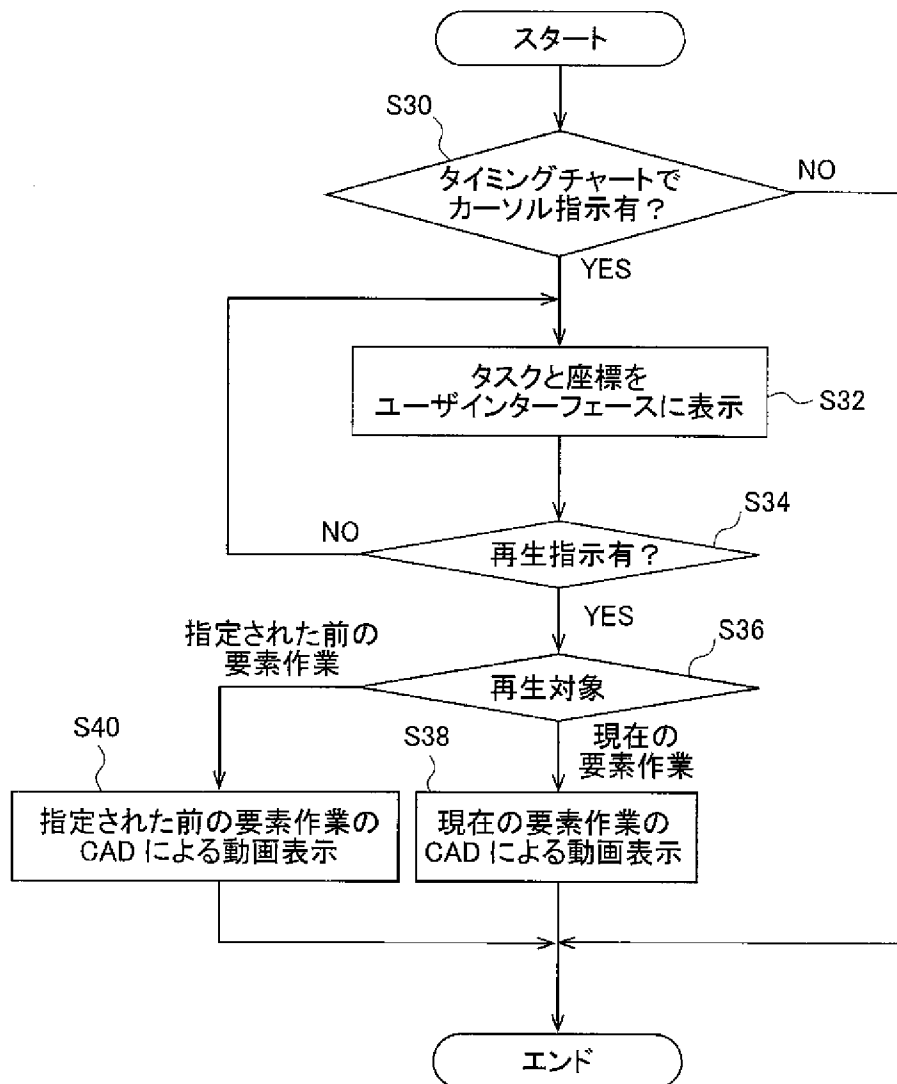
[図11]



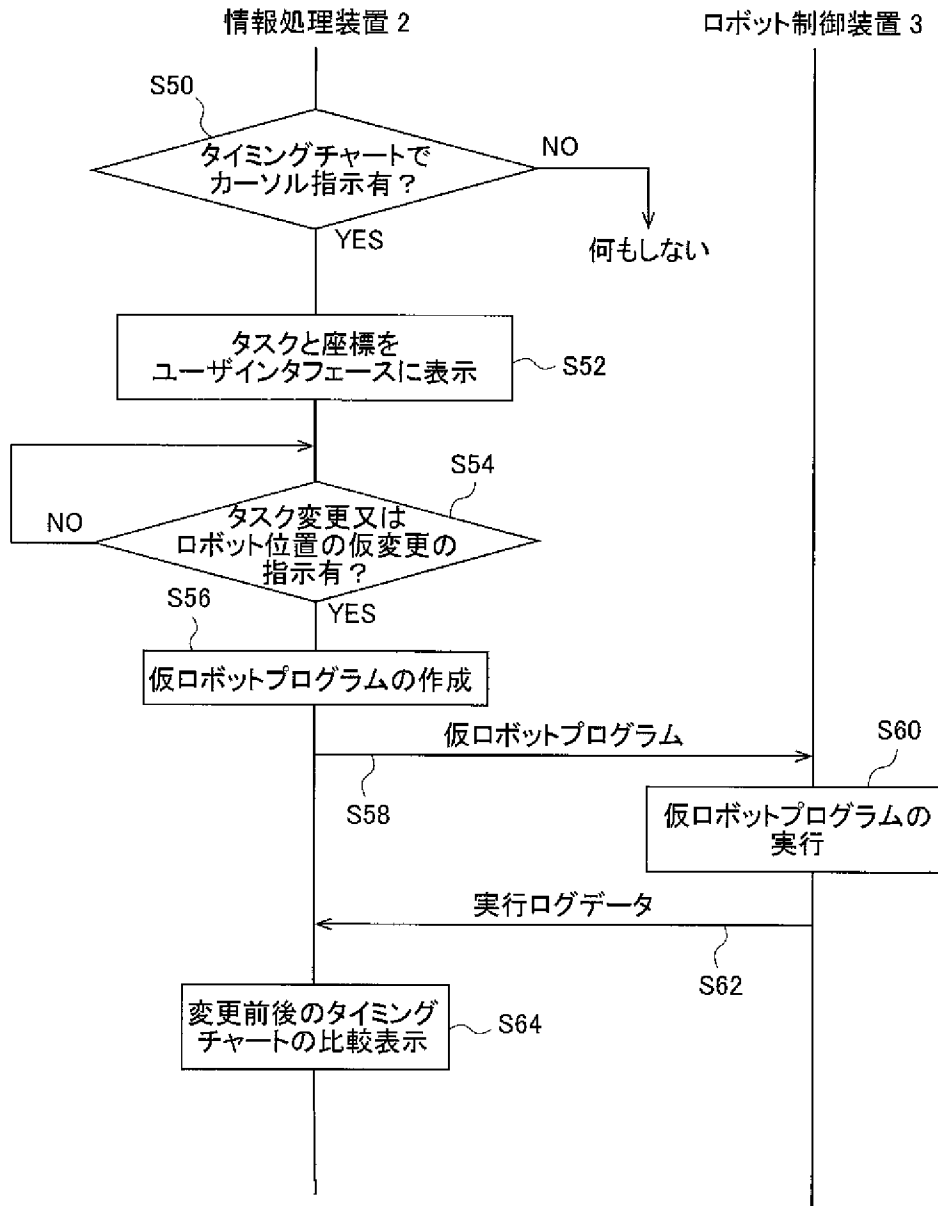
[図12]



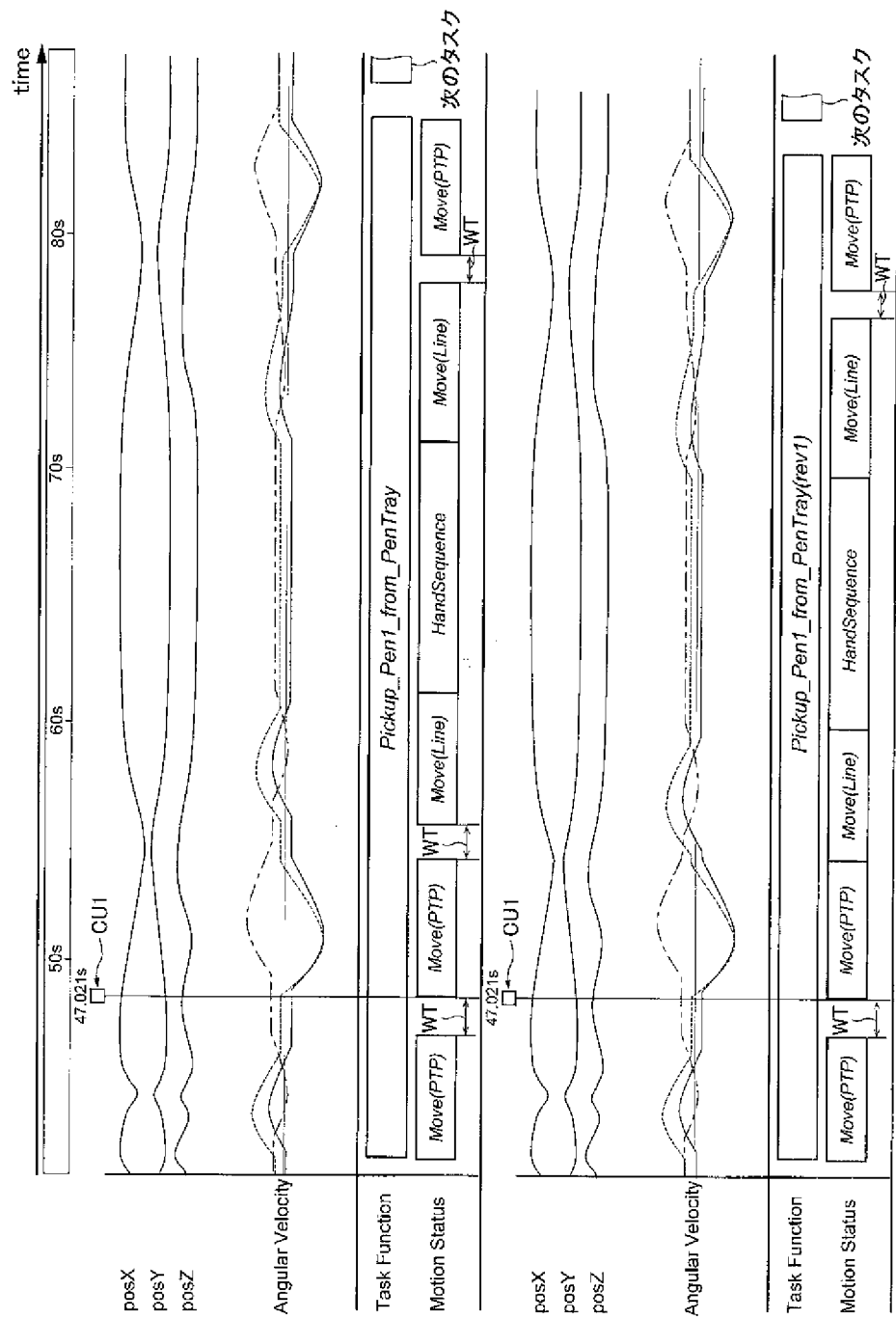
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030923

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B25J9/22 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B25J9/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
P, X	WO 2019/064916 A1 (NIDEC CORPORATION) 04 April 2019, paragraphs [0009]-[0083], fig. 1-12 (Family: none)	1, 3
A	JP 2018-15857 A (SEIKO EPSON CORP.) 01 February 2018, entire text, all drawings & US 2018/0029232 A1, whole documents	1-6
A	US 2016/0136815 A1 (BOT & DOLLY, LLC) 19 May 2016, whole documents (Family: none)	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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 application or patent 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
07 October 2019 (07.10.2019)Date of mailing of the international search report
21 October 2019 (21.10.2019)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030923

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-103258 A (SONY CORP.) 09 April 2002, entire text, all drawings & US 2003/0023347 A1, whole documents & WO 2002/026450 A1 & EP 1321248 A1 & CN 1392824 A	1-6
A	JP 2014-213413 A (TOSHIBA TEC CORPORATION) 17 November 2014, entire text, all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B25J9/22 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B25J9/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 請求項の番号
P, X	W0 2019/064916 A1 (日本電産株式会社) 2019.04.04, 段落 [0009] - [0083], [図1] - [図12] (ファミリーなし)	1, 3
A	JP 2018-15857 A (セイコーエプソン株式会社) 2018.02.01, 全文、全図 & US 2018/0029232 A1, Whole Documents	1-6
A	US 2016/0136815 A1 (BOT & DOLLY, LLC) 2016.05.19, Whole Documents (ファミリーなし)	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「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」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「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

07.10.2019

国際調査報告の発送日

21.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

武市 匡紘

3 U

4 4 1 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-103258 A (ソニー株式会社) 2002. 04. 09, 全文、全図 & US 2003/0023347 A1, Whole Documents & WO 2002/026450 A1 & EP 1321248 A1 & CN 1392824 A	1 - 6
A	JP 2014-213413 A (東芝テック株式会社) 2014. 11. 17, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 6