

(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
2023年6月15日(15.06.2023)



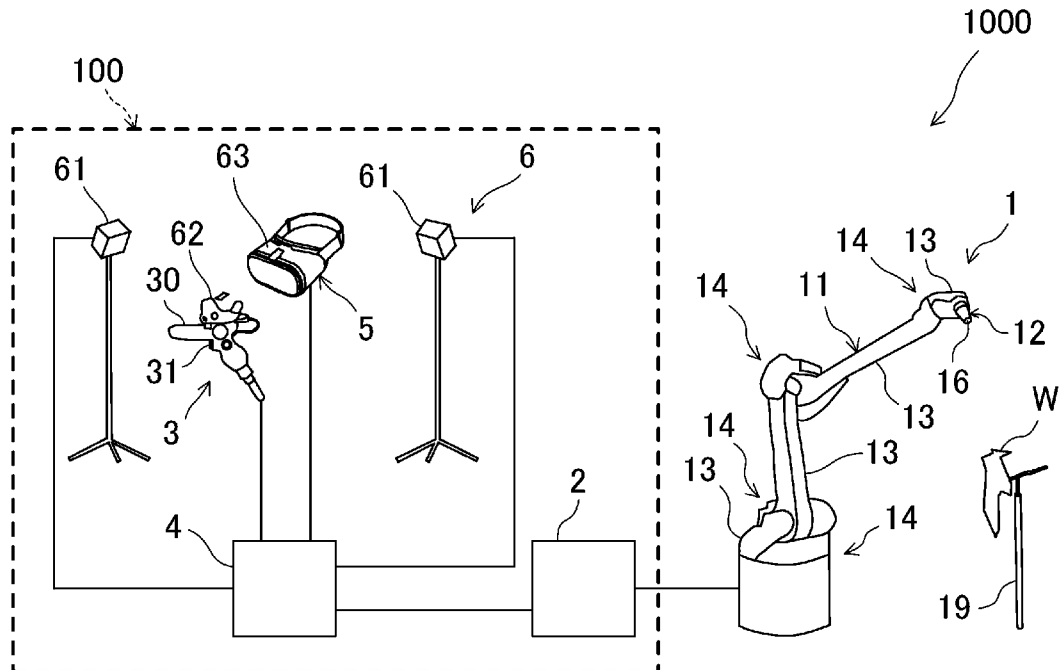
(10) 国際公開番号

WO 2023/106354 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 9/22 (2006.01) G05B 19/42 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/045193
- (22) 国際出願日: 2022年12月7日(07.12.2022)
- (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 2021-198841 2021年12月7日(07.12.2021) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 朝戸 達健 (ASATO Tatsutoshi). 内藤 義貴 (NAITO Yoshiki). 石 友真 (ISHI Yuma). 中川 文寛 (NAKAGAWA Fumihiro). 向井 真吾 (MUKAI Shingo). 吉村 高行 (YOSHIMURA Takayuki).
- (74) 代理人: 寺 園 健一, 外 (TERAZONO Kenichi et al.); 〒5300055 大阪府大阪市北区野崎町9番13号 梅田扇町通ビル Osaka (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,

(54) Title: TEACHING SYSTEM, ROBOT SYSTEM, TEACHING METHOD FOR ROBOT, AND TEACHING PROGRAM FOR ROBOT

(54) 発明の名称: 教示システム、ロボットシステム、ロボットの教示方法及びロボットの教示プログラム



(57) Abstract: A teaching system 100 includes a teaching point generating device 2 that generates a teaching point for a robot 1 that has an end effector 12 that executes processing on a work W contactlessly, an operating unit 3 that is operated by a user, an image generating device 4 that generates a VR image 8 in which a virtual end effector 83 corresponding to the end effector 12 and a first virtual work 84a corresponding to the work W are placed in a VR space 80, and a display unit 5 that displays the VR image 8. The image generating device 4 generates the VR image 8 in which the virtual end

KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

effector 83 executes processing on the first virtual work 84a by operating in accordance with operation of the operating unit 3. The teaching point generating device 2 generates the teaching point on the basis of a position of the virtual end effector 83 generated by the image generating device 4 in the VR space 80.

(57) 要約: 教示システム 100 は、ワーク W に対して非接触で処理を実行するエンドエフェクタ 12 を有するロボット 1 の教示点を生成する教示点生成装置 2 と、ユーザに操作される操作器 3 と、エンドエフェクタ 12 に対応する仮想エンドエフェクタ 83 とワーク W に対応する第 1 仮想ワーク 84a とが VR 空間 80 に配置された VR 画像 8 を生成する画像生成装置 4 と、VR 画像 8 を表示する表示器 5 とを備えている。画像生成装置 4 は、仮想エンドエフェクタ 83 が操作器 3 への操作に応じて動作して第 1 仮想ワーク 84a への処理を実行する VR 画像 8 を生成する。教示点生成装置 2 は、画像生成装置 4 によって生成された仮想エンドエフェクタ 83 の VR 空間 80 における位置に基づいて教示点を生成する。

明 細 書

発明の名称：

教示システム、ロボットシステム、ロボットの教示方法及びロボットの教示プログラム

技術分野

[0001] ここに開示された技術は、教示システム、ロボットシステム、ロボットの教示方法及びロボットの教示プログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、カメラにより取得された画像からワークの動作軌跡を抽出し、抽出された動作軌跡をロボットの動作軌跡に変換する教示装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-188477号公報

発明の概要

[0004] 前述の教示装置では、ワークと手先との動きが一致した動作の教示であり、ワークと手先とが離れた動作の教示には適用することが難しい。そのため、ロボットの教示を適切に生成することが難しい場合もある。

[0005] ここに開示された技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ロボットの教示点を適切に生成することにある。

[0006] ここに開示された教示システムは、ワークに対して非接触で処理を実行するツールを有するロボットの教示点を生成する教示点生成装置と、ユーザに操作される操作器と、前記ツールに対応する仮想ツールと前記ワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成する画像生成装置と、前記仮想画像を表示する表示器とを備え、前記画像生成装置は、前記仮想ツールが前記操作器への操作に応じて動作して前記仮想ワークへの処理を実行する前記仮想画像を生成し、前記教示点生成装置は、前記画像生成装置

によって生成された前記仮想ツールの前記仮想空間における位置に対応する前記教示点を生成する。

[0007] ここに開示されたロボットシステムは、前記教示システムと、前記教示点生成装置によって生成された前記教示点に応じて動作するロボットとを備える。

[0008] ここに開示されたロボットの教示方法は、ワークに対して非接触で処理を実行するツールを有するロボットの教示方法であって、前記ツールに対応する仮想ツールと前記ワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成することと、前記仮想画像を表示することと、前記仮想ツールを動作させるための操作器へのユーザからの操作に応じて前記仮想ツールを前記仮想画像中で動作させて前記仮想ワークへの処理を実行させることと、前記仮想ツールの前記仮想空間における位置に対応する教示点を生成することを含む。

[0009] ここに開示されたロボットの教示プログラムは、ワークに対して非接触で処理を実行するツールを有するロボットの教示プログラムであって、前記ツールに対応する仮想ツールと前記ワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成する機能と、前記仮想ツールを動作させるための操作器へのユーザからの操作に応じて前記仮想ツールを前記仮想画像中で動作させる機能と、前記仮想ツールの前記仮想空間における位置に対応する教示点を生成する機能とをコンピュータに実現させる。

[0010] 前記教示システムによれば、ロボットの教示点を適切に生成することができる。

[0011] 前記ロボットシステムによれば、ロボットの教示点を適切に生成することができる。

[0012] 前記ロボットの教示方法によれば、ロボットの教示点を適切に生成することができる。

[0013] 前記ロボットの教示プログラムによれば、ロボットの教示点を適切に生成することができる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]図 1 は、ロボットシステムの概略構成である。
- [図2]図 2 は、V R 空間の一例を示す図である。
- [図3]図 3 は、V R 画像の一例である。
- [図4]図 4 は、教示システムのハードウェア構成を概略的に示したブロック図である。
- [図5]図 5 は、画像生成装置の機能的なブロック図である。
- [図6]図 6 は、教示点生成装置の機能的なブロック図である。
- [図7]図 7 は、第 1 教示モードのフローチャートである。
- [図8]図 8 は、第 1 教示モードにおいて塗装開始時における V R 画像の一例である。
- [図9]図 9 は、第 1 教示モードにおける塗装中の V R 画像の一例である。
- [図10]図 1 0 は、第 1 教示モードの V R 画像の別の例である。
- [図11]図 1 1 は、第 2 教示モードのフローチャートである。
- [図12]図 1 2 は、第 2 教示モードにおける V R 空間の一例である。
- [図13]図 1 3 は、第 2 教示モードにおける V R 画像の一例である。
- [図14]図 1 4 は、再生モードのフローチャートである。

発明を実施するための形態

- [0015] 以下、例示的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。図 1 は、ロボットシステム 1 0 0 0 の概略構成である。
- [0016] ロボットシステム 1 0 0 0 は、ロボット 1 と、教示システム 1 0 0 とを備えている。教示システム 1 0 0 は、ロボット 1 の教示データを作成する。ロボット 1 と教示システム 1 0 0 とは、信号の授受が可能に接続されている。
- [0017] ロボット 1 は、産業用ロボットである。ロボット 1 は、自由度をもって変位又は変形する。ロボット 1 は、ワーク W に対して処理を行う。ワーク W は、ロボット 1 に対して相対的に配置される。例えば、ロボット 1 が行う処理は、ワーク W を加工する加工処理である。具体的には、加工処理は、所定の射出対象をワーク W へ向かって射出する処理である。この例の加工処理は、

ワークWへ向かって塗料を射出する塗装である。塗料は、射出対象の一例である。

[0018] ロボット1は、マニピュレータを備えている。詳しくは、ロボット1は、多関節のロボットアーム11と、ロボットアーム11に連結されたエンドエフェクタ12とを備えている。エンドエフェクタ12は、ツールの一例である。ロボットアーム11は、変位及び変形することによって、エンドエフェクタ12の位置及び姿勢を変更する。ロボット1には、所定のロボット座標系が設定されている。ロボット座標系におけるロボットアーム11及びエンドエフェクタ12の位置及び姿勢が制御されることによって、ロボットアーム11が変位及び変形し、それに伴って、エンドエフェクタ12の位置及び姿勢が変化する。

[0019] ロボットアーム11は、例えば、垂直多関節型のアームである。詳しくは、ロボットアーム11は、複数のリンク13と、複数の関節14と、複数のモータ15（図4参照）とを備えている。ロボットアーム11の各関節14は、隣り合う各2つのリンク13を回転可能に接続している。各モータ15は、対応する関節14を回転駆動する。モータ15は、例えば、サーボモータである。ロボットアーム11は、モータ15の駆動に伴って動作して、変位及び変形する。ロボットアーム11が動作することによって、エンドエフェクタ12の位置等が変わる。

[0020] エンドエフェクタ12は、ワークWに対して処理を行う。この例では、エンドエフェクタ12は、射出対象をワークWへ向かって射出する。具体的には、エンドエフェクタ12は、被塗装物であるワークWに対して塗料を射出する塗装装置である。エンドエフェクタ12は、塗料を所定の射出軸へ向かって射出する射出口16を有している。

[0021] 教示システム100は、ロボット1の教示点を生成する教示点生成装置2と、教示者となるユーザに操作される操作器3と、ロボット1に対応する仮想ロボット81が仮想空間80に配置された仮想画像8を生成する画像生成装置4と、仮想画像8を表示する表示器5とを備えている。画像生成装置4

は、ユーザによる操作器 3 の操作に応じて仮想ロボット 8 1 が動作する仮想画像 8 を生成する。教示点生成装置 2 は、画像生成装置 4 によって生成された仮想ロボット 8 1 の仮想空間 8 0 における位置に対応する教示点を生成する。さらに、教示点生成装置 2 は、生成された教示点に基づいて教示データを作成する。

[0022] つまり、教示システム 1 0 0 は、バーチャル技術、即ち、X R (Cross Reality) 技術を利用して、仮想空間 8 0 において仮想ロボット 8 1 を動作させて仮想空間 8 0 において仮想教示点を生成し、仮想教示点に対応する実空間の教示点を生成する。教示システム 1 0 0 は、生成された教示点に基づいて、ロボット 1 の教示データを作成する。X R は、V R (Virtual Reality: 仮想現実)、A R (Augmented Reality: 拡張現実)、M R (Mixed Reality: 複合現実)、及び、S R (Substitutional Reality: 代替現実) を含む。この例では、教示システムは、V R 技術を利用している。以下、仮想空間を「V R 空間」とも称する。また、仮想画像を「V R 画像」とも称する。

[0023] この例では、教示システム 1 0 0 は、ロボット 1 に塗装を実行させるための教示点、ひいては教示データを作成する。ロボット 1 は、ロボットアーム 1 1 を教示データに従って動作させることによってエンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を変更させつつ、エンドエフェクタ 1 2 から塗料をワーク W に射出させて塗装を行う。

[0024] 教示システム 1 0 0 において、教示点生成装置 2 と画像生成装置 4 とは、信号の授受可能に接続されている。操作器 3 及び表示器 5 は、画像生成装置 4 に信号の授受可能に接続されている。

[0025] 操作器 3 は、仮想空間 8 0 において仮想ロボット 8 1 を動作等させるために用いられる。操作器 3 は、可搬型のデバイスであって、例えば、ユーザに手で保持される。操作器 3 は、操作器本体 3 0 と、ユーザからの入力を受け付ける操作部 3 1 とを有している。

[0026] 操作器本体 3 0 は、ユーザによって把持可能な形状をしている。操作器本体 3 0 には、操作部 3 1 が設けられている。尚、操作器本体 3 0 は、ユーザ

が把持可能な噴射ガンを模擬した形状であってもよい。ユーザは、準備段階において操作器本体30を把持したときに噴射ガンを把持するようなイメージを抱くことができる。そのため、ユーザは、教示点を生成する際には表示器5に表示されるVR画像8を見ながら操作器3を操作するが、噴射ガンを把持した感覚で操作器3を操作することができる。操作部31は、ユーザにより操作されると、対応する操作信号を出力する。操作器3は、操作部31からの操作信号を画像生成装置4へ出力する。操作信号は、画像生成装置4によるVR画像8の生成に用いられる。

[0027] 表示器5は、画像生成装置4によって生成されたVR画像8を表示する。表示器5には、画像生成装置4によって生成されたVR画像8が入力される。表示器5は、ユーザの頭部に装着される。例えば、表示器5は、HMD (Head Mounted Display) である。HMDは、ディスプレイを有するゴーグル形状のVR専用の装置であってもよく、あるいは、頭部に装着可能なホルダにスマートフォン等の携帯端末を取り付けることによって構成されるものであってもよい。

[0028] 教示システム100は、実空間における操作器3の位置及び姿勢、並びに、実空間における表示器5の位置及び姿勢を検出するトラッキングシステム6をさらに備えている。トラッキングシステム6は、複数（例えば、2台）の発光器61と、操作器3に設けられた第1センサ62と、表示器5に設けられた第2センサ63と、第1センサ62及び第2センサ63の検出結果から操作器3及び表示器5のそれぞれの位置を演算する演算部としての画像生成装置4とを有している。トラッキングシステム6は、アウトサイドイン方式のトラッキングシステムである。発光器61、第1センサ62及び第2センサ63は、画像生成装置4に信号の授受可能に接続されている。トラッキングシステム6は、実空間においてユーザが移動可能な動作エリア内における第1センサ62及び第2センサ63の位置及び姿勢を検出する。動作エリアには、所定の操作座標系が設定されている。トラッキングシステム6は、操作座標系における第1センサ62及び第2センサ63の位置及び姿勢を検

出する。トラッキングシステム6は、実空間における操作器の位置及び姿勢を検出する操作器センサの一例である。

[0029] トラッキングシステム6の操作座標系は、VR空間80に設定されたVR座標系と対応している。また、トラッキングシステム6の操作座標系は、ロボット1のロボット座標系とも対応している。さらに、VR空間80のVR座標系は、ロボット1のロボット座標系とも対応している。つまり、ロボット座標系と操作座標系とVR座標系とは、互いに対応している。例えば、操作座標系の位置が決まると、ロボット座標系の位置及びVR座標系の位置が一意に決まる。

[0030] 発光器61は、実空間に光を照射する。例えば、発光器61は、赤外線レーザー光を実空間に走査する赤外線レーザーである。発光器61は、間欠的にレーザー光を照射しながら、レーザー光を縦方向及び横方向に走査させる。発光器61からのレーザー光の照射情報は、画像生成装置4に入力される。

[0031] 第1センサ62及び第2センサ63は、光を検出するセンサであり、例えば、赤外線センサである。第1センサ62及び第2センサ63の検出結果は、画像生成装置4に入力される。

[0032] 画像生成装置4は、第1センサ62がレーザー光を検出したときに、発光器61から第1センサ62までのレーザー光の到達時間、及び、発光器61からのレーザー光の照射情報（例えば、実空間のどの方向にレーザー光を照射しているのか）に基づいて、実空間における操作器3の位置及び姿勢を求める。画像生成装置4は、第2センサ63がレーザー光を検出したときも、同様にして、実空間における表示器5の位置及び姿勢を求める。画像生成装置4は、実空間における表示器5の位置及び姿勢を、それぞれ実空間におけるユーザの視線の位置及び視線の向きとみなす。

[0033] 尚、この例では、画像生成装置4がトラッキングシステム6の演算部として機能している。しかし、演算部は、画像生成装置4とは別に設けられてもよい。

[0034] 画像生成装置4は、実空間におけるユーザの視線の位置及び向き並びに操

作器 3 の位置及び姿勢から、VR 空間 80 におけるユーザの視線の位置及び向き並びに操作器 3 の位置及び姿勢を求める。つまり、画像生成装置 4 は、操作座標系におけるユーザの視線の位置及び向き並びに操作器 3 の位置及び姿勢を VR 座標系におけるユーザの視線の位置及び向き並びに操作器 3 の位置及び姿勢に変換する。

[0035] 画像生成装置 4 は、ロボット 1 に対応する仮想ロボット 81 とワーク W に対応する第 1 仮想ワーク 84 a とが VR 空間 80 に配置された VR 画像 8 を生成する。図 2 は、VR 空間 80 の一例を示す図である。図 3 は、VR 画像 8 の一例である。図 3 の VR 画像 8 は、ユーザの視点で表現された一人称視点の画像である。画像生成装置 4 は、VR 空間 80 において、仮想ロボット 81 が動作して第 1 仮想ワーク 84 a に処理を実行する VR 画像 8 を生成する。画像生成装置 4 は、VR 空間 80 におけるユーザの視線の位置及び視線の向きに応じた VR 画像 8 を生成して、生成された VR 画像 8 を表示器 5 へ送信する。

[0036] 詳しくは、VR 空間 80 には、図 2 に示すように、仮想支持装置 87、仮想ブース 88 及び仮想柵 89 等が配置されている。仮想支持装置 87、仮想ブース 88 及び仮想柵 89 は、実空間においてロボット 1 の周囲に存在する設備に対応する仮想設備の一例である。そのため、ユーザの視線しだいでは、VR 画像 8 に仮想支持装置 87、仮想ブース 88 又は仮想柵 89 等が含まれ得る。

[0037] 仮想支持装置 87 は、実空間においてワーク W を支持する支持装置 19 (図 1 参照) に対応する、VR 空間 80 のオブジェクトである。仮想ブース 88 は、実空間においてワーク W が配置されて塗装作業が実行される塗装ブースに対応する、VR 空間 80 のオブジェクトである。仮想柵 89 は、実空間においてロボット 1 の周囲を囲む安全柵に対応する、VR 空間 80 のオブジェクトである。VR 空間 80 における仮想ロボット 81、仮想支持装置 87、仮想ブース 88 及び仮想柵 89 の相対的な位置関係は、実空間におけるロボット 1、支持装置 19、塗装ブース及び安全柵の相対的な位置関係と一致

している。

[0038] 仮想柵 89 の内側の領域である第 1 領域 80 a は、少なくとも仮想ロボット 81 の可動範囲を含んでいる。仮想柵 89 の外側の領域である第 2 領域 80 b は、仮想ロボット 81 が移動しない安全領域である。

[0039] 第 1 領域 80 a 内に仮想ロボット 81 及び第 1 仮想ワーク 84 a が配置されている。具体的には、仮想ロボット 81 は、仮想柵 89 の中に配置されている。仮想ロボット 81 は、ロボットアーム 11 に対応する仮想アーム 82 と、エンドエフェクタ 12 に対応する仮想エンドエフェクタ 83 とを有する。仮想エンドエフェクタ 83 は、仮想ツールの一例である。第 1 仮想ワーク 84 a は、仮想ブース 88 内に配置されている。VR 空間 80 における第 1 仮想ワーク 84 a と仮想エンドエフェクタ 83 との相対的な位置関係は、実空間におけるワーク W とエンドエフェクタ 12 との相対的な位置関係と一致している。

[0040] 画像生成装置 4 は、ユーザの視線に応じて VR 空間 80 の一部を切り出して VR 画像 8 とする。この例では、画像生成装置 4 は、表示器 5 の位置及び姿勢に応じて VR 画像 8 を生成する。このとき、画像生成装置 4 は、設定内容に応じて様々な表示を行う。例えば、図 3 は、仮想エンドエフェクタ 83 及び第 1 仮想ワーク 84 a に接近した状態の VR 画像 8 である。この例では、操作器 3 に対応する仮想操作器 85 と、仮想操作器 85 によってロボット 1 の処理を模擬的に実行するための第 2 仮想ワーク 84 b とが VR 空間 80 にさらに配置されている。尚、画像生成装置 4 は、様々な追加表示を行ってもよい。例えば、追加表示は、教示操作を支援するための表示、又は、実空間とは異なる仮想的な表示であってもよい。例えば、画像生成装置 4 は、仮想アーム 82 が特異点に相当する形状となったこと又は該形状に近づいたことを追加表示として表示してもよい。

[0041] 仮想エンドエフェクタ 83 は、射出口 16 に対応する第 1 仮想射出口 83 a を有している。仮想エンドエフェクタ 83 には、射出口 16 からの塗料の射出軸に対応する第 1 仮想射出軸 P1 が設定されている。第 1 仮想射出軸 P

1は、第1仮想射出口83aから延びている。第1仮想射出軸P1は、仮想エンドエフェクタ83の姿勢を示している。

[0042] さらに、第1仮想射出軸P1は、仮想エンドエフェクタ83からの距離も表している。具体的には、第1仮想射出軸P1を表す線の種類は、第1仮想射出口83aからの距離に応じて変更されている。図3の例では、第1仮想射出軸P1のうち、第1仮想射出口83aからの距離が塗装における適切な範囲に対応する部分は破線で表され、それ以外の部分は実線で表されている。第1仮想射出軸P1のどの部分が第1仮想ワーク84aの表面と交差しているかによって、ユーザは、仮想エンドエフェクタ83と第1仮想ワーク84aとの距離が適切か否かを判別することができる。第1仮想射出軸P1は、仮想ツールからの距離の程度を示す画像の一例である。

[0043] 仮想操作器85は、実空間における第1センサ62の位置に対応するVR空間80の位置に配置される。仮想操作器85は、第2仮想射出口85aを有している。仮想操作器85には、第2仮想射出軸P2が設定されている。第2仮想射出軸P2は、第2仮想射出口85aから延びている。第2仮想射出軸P2は、仮想操作器85の姿勢を示している。

[0044] 第2仮想射出軸P2は、仮想操作器85からの距離を表している。具体的には、第2仮想射出軸P2を表す線の種類は、第2仮想射出口85aからの距離に応じて変更されている。図3の例では、第2仮想射出軸P2のうち、第2仮想射出口85aからの距離が塗装における適切な範囲に対応する部分は破線で表され、それ以外の部分は実線で表されている。第2仮想射出軸P2のどの部分が第2仮想ワーク84bの表面と交差しているかによって、ユーザは、仮想操作器85と第2仮想ワーク84bとの距離が適切か否かを判別することができる。

[0045] 第2仮想ワーク84bは、第1仮想ワーク84aと同一の大きさ及び形状を有している。

[0046] 仮想エンドエフェクタ83は、仮想操作器85に対してオフセットした位置に配置されている。第1仮想ワーク84aは、第2仮想ワーク84bに対

して、仮想エンドエフェクタ 83 と同様にオフセットした位置に配置されている。その結果、第2仮想ワーク 84 b と仮想操作器 85 との相対的な位置関係は、第1仮想ワーク 84 a と仮想エンドエフェクタ 83 との相対的な位置関係と一致している。具体的には、第1仮想ワーク 84 a に対する第1仮想射出軸 P 1 の角度は、第2仮想ワーク 84 b に対する第2仮想射出軸 P 2 の角度と一致している。第1仮想ワーク 84 a における第1仮想射出軸 P 1 の交点の位置は、第2仮想ワーク 84 b における第2仮想射出軸 P 2 の交点の位置と一致している。第1仮想射出口 83 a から第1仮想ワーク 84 a までの距離は、第2仮想射出口 85 a から第2仮想ワーク 84 b までの距離と一致している。

[0047] 画像生成装置 4 は、ユーザによる操作器 3 の操作に応じて仮想ロボット 81 を動作させる。例えば、画像生成装置 4 は、第1センサ 62 の検出結果に基づいて、実空間における操作器 3 の動きに連動する動作を VR 空間 80 において仮想ロボット 81 に行わせる。具体的には、画像生成装置 4 は、第1センサ 62 の検出結果に基づいて求めた、実空間における操作器 3 の位置及び姿勢に対応するように、VR 空間 80 に仮想ロボット 81 を配置する。画像生成装置 4 がこの処理を継続することによって、VR 空間 80 における仮想ロボット 81 は、実空間における操作器 3 の動作に連動して動作する。

[0048] 教示点生成装置 2 は、仮想空間 80 における仮想ロボット 81 の位置及び姿勢に対応する、実空間におけるロボット 1 の位置及び姿勢を教示点として生成する。詳しくは、教示点生成装置 2 は、ロボット 1 の代表的な部分の位置及び姿勢を教示点として生成する。この例では、ロボット 1 の代表的な部分は、エンドエフェクタ 12 である。すなわち、教示点生成装置 2 は、エンドエフェクタ 12 の姿勢を含む位置を教示点として生成する。より具体的には、教示点は、エンドエフェクタ 12 のうち塗装装置の射出口 16 の位置及び姿勢（即ち、向き）である。

[0049] 具体的には、ユーザは、VR 空間 80 内で仮想ロボット 81 を動作させながら、VR 空間 80 内の教示点である仮想教示点を操作器 3 の操作部 31 を

介して生成する。このとき、ユーザは、射出対象の射出の有無も操作器 3 を介して画像生成装置 4 へ入力する。画像生成装置 4 は、操作器 3 からの生成信号に基づいて仮想教示点を生成する。画像生成装置 4 は、仮想教示点に対応する、操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢を教示点生成装置 2 へ出力する。教示点生成装置 2 は、操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢からロボット座標系におけるエンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を求めて教示点とする。結果として、教示点生成装置 2 は、仮想ロボット 8 1 の仮想空間 8 0 における位置に対応する教示点を生成する。VR 空間 8 0 内で仮想ロボット 8 1 を動作させながらこのような処理が繰り返されることによって、教示点生成装置 2 は、時系列に並ぶ複数の教示点を生成していくと共に、それに付随する射出の有無も設定していく。

[0050] 教示点生成装置 2 は、教示点に基づいて教示データを作成する。この例では、教示データは、複数の教示点を時系列順に通過する軌跡を描くようにロボット 1 を動作させるためのデータ群である。この例では、教示データは、射出対象の射出に関する情報（例えば、射出の有無）も含む。

[0051] 図 4 は、教示システム 1 0 0 のハードウェア構成を概略的に示したブロック図である。

[0052] 教示点生成装置 2 は、記憶部 2 1 及び処理部 2 2 を有している。

[0053] 記憶部 2 1 は、各種プログラム及び各種データを記憶する、コンピュータに読み取り可能な記憶媒体である。記憶部 2 1 は、ハードディスク等の磁気ディスク、CD (Compact Disc) 及びDVD (Digital Versatile Disc) 等の光ディスク、又は半導体メモリによって形成されている。尚、後述する記憶部 4 2 及び記憶部 5 2 も、記憶部 2 1 と同様に構成されている。記憶部 2 1 は、教示点と、教示点に基づいて作成された教示データとを記憶する。

[0054] 処理部 2 2 は、記憶部 2 1 に記憶された各種プログラムを読み出して実行することによって、教示点生成装置 2 の各種機能を実現する。処理部 2 2 は、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit) 及び／又はDSP (Digital Signal Processor) 等の各種プロセッサと、

V R A M (Video Random Access Memory)、R A M (Random Access Memory) 及び／又は R O M (Read Only Memory) 等の各種半導体メモリとを有している。尚、後述する処理部 4 3 及び処理部 5 3 も、処理部 2 2 と同様の構成である。

[0055] 操作器 3 の操作部 3 1 は、生成スイッチ 3 2 と、射出スイッチ 3 3 と、停止スイッチ 3 4 と、終了スイッチ 3 5 とを有している。生成スイッチ 3 2、射出スイッチ 3 3、停止スイッチ 3 4 及び終了スイッチ 3 5 は、それぞれ操作信号を出力する。

[0056] 生成スイッチ 3 2 は、教示点を生成するためのスイッチである。教示点生成装置 2 は、生成スイッチ 3 2 が操作されたときの仮想ロボット 8 1 に対応するロボット 1 のロボット座標系における位置及び姿勢を教示点として生成する。このとき、画像生成装置 4 は、生成スイッチ 3 2 が操作されたときの仮想ロボット 8 1 の位置及び姿勢を仮想教示点として生成する。そのため、生成スイッチ 3 2 は、仮想教示点を生成するためのスイッチとみなすこともできる。

[0057] 射出スイッチ 3 3 は、塗料の射出の実行を設定するためのスイッチである。V R 空間 8 0 において仮想ロボット 8 1 が塗料の射出を開始する位置に位置するときにユーザが射出スイッチ 3 3 を操作することによって、画像生成装置 4 は、そのときの仮想ロボット 8 1 の位置において塗料の射出の実行を設定する。

[0058] 停止スイッチ 3 4 は、塗料の射出の停止を設定するためのスイッチである。V R 空間 8 0 において仮想ロボット 8 1 が塗料の射出を停止する位置に位置するときにユーザが停止スイッチ 3 4 を操作することによって、画像生成装置 4 は、そのときの仮想ロボット 8 1 の位置において塗料の射出の停止を設定する。

[0059] 終了スイッチ 3 5 は、教示作業の終了するためのスイッチである。V R 空間 8 0 において仮想ロボット 8 1 が教示作業を終了する位置まで達したときにユーザが終了スイッチ 3 5 を操作することによって、画像生成装置 4 は、

そのときの仮想ロボット 8 1 の位置において教示作業の終了を設定する。

[0060] 表示器 5 は、表示部 5 1 と、記憶部 5 2 と、処理部 5 3 とを有している。

[0061] 表示部 5 1 は、例えば、液晶ディスプレイ又は有機 E L (electro-luminescence) ディスプレイである。表示部 5 1 は、右目用画像と左目用画像とを表示することができる。つまり、表示部 5 1 は、右目用画像及び左目用画像を含む 3 次元画像を表示する。

[0062] 記憶部 5 2 は、各種プログラム及び各種データを記憶する、コンピュータに読み取り可能な記憶媒体である。記憶部 5 2 は、半導体メモリ等によって形成されている。記憶部 5 2 は、V R 画像 8 を表示部 5 1 で表示するための各種機能をコンピュータ、即ち、処理部 5 3 に実現させるためのプログラム及び各種データが記憶されている。

[0063] 処理部 5 3 は、記憶部 5 2 に記憶された各種プログラムを読み出して実行することによって、表示器 5 の各部を統括的に制御すると共に、V R 画像 8 を表示部 5 1 に表示させるための各種機能を実現する。

[0064] 尚、表示器 5 は、ヘッドホン有していてもよい。ユーザは、ヘッドホンを介して、教示作業に必要な音声情報を聞くことができる。

[0065] 画像生成装置 4 は、入力部 4 1、記憶部 4 2 及び処理部 4 3 を有している。

[0066] 入力部 4 1 は、ユーザからの操作入力を受け付ける。入力部 4 1 は、操作入力に応じた入力信号を処理部 4 3 へ出力する。例えば、入力部 4 1 は、キーボード又はマウスである。入力部 4 1 は、後述する各種オブジェクトの表示及び非表示の設定、並びに、表示内容の各種設定を入力するために用いられる。

[0067] 記憶部 4 2 は、各種プログラム及び各種データを記憶する、コンピュータに読み取り可能な記憶媒体である。記憶部 4 2 は、教示プログラム 4 2 a、フィールド定義データ 4 2 b 及びオブジェクト定義データ 4 2 c を記憶している。

[0068] フィールド定義データ 4 2 b は、仮想ロボット 8 1 等が設置されるフィー

ルドを定義する。例えば、フィールド定義データ 4 2 b は、工場の床及び壁等を定義する。オブジェクト定義データ 4 2 c は、V R 空間 8 0 において仮想ロボット 8 1 の処理を実現するために必要なオブジェクトを定義する。例えば、仮想ロボット 8 1、第 1 仮想ワーク 8 4 a、第 2 仮想ワーク 8 4 b、仮想操作器 8 5 及び仮想設備等のオブジェクト定義データ 4 2 c が用意されている。例えば、フィールド定義データ 4 2 b 及びオブジェクト定義データ 4 2 c は、ロボット 1 等の実際の設計データに基づいて作成される。この場合、教示のために実際のワーク W を入手する必要がなく、ワーク W を入手する前に教示作業を実施することができる。尚、フィールド定義データ 4 2 b 及びオブジェクト定義データ 4 2 c は、ロボット 1 等を実測して得られた実測値に基づいて作成されてもよい。

[0069] 処理部 4 3 は、記憶部 4 2 に記憶された教示プログラム 4 2 a 等のプログラムを読み出して実行することによって、コンピュータとしての画像生成装置 4 に V R 画像 8 を生成するための各種機能を実現させる。

[0070] 図 5 は、画像生成装置 4 の機能的なブロック図である。図 6 は、教示点生成装置 2 の機能的なブロック図である。

[0071] 画像生成装置 4 は、機能ブロックとして、トラッキング制御部 4 4 と、画像生成部 4 5 と、動作生成部 4 6 と、生成処理部 4 7 とを有している。画像生成部 4 5 は、ツールに対応する仮想ツールとワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成する機能を有する。動作生成部 4 6 は、仮想ツールを動作させるための操作器へのユーザからの操作に応じて仮想ツールを仮想画像中で動作させて仮想ワークへの処理を実行させる機能を有する。生成処理部 4 7 は、仮想ロボットの仮想空間における位置に基づいてロボットの教示点を生成する機能を有する。

[0072] トラッキング制御部 4 4 は、操作器 3 及び表示器 5 の V R 空間 8 0 における位置及び姿勢をトラッキングシステム 6 の検出結果に基づいて演算する。トラッキング制御部 4 4 は、発光器 6 1 の照射情報、第 1 センサ 6 2 の検出結果及び第 2 センサ 6 3 の検出結果に基づいて、トラッキングに関する各種

演算処理を実行する。具体的には、トラッキング制御部44は、第1センサ62の検出結果及び発光器61の照射情報に基づいて実空間の操作座標系における操作器3の位置及び姿勢を求める。トラッキング制御部44は、第2センサ63の検出結果及び発光器61の照射情報に基づいて実空間の操作座標系における表示器5の位置及び姿勢を求める。

[0073] 画像生成部45は、VR画像8を生成する。画像生成部45は、フィールド定義データ42b及びオブジェクト定義データ42cを記憶部42から読み出し、VR空間80及び各種オブジェクトを生成する。VR空間80には、実空間におけるロボット座標系に対応するVR座標系が設定されている。画像生成部45は、VR座標系に基づいて、仮想ロボット81、第1仮想ワーク84a及び仮想設備等をVR空間80に配置する。画像生成部45は、VR座標系における仮想ロボット81と第1仮想ワーク84a及び仮想設備との相対的な位置関係を、ロボット座標系におけるロボット1とワークW及び設備との相対的な位置関係と一致させる。さらに、画像生成部45は、動作生成部46によって求められた動作に応じた仮想ロボット81を生成する。

[0074] そして、画像生成部45は、VR空間80において視線を設定し、視線に応じたVR画像8を生成する。詳しくは、画像生成部45は、トラッキング制御部44によって求められた操作座標系における表示器5の位置及び姿勢から、所定の座標対応関係に基づいて、VR空間80における表示器5の位置及び姿勢を求める。ここでの座標対応関係は、トラッキングシステム6の操作座標系とVR空間80のVR座標系との対応関係である。画像生成部45は、VR座標系における表示器5の位置をVR空間80におけるユーザの視線の位置（即ち、目の位置）に、VR座標系における表示器5の姿勢をVR空間80におけるユーザの視線の向きに設定する。画像生成部45は、設定された視線の位置及び向きに応じてVR画像8を生成する。画像生成部45は、生成されたVR画像8を表示器5へ出力する。

[0075] 動作生成部46は、トラッキング制御部44によって求められた実空間に

おける操作器 3 の位置及び姿勢に応じて、V R 空間 8 0 における仮想ロボット 8 1 の動作を生成する。動作生成部 4 6 は、操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢から、操作座標系と V R 座標系との座標対応関係に基づいて、V R 座標系における仮想操作器 8 5 の位置及び姿勢を求める。動作生成部 4 6 は、仮想操作器 8 5 の位置（詳しくは、第 2 仮想射出口 8 5 a の位置）から所定のオフセット方向へ所定のオフセット量だけずれた位置に仮想エンドエフェクタ 8 3 の位置（詳しくは、第 1 仮想射出口 8 3 a の位置）を設定する。動作生成部 4 6 は、仮想エンドエフェクタ 8 3 の姿勢を仮想操作器 8 5 の姿勢と一致させる。詳しくは、動作生成部 4 6 は、第 1 仮想射出軸 P 1 を第 2 仮想射出軸 P 2 と平行にする。こうして、仮想エンドエフェクタ 8 3 の位置及び姿勢が決定される。

[0076] それに加えて、動作生成部 4 6 は、V R 座標系とロボット座標系との座標対応関係に基づいて、V R 空間 8 0 における仮想エンドエフェクタ 8 3 の位置及び姿勢から実空間におけるエンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を求める。動作生成部 4 6 は、エンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を教示点生成装置 2 へ出力する。詳しくは後述するが、教示点生成装置 2 は、エンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を実現するための、ロボットアーム 1 1 の各関節 1 4 の回転角（即ち、各モータ 1 5 の回転角）を演算する。教示点生成装置 2 は、演算された各関節 1 4 の回転角を動作生成部 4 6 へ出力する。動作生成部 4 6 は、教示点生成装置 2 から入力された各関節 1 4 の回転角を実現するように仮想アーム 8 2 を生成する。

[0077] 動作生成部 4 6 は、このような処理を行うことによって、実空間における操作器 3 の位置及び姿勢に応じた位置及び姿勢に配置された仮想エンドエフェクタ 8 3 を有する仮想ロボット 8 1 を生成することができる。動作生成部 4 6 は、随時求められる実空間における操作器 3 の位置及び姿勢に応じて、仮想ロボット 8 1 を生成、即ち、更新することによって、仮想ロボット 8 1 を操作器 3 に連動して動作させることができる。

[0078] さらに、動作生成部 4 6 は、仮想ロボット 8 1 の動作範囲に動作制限を設

定している。仮想ロボット 8 1 が動作制限に達した場合には、動作生成部 4 6 は、仮想ロボット 8 1 が動作制限に達した旨を報知する。例えば、動作生成部 4 6 は、仮想ロボット 8 1 が動作制限に達した場合に警告信号を画像生成部 4 5 へ出力する。画像生成部 4 5 は、警告信号を受信すると、動作制限に達した旨の表示を行う。これによって、仮想ロボット 8 1 が動作制限に達した旨がユーザに報知される。動作制限は、例えば、仮想アーム 8 2 自体の動作制限と、仮想アーム 8 2 の周辺環境に起因する動作制限とを含む。仮想アーム 8 2 自体の動作制限は、仮想アーム 8 2 の関節の回転角の制限等であり、例えば、特異点である。仮想アーム 8 2 の関節の回転角の制限は、実空間のロボットアーム 1 1 の関節 1 4 の回転角の制限と同じである。仮想アーム 8 2 の周辺環境に起因する動作制限は、仮想アーム 8 2 と仮想設備との干渉による制限等である。仮想設備は、詳しくは後述するが、仮想支持装置 8 7、仮想ブース 8 8 及び仮想柵 8 9 等である。仮想ロボット 8 1 の動作制限は、関節 1 4 の回転角の限界及び設備との干渉に対してマージンを設けた上で設定されている。

[0079] 生成処理部 4 7 は、操作器 3 からの操作信号に基づいて、教示点を生成する生成指令を教示点生成装置 2 へ出力する。詳しくは、生成処理部 4 7 は、生成スイッチ 3 2 の操作信号を受信すると、そのときの操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢と共に教示点を生成させる生成指令を教示点生成装置 2 へ出力する。また、生成処理部 4 7 は、生成スイッチ 3 2 の操作信号を受信したときの、仮想エンドエフェクタ 8 3 の位置及び姿勢を仮想教示点として設定する。

[0080] それに加えて、生成処理部 4 7 は、操作器 3 からの操作信号に基づいて、塗料の射出の有無を設定する。詳しくは、生成処理部 4 7 は、射出スイッチ 3 3 の操作信号を受信すると、塗料の射出実行を設定する。一方、生成処理部 4 7 は、停止スイッチ 3 4 の操作信号を受信すると、塗料の射出停止を設定する。生成処理部 4 7 は、教示点生成装置 2 へ生成指令を出力する際に、塗料の射出情報（即ち、射出実行又は射出停止）を併せて出力する。

- [0081] さらに、生成処理部４７は、塗料の射出情報を画像生成部４５に出力する。画像生成部４５は、塗料の射出情報に従って、仮想エンドエフェクタ８３から射出される仮想的な塗料の表示の有無を切り替える。
- [0082] また、生成処理部４７は、終了スイッチ３５の操作信号を受信すると、教示作業を終了する終了処理を実行させる終了指令を教示点生成装置２へ出力する。
- [0083] 教示点生成装置２は、機能ブロックとして、回転角生成部２３と、教示点生成部２４と、教示データ生成部２５と、ロボット制御部２６とを有する。
- [0084] 回転角生成部２３は、動作生成部４６から入力された、実空間におけるエンドエフェクタ１２の位置及び姿勢を実現するための、ロボットアーム１１の各関節１４の回転角（即ち、各モータ１５の回転角）を演算する。ロボットアーム１１の各リンク１３の長さは既知であるため、各関節１４の角度が決まると、ロボット１の位置及び姿勢、即ち、エンドエフェクタ１２の位置及び姿勢が一義的に決まる。そのため、回転角生成部２３は、エンドエフェクタ１２の位置及び姿勢が与えられると、各リンク１３の長さに基づいて、各関節１４の回転角を求めることができる。回転角生成部２３は、求められた各関節１４の回転角を記憶部２１に保存すると共に、動作生成部４６へ出力する。
- [0085] 教示点生成部２４は、教示点を生成する。教示点生成部２４は、教示点の生成指令と共に入力される操作座標系における操作器３の位置及び姿勢に基づいてロボット座標系におけるエンドエフェクタ１２の位置及び姿勢を教示点として求める。この例では、ＶＲ画像８において仮想エンドエフェクタ８３が仮想操作器８５に対してオフセットした位置に配置されているので、教示点生成部２４は、操作座標系における操作器３の位置及び姿勢をロボット座標系へ変換した位置及び姿勢から同様にオフセットさせた位置及び姿勢をロボット座標系におけるエンドエフェクタ１２の位置及び姿勢とする。教示点生成部２４は、生成された教示点を記憶部２１に保存する。このとき、教示点生成部２４は、塗料の射出情報も教示点と併せて記憶部２１に保存する。

。教示点生成部 24 は、生成指令が入力されるたびに、教示点及び塗料の射出情報を記憶部 21 に保存する。記憶部 21 には、教示点及び塗料の射出情報が蓄積される。

[0086] 教示データ生成部 25 は、教示点生成部 24 によって生成された教示点に基づいて教示データを生成する。教示データ生成部 25 は、生成処理部 47 からの終了指令を受信すると、教示作業を終了させる終了処理の 1 つとして教示データの生成を行う。

[0087] 教示データ生成部 25 は、生成された複数の教示点を記憶部 21 から読み出す。さらに、教示データ生成部 25 は、複数の教示点のそれぞれに対応する、ロボットアーム 11 の複数の関節 14 の回転角、並びに、塗料の射出情報を記憶部 21 から読み出す。こうして、教示データ生成部 25 は、教示データを生成する。教示データは、複数の関節 14 の回転角の複数のセットと、複数のセットの時系列の情報と、セットごとの塗料の噴射情報（噴射実行又は噴射停止）とを含んでいる。

[0088] ロボット制御部 26 は、教示データに基づいてロボット 1 を制御して、実空間においてロボット 1 を動作させる。ロボット制御部 26 は、教示データが生成された後の処理を行うものであり、教示データの生成には直接的には寄与しない。具体的には、ロボット制御部 26 は、ロボット 1 の自動運転を実行する。例えば、ユーザが教示点生成装置 2 を操作することによってロボット 1 の自動運転の指令がロボット制御部 26 へ入力される。ロボット制御部 26 は、教示データに基づいてロボット 1 を制御する。詳しくは、ロボット制御部 26 は、複数の関節 14 の回転角を実現するための対応するモータ 15 の回転角を演算し、演算された回転角に対応する電流を各モータ 15 へ供給する。ロボット制御部 26 は、教示データに含まれる塗料の射出情報に応じて、エンドエフェクタ 12 も制御する。具体的には、塗料の噴射が実行に設定されている場合には、ロボット制御部 26 は、エンドエフェクタ 12 からの塗料の噴射を実行させる。一方、塗料の噴射が停止に設定されている場合には、ロボット制御部 26 は、エンドエフェクタ 12 からの塗料の噴射

を停止させる。

[0089] こうすることで、ロボット 1 は、生成された複数の教示点を通過する軌跡を描きながら移動し、その間の特定の区間で塗料を噴射する。その結果、ワーク W に塗装が実行される。

[0090] 教示システム 100 を用いた教示作業は、頭部に表示器 5 が装着されたユーザが表示器 5 に表示された VR 画像 8 を見ながら操作器 3 を操作することによって行われる。この例では、教示システム 100 は、第 1 教示モードと第 2 教示モードとを切替可能に構成されている。第 1 教示モードは、仮想ロボット 81 の可動範囲内に存在するユーザから見た VR 画像 8 を表示しながら教示作業を行うモードである。第 2 教示モードは、仮想ロボット 81 の可動範囲外に存在するユーザから見た VR 画像 8 を表示しながら教示作業を行うモードである。第 1 教示モードと第 2 教示モードとの切り替えは、例えば、ユーザが入力部 41 を介して行う。

[0091] 第 1 教示モードと第 2 教示モードとでは、トラッキングシステム 6 の操作座標系と VR 空間 80 の VR 座標系との対応関係が異なる。つまり、トラッキングシステム 6 の操作座標系と VR 空間 80 の VR 座標系との対応関係には、第 1 教示モード用の第 1 対応関係と第 2 教示モード用の第 2 対応関係とが含まれている。第 1 対応関係によれば、トラッキングシステム 6 の動作エリアが仮想柵 89 の内側の第 1 領域 80 a に対応付けられる。第 2 対応関係によれば、トラッキングシステム 6 の動作エリアが仮想柵 89 の外側の第 2 領域 80 b に対応付けられる。つまり、第 1 教示モードでは、実空間においてトラッキングシステム 6 の動作エリアで動作するユーザは、VR 空間 80 において第 1 領域 80 a である、仮想柵 89 の内側で動作することになる。一方、第 2 教示モードでは、実空間においてトラッキングシステム 6 の動作エリアで動作するユーザは、VR 空間 80 において第 2 領域 80 b である、仮想柵 89 の外側で動作することになる。画像生成装置 4 は、第 1 対応関係と第 2 対応関係とを切り替えることによって、第 1 教示モード用の VR 画像 8 と第 2 教示モード用の VR 画像 8 とを切り替える。

- [0092] まず、第1教示モードについて説明する。図7は、第1教示モードのフローチャートである。図8は、第1教示モードにおいて塗装開始時におけるVR画像8の一例である。図9は、第1教示モードにおける塗装中のVR画像8の一例である。
- [0093] 第1教示モードの教示作業が開始されると、ステップS101において、トラッキングシステム6は、トラッキングを開始する。すなわち、トラッキングシステム6は、実空間における操作器3及び表示器5の位置及び姿勢の検出及び追跡を開始する。
- [0094] トラッキングシステム6によるトラッキングの開始後、ステップS102において、画像生成装置4は、VR画像8を生成する。表示器5は、生成されたVR画像8を表示する。第1教示モードでは、画像生成装置4は、第1領域80aに存在するユーザから見たVR画像8を生成する。例えば、図3のVR画像8は、第1教示モードにおけるVR画像8である。
- [0095] 具体的には、画像生成部45は、フィールド定義データ42b及びオブジェクト定義データ42cを記憶部42から読み出し、VR空間80及び仮想ロボット81等を生成する。第1教示モードでは、第2仮想ワーク84bは、第1領域80aであって、第1仮想ワーク84aの近傍に配置される。
- [0096] 動作生成部46は、操作器3の位置及び姿勢に応じた仮想ロボット81の動作を生成する。このとき、画像生成部45及び動作生成部46は、第1教示モード用の第1対応関係を用いて、トラッキングシステム6の操作座標系の操作器3及び表示器5の位置及び姿勢をVR空間80のVR座標系の位置及び姿勢に変換する。画像生成部45は、動作生成部46によって生成された動作を仮想ロボット81にさせると共に、表示器5の位置及び姿勢に応じた視線のVR画像8を生成する。
- [0097] ユーザは、表示器5に表示されたVR画像8を見ながら操作器3を操作することによって、VR画像8内の仮想ロボット81を動作させることができる。ユーザがVR空間80において第2仮想ワーク84bに対して仮想操作器85によって塗装を実行しようとする、ユーザは第1領域80aに位置

することになる。第1教示モードでは、ユーザは、第1領域80aに配置されるので、仮想ロボット81に接近した位置で仮想エンドエフェクタ83及び第1仮想ワーク84aの状態を観察しながら教示作業を行うことができる。第1教示モードは、接近教示モードと言い替えることもできる。

[0098] ステップS102は、ツールに対応する仮想ツールとワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成すること、仮想画像を表示すること、及び、仮想ツールを動作させるための操作器へのユーザからの操作に応じて仮想ツールを仮想画像中で動作させて仮想ワークへの処理を実行させることに相当する。

[0099] 動作生成部46は、ステップS103において、仮想ロボット81が動作制限に達したか否かを判定する。仮想ロボット81が動作制限に達した場合には、ステップS104において警告が行われる。例えば、画像生成部45は、仮想ロボット81が動作制限に達した旨の警告をVR画像8中に表示する。仮想ロボット81の動作が動作制限内になるまで、ステップS103、S104が繰り返される。

[0100] つまり、ユーザが操作器3を操作して仮想ロボット81を動作させる際に、仮想ロボット81の動作範囲に実際のロボット1と同様の動作制限がかけられている。実空間におけるロボット1は、関節14の回転角の限界、及び、ロボットアーム11と安全柵又は塗装ブース等との干渉等による動作制限がある。こうすることで、仮想ロボット81が実空間では実現できないような動作を行うことを防止することができる。

[0101] 仮想ロボット81が動作制限に達していない場合には、ステップS105において、画像生成装置4は、教示点の生成指示を受けたか否かを判定する。具体的には、生成処理部47は、操作器3から生成スイッチ32の操作信号を受信したか否かを判定する。生成処理部47が生成スイッチ32の操作信号を受信していない場合には、処理は、ステップS103に戻る。つまり、動作制限の監視と教示点の生成指示の判定とが繰り返される。

[0102] 例えば、仮想ロボット81が所望の教示点に位置するとき、ユーザは生

成スイッチ 32 を操作する。生成処理部 47 が生成スイッチ 32 の操作信号を受信した場合には、ステップ S106 において、教示点生成装置 2 が教示点を生成する。具体的には、生成処理部 47 は、生成スイッチ 32 の操作信号を受信すると、生成指令を教示点生成装置 2 へ出力する。一方、教示点生成装置 2 は、仮想エンドエフェクタ 83 の位置及び姿勢に対応する実空間におけるエンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢を画像生成装置 4 から随時受信して、複数の関節 14 の回転角を演算している。教示点生成部 24 は、生成指令を受信したときの直近のエンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢を教示点として生成し、記憶部 21 に保存する。教示点生成部 24 は、教示点として生成されたエンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢に対応する複数の関節 14 の回転角も記憶部 21 に保存する。このとき、生成処理部 47 は、生成スイッチ 32 の操作信号を受信したときの VR 座標系における仮想エンドエフェクタ 83 の位置及び姿勢を仮想教示点とする。

[0103] 教示点が生成された場合、画像生成装置 4 は、図 3 に示すように、VR 画像 8 に仮想教示点 92 を表示する。具体的には、画像生成部 45 は、生成処理部 47 によって生成された仮想教示点 92 を VR 空間 80 に配置した VR 画像 8 を生成する。さらに、画像生成部 45 は、複数の仮想教示点 92 を時系列に結ぶ軌跡 93 を表示する。すなわち、画像生成部 45 は、時間経過に伴って順次生成された複数の仮想教示点のうちで、直近の所定個数の仮想教示点を VR 空間 80 に配置する。

[0104] 教示点が生成されるとき、生成処理部 47 は、ステップ S107 において、塗装の実行及び停止を判定する。具体的には、生成処理部 47 は、射出スイッチ 33 の操作信号及び停止スイッチ 34 の操作信号の有無を判定する。生成処理部 47 は、射出スイッチ 33 の操作信号を受信している場合には、塗装の実行を設定する。一方、生成処理部 47 は、停止スイッチ 34 の操作信号を受信している場合には、塗装の停止を設定する。生成処理部 47 は、塗装設定を教示点生成装置 2 及び画像生成部 45 へ出力する。教示点生成装置 2 の教示点生成部 24 は、塗装設定を教示点と紐づけて、記憶部 21 に保

存する。

[0105] 画像生成部45は、塗装設定に応じて、仮想エンドエフェクタ83及び仮想操作器85からの仮想的な塗料の表示の有無を切り替える。具体的には、塗装の実行が設定されている場合には、画像生成部45は、ステップS108において、仮想エンドエフェクタ83から射出される第1仮想塗料86a及び仮想操作器85から射出される第2仮想塗料86bを表示する。一方、塗装の停止が設定されている場合には、画像生成部45は、ステップS109において、仮想エンドエフェクタ83から射出される第1仮想塗料86a及び仮想操作器85から射出される第2仮想塗料86bを非表示にする。

[0106] 例えば、図8に示すように、仮想エンドエフェクタ83が第1仮想ワーク84aの近傍の塗料の射出開始位置まで移動したときに、ユーザは、生成スイッチ32及び射出スイッチ33を操作する。すると、画像生成部45は、VR画像8において、仮想教示点92を表示すると共に、第1仮想塗料86a及び第2仮想塗料86bを表示する。

[0107] 第1仮想塗料86aは、エンドエフェクタ12から射出される塗料に対応している。第1仮想塗料86aは、第1仮想射出口83aから射出される。第1仮想塗料86aは、第1仮想射出軸P1を中心軸として円錐状の外形を有している。第1仮想塗料86aの外形は、実空間における塗料の射出範囲（例えば、塗料が有効に射出され得る範囲）に対応する仮想射出範囲を表している。第1仮想塗料86aは、仮想射出対象の一例である。

[0108] 第2仮想塗料86bは、第2仮想射出口85aから射出される。第2仮想塗料86bは、第2仮想射出軸P2を中心軸として円錐状の外形を有している。第2仮想塗料86bの外形は、第1仮想塗料86aの外形と同じである。つまり、第2仮想塗料86bの外形は、実空間における塗料の射出範囲に対応する仮想射出範囲を表している。

[0109] さらに、画像生成部45は、塗装を実行する場合には、第1仮想ワーク84aのうち塗装が施された部分に第1塗膜91aを表示する。第1塗膜91aは、第1仮想ワーク84aの表面と異なる色によって表示されている。同

様に、画像生成部４５は、第２仮想ワーク８４ｂのうち塗装が施された部分に第２塗膜９１ｂを表示する。第２塗膜９１ｂは、第２仮想ワーク８４ｂの表面と異なる色によって表示されている。第１塗膜９１ａ及び第２塗膜９１ｂは、処理後、即ち、塗装後であることを示す表示の一例である。

[0110] 第１教示モードのフローの説明に戻ると、画像生成装置４は、ステップＳ１１０において、教示作業の終了指示があったか否かを判定する。具体的には、画像生成装置４は、終了スイッチ３５の操作信号を受信したか否かを判定する。画像生成装置４は、終了スイッチ３５の操作信号を受信していない場合には、処理は、ステップＳ１０３に戻る。つまり、動作制限の監視からの処理が繰り返され、教示点の生成が継続される。

[0111] ユーザは、図９に示すように、仮想エンドエフェクタ８３による第１仮想ワーク８４ａの塗装、及び、仮想操作器８５による第２仮想ワーク８４ｂの塗装を継続しながら、教示点を生成していく。

[0112] このとき、画像生成部４５は、第１塗膜９１ａが重なっている部分を判別可能に表示する。この例では、第１塗膜９１ａが重なっている重複部分９１ｃは、それ以外の部分と色分けして表示される。同様に、第２塗膜９１ｂが重なっている重複部分９１ｄは、それ以外の部分と色分けして表示される。第１塗膜９１ａ及び重複部分９１ｃ等の表示によって、ユーザは、塗装の適否を判断しながら教示点の生成を行うことができる。

[0113] 教示点の生成が終了すると、ユーザは、終了スイッチ３５を操作する。画像生成装置４が終了スイッチ３５の操作信号を受信した場合には、生成処理部４７は、終了指令を教示点生成装置２へ出力する。教示点生成装置２は、ステップＳ１１１において、教示データを生成する。具体的には、教示データ生成部２５は、記憶部２１に記憶された複数の教示点等に基づいて教示データを作成し、作成された教示データを記憶部２１に保存する。これにより、第１教示モードによる教示作業が終了する。

[0114] 尚、教示点の生成が開始されてから終了するまでの間に、生成された教示点をリセットする処理が実行されてもよい。この処理が実行されると、教示

点の生成が最初からやり直される。つまり、記憶部 21 に保存されている教示点がリセットされ、ステップ S103 の処理から再開される。

[0115] このように、ユーザは、VR 画像 8 を見ながら操作器 3 を操作して仮想ロボット 81 を動作させる。第 1 教示モードでは、ユーザの視線が第 1 領域 80a に配置されるので、図 3 等に応示するように、仮想エンドエフェクタ 83 に接近した VR 画像 8 が生成され得る。そのため、仮想エンドエフェクタ 83 を近くで確認しながら教示を行うことができる。VR 画像 8 であるので、ユーザは、ユーザと仮想ロボット 81 との干渉を心配することなく、仮想エンドエフェクタ 83 に近づくことができる。例えば、ユーザは、仮想アーム 82 と干渉する位置から仮想エンドエフェクタ 83 等を見ながら教示点を生成することもできる。

[0116] ここで、画像生成部 45 は、ユーザによる設定に応じて、各種オブジェクトの表示及び非表示を切り替えると共に、表示内容を調整する。具体的には、画像生成部 45 は、仮想アーム 82、第 2 仮想ワーク 84b、仮想操作器 85、第 1 仮想塗料 86a、第 2 仮想塗料 86b、第 1 仮想射出軸 P1、第 2 仮想射出軸 P2、仮想支持装置 87、仮想ブース 88、仮想柵 89、仮想教示点 92 及び軌跡 93 等の表示及び非表示を個別に切替可能に構成されている。表示及び非表示の切り替え、並びに、表示内容は、ユーザが入力部 41 を介して設定することができる。

[0117] 図 10 は、第 1 教示モードの VR 画像 8 の別の例である。図 10 の VR 画像 8 では、仮想アーム 82 が非表示となっている。このように、画像生成装置 4 は、仮想アーム 82 の表示及び非表示を切り替えることができる。仮想アーム 82 を表示することによって、仮想エンドエフェクタ 83 だけでなく仮想アーム 82 の状況も確認しながら教示点を生成することができる。一方、仮想アーム 82 を非表示とすることによって、仮想エンドエフェクタ 83 の状況を確認しやすくなる。これにより、仮想アーム 82 によって隠れていた部分も確認することができるようになる。

[0118] また、図 10 の VR 画像 8 では、仮想操作器 85 が仮想エンドエフェクタ

８３に重畳して表示され、第２仮想ワーク８４ｂ、第２仮想塗料８６ｂ及び第２仮想射出軸Ｐ２が非表示となっている。このとき、仮想操作器８５に対する仮想エンドエフェクタ８３のオフセット量が０に設定されている。画像生成部４５は、ＶＲ空間８０における仮想操作器８５の位置に仮想エンドエフェクタ８３を表示する。尚、画像生成部４５は、仮想操作器８５を完全に非表示として、仮想エンドエフェクタ８３だけを表示してもよい。オフセット量が０の場合、ＶＲ画像８は、ユーザが仮想エンドエフェクタ８３を把持して動かしているような画像となる。図１０の例では、仮想アーム８２が非表示となっているが、仮想アーム８２を表示しつつ、仮想エンドエフェクタ８３を仮想操作器８５に重畳させてもよい。

[0119] 尚、仮想操作器８５に対する仮想エンドエフェクタ８３のオフセット量は、０だけでなく、任意の値に設定することができる。また、オフセット方向も任意の方向に設定することができる。オフセット方向及びオフセット量は、入力部４１を介してユーザによって設定される。画像生成部４５は、設定されたオフセット方向及びオフセット量に基づいて、仮想操作器８５を基準に仮想エンドエフェクタ８３を配置する。

[0120] 表示内容に関しては、画像生成部４５は、例えば第１仮想塗料８６ａの外形（例えば、拡がりの角度等）を変更し得る。図１０の例では、図８等の例に比べて、第１仮想塗料８６ａの拡がり角度が狭くなり、且つ、第１仮想塗料８６ａの第１仮想射出軸Ｐ１の方向の寸法が長くなっている。第２仮想塗料８６ｂが表示されている場合には、第２仮想塗料８６ｂも第１仮想塗料８６ａと同様に変更され得る。

[0121] また、画像生成部４５は、仮想教示点９２の表示態様を変更することができる。例えば、画像生成部４５は、全ての仮想教示点９２を表示させるモードと、直近の有限個の仮想教示点９２を表示させるモードとを切替可能に構成されている。有限個の仮想教示点９２が表示される場合、表示される仮想教示点９２の個数を変更することができる。図１０の例では、表示される仮想教示点９２の個数は、直近の２個となっている。尚、画像生成部４５は、

軌跡 93 を非表示とすることもできる。

[0122] 続いて、第 2 教示モードについて説明する。図 11 は、第 2 教示モードのフローチャートである。図 12 は、第 2 教示モードにおける VR 空間 80 の一例である。図 13 は、第 2 教示モードにおける VR 画像 8 の一例である。

[0123] 第 2 教示モードの教示作業が開始されると、ステップ S201 において、トラッキングシステム 6 は、トラッキングを開始する。すなわち、トラッキングシステム 6 は、実空間における操作器 3 及び表示器 5 の位置及び姿勢の検出及び追跡を開始する。

[0124] トラッキングシステム 6 によるトラッキングの開始後、ステップ S202 において、画像生成装置 4 は、VR 画像 8 を生成する。表示器 5 は、生成された VR 画像 8 を表示する。第 2 教示モードでは、画像生成装置 4 は、第 2 領域 80b に存在するユーザから見た VR 画像 8 を生成する。

[0125] 具体的には、画像生成部 45 は、フィールド定義データ 42b 及びオブジェクト定義データ 42c を記憶部 42 から読み出し、VR 空間 80 及び仮想ロボット 81 等を生成する。第 2 教示モードでは、図 12 に示すように、第 2 仮想ワーク 84b は、第 2 領域 80b に配置される。

[0126] 動作生成部 46 は、操作器 3 の位置及び姿勢に応じた仮想ロボット 81 の動作を生成する。このとき、画像生成部 45 及び動作生成部 46 は、第 2 教示モード用の第 2 対応関係を用いて、トラッキングシステム 6 の操作座標系の操作器 3 及び表示器 5 の位置及び姿勢を VR 空間 80 の VR 座標系の位置及び姿勢に変換する。画像生成部 45 は、動作生成部 46 によって生成された動作を仮想ロボット 81 にさせると共に、表示器 5 の位置及び姿勢に応じた視線の VR 画像 8 を生成する。

[0127] ユーザは、表示器 5 に表示された VR 画像 8 を見ながら操作器 3 を操作することによって、VR 画像 8 内の仮想ロボット 81 を動作させることができる。第 2 教示モードでは、図 13 に示すように、ユーザは、第 2 領域 80b において第 2 仮想ワーク 84b に対して仮想操作器 85 によって塗装を実行しながら教示点を生成する。ユーザは、第 2 領域 80b に位置するので、仮

想ロボット 8 1 から離れた位置で仮想ロボット 8 1 の全体の状態を観察しながら教示作業を行うことができる。第 2 教示モードは、遠隔教示モードと言い替えることもできる。

[0128] 第 2 教示モードでは、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 及び第 1 仮想ワーク 8 4 a から離れている。しかし、第 2 教示モードにおいても、第 1 教示モードと同様に、第 2 仮想ワーク 8 4 b と仮想操作器 8 5 との相対的な位置関係は、第 1 仮想ワーク 8 4 a と仮想エンドエフェクタ 8 3 との相対的な位置関係と一致している。そのため、ユーザは、第 2 仮想ワーク 8 4 b と仮想操作器 8 5 との相対的な位置関係を確認することによって、実質的に第 1 仮想ワーク 8 4 a と仮想エンドエフェクタ 8 3 との相対的な位置関係を確認することができる。つまり、第 2 教示モードにおいては、仮想ロボット 8 1 の全体の動作を確認しつつ、仮想エンドエフェクタ 8 3 の動作も実質的に確認しながら、教示点を生成することができる。

[0129] ステップ S 2 0 2 は、ツールに対応する仮想ツールとワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成すること、仮想画像を表示すること、及び、仮想ツールを動作させるための操作器へのユーザからの操作に応じて仮想ツールを仮想画像中で動作させて仮想ワークへの処理を実行させることに相当する。

[0130] 尚、第 2 教示モードにおけるステップ S 2 0 3 以降の処理は、基本的には、第 1 教示モードにおけるステップ S 1 0 3 以降の処理と同じである。ただし、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 から離れているので、第 1 仮想射出軸 P 1、第 1 仮想塗料 8 6 a、第 1 塗膜 9 1 a、重複部分 9 1 c、仮想教示点 9 2 及び軌跡 9 3 の表示が省略されてもよい。

[0131] さらに、教示システム 1 0 0 の画像生成装置 4 は、教示点に応じて仮想ロボット 8 1 が動作する V R 画像 8 を表示する再生モードを有している。再生モードへの切り替えは、例えば、ユーザが入力部 4 1 を介して行う。再生モードは、例えば、教示データを確認する場合に実行される。再生モードでは、教示点の生成及び教示データの生成は行われない。再生モードは、例えば

、ユーザの頭部に表示器 5 が装着された状態で行われる。図 14 は、再生モードのフローチャートである。

[0132] 再生モードの教示作業が開始されると、ステップ S 301 において、トラッキングシステム 6 は、トラッキングを開始する。このとき、トラッキングシステム 6 は、実空間における表示器 5 の位置及び姿勢の検出及び追跡を開始する。第 1 教示モード及び第 2 教示モードと異なり、トラッキングシステム 6 は、操作器 3 の位置及び姿勢の検出及び追跡を行わない。

[0133] 画像生成装置 4 は、ステップ S 302 において、教示点生成装置 2 の記憶部 21 から教示データを取得する。

[0134] さらに、画像生成装置 4 は、ステップ S 303 において、VR 画像 8 を生成する。表示器 5 は、生成された VR 画像 8 を表示する。具体的には、画像生成部 45 は、フィールド定義データ及びオブジェクト定義データを記憶部 42 から読み出し、VR 空間 80 及び仮想ロボット 81 等を生成する。再生モードでは、第 2 仮想ワーク 84b 及び仮想操作器 85 は、生成されない。動作生成部 46 は、仮想ロボット 81 を教示データに従って動作させる。画像生成部 45 は、基本的には、第 2 領域 80b に存在するユーザから見た VR 画像 8 を生成する。つまり、画像生成部 45 は、第 2 教示モード用の第 2 対応関係を用いて、トラッキングシステム 6 の操作座標系の表示器 5 の位置及び姿勢を VR 空間 80 の VR 座標系の位置及び姿勢に変換する。画像生成部 45 は、表示器 5 の位置及び姿勢に応じた視線の VR 画像 8 を生成する。

[0135] 再生モードでは、仮想ロボット 81 の全体が画角に入った VR 画像 8 が形成され易くなる。ユーザは、表示器 5 に表示される仮想ロボット 81 の動作を確認することで、教示データを確認することができる。再生モードにおいても、表示器 5 がトラッキングされ、表示器 5 の位置及び姿勢に応じた VR 画像 8 が生成されるので、ユーザは、所望の位置及び所望の角度から仮想ロボット 81 の動作を確認することができる。

[0136] 尚、再生モードでは、仮想ロボット 81 の動作を確認しやすくするために、仮想設備等を非表示とすることもできる。例えば、仮想ブース 88 及び仮

想柵 8 9 等を非表示としてもよい。各種オブジェクト等の表示及び非表示は、入力部 4 1 を介してユーザに設定され得る。

[0137] また、再生モードにおけるユーザの位置は、変更可能である。例えば、画像生成装置 4 は、第 1 教示モードと同様のユーザの位置からの VR 画像 8 を生成してもよい。つまり、画像生成部 4 5 は、第 1 教示モード用の第 1 対応関係を用いて、トラッキングシステム 6 の操作座標系の表示器 5 の位置及び姿勢を VR 空間 8 0 の VR 座標系の位置及び姿勢に変換する。あるいは、画像生成部 4 5 は、第 1 教示モード及び第 2 教示モードと異なる再生モード専用の対応関係を用いて、トラッキングシステム 6 の操作座標系の表示器 5 の位置及び姿勢を VR 空間 8 0 の VR 座標系の位置及び姿勢に変換してもよい。

[0138] さらに、再生モードにおける仮想ロボット 8 1 の動作速度は、変更可能であってもよい。再生モードにおける仮想ロボット 8 1 の動作速度は、実際に教示データに従って動作するロボット 1 の速度である通常速度と、通常速度よりも速い速度（即ち、高速）と、通常速度よりも遅い速度（即ち、低速）とに変更可能であってもよい。

[0139] このように構成された教示システム 1 0 0 においては、VR 画像 8 に、仮想エンドエフェクタ 8 3 と、仮想エンドエフェクタ 8 3 が処理を行う第 1 仮想ワーク 8 4 a との両者が表示されているので、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 と第 1 仮想ワーク 8 4 a との相対的な位置関係を確認しながら教示点を生成することができる。実空間でのロボット 1 の動作を確認しながら教示点を生成する場合と異なり、ユーザは、表示器 5 の VR 画像 8 を確認しながら教示点を生成するので、実際のロボット 1 とユーザとの干渉を気にする必要がない。したがってユーザは、教示点を生成する際にロボット 1 の位置及び動きが適切かどうかを容易に判断できる。例えば、ロボット 1 の処理が射出対象をワーク W へ射出する処理の場合は、射出口 1 6 からワーク W までの距離及びワーク W に対す射出口 1 6 の向き（即ち、射出方向）が、処理の品質に影響する場合がある。ワーク W の表面が平面でない場合には、射出

口 1 6 からの距離及び射出口 1 6 の向きの影響が特に大きい。教示システム 1 0 0 によれば、仮想エンドエフェクタ 8 3 の第 1 仮想射出口 8 3 a からワーク W までの距離及び第 1 仮想射出口 8 3 a の向きを VR 画像 8 において容易に確認することができる。

[0140] さらに、VR 画像 8 では、仮想エンドエフェクタ 8 3 が第 1 仮想ワーク 8 4 a へ処理、即ち、塗装を実行している。これにより、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 による処理の状況を確認しながら教示点を生成することができる。

[0141] 具体的には、第 1 仮想ワーク 8 4 a のうち塗装が施された部分には、第 1 塗膜 9 1 a が付されている。これにより、ユーザは、未処理の部分が発生しないように教示点を生成することができる。さらに、第 1 塗膜 9 1 a が重なっている重複部分 9 1 c を他の部分と判別可能に表示されている。これにより、ユーザは、処理のムラを低減するように教示点を生成することができる。

[0142] それに加えて、VR 画像 8 では、仮想エンドエフェクタ 8 3 からの射出対象としての第 1 仮想塗料 8 6 a が表示されている。第 1 仮想塗料 8 6 a が表示されることによって、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 と第 1 仮想ワーク 8 4 a との相対的な位置関係の適否を判断しやすくなる。このことは、塗装のように、仮想エンドエフェクタ 8 3 と第 1 仮想ワーク 8 4 a とが非接触で行われる処理に特に有効である。

[0143] ここで、仮想操作器 8 5 から第 2 仮想塗料 8 6 b が射出され、第 2 仮想ワーク 8 4 b に対して塗装が実行されるので、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 及び第 1 仮想ワーク 8 4 a を見なくても、仮想エンドエフェクタ 8 3 及び第 1 仮想ワーク 8 4 a の状態を把握することができる。第 2 教示モードのように、ユーザが第 1 仮想ワーク 8 4 a 及び仮想エンドエフェクタ 8 3 から離れている場合には、仮想操作器 8 5 による第 2 仮想ワーク 8 4 b の塗装が特に有効である。第 1 教示モードであっても、第 2 仮想ワーク 8 4 b が第 1 仮想ワーク 8 4 a から離れている場合には、仮想操作器 8 5 による第 2

仮想ワーク 84b の塗装が有効である。

[0144] また、VR 画像 8 では、ロボット 1 の周囲に存在する設備に対応する仮想設備が表示されている。具体的には、VR 画像 8 には、仮想支持装置 87 等が表示されている。ユーザは、仮想ロボット 81 が仮想設備と干渉しないように教示点を生成することによって、実空間のロボット 1 と周囲の設備との干渉も回避することができる。

[0145] さらに、画像生成装置 4 は、仮想ロボット 81 の動作範囲に動作制限を設定し、仮想ロボット 81 が動作制限に達した場合にはその旨を報知、即ち、警告する。VR 画像 8 においては、実空間と異なり、仮想ロボット 81 を自由に動作させることができる。実空間ではロボット 1 が不可能な動作まで、仮想ロボット 81 は実現することができてしまう。そのため、仮想ロボット 81 の動作範囲に動作制限を設定することによって、実空間ではロボット 1 が不可能な動作を仮想ロボット 81 にさせることを防止することができる。

[0146] 仮想ロボット 81 は、実空間における操作器 3 の動作に連動する動作を行う。つまり、実空間における操作器 3 の動作は、トラッキングシステム 6 によってトラッキングされている。仮想エンドエフェクタ 83 は、操作器 3 のトラッキング結果に基づいて、操作器 3 の動作に連動して動作させられる。そのため、ユーザは、自身の手を動かすのと同様の感覚で仮想エンドエフェクタ 83 を動作させることができる。これにより、ユーザは、精細で且つ意図通りに仮想エンドエフェクタ 83 を動作させながら教示点を生成していくことができる。例えば、ティーチペンダントを用いた教示の場合は、ティーチペンダントの操作には習熟性が必要となる。それに対し、実空間における操作器 3 の動作に仮想ロボット 81 を連動させることによって、教示点の指示を直感的に行うことができ、高い習熟性が要求されない。その結果、教示点の生成を容易に行うことができる。

[0147] この例では、VR 画像 8 に仮想操作器 85 がさらに表示される。ユーザが操作する操作器 3 に対応する仮想操作器 85 が VR 画像 8 に表示されるので、手の感覚と視覚とが一致し、操作器 3 の操作、ひいては、仮想エンドエフ

エクタ 8 3 の操作が容易になる。

[0148] また、第 1 教示モードの V R 画像 8 では、仮想操作器 8 5 が仮想ロボット 8 1 に対して所定量だけオフセットした位置に配置されている。具体的には、仮想エンドエフェクタ 8 3 が仮想操作器 8 5 からずれた位置に配置されるので、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 の状態を確認しやすくなる。

[0149] さらに、V R 画像 8 では、仮想操作器 8 5 に対応する第 2 仮想ワーク 8 4 b が表示され、仮想操作器 8 5 と第 2 仮想ワーク 8 4 b との相対的な位置関係は、仮想エンドエフェクタ 8 3 と第 1 仮想ワーク 8 4 a との相対的な位置関係と一致している。そのため、仮想操作器 8 5 が第 2 仮想ワーク 8 4 b を塗装すると、仮想エンドエフェクタ 8 3 は、第 1 仮想塗料 8 6 a のうち第 2 仮想ワーク 8 4 b の塗装位置と同じ位置を塗装する。つまり、ユーザが V R 画像 8 において仮想操作器 8 5 及び第 2 仮想ワーク 8 4 b を見ながら第 2 仮想ワーク 8 4 b を塗装すると、仮想エンドエフェクタ 8 3 が第 1 仮想ワーク 8 4 a を同じように塗装する。ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 を見なくても、仮想操作器 8 5 及び第 2 仮想ワーク 8 4 b を見ながら教示点を生成することができる。一方で、ユーザは、仮想操作器 8 5 によって第 2 仮想ワーク 8 4 b を塗装しながら、仮想エンドエフェクタ 8 3 の方を見ることによって、仮想エンドエフェクタ 8 3 の状況も確認することができる。これにより、ユーザは、仮想操作器 8 5 とは異なる角度で仮想エンドエフェクタ 8 3 の状況を確認することができる。

[0150] また、V R 画像 8 には、生成された教示点に対応する仮想教示点 9 2 が表示される。これにより、ユーザは、生成された教示点を V R 画像 8 で確認しながら、教示点を生成していくことができる。さらに、V R 画像 8 では、時系列に並ぶ複数の仮想教示点 9 2 が表示される。これにより、ユーザは、複数の仮想教示点 9 2 から仮想エンドエフェクタ 8 3 の軌跡をイメージすることができる。つまり、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 の軌跡をイメージしながら教示点を生成することができる。より詳しくは、V R 画像 8 では、直近の有限個の仮想教示点 9 2 が表示される。つまり、仮想エンドエフェ

クタ 83 のこれからの軌跡を形成する上であまり参考にならない古い教示点は表示されない。これにより、VR 画像 8 においては有用な個数の仮想教示点 92 だけを表示し、VR 画像 8 の表示を簡潔にすることができる。

[0151] 《その他の実施形態》

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、前記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き替え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。また、前記実施形態で説明した各構成要素を組み合わせ、新たな実施の形態とすることも可能である。また、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、前記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

[0152] ロボット 1 は、産業用ロボットに限定されず、医療用ロボットであってもよい。ロボット 1 が行う処理は、塗装に限定されず、例えば、溶接、洗浄又はショットブラスト等であってもよい。また、ロボット 1 が行う処理は、ワークを検査する検査処理であってもよい。また、ロボット 1 が射出する射出対象は、塗料に限定されず、インク、洗浄液、水、溶加材、研磨剤（例えば、ショット材）、シーリング材、レーザ、火炎、超音波、電磁気等であってもよい。検査処理として、エンドエフェクタ 12 に用いられたカメラによってワークの外観を検査する処理であってもよい。

[0153] また、ロボットアーム 11 は、冗長性を有していてもよい。つまり、エンドエフェクタ 12 を所定の位置及び姿勢に配置するためのロボットアーム 11 の形状（即ち、関節角）が複数通り存在し、一意に決まらなくてもよい。その場合、生成された教示点に対応するロボットアーム 11 の関節角を複数通りの関節角の中から、ユーザが選択してもよいし、又は、教示点生成装置 2 が様々な条件に基づいて選択してもよい。例えば、ロボットアーム 11 の

形状をユーザが選択する構成としては、画像生成装置 4 は、複数通りのロボットアーム 11 の形状を表示器 5 を介してユーザに提示し、ユーザが一のロボットアーム 11 の形状を選択するようにしてもよい。

[0154] エンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢を変更する機構は、ロボットアーム 11 に限定されない。ロボット 1 は、ロボットアーム 11 に替えてエンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢を変更する別の機構を備えてもよい。ロボットアーム 11 は、垂直多関節型に限定されず、水平多関節型、パラレルリンク型、直角座標型、又は極座標型等であってもよい。

[0155] 教示点生成装置 2 は、1 つの装置から形成されてもよいし、複数の装置から形成されてもよい。教示点生成装置 2 は、ロボット制御部 26 を有さなくてもよい。すなわち、教示点生成装置 2 は、教示データに基づいてロボット 1 を制御する機能を有さなくてもよい。

[0156] 教示点生成装置 2 は、仮想教示点に対応する、操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢を画像生成装置 4 から受け取り、受け取った操作器 3 の位置及び姿勢からロボット 1 の教示点を生成しているが、これに限定されない。教示点生成装置 2 は、仮想ロボットの仮想空間における位置に対応する教示点を生成する限り、任意の方法を採用することができる。

[0157] 例えば、教示点生成装置 2 は、トラッキングシステム 6 の検出結果からロボット座標系におけるエンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢を求め、さらに教示点の生成指令を操作器 3 から又は画像生成装置 4 を介して受け取って、エンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢から教示点を生成してもよい。つまり、教示点生成装置 2 は、トラッキング制御部 44 の機能を有していてもよい。教示点生成装置 2 には、トラッキングシステム 6 の第 1 センサ 62 の検出結果及び発光器 61 の照射情報が入力され、第 1 センサ 62 の検出結果及び発光器 61 の照射情報に基づいて操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢を求める。教示点生成装置 2 は、操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢をロボット座標系におけるエンドエフェクタ 12 の位置及び姿勢に変換する。教示点生成装置 2 は、教示点の生成指令を受け取ったときのエンドエ

フェクタ 1 2 の位置及び姿勢を教示点とする。

- [0158] あるいは、教示点生成装置 2 は、画像生成装置 4 によって生成された仮想教示点 9 2 の V R 座標系における位置及び姿勢を、ロボット座標系における教示点の位置及び姿勢に変換することによって、教示点を生成してもよい。
- [0159] あるいは、教示点生成装置 2 は、トラッキングシステム 6 の検出結果からロボット座標系におけるエンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を求め、画像生成装置 4 は、教示点生成装置 2 によって求められたエンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を V R 座標系における仮想エンドエフェクタ 8 3 の位置及び姿勢に変換して V R 画像 8 を生成し、ユーザからの指令に応じて仮想教示点を生成してもよい。そして、教示点生成装置 2 は、教示点の生成指令を操作器 3 又は画像生成装置 4 を介して受け取って、教示点の生成指令を受け取ったときのエンドエフェクタ 1 2 の位置及び姿勢を教示点としてもよい。
- [0160] つまり、操作座標系とロボット座標系と V R 座標系とは互いに対応しているので、教示点生成装置 2 は、操作座標系における操作器 3 の位置及び姿勢からロボット座標系の教示点を生成してもよいし、V R 座標系の仮想教示点 9 2、仮想エンドエフェクタ 8 3 又は仮想操作器 8 5 等の位置及び姿勢からロボット座標系の教示点を生成してもよい。いずれの場合であっても、生成された、ロボット座標系の教示点は、仮想ロボットの仮想空間における位置に対応している。
- [0161] ロボット座標系と操作座標系と V R 座標系とは、互いに対応していればよく、互いの縮尺が同一でなくてもよい。つまり、画像生成装置 4 は、ロボット座標系に対する 2 倍の縮尺の V R 座標系を基準とする V R 画像 8 を生成してもよい。また、ロボット座標系と操作座標系と V R 座標系とは、互いに対応していればよく、左右又は上下が反転していてもよい。
- [0162] 教示点生成装置 2 と画像生成装置 4 とは、別々のハードウェア装置として構成されているが、単一の装置として構成されていてもよい。
- [0163] 画像生成装置 4 は、1 つの装置から形成されてもよいし、複数の装置から形成されてもよい。画像生成装置 4 が生成する仮想画像は、V R 画像に限定

されず、AR (Augmented Reality) 画像又はMR (Mixed Reality) 画像であってもよい。仮想画像に含まれる、仮想アーム 82 と、第 1 仮想ワーク 84 a と、第 2 仮想ワーク 84 b と、仮想操作器 85 と、第 1 仮想塗料 86 a 、第 2 仮想塗料 86 b と、仮想設備と、第 1 塗膜 91 a と、第 2 塗膜 91 b と、仮想教示点 92 と、軌跡 93 のうちの一部又は全部は、表示及び非表示を切替可能に構成されなくてもよい。画像生成装置 4 が生成する VR 画像 8 は、少なくとも仮想ロボット 81 を有していればよく、第 1 仮想ワーク 84 a と、第 2 仮想ワーク 84 b と、仮想操作器 85 と、第 1 仮想塗料 86 a と、第 2 仮想塗料 86 b と、仮想設備と、第 1 塗膜 91 a と、第 2 塗膜 91 b と、仮想教示点 92 と、軌跡 93 とのうち、一部又は全部は、省略可能である。

[0164] 画像生成装置 4 は、第 1 教示モードと第 2 教示モードと再生モードとのうちの 1 つだけ又は 2 つだけ有してもよく、第 1 教示モードと第 2 教示モードと再生モードとのうち 1 つ又は 2 つのモードは省略してもよい。例えば、画像生成装置 4 は、第 1 教示モードと第 2 教示モードと再生モードとのうち、第 1 教示モードだけを有してもよいし、第 2 教示モードだけを有してもよいし、再生モードだけを有してもよい。

[0165] 操作器 3 は、例えば、ティーチングペンダントであってもよい。操作部 31 は、操作器 3 とは別の装置に設けられてもよい。例えば、操作部 31 は、表示器 5 又は画像生成装置 4 に設けられてもよい。

[0166] 実空間における操作器 3 の位置及び姿勢を検出する操作器センサは、トラッキングシステム 6 に限定されない。例えば、操作器センサは、トラッキングシステム 6 とは異なるトラッキングシステムであってもよい。例えば、操作器センサは、操作器 3 に設けられた発光式のトラッキングマーカと、ユーザが存在する実空間をステレオ撮影するカメラとを有するトラッキングシステムであってもよい。例えば、トラッキングマーカは、赤外線を発光する。カメラは、赤外線カメラである。カメラによって撮影された画像データは、画像生成装置 4 へ送信される。画像生成装置 4 は、カメラからの画像データ

を画像処理することによって、実空間における操作器 3 の位置及び姿勢を求める。また、トラッキングシステムは、アウトサイドイン方式又はインサイドアウト方式のいずれの方式であってもよい。

[0167] 仮想ロボット 8 1 が動作制限に達したことをユーザに報知する方法は、VR 画像 8 に含まれる報知情報に限定されない。例えば、仮想ロボット 8 1 が動作制限に達したことのユーザへの報知は、表示器 5 又は操作器 3 等の装置が発する音又は振動等であってもよい。

[0168] この例では、操作器 3 の生成スイッチ 3 2 が操作される度に教示点が生成されるが、教示点の生成は、このように断続的に行われるものに限定されない。例えば、教示点の生成は、操作器 3 の操作に応じて決定される生成開始時点から生成終了時点までの期間、連続的に行われてもよい。この場合、例えば、仮想空間 8 0 において移動する仮想操作器 8 5 の移動軌跡上の複数の点が教示点として生成される。

[0169] 教示データを生成するための指令は、終了指令に限定されない。教示データ生成部 2 5 は、操作器 3、表示器 5、画像生成装置 4 の入力部 4 1 又は教示点生成装置 2 の入力部をユーザが操作することによって、教示データを生成するための指令が教示データ生成部 2 5 へ入力されてもよい。教示データは、一の教示点と次の教示点との間のエンドエフェクタ 1 2 の移動を補完するための複数の関節 1 4 のセットを含んでいてもよい。また、関節 1 4 の回転角は、回転角そのものではなく、回転角に関連する値であってもよい。例えば、関節 1 4 の回転角は、モータ 1 5 の回転角であってもよい。

[0170] 前述の仮想エンドエフェクタ 8 3 の姿勢の表示、仮想エンドエフェクタ 8 3 からの距離の表示は、一例に過ぎない。例えば、仮想エンドエフェクタ 8 3 の姿勢については、仮想座標系における第 1 仮想射出軸 P 1 の角度、又は、第 1 仮想ワーク 8 4 a の法線方向に対する第 1 仮想射出軸 P 1 の角度が VR 画像 8 中に数値で表示されてもよい。仮想エンドエフェクタ 8 3 の姿勢については、第 1 仮想塗料 8 6 a が仮想エンドエフェクタ 8 3 からの距離に応じて色分けされてもよい。すなわち、第 1 仮想塗料 8 6 a の色が仮想エンド

エフェクタ 83 からの距離を表してもよい。あるいは、仮想エンドエフェクタ 83 からの距離が、VR 画像 8 中に数値で表示されてもよい。

- [0171] 表示器 5 は、HMD に限定されない。例えば、表示器 5 は、一般的なディスプレイであってもよい。
- [0172] 教示システム 100 のロボット 1 を動作させる機能は、必須ではない。すなわち、教示点生成装置 2 は、ロボット制御部 26 を有さなくてもよい。
- [0173] 教示システム 100 は、教示点を生成する機能を有さず、教示点に応じて仮想ロボットが動作する仮想画像を生成し、その仮想画像を表示するものであってもよい。すなわち、この教示システムは、ロボットの教示点を生成する教示点生成装置と、前記ロボットに対応する仮想ロボットが仮想空間に配置された仮想画像を生成する画像生成装置と、前記仮想画像を表示する表示器とを備え、前記画像生成装置は、前記教示点生成装置によって生成された前記教示点に応じて前記仮想ロボットが動作する前記仮想画像を生成するものであってもよい。この場合、教示点生成装置は、入力された教示点を単に生成し、画像生成装置は、教示点生成装置によって生成された教示点に応じて仮想ロボットが動作する仮想画像を生成する。このような教示システムによれば、教示点の適否を仮想ロボットの動作を見ながら判断することができる。
- [0174] フィールド定義データ 42b 及びオブジェクト定義データ 42c 等は、ロボット 1 等の実際の設計データ又はロボット 1 等の実測値に基づいて作成されるものに限定されない。例えば、フィールド定義データ 42b 及びオブジェクト定義データ 42c 等は、オフラインプログラミングツール又はオフラインティーチングソフト等のシミュレーションソフトを用いて作成されてもよい。シミュレーションソフトが読み込まれたコンピュータでは、教示者がユーザインタフェースを介して数値情報等を入力することによって VR 空間のフィールド及びオブジェクトに関するデータ（例えば、フィールド定義データ 42b 及びオブジェクト定義データ 42c 等）を作成することができる。シミュレーションソフトは、ロボット 1 が実際に配置される工場等の現場

をスキャンすることによってフィールド及びオブジェクトに関するデータを作成する機能をコンピュータに実現させてもよい。

[0175] 教示システム100は、生成された教示データを外部へ出力してもよい。

例えば、教示システム100は、シミュレーションソフトが読み込まれたコンピュータに教示データを出力してもよい。該コンピュータは、シミュレーションソフトの機能によって教示データを表示することができる。

[0176] 本明細書で開示する要素の機能は、開示された機能を実行するよう構成またはプログラムされた汎用プロセッサ、専用プロセッサ、集積回路、ASIC (Application Specific Integrated Circuits)、従来の回路、および/または、それらの組み合わせ、を含む回路または処理回路を使用して実行できる。プロセッサは、トランジスタやその他の回路を含むため、処理回路または回路と見なされる。本開示において、回路、ユニット、または手段は、列挙された機能を実行するハードウェアであるか、または、列挙された機能を実行するようにプログラムされたハードウェアである。ハードウェアは、本明細書に開示されているハードウェアであってもよいし、あるいは、列挙された機能を実行するようにプログラムまたは構成されているその他の既知のハードウェアであってもよい。ハードウェアが回路の一種と考えられるプロセッサである場合、回路、手段、またはユニットはハードウェアとソフトウェアの組み合わせであり、ソフトウェアはハードウェアおよび/またはプロセッサの構成に使用される。

[0177] 本開示の技術をまとめると、以下のようになる。

[0178] [1] 教示システム100は、ワークWに対して非接触で処理を実行するエンドエフェクタ12 (ツール) を有するロボット1の教示点を生成する教示点生成装置2と、ユーザに操作される操作器3と、エンドエフェクタ12に対応する仮想エンドエフェクタ83 (仮想ツール) とワークWに対応する第1仮想ワーク84a (仮想ワーク) とがVR空間80 (仮想空間) に配置されたVR画像8 (仮想画像) を生成する画像生成装置4と、VR画像8を表示する表示器5とを備え、画像生成装置4は、仮想エンドエフェクタ8

3が操作器3への操作に応じて動作して第1仮想ワーク84aへの処理を実行するVR画像8を生成し、教示点生成装置2は、画像生成装置4によって生成された仮想エンドエフェクタ83のVR空間80における位置に対応する教示点を生成する。

[0179] この構成によれば、ユーザは、表示器5に表示されたVR画像8を見ながら操作器3を操作することで、VR空間80において仮想エンドエフェクタ83を動作させることができる。このとき、仮想エンドエフェクタ83による第1仮想ワーク84aへの処理が適切に実行されているか否かを確認することができる。ユーザは、VR空間80で仮想エンドエフェクタ83を動作させ且つ第1仮想ワーク84aへの処理を実行させながら、教示点を生成できる。例えば、ユーザは、仮想エンドエフェクタ83と第1仮想ワーク84aとの相対的な位置関係を確認しながら教示点を生成できる。この場合、VR画像8なので、ユーザは、仮想ロボット81に近づいた視点及び仮想ロボット81から離れた視点等の様々な視点で仮想ロボットの動作を確認することができる。例えば、ユーザは、実空間では実現できないような、仮想ロボット81に接近した位置、言い換えるとロボット1の動作範囲内から仮想ロボット81の動作等を確認できる。このため、ユーザは、教示点を適切に生成できる。

[0180] [2] [1]に記載の教示システム100において、画像生成装置4は、第1仮想ワーク84aのうち仮想エンドエフェクタ83による処理が施された部分に、処理後であることを示す表示を付す。具体的には、第1仮想ワーク84aのうち塗装が施された部分には、第1塗膜91aが付される。

[0181] この構成によれば、ユーザは、第1仮想ワーク84aにおいて処理が施された部分と処理が施されていない部分とを判別できる。そのため、ユーザは、第1仮想ワーク84aにおいて処理されていない部分が発生しないように教示点を生成できる。

[0182] [3] [1]又は[2]に記載の教示システム100において、画像生成装置4は、仮想エンドエフェクタ83からの距離の程度を示す画像をVR

画像 8 に表示する。具体的には、仮想エンドエフェクタ 8 3 からの延びる第 1 仮想射出軸 P 1 は、仮想エンドエフェクタ 8 3 からの距離の程度を示している。

[0183] この構成によれば、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 からの距離を視覚的に把握しながら教示点を生成できる。例えば、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 と第 1 仮想ワーク 8 4 a との距離を適切に調整しながら、教示点を生成できる。

[0184] [4] [1] 乃至 [3] の何れか 1 つに記載の教示システム 1 0 0 において、画像生成装置 4 は、仮想エンドエフェクタ 8 3 の姿勢を示す画像を V R 画像 8 に表示する。具体的には、仮想エンドエフェクタ 8 3 からの延びる第 1 仮想射出軸 P 1 は、仮想エンドエフェクタ 8 3 の姿勢を示している。

[0185] この構成によれば、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 の姿勢を視覚的に把握しつつ、教示点を生成できる。

[0186] [5] [1] 乃至 [4] の何れか 1 つに記載の教示システム 1 0 0 において、エンドエフェクタ 1 2 は、処理において塗料（所定の射出対象）をワーク W へ向かって射出するように構成され、画像生成装置 4 は、塗料に対応する第 1 仮想塗料 8 6 a 又は塗料の射出範囲に対応する仮想射出範囲を V R 画像 8 に表示する。

[0187] この構成によれば、ユーザは、塗料又は塗料の射出範囲を視覚的に把握しつつ、教示点を生成できる。

[0188] [6] [1] 乃至 [5] の何れか 1 つに記載の教示システム 1 0 0 において、前記処理は、塗装、溶接、洗浄又はショットブラストである。

[0189] この構成によれば、塗装、溶接、洗浄又はショットブラストを行うロボット 1 に対して、教示点を適切に生成できる。

[0190] [7] [1] 乃至 [6] の何れか 1 つに記載の教示システム 1 0 0 において、画像生成装置 4 は、第 1 仮想ワーク 8 4 a のうち処理が施された部分に処理済みであることを示す画像であって処理が重複する部分を判別可能な画像を V R 画像 8 に表示する。具体的には、第 1 仮想ワーク 8 4 a には、第

1 塗膜 9 1 a が重なっている重複部分 9 1 c が付される。

[0191] この構成によれば、ユーザは、第 1 仮想ワーク 8 4 a において処理が重複する部分を視覚的に把握することができる。このため、ユーザは、第 1 仮想ワーク 8 4 a に処理のムラが生じないように教示点を生成できる。

[0192] [8] [1] 乃至 [7] の何れか 1 つに記載の教示システム 1 0 0 において、ロボット 1 は、エンドエフェクタ 1 2 が連結されるロボットアーム 1 1 をさらに有し、画像生成装置 4 は、ロボットアーム 1 1 に対応する仮想アーム 8 2 を V R 画像 8 に表示する。

[0193] この構成によれば、ユーザは、ロボットアーム 1 1 の動作も確認しながら、教示点を生成できる。

[0194] [9] [1] 乃至 [8] の何れか 1 つに記載の教示システム 1 0 0 において、画像生成装置 4 は、V R 画像 8 における仮想アーム 8 2 の表示及び非表示を切替可能に構成されている。

[0195] この構成によれば、ユーザは、例えば仮想アーム 8 2 を非表示にすることで、仮想エンドエフェクタ 8 3 の動作を確認しやすくなる。一方、ユーザは、仮想アーム 8 2 を表示することで、仮想エンドエフェクタ 8 3 に加えて仮想アーム 8 2 の動作も確認することができる。

[0196] [1 0] ロボットシステム 1 0 0 0 は、[1] 乃至 [9] の何れか 1 つに記載の教示システム 1 0 0 と、教示点生成装置 2 によって生成された教示点に応じて動作するロボット 1 とを備える。

[0197] この構成によれば、ユーザは、表示器 5 に表示された V R 画像 8 を見ながら操作器 3 を操作することで、V R 空間 8 0 において仮想エンドエフェクタ 8 3 を動作させることができる。このとき、仮想エンドエフェクタ 8 3 による第 1 仮想ワーク 8 4 a への処理が適切に実行されているか否かを確認することができる。ユーザは、V R 空間 8 0 で仮想エンドエフェクタ 8 3 を動作させ且つ第 1 仮想ワーク 8 4 a への処理を実行させながら、教示点を生成できる。例えば、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 8 3 と第 1 仮想ワーク 8 4 a との相対的な位置関係を確認しながら教示点を生成できる。この場合、V

R画像8なので、ユーザは、仮想ロボット81に近づいた視点及び仮想ロボット81から離れた視点等の様々な視点で仮想ロボットの動作を確認することができる。例えば、ユーザは、実空間では実現できないような、仮想ロボット81に接近した位置、言い換えるとロボット1の動作範囲内から仮想ロボット81の動作等を確認できる。このため、ユーザは、教示点を適切に生成できる。

[0198] [11] ロボット1の教示方法は、エンドエフェクタ12に対応する仮想エンドエフェクタ83とワークWに対応する第1仮想ワーク84aとがVR空間80に配置されたVR画像8を生成することと、VR画像8を表示することと、仮想エンドエフェクタ83を動作させるための操作器3へのユーザからの操作に応じて仮想エンドエフェクタ83をVR画像8中で動作させて第1仮想ワーク84aへの処理を実行させることと、仮想エンドエフェクタ83のVR空間80における位置に対応する教示点を生成することを含む。

[0199] この構成によれば、ユーザは、表示されたVR画像8を見ながら操作器3を操作することで、VR空間80において仮想エンドエフェクタ83を動作させることができる。このとき、仮想エンドエフェクタ83による第1仮想ワーク84aへの処理が適切に実行されているか否かを確認することができる。ユーザは、VR空間80で仮想エンドエフェクタ83を動作させ且つ第1仮想ワーク84aへの処理を実行させながら、教示点を生成できる。例えば、ユーザは、仮想エンドエフェクタ83と第1仮想ワーク84aとの相対的な位置関係を確認しながら教示点を生成できる。この場合、VR画像8なので、ユーザは、仮想ロボット81に近づいた視点及び仮想ロボット81から離れた視点等の様々な視点で仮想ロボットの動作を確認することができる。例えば、ユーザは、実空間では実現できないような、仮想ロボット81に接近した位置、言い換えるとロボット1の動作範囲内から仮想ロボット81の動作等を確認できる。このため、ユーザは、教示点を適切に生成できる。

[0200] [12] ロボット1の教示プログラム42aは、エンドエフェクタ12

に対応する仮想エンドエフェクタ 83 とワーク W に対応する第 1 仮想ワーク 84 a とが VR 空間 80 に配置された VR 画像 8 を生成する機能と、仮想エンドエフェクタ 83 を動作させるための操作器 3 へのユーザからの操作に応じて仮想エンドエフェクタ 83 を VR 画像 8 中で動作させる機能と、仮想エンドエフェクタ 83 の VR 空間 80 における位置に対応する教示点を生成する機能とをコンピュータに実現させる。

[0201] この構成によれば、ユーザは、VR 画像 8 を見ながら操作器 3 を操作することで、VR 空間 80 において仮想エンドエフェクタ 83 を動作させることができる。このとき、仮想エンドエフェクタ 83 による第 1 仮想ワーク 84 a への処理が適切に実行されているか否かを確認することができる。ユーザは、VR 空間 80 で仮想エンドエフェクタ 83 を動作させ且つ第 1 仮想ワーク 84 a への処理を実行させながら、教示点を生成できる。例えば、ユーザは、仮想エンドエフェクタ 83 と第 1 仮想ワーク 84 a との相対的な位置関係を確認しながら教示点を生成できる。この場合、VR 画像 8 なので、ユーザは、仮想ロボット 81 に近づいた視点及び仮想ロボット 81 から離れた視点等の様々な視点で仮想ロボットの動作を確認することができる。例えば、ユーザは、実空間では実現できないような、仮想ロボット 81 に接近した位置、言い換えるとロボット 1 の動作範囲内から仮想ロボット 81 の動作等を確認できる。このため、ユーザは、教示点を適切に生成できる。

符号の説明

[0202] 1000 ロボットシステム
100 教示システム
1 ロボット
11 ロボットアーム
12 エンドエフェクタ（ツール）
14 関節
2 教示点生成装置
3 操作器

- 4 画像生成装置
- 4 2 a 教示プログラム
- 5 表示器
- 6 トラッキングシステム（操作器センサ）
- 8 VR画像（仮想画像）
- 8 0 VR空間（仮想空間）
- 8 1 仮想ロボット
- 8 2 仮想アーム
- 8 3 仮想エンドエフェクタ（仮想ツール）
- 8 4 a 第1仮想ワーク（仮想ワーク）
- 8 5 仮想操作器
- 8 7 仮想支持装置（仮想設備）
- 8 8 仮想ブース（仮想設備）
- 8 9 仮想柵（仮想設備）

請求の範囲

- [請求項1] ワークに対して非接触で処理を実行するツールを有するロボットの
教示点を生成する教示点生成装置と、
ユーザに操作される操作器と、
前記ツールに対応する仮想ツールと前記ワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成する画像生成装置と、
前記仮想画像を表示する表示器とを備え、
前記画像生成装置は、前記仮想ツールが前記操作器への操作に応じて動作して前記仮想ワークへの処理を実行する前記仮想画像を生成し、
前記教示点生成装置は、前記画像生成装置によって生成された前記仮想ツールの前記仮想空間における位置に対応する前記教示点を生成する教示システム。
- [請求項2] 請求項1に記載の教示システムにおいて、
前記画像生成装置は、前記仮想ワークのうち前記ツールによる処理が施された部分に、処理後であることを示す表示を付す教示システム。
- [請求項3] 請求項1に記載の教示システムにおいて、
前記画像生成装置は、前記仮想ツールからの距離の程度を示す画像を前記仮想画像に表示する教示システム。
- [請求項4] 請求項1に記載の教示システムにおいて、
前記画像生成装置は、前記仮想ツールの姿勢を示す画像を前記仮想画像に表示する教示システム。
- [請求項5] 請求項1に記載の教示システムにおいて、
前記ツールは、前記処理において所定の射出対象を前記ワークへ向かって射出するように構成され、
前記画像生成装置は、前記射出対象に対応する仮想射出対象又は前記射出対象の射出範囲に対応する仮想射出範囲を前記仮想画像に表示

する教示システム。

- [請求項6] 請求項1に記載の教示システムにおいて、
前記処理は、塗装、溶接、洗浄又はショットブラストである教示システム。
- [請求項7] 請求項1に記載の教示システムにおいて、
前記画像生成装置は、前記仮想ワークのうち前記処理が施された部分に処理済みであることを示す画像であって前記処理が重複する部分を判別可能な画像を前記仮想画像に表示する教示システム。
- [請求項8] 請求項1に記載の教示システムにおいて、
前記ロボットは、前記ツールが連結されるロボットアームをさらに有し、
前記画像生成装置は、前記ロボットアームに対応する仮想アームを前記仮想画像に表示する教示システム。
- [請求項9] 請求項8に記載の教示システムにおいて
前記画像生成装置は、前記仮想画像における前記仮想アームの表示及び非表示を切替可能に構成されている教示システム。
- [請求項10] 請求項1乃至9の何れか1つに記載の教示システムと、
前記教示点生成装置によって生成された前記教示点に応じて動作するロボットとを備えるロボットシステム。
- [請求項11] ワークに対して非接触で処理を実行するツールを有するロボットの教示方法であって、
前記ツールに対応する仮想ツールと前記ワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成することと、
前記仮想画像を表示することと、
前記仮想ツールを動作させるための操作器へのユーザからの操作に応じて前記仮想ツールを前記仮想画像中で動作させて前記仮想ワークへの処理を実行させることと、
前記仮想ツールの前記仮想空間における位置に対応する教示点を生

成することを含むロボットの教示方法。

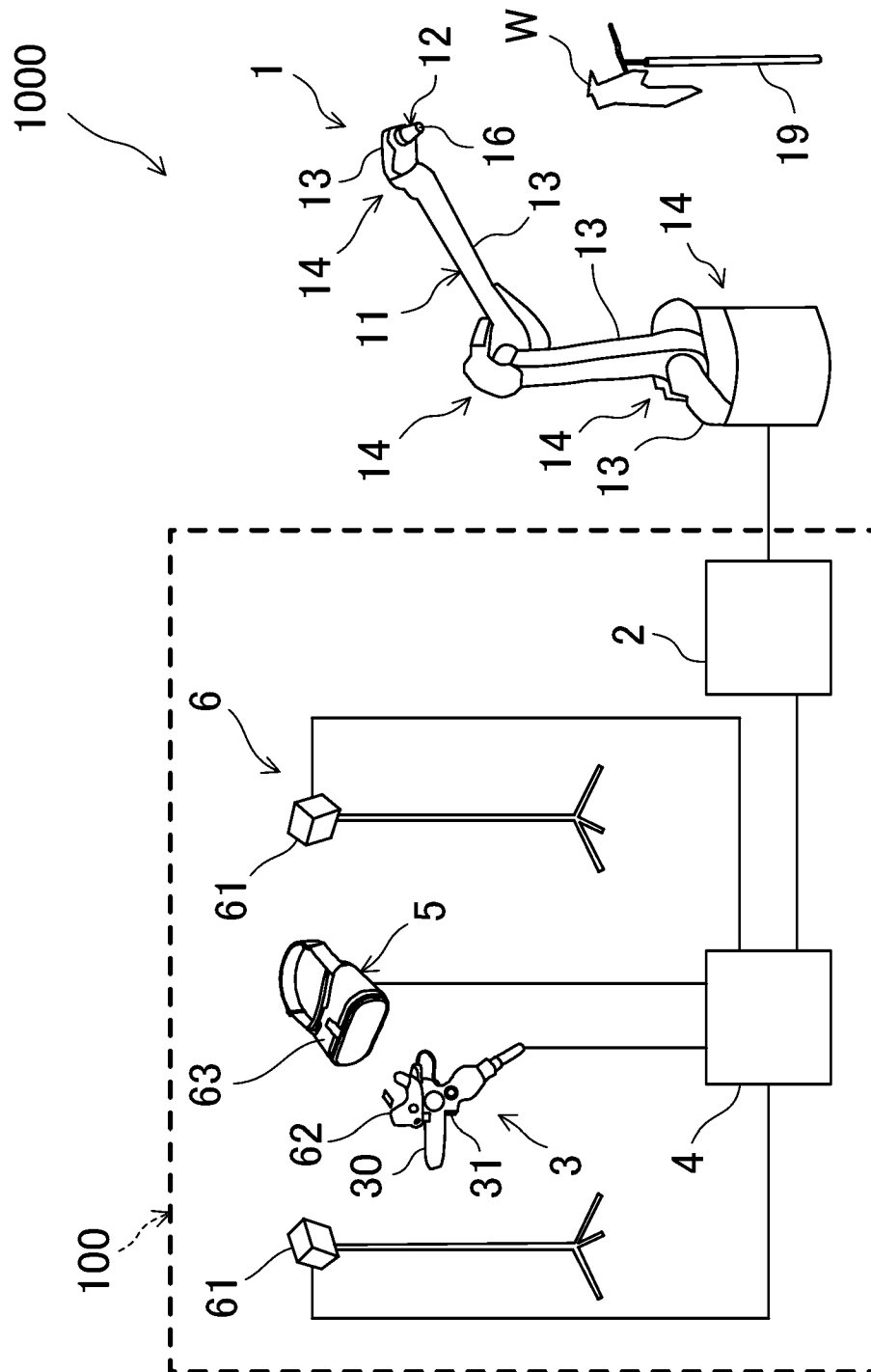
[請求項12] ワークに対して非接触で処理を実行するツールを有するロボットの教示プログラムであって、

 前記ツールに対応する仮想ツールと前記ワークに対応する仮想ワークとが仮想空間に配置された仮想画像を生成する機能と、

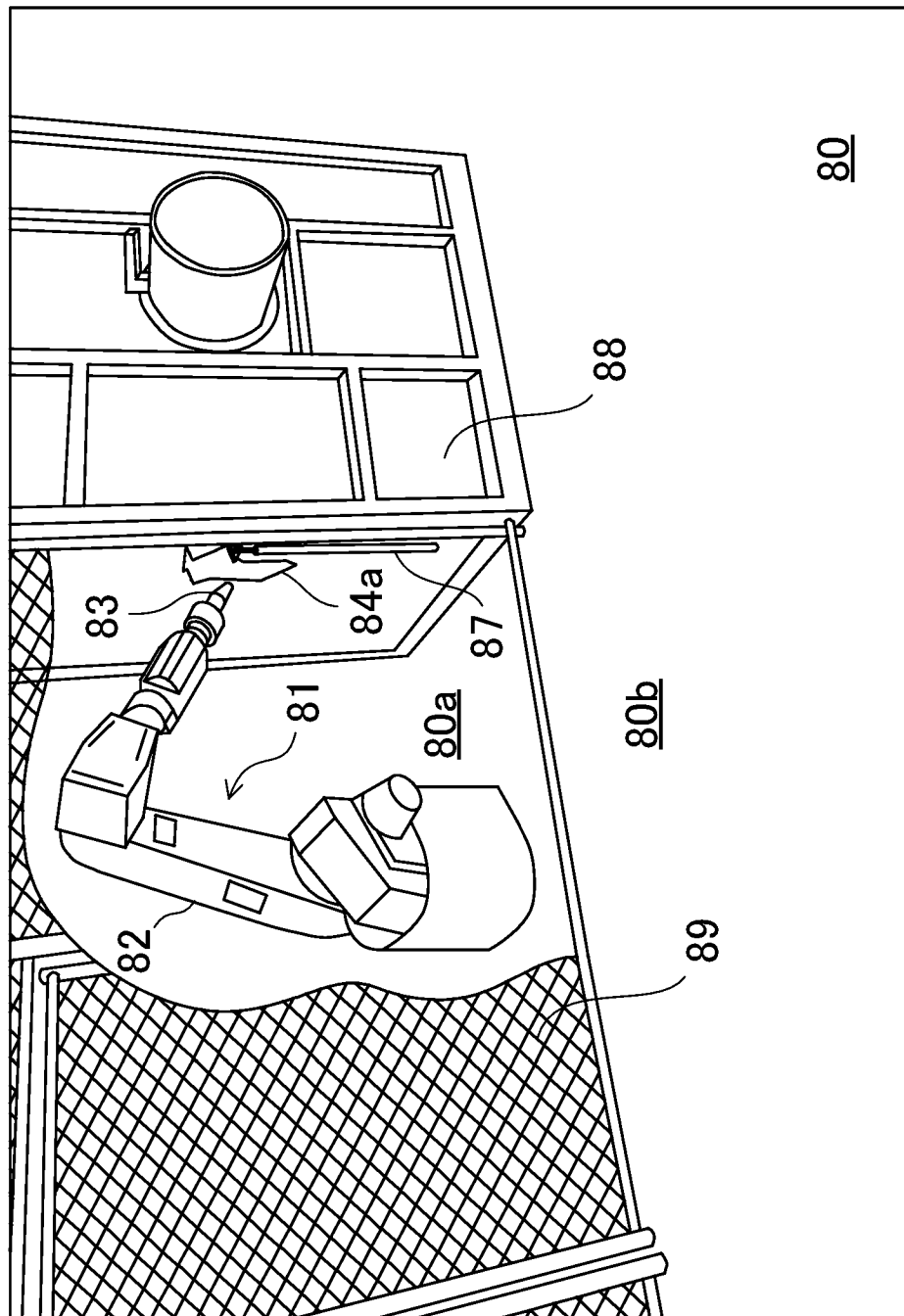
 前記仮想ツールを動作させるための操作器へのユーザからの操作に応じて前記仮想ツールを前記仮想画像中で動作させる機能と、

 前記仮想ツールの前記仮想空間における位置に対応する教示点を生成する機能とをコンピュータに実現させる、ロボットの教示プログラム。

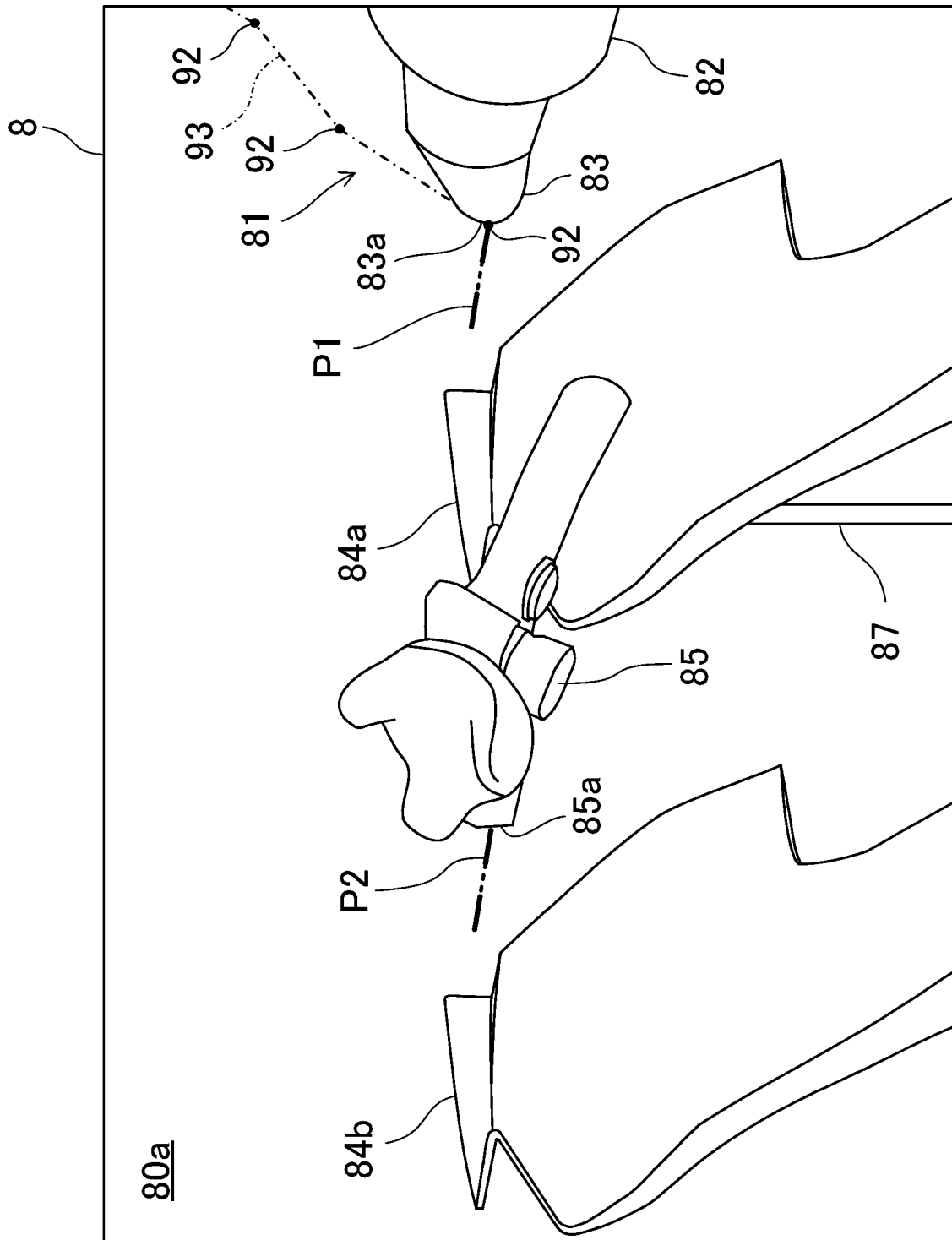
[図1]



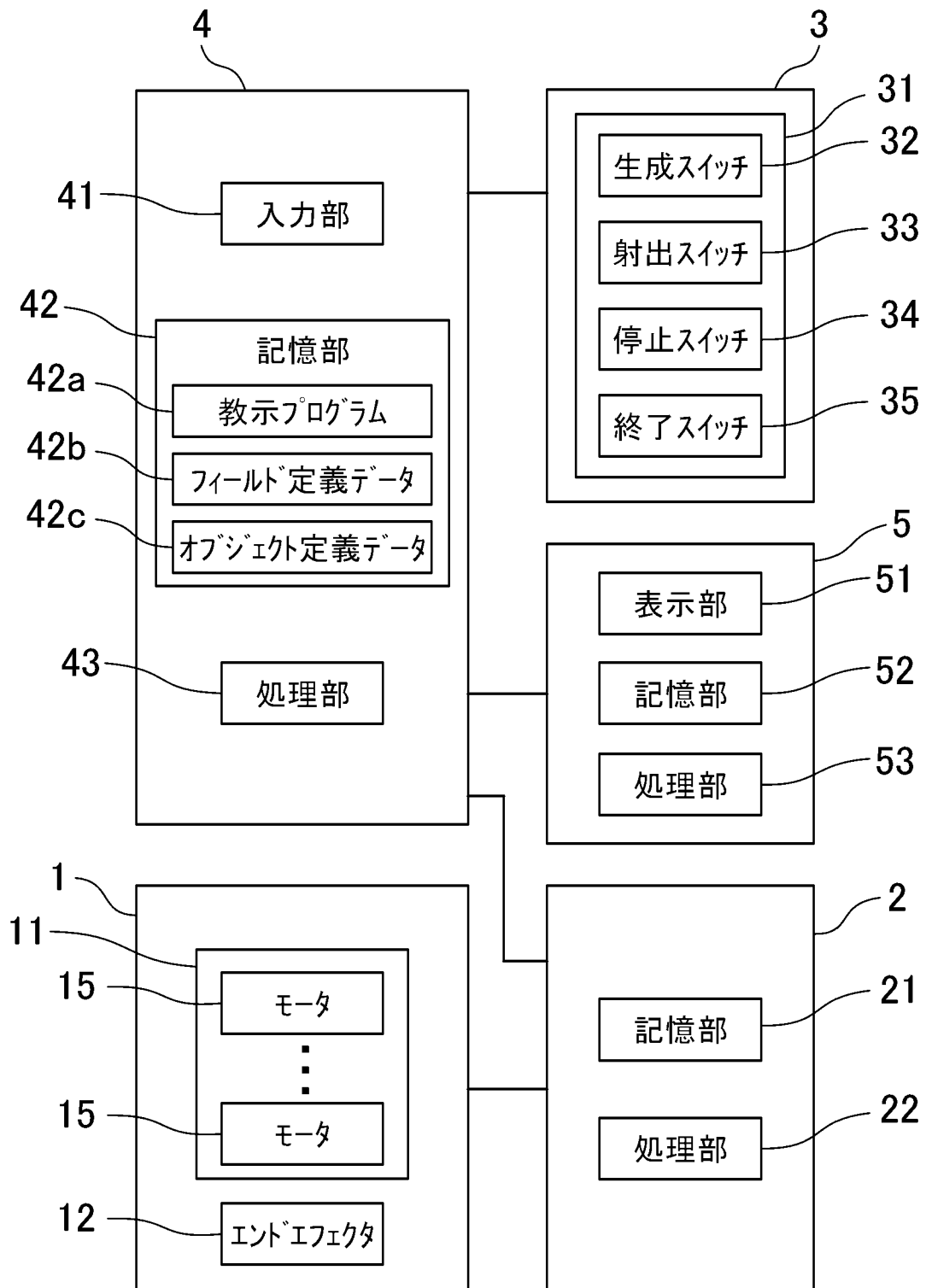
[図2]



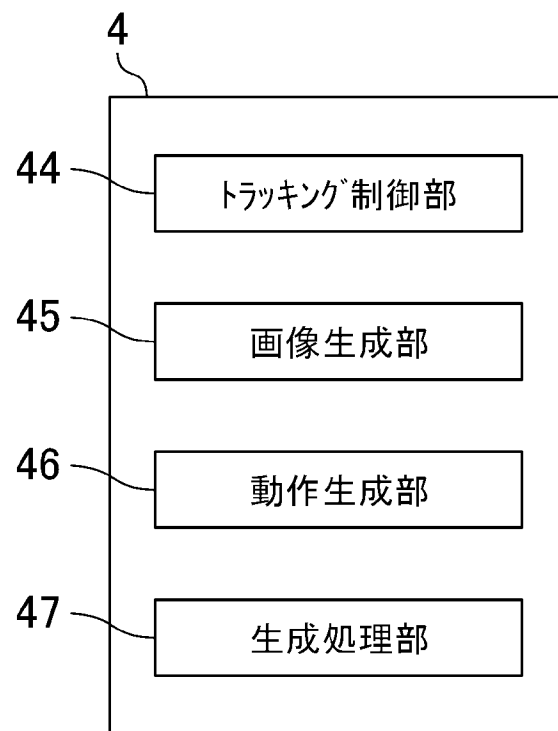
[図3]



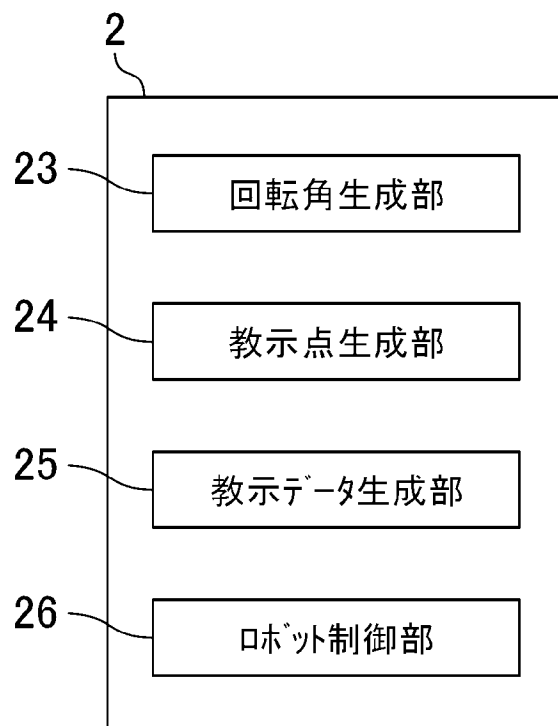
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]

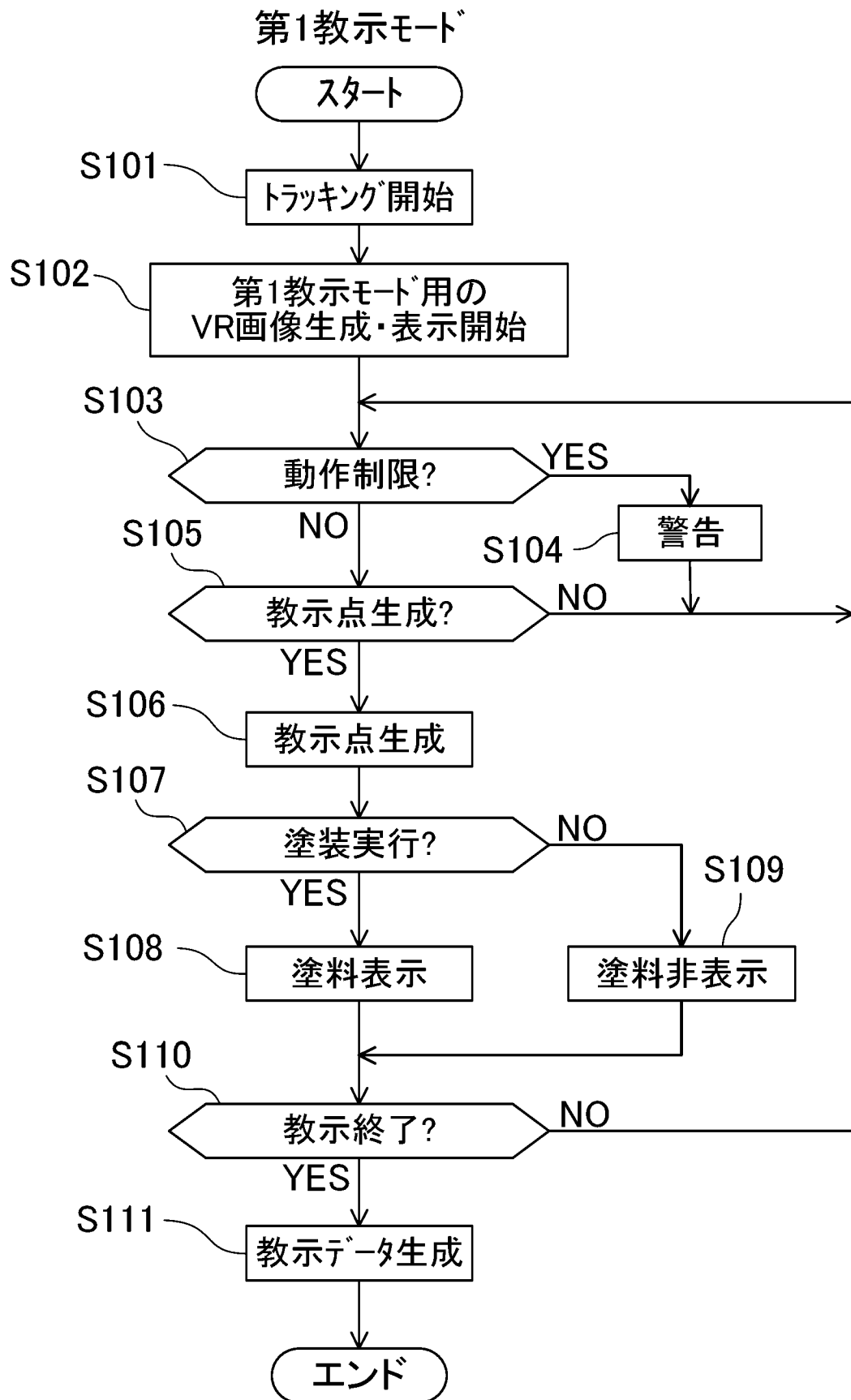
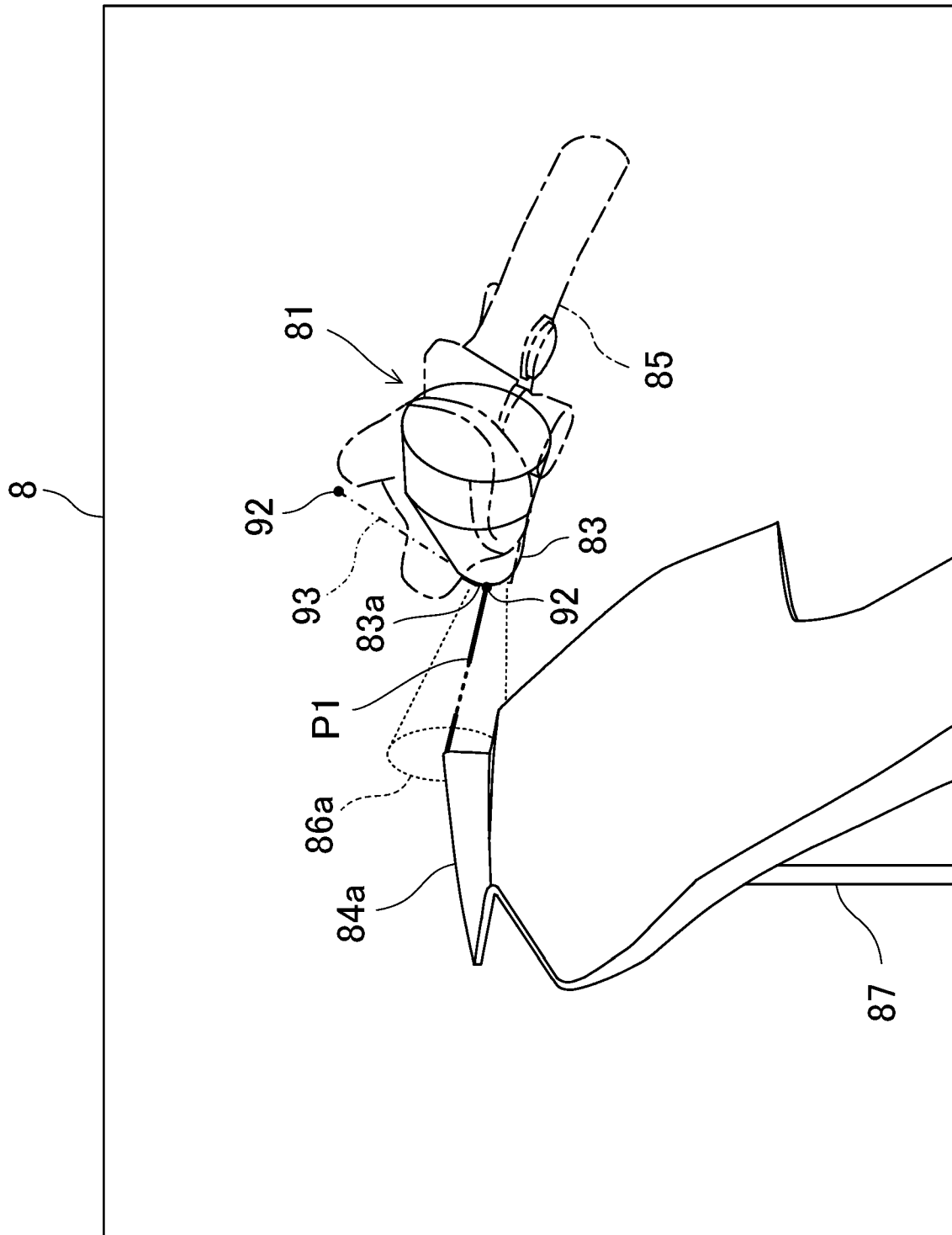
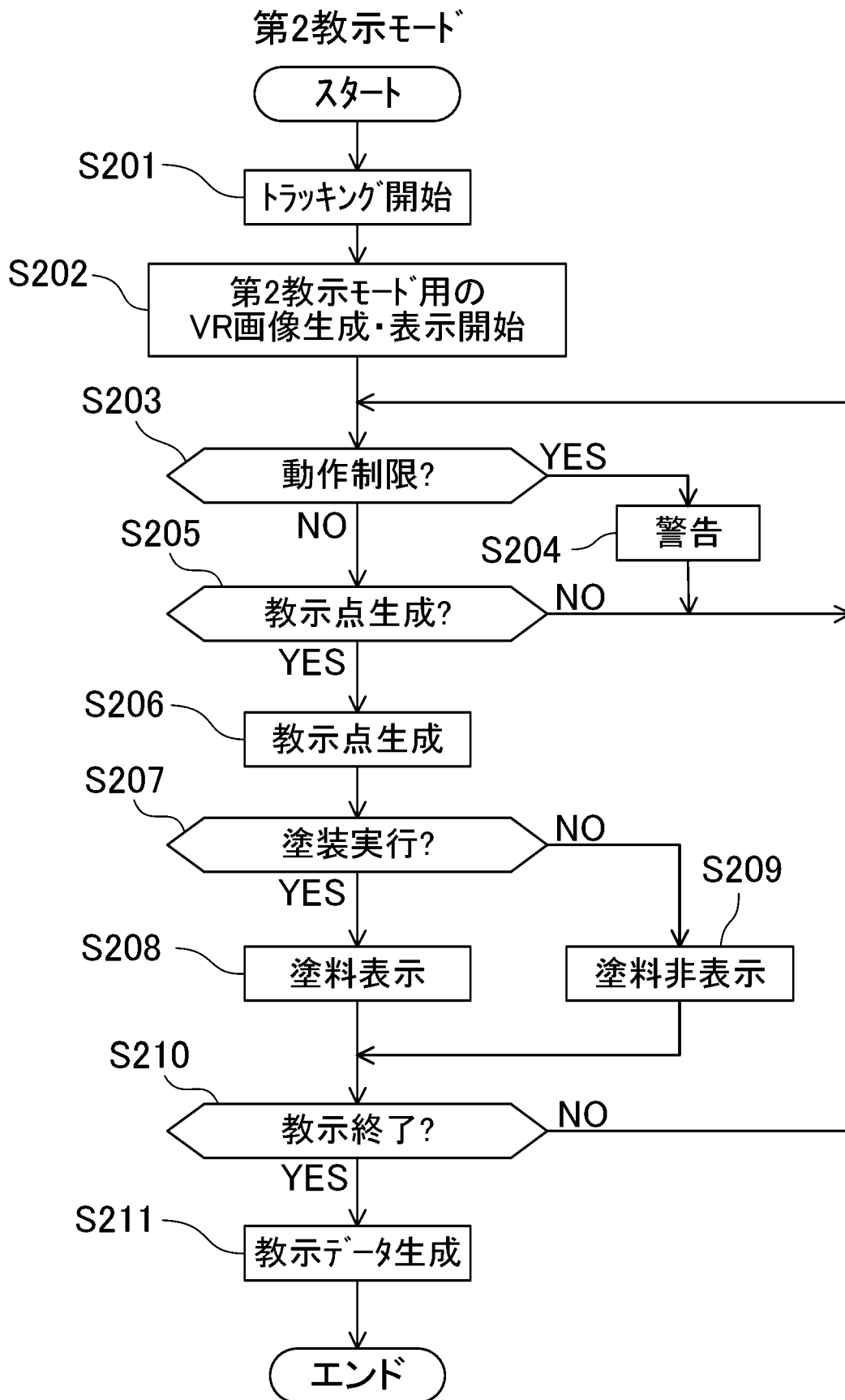


Figure 80a is a schematic diagram illustrating a surgical instrument system. Two surgical instruments, labeled 84a and 84b, are shown. Instrument 84a is positioned at point P1, and instrument 84b is positioned at point P2. Both instruments have a shaft (86a, 86b) and a handle (84a, 84b). They are connected by a central handle assembly (85). The instruments are shown interacting with tissue layers (91a, 91b). Other labels include 80a, 8, 81, 82, 83, 87, 91a, 92, 93, P1, and P2.

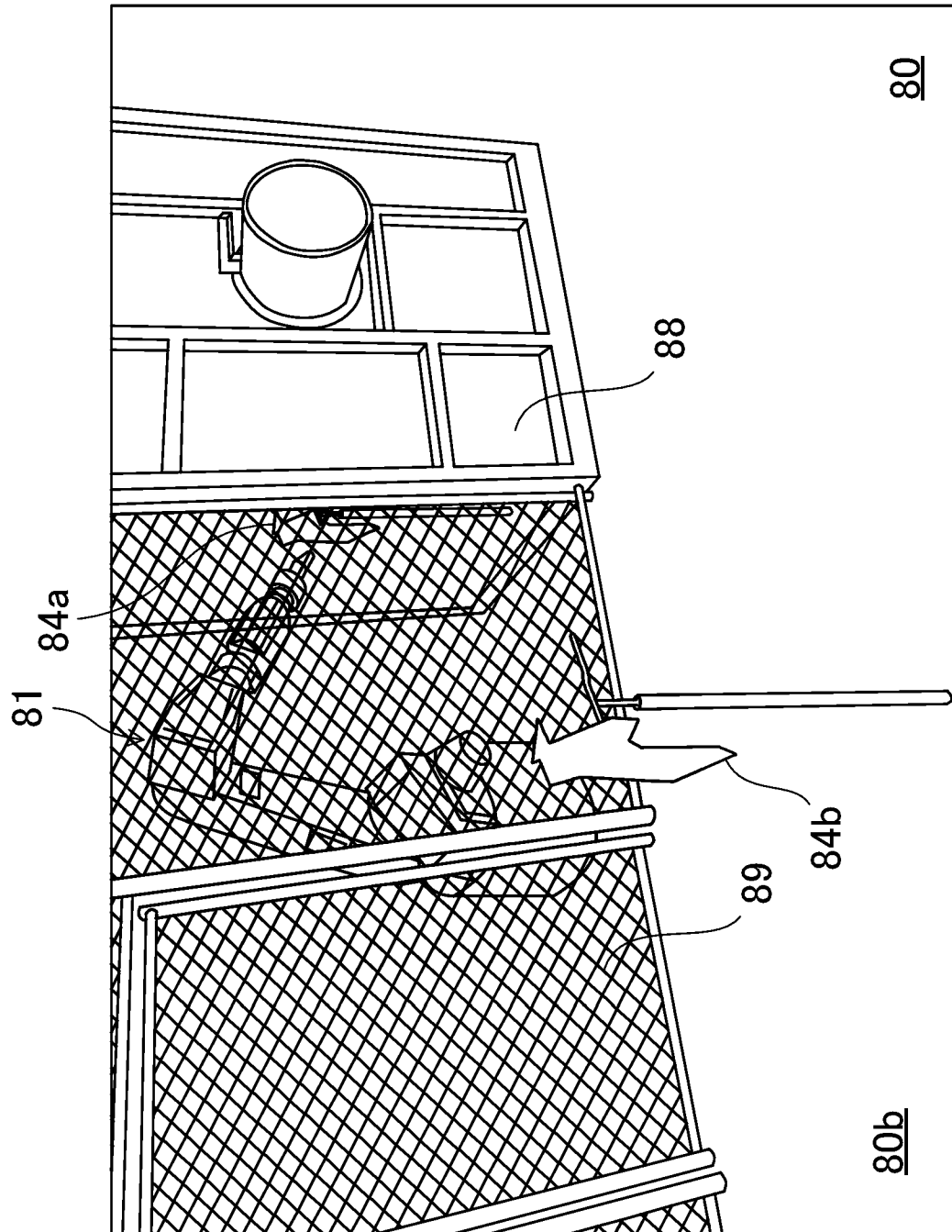
[図10]



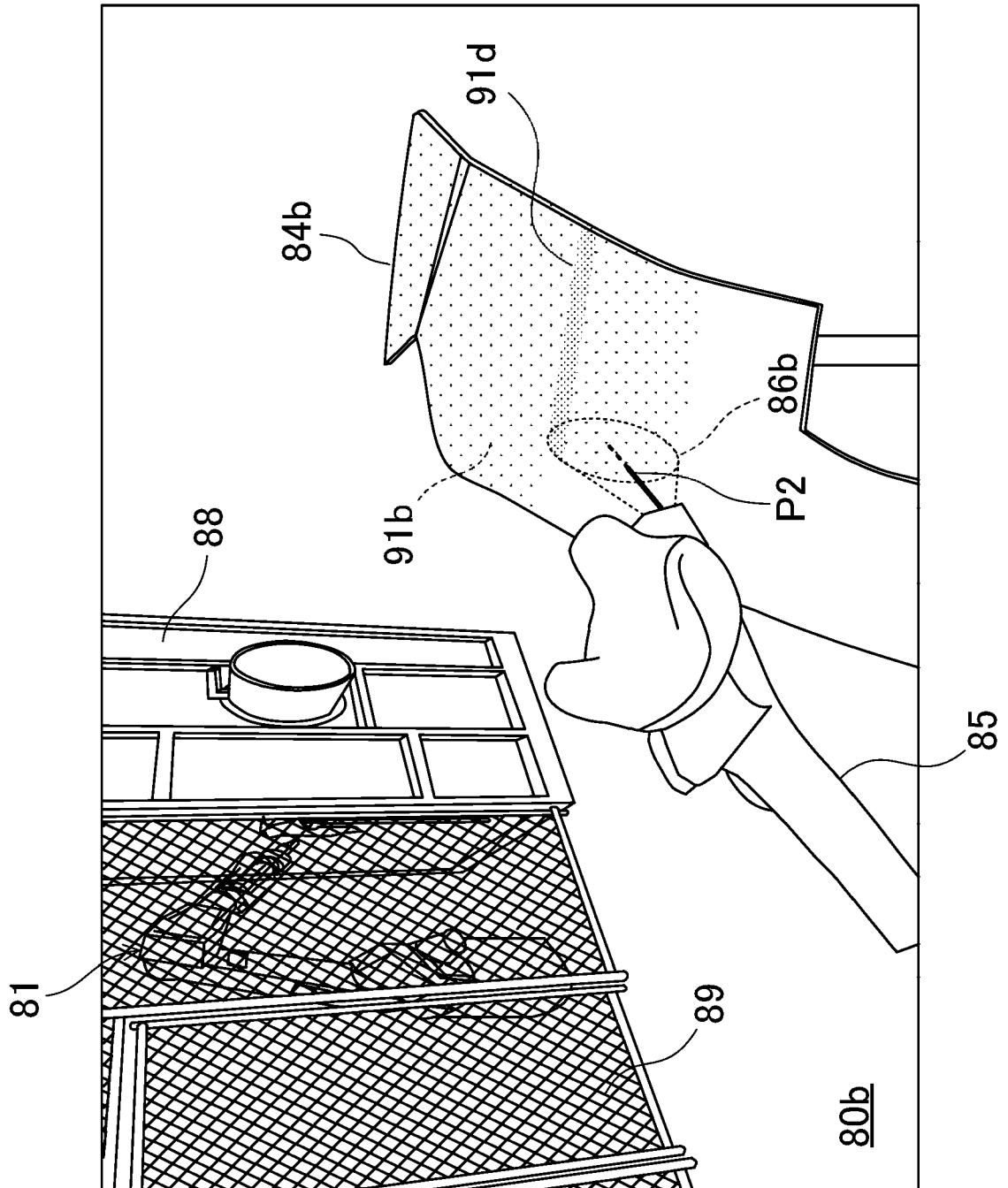
[図11]



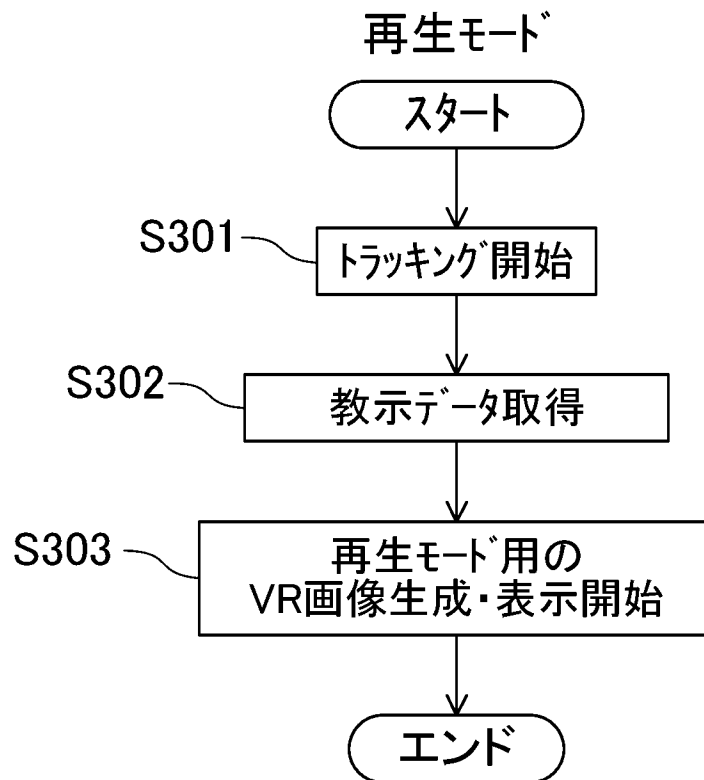
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/045193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B25J 9/22**(2006.01)i; **G05B 19/42**(2006.01)i

FI: B25J9/22 A; G05B19/42 J

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)

B25J9/22; G05B19/42

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2015-077661 A (YASKAWA ELECTRIC CORP) 23 April 2015 (2015-04-23) paragraphs [0014]-[0056], [0091]-[0093], fig. 1-7	1, 3-4, 6, 8, 10-12
Y		2, 5, 7, 9
Y	JP 2021-088031 A (FANUC LTD) 10 June 2021 (2021-06-10) paragraphs [0032]-[0046], fig. 9-19	2, 5, 7
Y	JP 2014-079824 A (TOSHIBA CORP) 08 May 2014 (2014-05-08) paragraph [0037], fig. 7	9
A	JP 2001-216015 A (IWATE PREFECTURE) 10 August 2001 (2001-08-10) entire text, all drawings	1-12
A	WO 2019/103954 A1 (INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.) 31 May 2019 (2019-05-31) entire text, all drawings	1-12



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

31 January 2023

Date of mailing of the international search report

14 February 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/045193

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2015-077661	A	23 April 2015	US 2015/0112482 A1 paragraphs [0019]-[0061], [0096]-[0098], fig. 1-7 EP 2862678 A2 KR 10-2015-0044812 A CN 104552298 A	
JP	2021-088031	A	10 June 2021	US 2021/0170593 A1 paragraphs [0053]-[0067], fig. 9-19 DE 102020131477 A1 CN 112904801 A	
JP	2014-079824	A	08 May 2014	(Family: none)	
JP	2001-216015	A	10 August 2001	(Family: none)	
WO	2019/103954	A1	31 May 2019	US 2021/0369365 A1 EP 3713508 A1 CN 110709024 A KR 10-2020-0078422 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 9/22(2006.01)i; G05B 19/42(2006.01)i FI: B25J9/22 A; G05B19/42 J		
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）） B25J9/22; G05B19/42		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
X	JP 2015-077661 A（株式会社安川電機）23.04.2015（2015-04-23） 段落[0014]-[0056], [0091]-[0093], 図1-7	1, 3-4, 6, 8, 10-12
Y		2, 5, 7, 9
Y	JP 2021-088031 A（ファナック株式会社）10.06.2021（2021-06-10） 段落[0032]-[0046], 図9-19	2, 5, 7
Y	JP 2014-079824 A（株式会社東芝）08.05.2014（2014-05-08） 段落[0037], 図7	9
A	JP 2001-216015 A（岩手県）10.08.2001（2001-08-10） 全文、全図	1-12
A	WO 2019/103954 A1（INTUITIVE SURGICAL OPERATIONS, INC.）31.05.2019（2019-05-31） 全文、全図	1-12
☐ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 31.01.2023		国際調査報告の発送日 14.02.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 白井 卓巳 3U 4550 電話番号 03-3581-1101 内線 3364

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/045193

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2015-077661	A	23.04.2015	US 2015/0112482 A1 段落[0019]-[0061], [0096]-[0098], FIGS. 1-7 EP 2862678 A2 KR 10-2015-0044812 A CN 104552298 A	
JP	2021-088031	A	10.06.2021	US 2021/0170593 A1 段落[0053]-[0067], FIGS. 9-19 DE 102020131477 A1 CN 112904801 A	
JP	2014-079824	A	08.05.2014	(ファミリーなし)	
JP	2001-216015	A	10.08.2001	(ファミリーなし)	
WO	2019/103954	A1	31.05.2019	US 2021/0369365 A1 EP 3713508 A1 CN 110709024 A KR 10-2020-0078422 A	