

(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
2022年9月29日(29.09.2022)



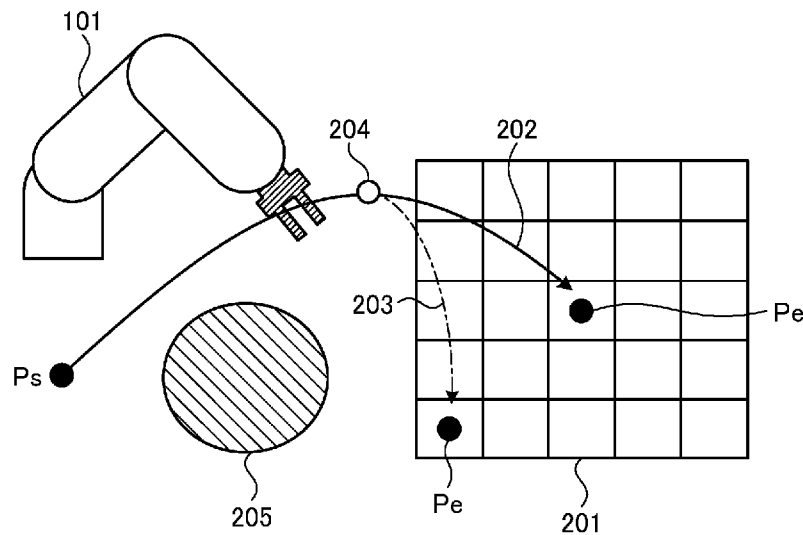
(10) 国際公開番号

WO 2022/201362 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 9/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/012254
- (22) 国際出願日: 2021年3月24日(24.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 春尾 七星(HARUO, Nanase); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 岡原 卓矢(OKAHARA, Takuya); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 弁理士法人酒井国際特許事務所 Tokyo (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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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,

(54) **Title:** ROBOT CONTROL DEVICE, ROBOT CONTROL PROGRAM, AND ROBOT CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: ロボット制御装置、ロボット制御プログラムおよびロボット制御方法



(57) **Abstract:** In the present invention: a reference trajectory (202) corresponding to the position and orientation of an object being measured, and a branch point (204), are acquired; the position and orientation of the object being measured are set to an end point (Pe); a first operation trajectory, which is the operation trajectory of a robot (101) from a start point (Ps) to the branch point (204), is generated using the acquired reference trajectory (202) without modification thereto; a second operation trajectory, which is the operation trajectory of the robot (101) from the branch point (204) to the end point (Pe), is generated through a first computation; and the robot (101) is subjected to driving control in accordance with

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, 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))

an operation command including the first and second operation trajectories.

(57) 要約: 計測された対象物体の位置および姿勢に対応する参照軌道 (202) および分岐点 (204) を取得し、計測された対象物体の位置および姿勢を終点 (Pe) に設定し、取得された参照軌道 (202) をそのまま使用して始点 (Ps) から分岐点 (204) までのロボット (101) の動作軌道である第1の動作軌道を生成し、分岐点 (204) から終点 (Pe) までのロボット (101) の動作軌道である第2の動作軌道を第1の演算を行って生成し、第1の動作軌道および第2の動作軌道を含む動作指令に従ってロボット (101) を駆動制御する。

明 細 書

発明の名称：

ロボット制御装置、ロボット制御プログラムおよびロボット制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、多関節ロボットを始点から終点へ移動させるロボット制御装置、ロボット制御プログラムおよびロボット制御方法に関する。

背景技術

[0002] 始点から終点までロボットを動作させる通常のポイントトゥポイント制御において、作業実施中の処理を減らし演算速度を上げるため、ロボット本体および周辺環境に関する制約を考慮した動作指令を作業実施前に生成することがある。また、生産性の向上のため、軌道を作業実施前に生成する際には、動作時間など生産性を定量的に表現する評価値を一定の範囲内に収める軌道を生成することが望ましい。ロボット作業の対象物体の位置および姿勢が固定されていない場合には、対象物体の実際の位置および姿勢に応じて動作軌道を生成する必要がある。全ての制約を満たす動作軌道を生成するには、計算時間がかかるため、すでに生成済みの動作軌道の情報を用いて軌道生成にかかる時間を短縮する取り組みが広く行われている。

[0003] 特許文献1に記載の技術では、複数の作業領域をある順番で通過して作業を行う動作軌道があらかじめ生成されている場合を想定している。動作軌道は複数の作業領域区間に分割されている。周辺障害物の配置または形状が変化することで、動作軌道の一部が障害物と干渉すると判断された際に、干渉が発生する作業領域区間のみ軌道を再生成している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第6560841号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1では、干渉が発生する特定の作業領域区間の軌道を変更することが可能であるが、変更対象となる区間は障害物との干渉が発生したと判定される区間で固定されている。しかし、対象物体の位置および姿勢が異なるとき、変更対象とする区間を適切に設定しなければ、変更しない区間との接続を考えた際に評価値が許容できる範囲を超えて悪化する場合がある。例えば、事前に生成した軌道よりもロボットの手先を大きく傾ける必要がある場合に、変更対象の区間が短いと、手先の変更動作を待つ待ち時間が必要となり、動作時間が長くなる可能性がある。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであり、対象物体の位置および姿勢がばらつく場合においても、評価値が一定の範囲内となる軌道を生成する時間を短縮することが可能なロボット制御装置を得ることを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示におけるロボット制御装置は、ロボットのエンドエフェクタを始点から終点まで移動させて、位置および姿勢が固定されていない対象物体に対して予め設定されたタスクを実行する。ロボット制御装置は、対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組の各々に対応して、参照軌道および分岐点が記憶される記憶部と、タスクの実行時に、対象物体の位置および姿勢を計測する計測部と、計測された対象物体の位置および姿勢に対応する参照軌道および分岐点を記憶部から取得し、計測された対象物体の位置および姿勢を終点に設定し、取得された参照軌道をそのまま使用して始点から分岐点までのロボットの動作軌道である第1の動作軌道を生成し、取得された分岐点から終点までのロボットの動作軌道である第2の動作軌道を第1の演算を行って生成する個別軌道生成部と、第1の動作軌道および第2の動作軌道を含む動作指令に従ってロボットを駆動制御するロボット制御部と、を備える。参照軌道は、始点から、対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組のうちの一つである第1点までのロボットの動作軌道であって、障害物との干渉を回避でき、かつ評価値が第一の範囲に入ることが満足する動作軌道である。分岐点は、参照軌道上の一

点であって、分岐点から第 1 点までの動作軌道の評価値が第一の範囲より広い第二の範囲に入ることを満足する動作軌道である。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、対象物体の位置および姿勢がばらつく場合においても、評価値が一定の範囲内となる軌道を生成する時間を短縮することが可能となるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]実施の形態 1 におけるロボットシステムの構成を示す概念図
[図2]実施の形態 1 における対象物体の平面内の回転ずれを概念的に示す平面図
[図3]実施の形態 1 におけるハンドアプローチの複数の候補を示す概念図
[図4]実施の形態 1 におけるロボット制御装置の全体構成を示すブロック図
[図5]実施の形態 1 における目標集合を説明するための概念図
[図6]実施の形態 1 における目標集合内の位置定義を説明するための図
[図7]実施の形態 1 における対象物体の回転ずれ角が異なる複数のパターンを説明するための図
[図8]実施の形態 1 における対象物体へのハンドアプローチが異なる複数のパターンを説明するための図
[図9]実施の形態 1 における目標集合から個別分岐点記憶部に参照軌道および分岐点を追加する軌道生成部の動作を示すフローチャート
[図10]実施の形態 1 における参照軌道の生成に使用する対象物体の位置の選択例を示す概念図
[図11]実施の形態 1 における参照軌道の生成に使用する対象物体の位置の他の選択例を示す概念図
[図12]実施の形態 1 における参照軌道の生成に使用する対象物体の位置の他の選択例を示す概念図
[図13]実施の形態 1 における参照軌道と分岐点との関係を示す概念図
[図14]実施の形態 1 における分岐点を算出する手順を示すフローチャート

[図15]実施の形態1における参照軌道と障害物との関係を示す概念図

[図16]実施の形態1における分岐点の選択範囲に関する概念図

[図17]実施の形態1における個別軌道生成部による軌道生成の方法を示す概念図

[図18]実施の形態1における個別軌道生成部およびロボット制御部の処理手順を示すフローチャート

[図19]実施の形態2における個別軌道の生成の動作手順を示すフローチャート

[図20]実施の形態2における参照軌道および個別軌道を示す概念図

[図21]実施の形態1および実施の形態2にかかるロボット制御装置のハードウェア構成を示すブロック図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、実施の形態にかかるロボット制御装置、ロボット制御プログラムおよびロボット制御方法を図面に基づいて詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1におけるロボットシステム100の構成を示す概念図である。図1に示すように、ロボットシステム100は、複数の軸および複数のアームを有する多関節のロボット101と、ロボット101のアームの先端に装着されているエンドエフェクタ102と、ベルトコンベア103と、外部センサ104とを備えている。ロボット101は、エンドエフェクタ102を始点 P_s から終点 P_e まで移動させ、予め設定されたタスクを実行する。終点 P_e は、固定されておらず、ベルトコンベア103上を流れる対象物体200の位置および姿勢に基づいて定義される。計測部としての外部センサ104は、対象物体200の位置および姿勢を、ロボット101の実動作の直前に入手する。

[0012] ベルトコンベア103は、移動速度 V [mm/s]をもって一定方向に搬送動作をしており、ベルトコンベア103上には対象物体200を固定する治具が存在しない。このため、対象物体200はロボット101に対する相対位置

および姿勢が毎回同じにはならない。

[0013] 図2は、実施の形態1における対象物体200の平面内の回転ずれを概念的に示す平面図である。また、図3は、実施の形態1におけるハンドアプローチの複数の候補を示す概念図である。

[0014] 図2では、ベルトコンベア103の積載面を上から見ている。ベルトコンベア103上には対象物体200を固定する機構がないため、対象物体200はベルトコンベア103の積載面の法線ベクトル、ここでは紙面に垂直な方向のベクトルを回転軸として回転ずれが生じる。この回転ずれをベルトコンベア103に対する平面内回転と呼び、その回転角を回転ずれ角と呼ぶ。

[0015] 対象物体200を不定形物と仮定した際、対象物体200の形状に応じて、エンドエフェクタ102を対象物体200に近づける軌道を適切に選択しなければ、タスクの達成が困難となる場合がある。本実施の形態では、図3に示すように、エンドエフェクタ102を対象物体200に近づける軌道であるハンドアプローチを、エンドエフェクタ102に対し事前に複数用意し、対象物体200の形状からタスクを達成可能なハンドアプローチを一つ選択する。図3では、ハンドアプローチHAおよびハンドアプローチHBを含む2つのハンドアプローチが示されている。

[0016] 実施の形態1では、ロボット101に対する対象物体200の位置および姿勢のばらつきは、三次元の並進方向の位置ずれと、ベルトコンベア103に対する平面内回転と、エンドエフェクタ102と対象物体200の形状に基づいて選択されるハンドアプローチとを含む3つの要素のセットで一つのパターンとみなす。

[0017] 図4は、実施の形態1のロボット制御装置の全体構成を示すブロック図である。ロボット制御装置は、周辺装置情報取得部301と、タスク情報取得部302と、目標集合設定部303と、参照軌道生成部304および分岐点指定部305を含む軌道生成部310と、記憶部としての個別分岐点記憶部306と、センサ情報取得部307と、個別軌道生成部308と、ロボット制御部309とを有する。

- [0018] 周辺装置情報取得部301は、ロボット101の周辺装置に関する情報である周辺装置情報を取得する。周辺装置情報は、ベルトコンベア103の移動速度 V である。タスク情報取得部302は、軌道生成を行うタスクに関する情報であるタスク情報を取得する。タスク情報は、少なくとも、使用するエンドエフェクタ102の種類、対象物体200の種類、タスクの目標動作を含む。タスクの目標動作には、対象物体200の把持、配置などが含まれる。
- [0019] 目標集合設定部303は、周辺装置情報取得部301から周辺装置情報であるベルトコンベア103の移動速度 V を取得する。また、目標集合設定部303は、タスク情報取得部302からタスク情報を取得する。
- [0020] 目標集合設定部303は、ベルトコンベア103の移動速度 V と、タスク情報とを用いて対象物体200の存在し得る位置の集合である目標集合201と、目標集合201の内部での対象物体200の存在し得る姿勢と、ハンドアプローチとの組み合わせを算出する。
- [0021] 図5は、実施の形態1における目標集合201を説明するための概念図である。本実施の形態における目標集合201の算出方法について述べる。本実施の形態では、図5に示す目標集合201は、ベルトコンベア103の移動速度 V に基づいて計算される。対象物体200に対するロボット101の動作にかかる時間（動作時間）の上限値を $T[s]$ とおくと、コンベア移動方向の目標集合201の長さは、 $T \times V$ と設定できる。また、コンベア移動方向と直交する方向の目標集合201の長さは、例えばベルトコンベア103の幅 $W[mm]$ と設定できる。対象物体200に対するロボット101の動作時間とは、例えば、ロボット101が始点 P_s から終点 P_e まで移動されて、予め設定されたタスクの実行を終了するまでの時間である。本実施の形態では、コンベア高さ方向のばらつきは考慮していないが、コンベア高さ方向のばらつきを考慮し三次元の目標集合201を生成してもよい。
- [0022] 目標集合201の範囲は、ロボットシステム100のユーザーが想定する作業領域の限界として、ベルトコンベア103の移動速度 V に関係なくユー

ザーが直接指定してもよい。

[0023] 次に、目標集合 201 に含まれる、対象物体 200 のばらつきパターンの算出方法について述べる。図 6 は、実施の形態 1 における目標集合 201 内の位置定義を説明するための図である。図 7 は、実施の形態 1 における対象物体 200 の回転ずれ角が異なる複数のパターンを説明するための図である。図 8 は、実施の形態 1 における対象物体 200 へのハンドアプローチが異なる複数のパターンを説明するための図である。

[0024] 図 6 に示すように、目標集合 201 内の空間を任意の大きさに複数に分割し、分割された複数のグリッドの各々の中心位置にグリッド点 G を定義する。各グリッド点 G は、自グリッド点の位置を示す位置情報を有している。対象物体 200 の並進ずれの位置は、グリッド点 G を指定することで規定する。図 6 では、目標集合 201 内がマトリックス状に $N1 (= 25)$ 個のグリッドに分割されており、25 個のグリッド点 G を有している。図 7 では、対象物体 200 の平面内回転の回転ずれ角が異なる $N2 (= 3)$ 個のパターンが示されている。図 8 では、異なる $N3 (= 3)$ 個のハンドアプローチ HA, HB, HC の軌道が示されている。

[0025] 各グリッド点 G について、対象物体 200 の平面内回転の回転ずれ角が異なる $N2$ 個のパターンのバリエーションと、ハンドアプローチが異なる $N3$ 個のパターンのバリエーションが考えられるため、一つのグリッド点 G に対し、ばらつきパターンは最大 $N2 \times N3$ 個存在する。 $N2$, $N3$ に関しては、予め 1 以上の数を設定しておく。回転ずれ角の刻み量は任意に決定してよい。したがって、目標集合 201 内には合計 $N1 \times N2 \times N3$ 個の対象物体 200 のばらつきパターンが設定され、軌道生成部 310 は、 $N1 \times N2 \times N3$ 個の各ばらつきパターンについて分岐点の算出を行う。

[0026] 次に、図 4 に示す軌道生成部 310 について述べる。軌道生成部 310 は参照軌道生成部 304 と、分岐点指定部 305 とで構成される。

[0027] 図 9 は、実施の形態 1 における目標集合 201 から個別分岐点記憶部 306 に参照軌道および分岐点を追加する軌道生成部 310 の動作を示すフロー

チャートである。図10は、実施の形態1における参照軌道の生成に使用する対象物体200の位置の選択例を示す概念図である。図11は、実施の形態1における参照軌道の生成に使用する対象物体200の位置の他の選択例を示す概念図である。図12は、実施の形態1における参照軌道の生成に使用する対象物体200の位置の他の選択例を示す概念図である。

[0028] まず、参照軌道生成部304は目標集合設定部303で算出された目標集合201と、目標集合201に含まれる対象物体200の全てのばらつきパターンとを読み込む(S101)。

[0029] 次に、参照軌道生成部304は、複数のばらつきパターンのうち一部のグリッド点Gを持つばらつきパターンを選択し、選択されたばらつきパターンを用いて評価値が第一の範囲内となる参照軌道を生成する(S102)。すなわち、参照軌道生成部304は、既定の始点 P_s を動作始点とし、目標集合201内の少なくとも一つの特定のばらつきパターンを終点 P_e とし、任意の軌道生成手法を用いて評価値が第一の範囲内となる参照軌道を生成する。

[0030] 本実施の形態では、評価値として前述した動作時間を選択する。第一の範囲として、動作時間が $T_1[s]$ 以内と設定する。したがって、動作時間が T_1 以内である参照軌道が生成される。なお、評価値として、対象物体200に対するロボット101の動作を繰り返し実行した際のロボット101の予測寿命、対象物体200に対するロボット101の動作を実行した際にロボット101が消費する電力などを使用してもよい。

[0031] S102で選択するばらつきパターンは任意に選択してよいが、例えば図10に示すように、目標集合201の中心位置のグリッドのグリッド点Gを位置情報として有するばらつきパターンを選択することが考えられる。また、目標集合201が広範囲にわたる場合は、図11に示すように、目標集合201の中心のグリッドのグリッド点Gのばらつきパターンと、目標集合201の四隅部分にあたるグリッド点Gを位置情報として有するばらつきパターンを選択してもよい。図11の手法では、複数のグリッド点Gが選択され

るので、複数の参照軌道が生成される。回転ずれ角については、例えば、N 2 個のパターンのバリエーションのうちの一つをあらかじめ選択しておく。

[0032] また、S 1 0 2 で選択するばらつきパターンは、図 1 2 に示すように、目標集合 2 0 1 内で、実際の動作時に発生頻度が最も高かったグリッド G 1 に含まれるグリッド点を位置情報として持つばらつきパターンを選択してもよい。グリッド G 1 は、太い線で示している。この選択方法を選ぶと、実動作時に最も発生確率が高いパターンに対し評価値が第一の範囲内に収まる軌道を生成できるため生産性が向上する。

[0033] 参照軌道を生成するための軌道生成手法として、R R T (Rapidly Exploring Random Trees) などのランダムサンプリング手法、C H O M P (Covariant Hamiltonian Optimization for Motion Planning) などの軌道パラメータ最適化手法、グラフ解法、強化学習手法など公知技術を使用できる。また、これらの手法を組み合わせ使用してもよい。加えて、システムユーザーがマニュアル教示した軌道を使用してもよい。

[0034] 本実施の形態では、参照軌道の軌道生成に関する制約として、ロボット 1 0 1 の各軸モータの角度制約、角速度制約、角加速度制約、およびロボット 1 0 1 とロボットシステム 1 0 0 に含まれる障害物と衝突しないことを考慮する。したがって、生成された参照軌道は、作業空間内にある障害物との干渉を回避できる軌道である。

[0035] 次に、目標集合設定部 3 0 3 で算出した各ばらつきパターンについて、分岐点を記録したかどうか確認する (S 1 0 3)。全てのばらつきパターンについて分岐点を記録した場合は (S 1 0 3 : Y e s)、処理を終了する。そうでない場合は (S 1 0 3 : N o)、S 1 0 4 へ移る。

[0036] 分岐点指定部 3 0 5 は、全てのばらつきパターンのうち、まだ分岐点が記録されていないパターンの中から一つを選択する (S 1 0 4)。

[0037] 次に、分岐点指定部 3 0 5 は、参照軌道を一本選択する (S 1 0 5)。参照軌道が一本の場合は、その軌道を選択する。本実施の形態では、図 1 1 のように、参照軌道が複数本存在する場合は、対象として選択されたばらつき

パターンの位置に対し、一番近い終点 P_e であるグリッド点 G を持つ参照軌道を選択する。例えば、図 11 において、最も左側で上から 2 番目のグリッドがばらつきパターンとして選択された場合は、上左角のグリッドを終点 P_e として持つ参照軌道が選択される。同じ近さの複数の参照軌道が存在する場合は、その複数の参照軌道から一つの参照軌道を選択するためのルールを予め設定しておく。

[0038] 図 13 は実施の形態 1 における参照軌道 202 と分岐点 204 との関係を示す概念図である。分岐点 204 と参照軌道 202 との関係性について述べる。目標集合 201 内の、参照軌道 202 以外の終点 P_e に到達するためのロボット 101 の動作軌道を個別軌道 203 と呼ぶ。個別軌道 203 は、参照軌道 202 と軌道の一部を共有する。個別軌道 203 が参照軌道 202 とは別の軌道となる区間の開始位置を、分岐点 204 と呼ぶ。すなわち、分岐点 204 は一本の個別軌道 203 に対し一点、参照軌道 202 の中の点から選択される。図 13 には、障害物 205 が図示されている。

[0039] 図 14 は、実施の形態 1 における分岐点 204 を算出する手順を示すフローチャートであり、図 9 の S106 で行う処理の詳細を示すものである。S106 では、評価値が第二の範囲内となる分岐点の候補が探索される。図 15 は、実施の形態 1 における参照軌道 202 と障害物 205 との関係を示す概念図である。図 16 は、実施の形態 1 における分岐点 204 の選択範囲に関する概念図である。

[0040] まず、分岐点指定部 305 による分岐点 204 の指定処理について述べる。分岐点指定部 305 は、参照軌道 202 の中から分岐点 204 の候補となる動作点を複数抽出する (S201)。分岐点 204 の候補となる動作点は、ロボット 101 に設置されたエンドエフェクタ 102 の位置および姿勢を一意に決定する状態量の組で表される。本実施の形態では、ロボット 101 の各軸モータの角度の組で、分岐点 204 の候補となる動作点を表す。このとき参照軌道 202 は、ロボット 101 の各軸モータの角度の組に始点 P_s を時刻 0 と置いたときの時刻ラベルを付与したデータの集合で構成される。

[0041] 次に、本実施の形態における、分岐点204の候補となる動作点を含む参照軌道202の区間について述べる。参照軌道202は、前述したように、作業空間内にある障害物205との干渉を回避できる軌道である。参照軌道202の早い段階で分岐点204を指定し、個別軌道203の終点P_eまでの残り部分を生成しようとする、考慮すべき障害物205の数が多くなり、個別軌道203の生成に時間がかかる。このため、可能な限り障害物205が回避された段階で、分岐点204から個別軌道203へ軌道を分岐させることが望ましい。

[0042] 例えば、図15に示すように、作業空間に存在する障害物205の外周に一定の距離Lでマージンを取った仮障害物206を設定する。距離Lは任意に指定してよい。分岐点204の候補となる区間は、参照軌道202を終点P_e側から始点P_s側にさかのぼった際に、仮障害物206と衝突する点P_{x1}までの区間C1とする。すなわち、参照軌道202のうち、仮障害物206に対しエンドエフェクタ102と、ロボット本体との干渉が発生しない区間の中から分岐点204が選択される。ロボット本体は、ロボット101のエンドエフェクタ102以外の部分のことを指す。

[0043] また、選択したばらつきパターンの位置が、参照軌道202の終点P_eよりも始点P_sに近い場合は、参照軌道202の終点P_e付近に分岐点204を指定すると、分岐点204から選択したばらつきパターンの位置まで、個別軌道203が引き返す可能性があり、評価値の値が悪化する恐れがある。このため、図16に示すように、参照軌道202の終点P_eと、選択したばらつきパターンの位置P_{x2}との間の範囲dに対応する、参照軌道202上の区間C2に含まれる動作点を分岐点204の候補から除外する。

[0044] 次に、分岐点指定部305は、全ての分岐点204の候補について、個別軌道203の評価値を計算したか否かを確認する(S202)。分岐点指定部305は、全ての分岐点204の候補について、個別軌道203の評価値を計算していない場合(S202:No)、S201で抽出した分岐点204の複数の候補の中から一点選択する(S203)。そして、分岐点指定部

305は、選んだ分岐点204の一つの候補から、S104で選択された一つのばらつきパターンの位置までの軌道である個別軌道203を生成する(S204)。ここで、分岐点指定部305は、この個別軌道203の生成の際、後述する個別軌道生成部308で行われる個別軌道203の生成と同じ手法を用いる。分岐点指定部305は、S204で生成された個別軌道203の評価値の値を計算する(S205)。

[0045] 図17は、実施の形態1における個別軌道生成部308による軌道生成の方法を示す概念図である。分岐点指定部305も、図17と同様に処理によって、個別軌道203を生成する。以下、個別軌道203の生成方法について述べる。本実施の形態では、関節補間手法を用いて分岐点204以降の軌道を生成する。関節補間手法は、個別軌道203を生成するための第1の演算の一つである。

[0046] 図17は、ロボット101の軸数が2個の場合について示した概念図であるが、2個以上の軸数についても同様の手法を適用できる。図17では、軸1の指令角速度のタイムチャートおよび軸2の指令角速度のタイムチャートが示されている。図17において、 k_t は加速時間を示し、 g_t は減速時間を示し、 t_t が定速時間を示している。

[0047] まず、個別軌道生成部308は、ロボット101の各軸モータが出力可能な最高速度に対して、分岐点204から終点 P_e である選択された一つのばらつきパターンの位置までの角度変化量が最大となる軸を選択する。この角度変化量が最大となる軸のことを、本実施の形態では代表軸 j^* と呼ぶ。図17によれば、軸1の角度変化量が軸2の角度変化量より大きいので、軸1が代表軸 j^* となる。代表軸 j^* は、複数の軸 j ($j = 1, 2, \dots$) から式(1)を満たす軸 j を選択する。ここで、 $\theta_{s,j}$ は分岐点204における軸 j の角度、 $\theta_{g,j}$ は終点 P_e である選択された一つのばらつきパターンの位置における軸 j の角度、 $v_{max,j}$ は軸 j のモータが実現できる最高速度であるとする。式(1)の右辺は、軸 j の角度変化量が、軸 j のモータの実現できる最高速度 $v_{max,j}$ に対しどの程度の大きさにあるかを示している。

[0048] [数1]

$$j' = \max_j |(\theta_{Gj} - \theta_{sj}) / v_{\max j}| \quad \dots (1)$$

[0049] 代表軸である軸 j' ($j' = 1$) の軌道上での最高速度 $v_{j' \max}$ は $v_{j' \max} = v_{\max j'}$ とする。このとき、代表軸 j' 以外の軸 j のモータの動作中の最高速度 $v_{j \max}$ を、式 (2) のように仮置きする。式 (2) において、 $(\theta_{Gj} - \theta_{sj})$ は代表軸 j' 以外の軸 j の角度変化量を示し、 $(\theta_{Gj'} - \theta_{sj'})$ は、代表軸 j' の角度変化量を示している。

[0050] [数2]

$$v_{j \max} = \frac{(\theta_{Gj} - \theta_{sj})}{(\theta_{Gj'} - \theta_{sj'})} * v_{\max j'} \quad \dots (2)$$

[0051] 仮置きした各軸の動作中の最高速度 $v_{j \max}$ と、各軸の分岐点 204 での角速度 v_{js} 、各軸の終点 Pe での角速度 v_{je} と、ロボット 101 の速度制約、加速度制約とから加速時間 kt および減速時間 gt が決定される。加速時間 kt および減速時間 gt が決定されると、代表軸 j' に関する以下の式 (3) を定速時間 tt について解くことで定速時間 tt が決定される。式 (3) では、便宜上、式 (3) 中の各記号に $'$ を付すことを省略している。

[0052] [数3]

$$(\theta_{Gj} - \theta_{sj}) = \frac{1}{2} kt (v_{j \max} + v_{js}) + \frac{1}{2} gt (v_{j \max} + v_{je}) + v_{j \max} * tt \quad \dots (3)$$

[0053] 式 (3) を $v_{j \max}$ について解くことで、仮置きした代表軸 j' 以外の軸 j の最高速度 $v_{j \max}$ を決定する。以上の計算によって、ロボット 101 に含まれる全ての軸について、分岐点 204 以降の角速度指令値が求められる。したがって、角速度指令値を時刻で積分することで、分岐点 204 以降の動作点と時刻ラベルとの組が計算できる。

[0054] 分岐点指定部 305 は、このようにして、分岐点 204 の複数の候補の中から選択された一つの分岐点 204 から、S104 で選択された一つのばらつきパターンの位置までの軌道である個別軌道 203 を生成した後 (S204)、生成された個別軌道の評価値を計算する (S205)。次に、分岐点

指定部 305 は、計算された評価値の値が、第二の範囲内か否かを確認する (S206)。本実施の形態では、第二の範囲として動作時間 $T2[s]$ 以内と設定する。 $T2 > T1$ と設定する。第二の範囲は、第一の範囲より広い範囲が設定される。

[0055] 分岐点指定部 305 は、評価値が第二の範囲内にある場合は (S206 : Yes)、選択した分岐点を正式な分岐点として指定する (S108)。評価値が第二の範囲内に入っていない場合は (S206 : No)、手順は、S202 に戻る。手順が S202 に戻ると、S201 で抽出された分岐点 204 の複数の候補のなかの他の候補が選択され、その後、S202 ~ S206 の処理が実行されることで、選択された他の候補の個別軌道 203 の評価値が第二の範囲内になるか否かが判定される。このようにして、S202 ~ S206 の処理が繰り返されることにより、個別軌道 203 の評価値が第二の範囲内になる分岐点 204 が得られる。

[0056] また、S202 ~ S206 の処理が繰り返された後、S202 の判断が Yes となった場合は、S201 で抽出された分岐点 204 の複数の候補が全て、第二の範囲から逸脱しないという条件を満たしていないことになる。このような場合、手順は S107 に移行される。S107 では、S102 で生成された参照軌道 202 以外の参照軌道 202 を新たに生成し、参照軌道 202 に追加する。具体的には、S104 で選択されたばらつきパターンと異なるばらつきパターンを選択し、新たに選択されたばらつきパターンを用いて評価値が第一の範囲内となる参照軌道 202 を生成する (S107)。そして、新たに生成された参照軌道 202 を用いて S202 ~ S206 の処理が繰り返されることで、評価値が第二の範囲内にある分岐点 204 が決定される。

[0057] S108 で分岐点 204 が指定されると、分岐点指定部 305 は、S104 で選択されたばらつきパターンと、S105 で選択された参照軌道 202 または S107 で追加された参照軌道 202 と、S108 で指定された分岐点 204 とをセットにして、個別分岐点記憶部 306 に記録する (S109

）。すなわち、分岐点指定部 305 は、ばらつきパターンと、参照軌道 202 と、分岐点 204 とのセットである軌道セットデータを個別分岐点記憶部 306 に記録する。

[0058] 個別分岐点記憶部 306 への記録が終了すると、手順は S103 に移行される。S103 では、目標集合設定部 303 で算出された全てのばらつきパターンについて分岐点 204 を記録したか否かが判定される。分岐点 204 が記録されていないばらつきパターンが残っている場合は、軌道生成部 310 は、S103～S109 の処理、S201～S206 の処理を繰り返し実行することで、全てのばらつきパターンについての分岐点 204 を個別分岐点記憶部 306 に記録する。

[0059] 図 18 は、実施の形態 1 における個別軌道生成部 308 およびロボット制御部 309 の処理手順を示すフローチャートである。ロボット制御部 309 は、ロボット 101 での実作業時、個別分岐点記憶部 306 の記録情報を用いてロボット 101 の動作指令を生成する。

[0060] まず、センサ情報取得部 307 は、外部センサ 104 を用いて、対象物体 200 の実際の位置、姿勢、および形状を測定する (S301)。また、個別軌道生成部 308 は、タスク情報取得部 302 からエンドエフェクタ 102 の種類と対象物体 200 の種類を取得し、周辺装置情報取得部 301 からベルトコンベア 103 の移動速度 V を取得する。個別軌道生成部 308 は、対象物体 200 の形状およびタスク情報から、ハンドアプローチを選択する。

[0061] 次に、個別軌道生成部 308 は、個別分岐点記憶部 306 から、対象物体 200 の実際の位置および姿勢に最も近いばらつきパターンを有する軌道セットデータを読み出す。そして、個別軌道生成部 308 は、読み出した軌道セットデータに含まれる参照軌道 202 および分岐点 204 を取り出す (S302)。

[0062] つぎに、個別軌道生成部 308 は、S301 で取得した対象物体 200 の実際の位置および姿勢を終点 P_e として、取り出した分岐点 204 から、

終点 P_e までの個別軌道を生成する (S303)。個別軌道の生成の際は、図17を用いて説明した手法が用いられる。個別軌道生成部308は、始点 P_s からS302で取り出された分岐点204までの軌道については、S302で取り出された参照軌道202をそのまま使用する。始点 P_s から分岐点204までの軌道が請求の範囲の第1の動作軌道に対応し、分岐点204から終点 P_e までの軌道が請求の範囲の第2の動作軌道に対応する。

[0063] 最後に、個別軌道生成部308は、生成された分岐点204から終点 P_e までの個別軌道と、始点 P_s から分岐点204までの区間の参照軌道202とを含む動作指令をロボット制御部309に送信する (S304)。ロボット制御部309は、受信した動作指令に従ってロボット101を駆動する。これによって、ロボット101は、エンドエフェクタ102を始点 P_s から終点 P_e まで移動させ、対象物体200に対し予め設定されたタスクを実行する。

[0064] このように実施の形態1によれば、始点 P_s から分岐点204までは、障害物205との干渉を回避できかつ評価値が第一の範囲に入ることが満足する動作軌道である参照軌道202をそのまま使用して動作軌道が生成され、分岐点から対象物体200までは、対象物体200の実際の位置および姿勢に合わせて動作軌道が生成されるため、対象物体200の位置および姿勢がばらつく場合においても、評価値が一定の範囲内となる軌道を計算するための時間を短縮することが可能となり、生産性を向上させることができる。

[0065] また、実施の形態1によれば、個別軌道203を生成する際に評価値が一定の範囲内に収まるように分岐点204が選定される。このため、生成される軌道は一定の生産性を保証することができる。また、実施の形態1によれば、参照軌道202に含まれる動作点のうち、軌道周辺の障害物205の外周に一定の距離 L でマージンを取った仮障害物206に対し干渉が発生しない動作点の中から分岐点204の候補を選ぶようにしている。このため、個別軌道203の生成時に考慮すべき障害物205の数が減るため、個別軌道203の生成にかかる時間が短縮できる。

[0066] また、実施の形態１によれば、対象物体２００の想定されるばらつきにハンドアプローチの違いも含めているため、対象物体２００のばらつきに対応してエンドエフェクタ１０２の操作も含めてタスクを効率よく達成することができる。また、実施の形態１によれば、参照軌道２０２内に個別軌道２０３の評価値が指定の範囲内に収まるような分岐点２０４が無い場合に、参照軌道２０２を新たに生成し追加することで、目標集合２０１内の全てのばらつきパターンに対し動作軌道を生成することを保証できる。

[0067] 実施の形態２．

実施の形態１では、目標集合２０１に含まれる対象物体２００の全てのばらつきパターンに対し、参照軌道２０２および分岐点２０４を別々に設定した。これに対し、実施の形態２では、目標集合２０１に含まれる全てのばらつきパターンに対し、参照軌道２０２および分岐点２０４を１つ設定する。すなわち、実施の形態２では、１つの参照軌道２０２および１つの分岐点２０４は、全てのばらつきパターンで共用される。

[0068] 図１９は、実施の形態２における個別軌道２０３の生成の動作手順を示すフローチャートである。図２０は、実施の形態２における参照軌道２０２および個別軌道２０３を示す概念図である。実施の形態２では、ロボットシステム１００は、実施の形態１と同じものを使用する。また、目標集合設定部３０３、参照軌道生成部３０４も実施の形態１と同じ処理を実行する。

[0069] 図２０に示すように、実施の形態２では、目標集合２０１に含まれる対象物体２００の全てのばらつきパターンに対し、１つの参照軌道２０２および１つの分岐点２０４を有している。したがって、実施の形態２では、始点 P_s から分岐点２０４までの区間では、参照軌道２０２がそのまま使用され、分岐点２０４から実際の終点 P_e までの区間では、分岐点２０４から実際の終点 P_e までの個別軌道が実際の終点 P_e の位置、姿勢に応じて生成される。例えば、実際の終点 P_e が左上の角部であれば、個別軌道２０３－Ｃが生成され、実際の終点 P_e が左下の角部であれば、個別軌道２０３－Ｄが生成され、実際の終点 P_e が右上の角部であれば、個別軌道２０３－Ａが生成さ

れ、実際の終点 P_e が右下の角部であれば、個別軌道203-Bが生成される。

[0070] 以下、図19に従って、1つの参照軌道202および1つの分岐点204を生成するための手順を説明する。まず、目標集合設定部303は、実施の形態1と同様にして、目標集合設定部303で算出された目標集合201と、目標集合201に含まれる対象物体200の全てのばらつきパターンを読み込む(S401)。

[0071] 次に、参照軌道生成部304は、複数のばらつきパターンのうち一部のグリッド点 G を持つばらつきパターンを選択し、選択されたばらつきパターンを終点 P_e とし、既定の始点 P_s を動作始点とし、実施の形態1と同様にして、任意の軌道生成手法を用いて評価値が第一の範囲内となる参照軌道202を生成する(S402)。軌道の評価値は実施の形態1と同様に動作時間とする。

[0072] 軌道生成手法として、RRTなどのランダムサンプリング手法、CHOMPなどの軌道パラメータ最適化手法、グラフ解法、強化学習手法などの公知技術を使用できる。また、これらの手法を組み合わせ使用してもよい。加えて、システムユーザーがマニュアル教示した軌道を使用してもよい。

[0073] 次に、分岐点指定部305は、分岐点204の候補となる点を参照軌道202の動作点のなかから指定する(S403)。分岐点204を選択する対象となる区間は、図14～図16を用いて説明したように、実施の形態1と同じ手法を採用する。

[0074] 次に、分岐点指定部305は、目標集合201の全てのばらつきパターンに対し、S403で指定した分岐点204を使用する場合の個別軌道203の評価値を計算したかどうか確認する(S404)。未計算のばらつきパターンがある場合は(S404: No)、未計算のばらつきパターンの中から一つ選択し、個別軌道203の評価値を計算する(S405)。各個別軌道203の評価値の計算方法は、実施の形態1と同様とする。全てのばらつきパターンに対し、評価値を計算し終わった場合は(S404: Yes)、S

406に移る。

[0075] 次に、分岐点指定部305は、S403で選択された分岐点の候補に対し、全てのばらつきパターンの評価値の期待値を計算する(S406)。

[0076] 評価値の期待値の計算方法としては、例えば、全てのばらつきパターンの評価値の等価平均を採用する。また、目標集合201の中央部のばらつきパターンに対応する個別軌道203の評価値の重みが、目標集合201の外側周辺部のばらつきパターンに対応する個別軌道203の評価値の重みより、高くなるような重み付き平均としてもよい。さらに、実際の生産ラインでの各ばらつきパターンの発生回数に基づき期待値を計算してもよい。

[0077] 分岐点指定部305は、計算された評価値の期待値が、第二の範囲内に入っているか否かを確認する(S407)。第二の範囲として、動作時間が $T2[s]$ 以内($T2 > T1$)とする。評価値の期待値が第二の範囲内に入っている場合は(S407: Yes)、S409へ移行する。評価値の期待値が第二の範囲内に入っていない場合は(S407: No)、参照軌道202の中に分岐点204の候補となる他の点が残っているか確認する(S408)。候補が残っている場合は(S408: Yes)、S403に戻り別の分岐点204の候補を設定する。候補が残っていない場合は(S408: No)、S409へ移行する。なお、実施の形態2では、S407の判断の際に、第二の範囲より広い第三の範囲を設定してもよい。

[0078] S409においては、分岐点指定部305は、分岐点204を一つ選択し、参照軌道202とセットにして個別分岐点記憶部306に追加する。本実施の形態では評価値の期待値すなわち動作時間の期待値が最小となる分岐点204を選択する。個別分岐点記憶部306には、一組の分岐点204と参照軌道202とが記憶されることになる。

[0079] ロボット101での実作業時は、個別分岐点記憶部306は、個別分岐点記憶部306に記憶された一組の分岐点204と参照軌道202とを用いて、図18で説明したのと同様にして、ロボット101の動作軌道を生成する。まず、外部センサ104を用いて、対象物体200の実際の位置、姿勢、

および形状が測定される。つぎに、個別分岐点記憶部 306 から、一組の分岐点 204 と参照軌道 202 とが取り出される。つぎに、対象物体 200 の実際の位置および姿勢を終点 P_e として、取り出した分岐点 204 から、終点 P_e までの個別軌道が、図 17 を用いて説明した手法を用いて生成される。始点 P_s から分岐点 204 までの軌道については、参照軌道 202 をそのまま採用する。その後、生成された分岐点 204 から終点 P_e までの個別軌道と、始点 P_s から分岐点 204 までの区間の参照軌道 202 とを含む動作指令に基づいて、ロボット 101 が駆動される。

[0080] このように実施の形態 2 によれば、複数のばらつきパターンに対し参照軌道 202 と分岐点 204 との組を一組のみ設定するため、個別分岐点記憶部 306 に記憶されるデータ量が削減できる。また、実施の形態 2 によれば、参照軌道 202 内の候補から評価値の期待値が最小になる点が分岐点 204 として選定されるため、実施の形態 1 と同様に、生成される軌道は一定の生産性を保証する。ただし、対象物体 200 のばらつきパターンごとに分岐点 204 が指定される実施の形態 1 と比較すると、個々のばらつきパターンに対する個別軌道の生産性は低下する可能性がある。

[0081] ここで、図 4 に示したロボット制御装置のハードウェア構成について説明する。図 21 は、実施の形態 1 および実施の形態 2 にかかるロボット制御装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

[0082] ロボット制御装置は、図 21 に示した演算装置 404 および記憶装置 405 を含むハードウェア構成 406 によって実現することができる。演算装置 404 の例は、CPU (Central Processing Unit、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、DSP (Digital Signal Processor) ともいう) またはシステム LSI (Large Scale Integration) である。記憶装置 405 の例は、RAM (Random Access Memory) または ROM (Read Only Memory) である。

[0083] ロボット制御装置は、演算装置 404 が、記憶装置 405 で記憶されている、ロボット制御装置の動作を実行するためのプログラムを読み出して実行

することで実現される。また、このプログラムは、ロボット制御装置の手順または方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。

[0084] 記憶装置４０５は、分岐点２０４および参照軌道２０２を記憶する。記憶装置４０５は、演算装置４０４が各種処理を実行する際の一時メモリにも使用される。

[0085] 演算装置４０４が実行するプログラムは、インストール可能な形式または実行可能な形式のファイルで、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体に記憶されてコンピュータプログラムプロダクトとして提供されてもよい。また、演算装置４０４が実行するプログラムは、インターネットなどのネットワーク経由でロボット制御装置に提供されてもよい。

[0086] また、ロボット制御装置は専用のハードウェアで実現してもよい。また、ロボット制御装置の機能について、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。例えば、目標集合設定部３０３、参照軌道生成部３０４、分岐点指定部３０５および個別分岐点記憶部３０６をコンピュータに実行させ、センサ情報取得部３０７、個別軌道生成部３０８およびロボット制御部３０９をロボットコントローラに実行させてもよい。

[0087] 以上の実施の形態に示した構成は、本開示の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本開示の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0088] １００ ロボットシステム、１０１ ロボット、１０２ エンドエフェクタ、１０３ ベルトコンベア、１０４ 外部センサ、２００ 対象物体、２０１ 目標集合、２０２ 参照軌道、２０３ 個別軌道、２０４ 分岐点、２０５ 障害物、２０６ 仮障害物、３０１ 周辺装置情報取得部、３０２ タスク情報取得部、３０３ 目標集合設定部、３０４ 参照軌道生成部、３０５ 分岐点指定部、３０６ 個別分岐点記憶部、３０７ センサ情報取得部、３０８ 個別軌道生成部、３０９ ロボット制御部、３１０ 軌道生

成部、404 演算装置、405 記憶装置、406 ハードウェア構成、
Pe 終点、Ps 始点。

請求の範囲

[請求項1]

ロボットのエンドエフェクタを始点から終点まで移動させて、位置および姿勢が固定されていない対象物体に対して予め設定されたタスクを実行するロボット制御装置であって、

前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組の各々に対応して、参照軌道および分岐点が記憶される記憶部と、

前記タスクの実行時に、前記対象物体の位置および姿勢を計測する計測部と、

計測された前記対象物体の位置および姿勢に対応する前記参照軌道および前記分岐点を前記記憶部から取得し、計測された前記対象物体の位置および姿勢を前記終点に設定し、取得された前記参照軌道を使用して前記始点から前記分岐点までの前記ロボットの動作軌道である第1の動作軌道を生成し、取得された前記分岐点から前記終点までの前記ロボットの動作軌道である第2の動作軌道を第1の演算を行って生成する個別軌道生成部と、

前記第1の動作軌道および前記第2の動作軌道を含む動作指令に従って前記ロボットを駆動制御するロボット制御部と、

を備え、

前記参照軌道は、前記始点から、前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組のうちの一つである第1点までの前記ロボットの動作軌道であって、障害物との干渉を回避でき、かつ評価値が第一の範囲に入ることが満足する動作軌道であり、

前記分岐点は、前記参照軌道上の一点であって、前記分岐点から前記第1点までの動作軌道の前記評価値が前記第一の範囲より広い第二の範囲に入ることが満足する動作軌道である

ことを特徴とするロボット制御装置。

[請求項2]

前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組の集合を目標集合に設定する目標集合設定部と、

前記目標集合に含まれる前記対象物体の少なくとも一つの位置および姿勢の組を選択し、選択した前記対象物体の位置および姿勢の組に基づいて前記参照軌道を生成する参照軌道生成部と、

生成された前記参照軌道上から前記分岐点の複数の候補点を抽出し、抽出された複数の候補点から前記第1点までの複数の動作軌道のなかから前記評価値が前記第二の範囲に入る動作軌道を選択し、選択された動作軌道に対応する候補点を前記第1点に対応する分岐点に決定する第1の処理を、前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組の全てについて実行して、前記対象物体が取り得る位置および姿勢の組毎に、前記分岐点を算出し、算出された分岐点および生成された前記参照軌道を前記記憶部に記憶する分岐点指定部と、

を備えることを特徴とする請求項1に記載のロボット制御装置。

[請求項3] 前記参照軌道生成部は、前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組に共通の一つの参照軌道を生成することを特徴とする請求項2に記載のロボット制御装置。

[請求項4] 前記参照軌道生成部は、前記目標集合の中心位置に前記一つの参照軌道を設定することを特徴とする請求項3に記載のロボット制御装置。

[請求項5] 前記参照軌道生成部は、前記ロボットの実際の動作時に発生頻度が最も高かった位置に前記一つの参照軌道を設定することを特徴とする請求項3に記載のロボット制御装置。

[請求項6] 前記参照軌道生成部は、前記対象物体が取り得る位置および姿勢の組に応じて異なる前記第1点に前記参照軌道を設定することを特徴とする請求項2に記載のロボット制御装置。

[請求項7] 前記参照軌道生成部は、前記評価値が前記第二の範囲に入る条件を満たす前記分岐点が存在しない場合に、新たな参照軌道を生成することを特徴とする請求項2に記載のロボット制御装置。

[請求項8] 前記記憶部は、前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組

の各々に対応して、前記参照軌道、前記分岐点および前記対象物体へのハンドアプローチの軌道の組を記憶することを特徴とする請求項 1 に記載のロボット制御装置。

[請求項9]

ロボットのエンドエフェクタを始点から終点まで移動させて、位置および姿勢が固定されていない対象物体に対して予め設定されたタスクを実行するロボット制御装置であって、

前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組に対し共通する一つの参照軌道および一つの分岐点が記憶される記憶部と、

前記タスクの実行時に、前記対象物体の位置および姿勢を計測する計測部と、

前記記憶部から前記参照軌道および前記分岐点を取得し、計測された前記対象物体の位置および姿勢を前記終点に設定し、前記取得された参照軌道を使用して前記始点から前記分岐点までの前記ロボットの動作軌道である第 1 の動作軌道を生成し、取得された前記分岐点から前記終点までの前記ロボットの動作軌道である第 2 の動作軌道を第 1 の演算を行って生成する個別軌道生成部と、

前記第 1 の動作軌道および前記第 2 の動作軌道を含む動作指令に従って前記ロボットを駆動制御するロボット制御部と、

を備え、

前記参照軌道は、前記始点から、前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組のうちの一つである第 1 点までの前記ロボットの動作軌道であって、障害物との干渉を回避でき、かつ評価値が第一の範囲に入ることを満足する動作軌道であり、

前記分岐点は、前記参照軌道上の一点であって、前記分岐点から前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組までの複数の動作軌道の前記評価値の平均が前記第一の範囲より広い第二の範囲に入ることを満足する動作軌道である

ことを特徴とするロボット制御装置。

[請求項10] 前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の集合を目標集合に設定する目標集合設定部と、

前記目標集合に含まれる前記対象物体の一つの位置および姿勢の組を選択し、選択した前記対象物体の位置および姿勢の組に基づいて前記参照軌道を生成する参照軌道生成部と、

生成された前記参照軌道上から前記分岐点の複数の候補点を抽出し、抽出された複数の候補点のうちの1つの候補点から前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組までの複数の動作軌道の前記評価値の平均を求める第2の処理を、全ての候補点について実行し、前記複数の候補点のうちの前記評価値の平均が前記第二の範囲に入る候補点を前記分岐点に決定し、前記決定された分岐点および前記参照軌道を前記記憶部に記憶する分岐点指定部と、

を備えることを特徴とする請求項9に記載のロボット制御装置。

[請求項11] 前記評価値の平均は、前記目標集合の中央部の前記評価値の重みが、前記目標集合の外側周辺の前記評価値の重みより、高くなる重み付き平均であることを特徴とする請求項10に記載のロボット制御装置。

[請求項12] 前記分岐点指定部は、前記参照軌道のうち、前記障害物の外周に一定の距離でマージンを取った仮障害物に対し前記エンドエフェクタとロボット本体との干渉が発生しない区間の中から前記分岐点を選ぶことを特徴とする請求項2または請求項10に記載のロボット制御装置。

[請求項13] 前記評価値は、前記ロボットの動作時間であることを特徴とする請求項1から請求項12の何れか一つに記載のロボット制御装置。

[請求項14] ロボットのエンドエフェクタを始点から終点まで移動させて、位置および姿勢が固定されていない対象物体に対して予め設定されたタスクを実行するロボット制御プログラムであって、

前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組の各々に対応し

て、参照軌道および分岐点を記憶部に記憶するステップと、

前記タスクの実行時に、前記対象物体の位置および姿勢を計測するステップと、

計測された前記対象物体の位置および姿勢に対応する前記参照軌道および前記分岐点を前記記憶部から取得し、計測された前記対象物体の位置および姿勢を前記終点に設定し、取得された前記参照軌道を使用して前記始点から前記分岐点までの前記ロボットの動作軌道である第1の動作軌道を生成し、取得された前記分岐点から前記終点までの前記ロボットの動作軌道である第2の動作軌道を第1の演算を行って生成するステップと、

前記第1の動作軌道および前記第2の動作軌道を含む動作指令に従って前記ロボットを駆動制御するステップと、

をコンピュータに実行させ、

前記参照軌道は、前記始点から、前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組のうちの一つである第1点までの前記ロボットの動作軌道であって、障害物との干渉を回避でき、かつ評価値が第一の範囲に入ることを満足する動作軌道であり、

前記分岐点は、前記参照軌道上の一点であって、前記分岐点から前記第1点までの動作軌道の前記評価値が前記第一の範囲より広い第二の範囲に入ることを満足する動作軌道である

ことを特徴とするロボット制御プログラム。

[請求項15]

ロボットのエンドエフェクタを始点から終点まで移動させて、位置および姿勢が固定されていない対象物体に対して予め設定されたタスクを実行するロボット制御方法であって、

前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組の各々に対応して、参照軌道および分岐点を記憶部に記憶するステップと、

前記タスクの実行時に、前記対象物体の位置および姿勢を計測するステップと、

計測された前記対象物体の位置および姿勢に対応する前記参照軌道および前記分岐点を前記記憶部から取得し、計測された前記対象物体の位置および姿勢を前記終点に設定し、取得された前記参照軌道を使用して前記始点から前記分岐点までの前記ロボットの動作軌道である第1の動作軌道を生成し、取得された前記分岐点から前記終点までの前記ロボットの動作軌道である第2の動作軌道を第1の演算を行って生成するステップと、

前記第1の動作軌道および前記第2の動作軌道を含む動作指令に従って前記ロボットを駆動制御するステップと、

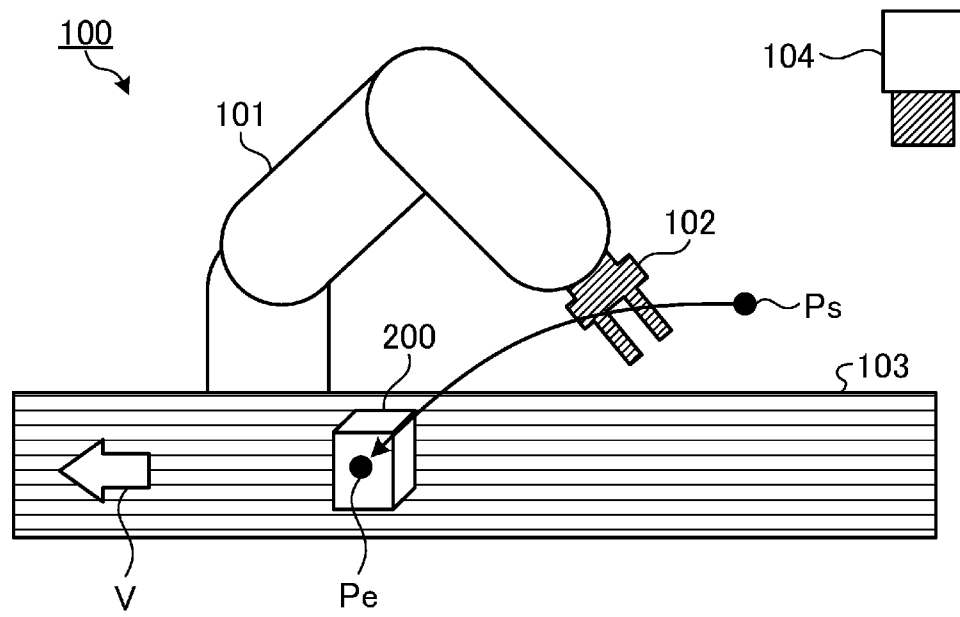
を備え、

前記参照軌道は、前記始点から、前記対象物体が取り得る複数の位置および姿勢の組のうちの一つである第1点までの前記ロボットの動作軌道であって、障害物との干渉を回避でき、かつ評価値が第一の範囲に入ることが満足する動作軌道であり、

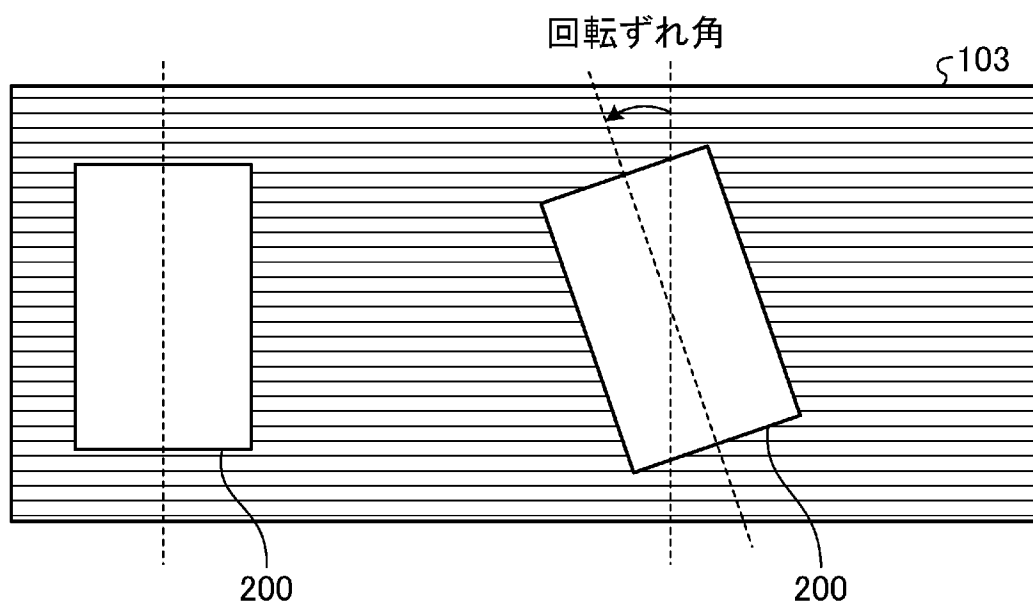
前記分岐点は、前記参照軌道上の一点であって、前記分岐点から前記第1点までの動作軌道の前記評価値が前記第一の範囲より広い第二の範囲に入ることが満足する動作軌道である

ことを特徴とするロボット制御方法。

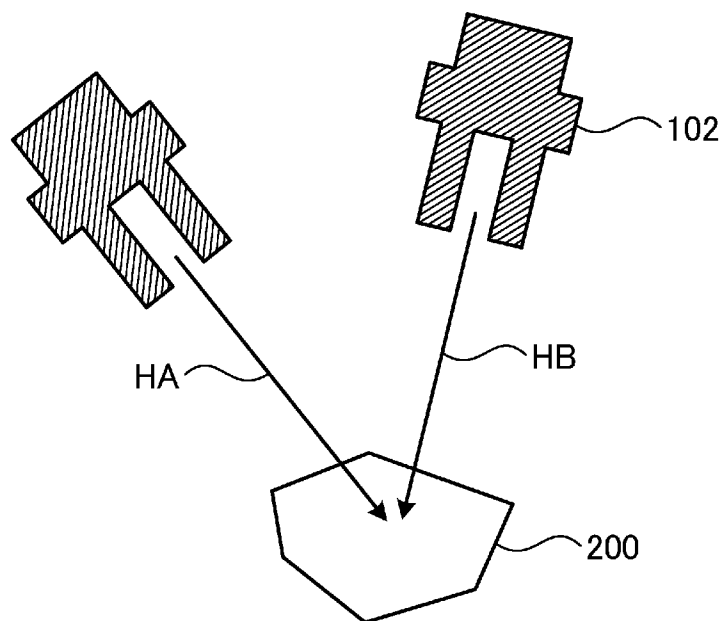
[図1]



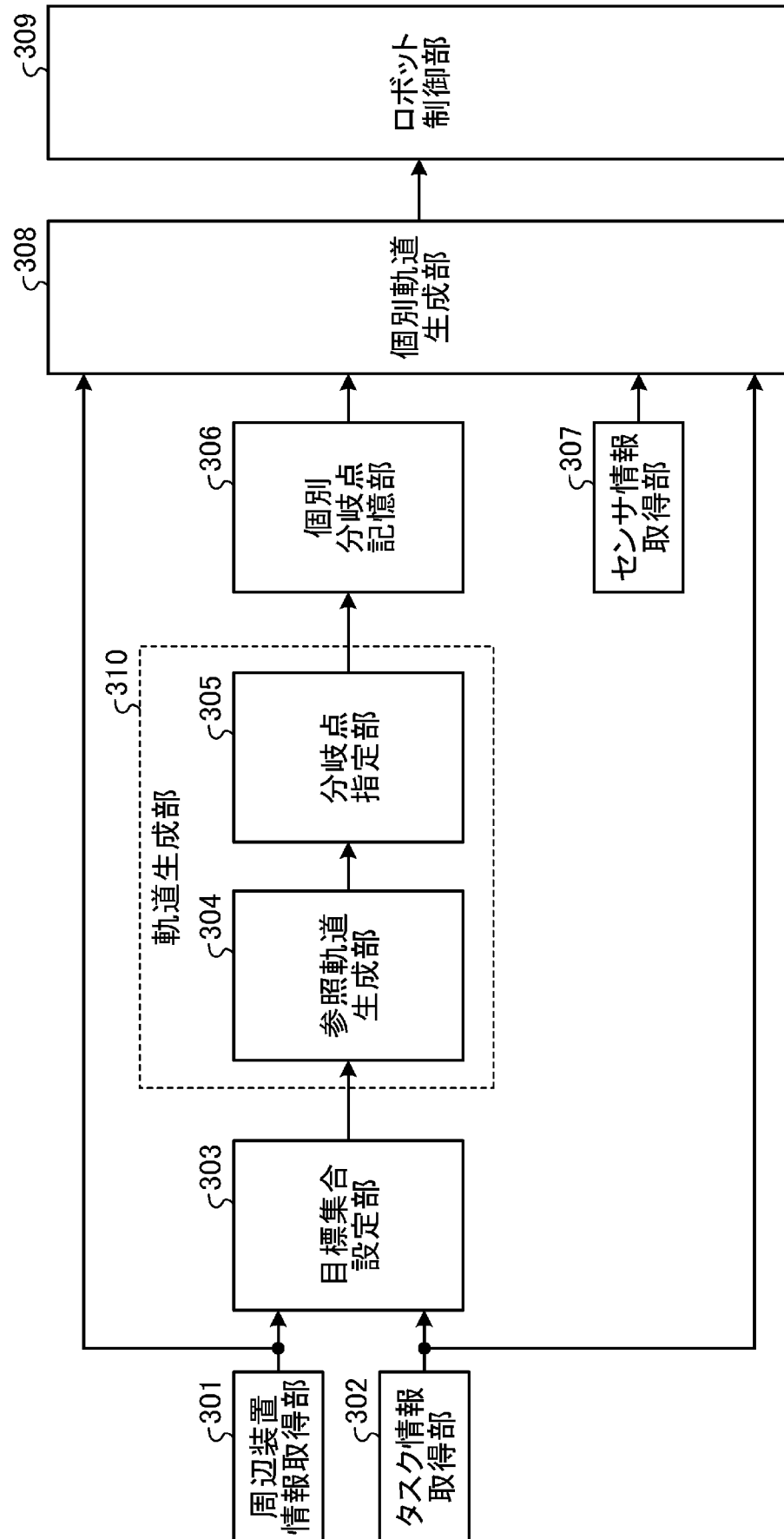
[図2]



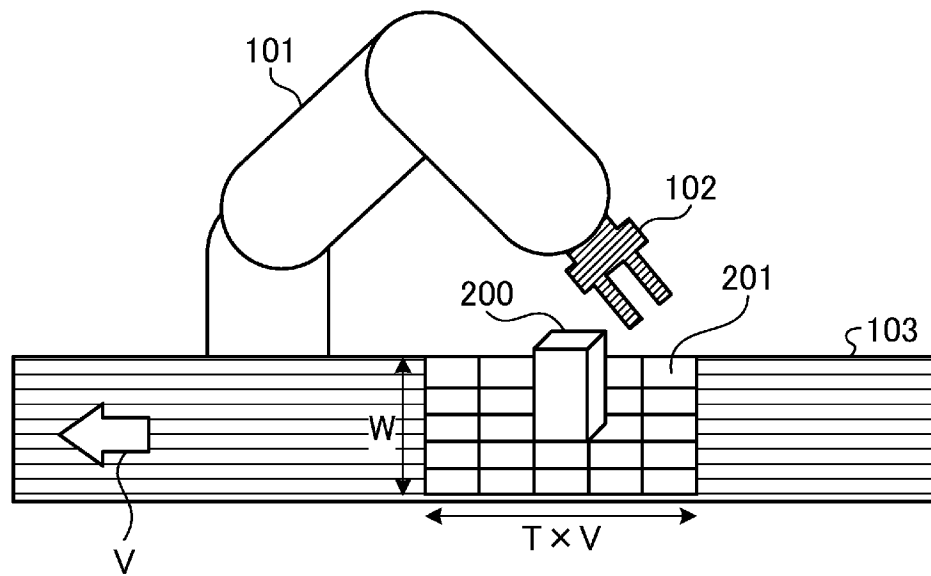
[図3]



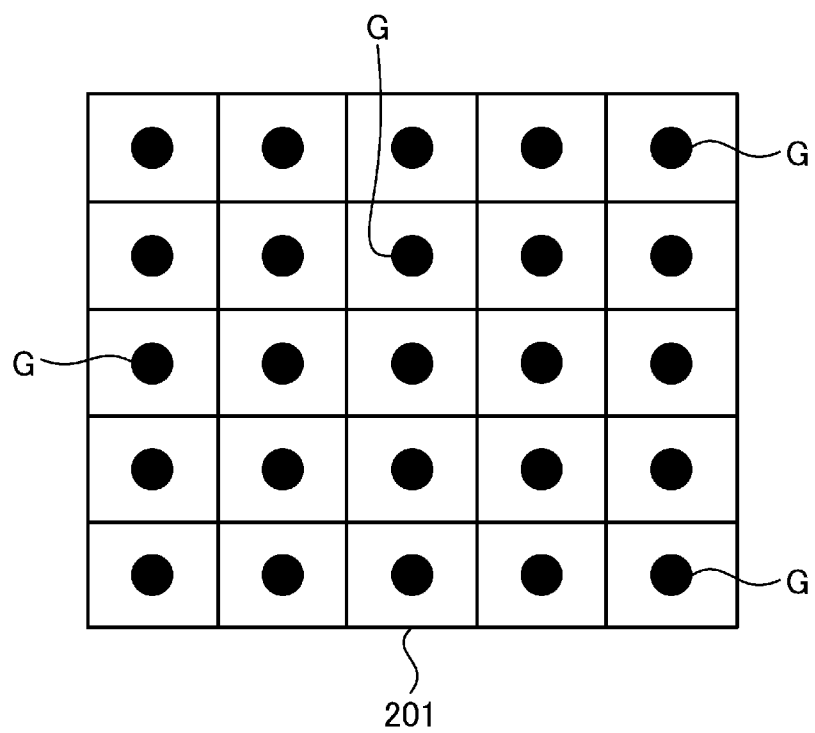
[図4]



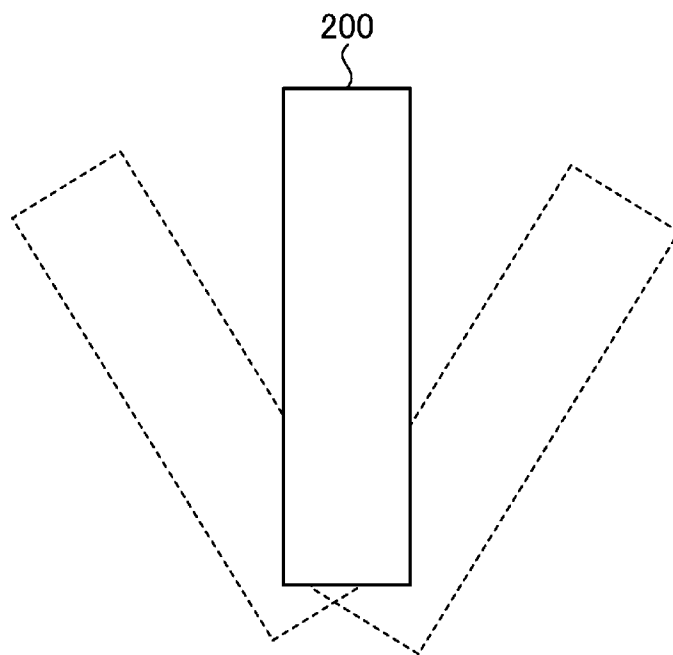
[図5]



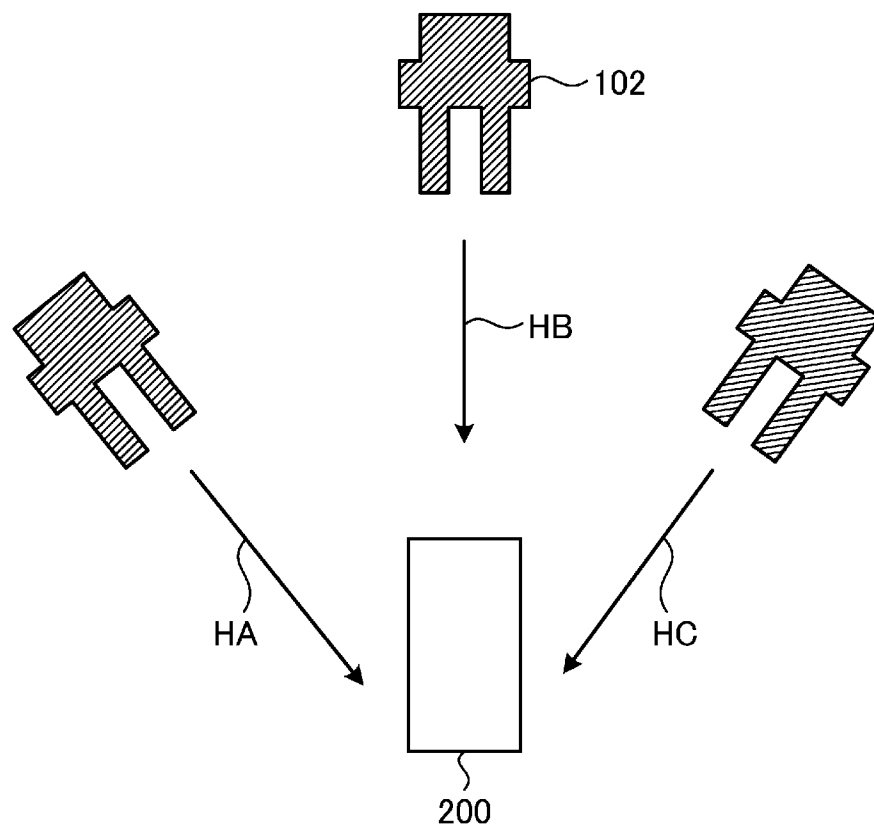
[図6]



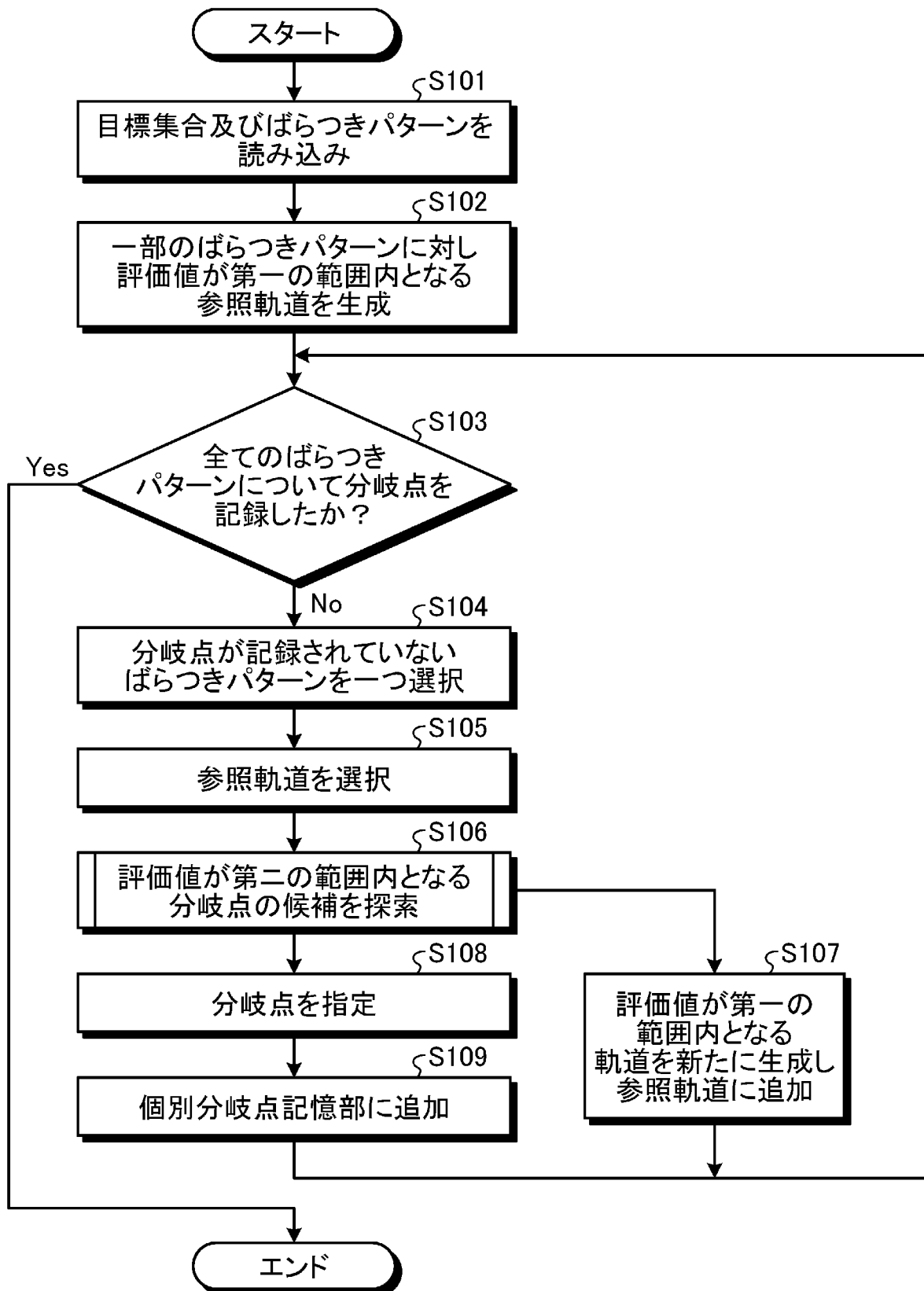
[図7]



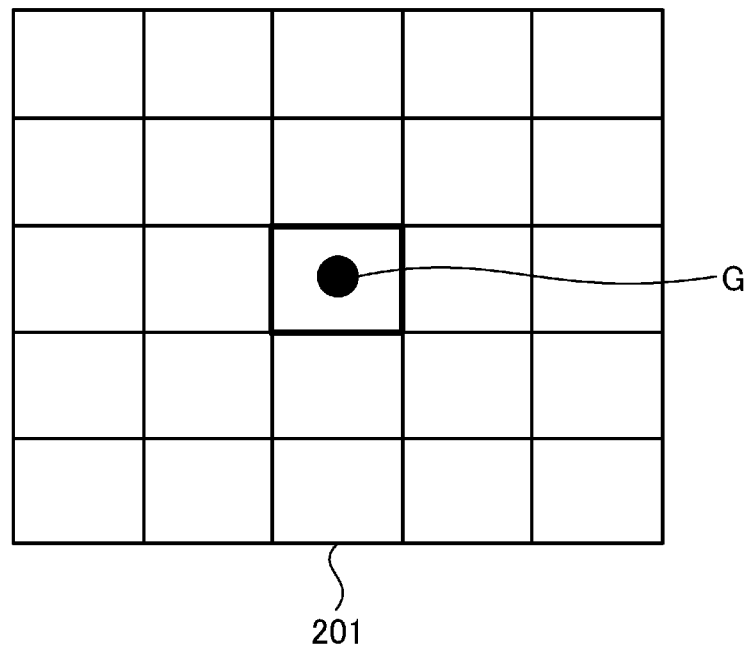
[図8]



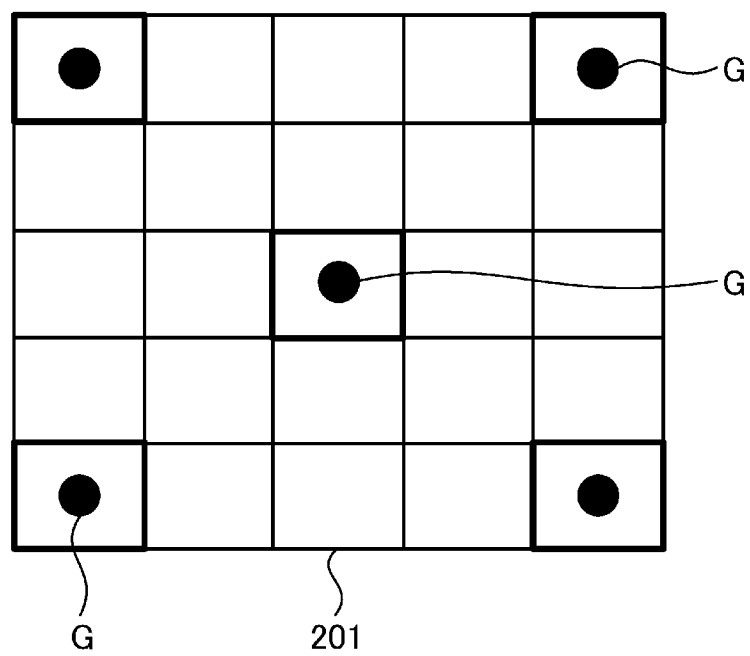
[図9]



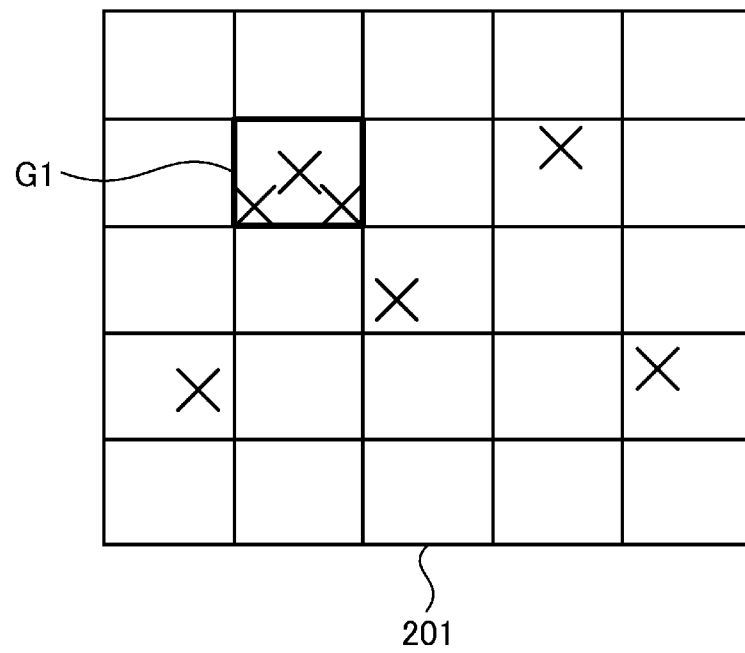
[図10]



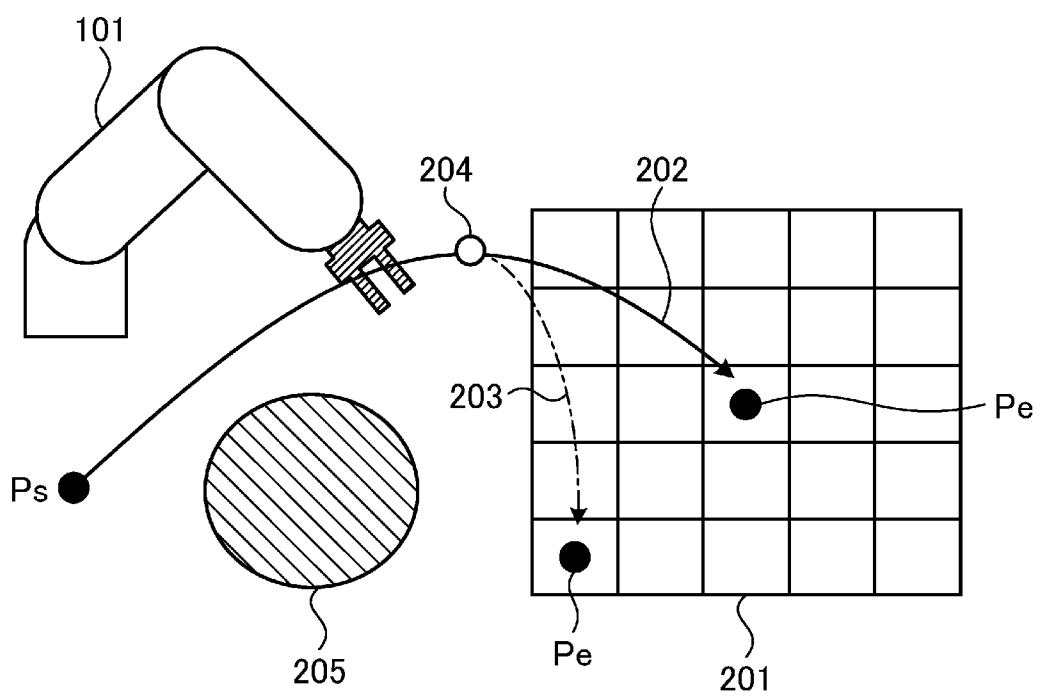
[図11]



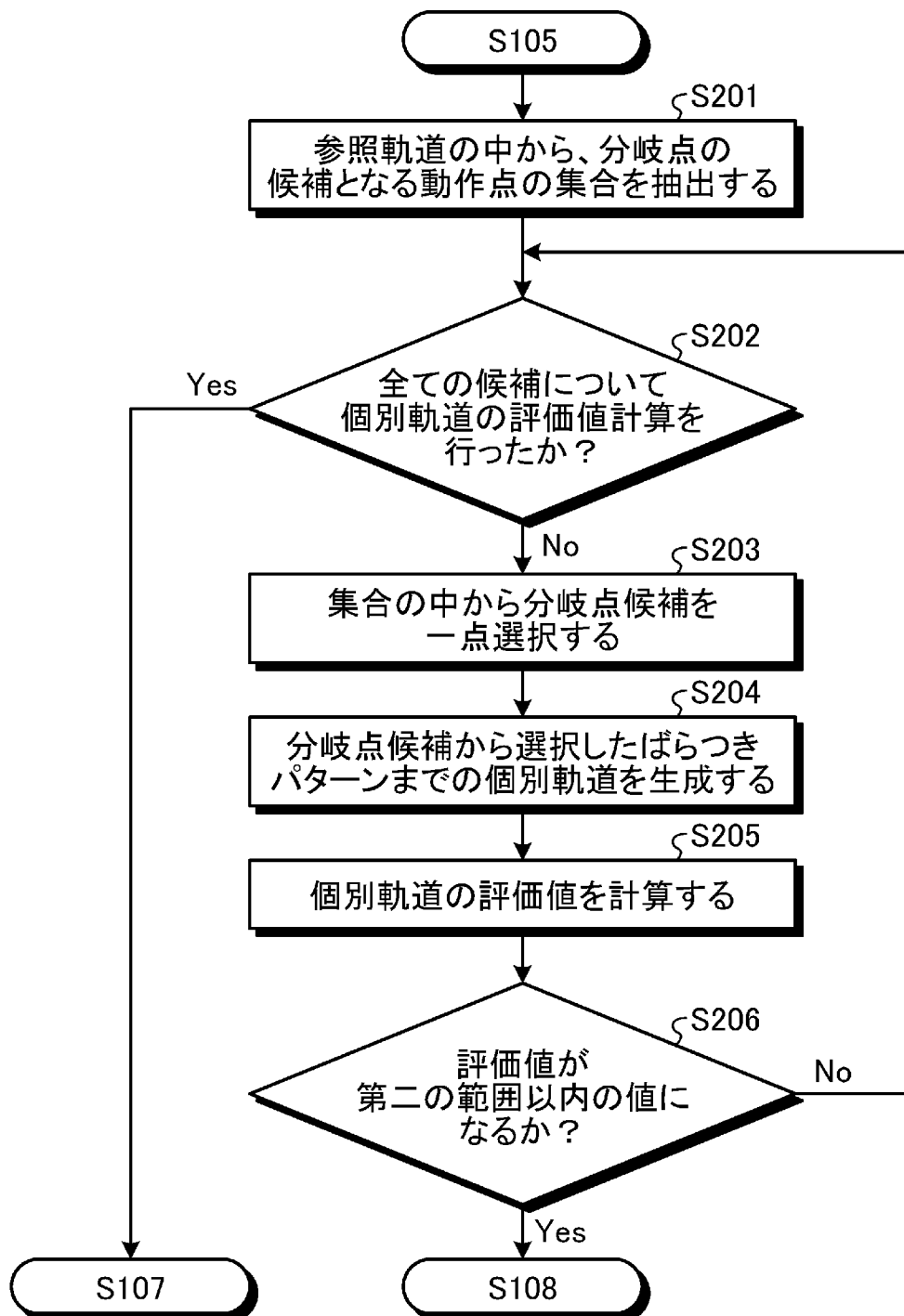
[図12]



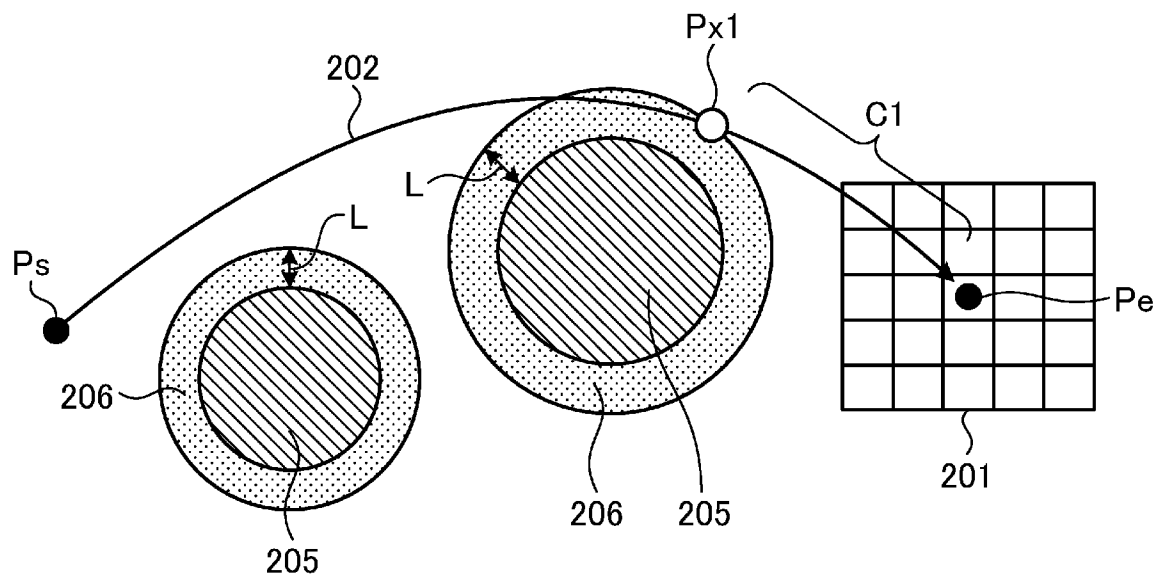
[図13]



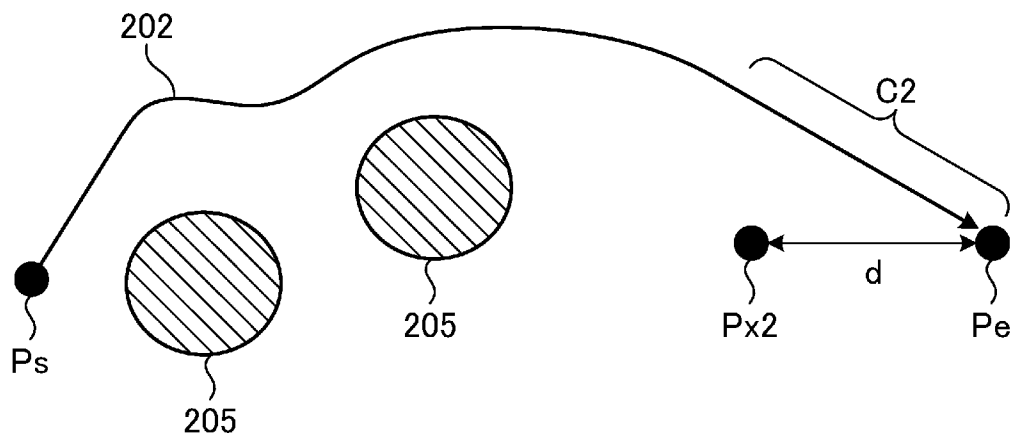
[図14]



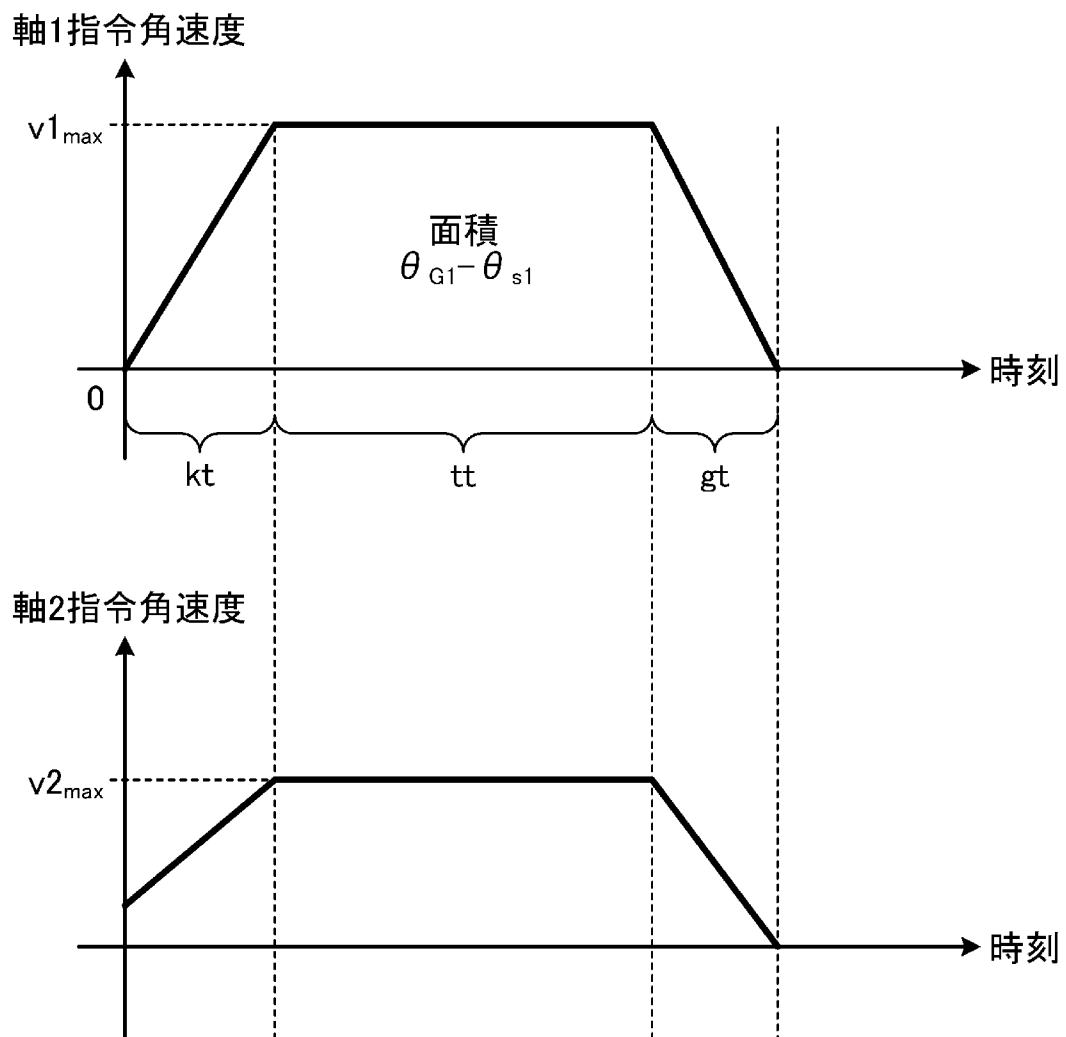
[図15]



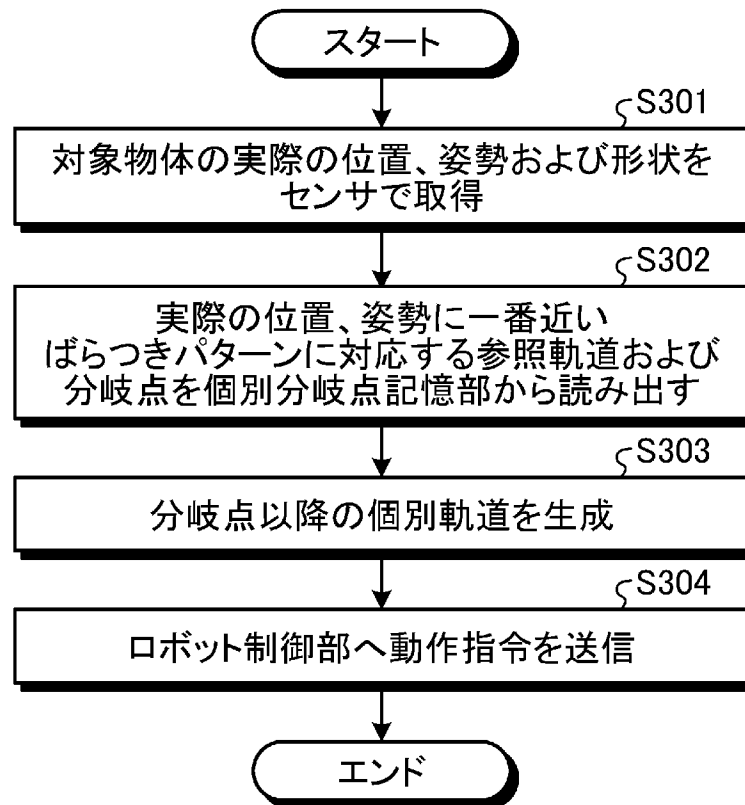
[図16]



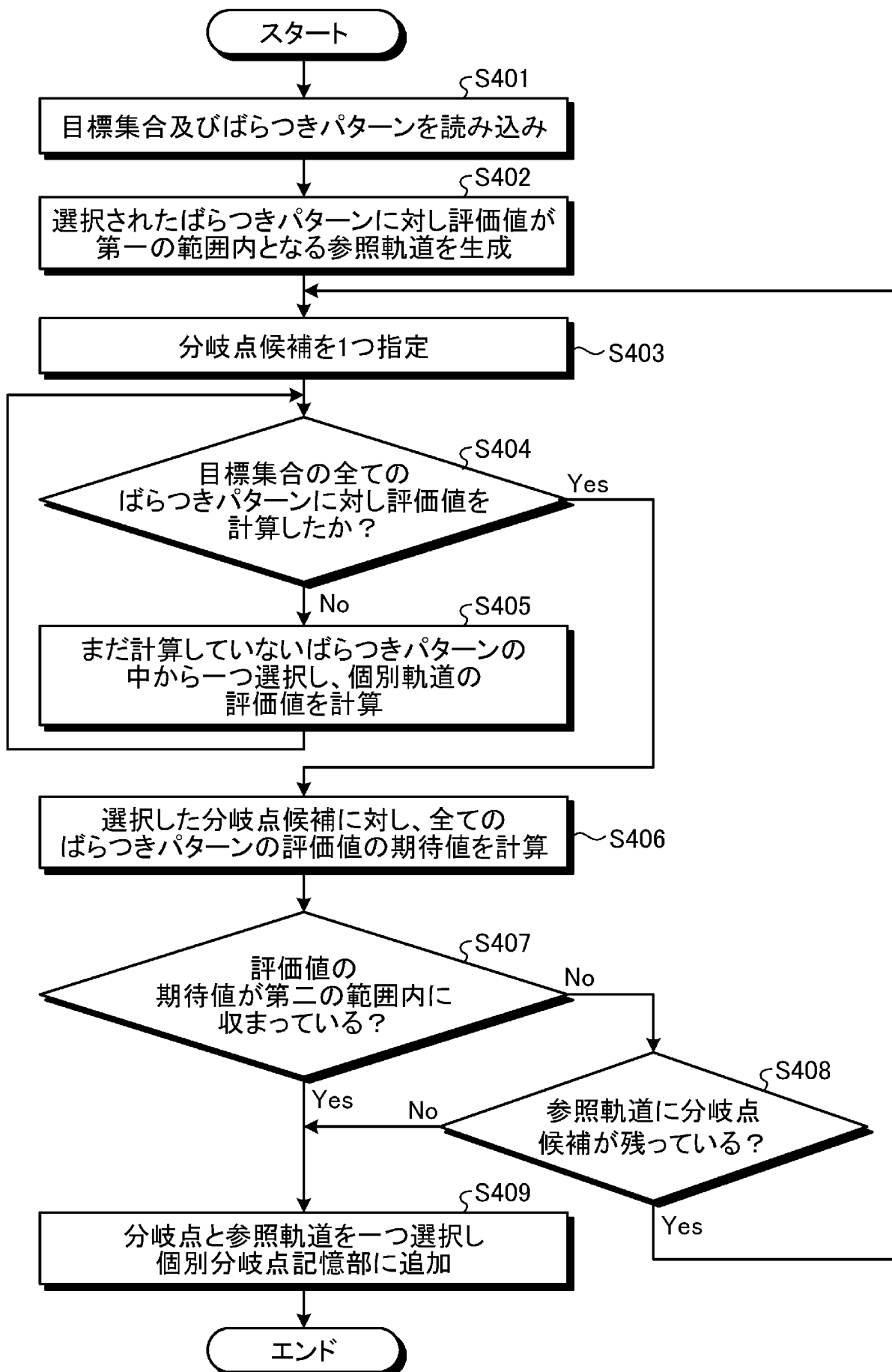
[図17]



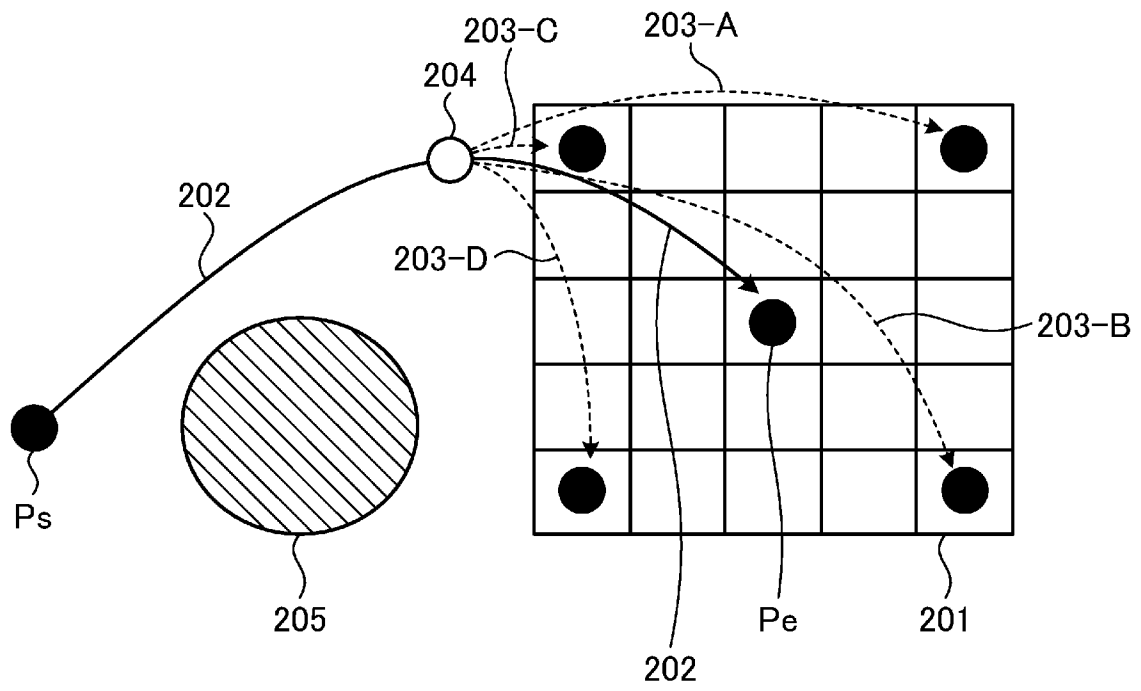
[図18]



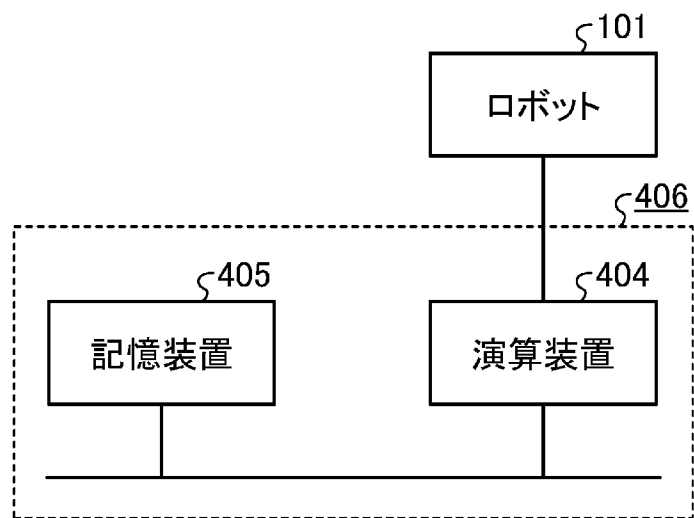
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/012254

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 9/10(2006.01)i

FI: B25J9/10 A

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)

B25J1/00-21/02; G05B19/18-19/416, 19/42-19/46

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
A	JP 2013-193194 A (TOYOTA MOTOR CORP) 30 September 2013 (2013-09-30) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2003-103481 A (HONDA MOTOR CO LTD) 08 April 2003 (2003-04-08) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2007-237334 A (TOYOTA MOTOR CORP) 20 September 2007 (2007-09-20) entire text, all drawings	1-15
A	WO 2018/092860 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 24 May 2018 (2018-05-24) entire text, all drawings	1-15
A	WO 2018/143003 A1 (YASKAWA ELECTRIC CORP) 09 August 2018 (2018-08-09) entire text, all drawings	1-15

☐ 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

27 May 2021 (27.05.2021)

Date of mailing of the international search report

08 June 2021 (08.06.2021)

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/012254

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2013-193194 A	30 Sep. 2013	US 2015/0100194 A1 entire text, all drawings WO 2013/140236 A1 CN 104023923 A	
JP 2003-103481 A	08 Apr. 2003	(Family: none)	
JP 2007-237334 A	20 Sep. 2007	(Family: none)	
WO 2018/092860 A1	24 May 2018	(Family: none)	
WO 2018/143003 A1	09 Aug. 2018	US 2019/0314989 A1 entire text, all drawings EP 3578322 A1 CN 110198813 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 9/10(2006.01)i FI: B25J9/10 A														
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）） B25J 1/00-21/02; G05B 19/18-19/416, 19/42-19/46 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2021年													
日本国実用新案登録公報	1996-2021年													
日本国登録実用新案公報	1994-2021年													
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												
A	JP 2013-193194 A（トヨタ自動車株式会社）30.09.2013（2013-09-30） 全文、全図	1-15												
A	JP 2003-103481 A（本田技研工業株式会社）08.04.2003（2003-04-08） 全文、全図	1-15												
A	JP 2007-237334 A（トヨタ自動車株式会社）20.09.2007（2007-09-20） 全文、全図	1-15												
A	WO 2018/092860 A1（三菱電機株式会社）24.05.2018（2018-05-24） 全文、全図	1-15												
A	WO 2018/143003 A1（株式会社安川電機）09.08.2018（2018-08-09） 全文、全図	1-15												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 27.05.2021	国際調査報告の発送日 08.06.2021													
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） 尾形 元 3U 4654 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/JP2021/012254

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-193194	A	30.09.2013	US 2015/0100194 A1 全文、全図 WO 2013/140236 A1 CN 104023923 A	
JP	2003-103481	A	08.04.2003	(ファミリーなし)	
JP	2007-237334	A	20.09.2007	(ファミリーなし)	
WO	2018/092860	A1	24.05.2018	(ファミリーなし)	
WO	2018/143003	A1	09.08.2018	US 2019/0314989 A1 全文、全図 EP 3578322 A1 CN 110198813 A	