

(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
2015年3月26日(26.03.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/040980 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 19/06 (2006.01) **G05B 19/4061** (2006.01)
B23K 11/11 (2006.01) **G05B 19/4093** (2006.01)
B25J 9/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/071211
- (22) 国際出願日: 2014年8月11日(11.08.2014)
- (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 2013-193537 2013年9月18日(18.09.2013) JP
- (71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2208623 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 金沢 泰(KANAZAWA, Tai); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 柳 一隆(YANAGI, Kazutaka); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 岡山 尚義(OKAYAMA, Takayoshi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山

1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 芥川 崇(AKUTAGAWA, Takashi); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 八田国際特許業務法人(HATTA & ASSOCIATES); 〒1020084 東京都千代田区二番町1-1番地9 ダイアパレス二番町 Tokyo (JP).

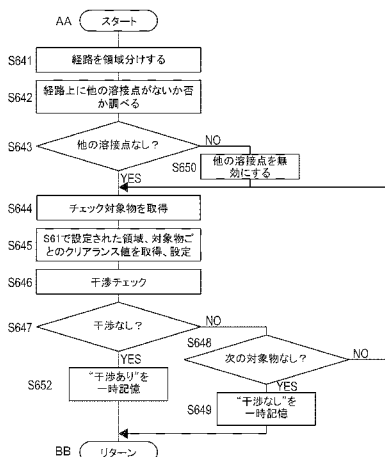
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: WORK PATH CREATION DEVICE, WORK PATH CREATION METHOD, WORK PATH CREATION PROGRAM AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 作業経路作成装置、作業経路作成方法、作業経路作成プログラム、および記録媒体



S641 Divide path into regions
S642 Check to see whether there is another welding point on the path
S643 No other welding point?
S644 Acquire target object to be checked
S645 Acquire and set clearance values for each region set in S61 and each target object
S646 Interference check
S647 No interference?
S648 No subsequent target-object?
S649 Temporarily save "no interference"
S650 Disable other welding point
S652 Temporarily save "interference exists"
AA Start
BB Return

(57) Abstract: [Problem] To provide a work path creation device that can, when creating a path used when work is performed at a plurality of work points, create a path that has no interference, even if there is a work point at which no work is performed. [Solution] In the present invention, two work points are selected from a plurality of work points and a path connecting the two work points is set. When performing an interference check on the plurality of work points, a work point region is set for which interference is not checked. In a case where there is another work point between the selected two work points (S643: NO), the work point region set for the other work point is disabled (S650). Subsequently, an interference check is performed on the path connecting the two work points.

(57) 要約: 【課題】複数の作業点において作業する際の経路を作成する際に、作業を行わない作業点があっても、干渉のない経路を作成することのできる作業経路作成装置を提供する。【解決手段】複数の作業点から2つの作業点を選択して当該2つの作業点を結ぶ経路を設定し、複数の作業点に対して干渉チェックの際に干渉チェックしない作業点領域を設定する。そして、選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合(S643: NO)は他の作業点に設定された作業点領域は無効とする(S650)。その後2つの作業点を結ぶ経路を干渉チェックする。

WO 2015/040980 A1



(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))

明 細 書

発明の名称：

作業経路作成装置、作業経路作成方法、作業経路作成プログラム、および記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は作業経路作成装置、作業経路作成方法、および作業経路作成プログラムに関し、詳しくは、ロボットを用いた作業において複数の作業点において作業する際の経路をオフラインプログラミングにより作成するための作業経路作成装置、作業経路作成方法、作業経路作成プログラム、および記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 近年、ロボットの動作を教示する際に、コンピューターシミュレーションを用いて、プログラミングすることが多く行われている。これをオフラインプログラミングと称している。

[0003] このようなオフラインプログラミングは、ロボットを用いた種々の作業に適用されている。たとえば、ロボットによる溶接においては、ロボットに溶接ガンをつけた状態で、ワーク（パネル）にある溶接点（溶接打点とも称される）を溶接するための干渉のない経路をオフラインで自動的に作成するために利用されている。

[0004] たとえば、溶接点の周辺は、そもそも溶接ガンとワークとが接触することが当然の部分である。従来は、このような溶接点の周辺をすべて削除してから、溶接点を接続する経路の干渉チェックを行うこととしている。すなわち、溶接点の周辺は、干渉チェックを行う領域から外すのである。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2000-61880号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、従来技術では、複数の溶接作業を行う経路を作成する際に、溶接点と溶接点の間に、その経路では作業を行わない溶接点（作業対象外の作業点という）があった場合、そのような作業対象外の作業点周辺も干渉チェックされないことになる。このため、従来技術で作成された経路を実際のロボットにロードした場合に、作業を行う溶接点と溶接点の間に作業対象外の作業点があると、作業対象外の作業点の形状によっては干渉してしまうことがある。

[0007] そこで、本発明の目的は、複数の作業点において作業する際の経路をオフラインプログラミングにより作成する際に、経路中に作業を行わない作業点があっても干渉のない経路を作成することのできる作業経路作成装置を提供することである。

[0008] また、他の目的は、複数の作業点において作業する際の経路をオフラインプログラミングにより作成する際に、経路中に作業を行わない作業点があっても干渉のない経路を作成することのできる作業経路作成方法を提供することである。

[0009] さらに他の目的は、複数の作業点において作業する際の経路をオフラインプログラミングにより作成する際に、経路中に作業を行わない作業点があっても干渉のない経路を作成することのできる作業経路作成プログラム、およびこのプログラムを記憶した記録媒体を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するための本発明による溶接経路作成装置は、複数の作業点から2つの作業点を選択して当該2つの作業点を結ぶ経路を設定する作業点選択部を有する。この溶接経路作成装置は、少なくとも2つの作業点を除く複数の作業点に対して干渉チェックの際に干渉チェックしない作業点領域を設定する領域設定部を有する。この溶接経路作成装置は、選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合に、このような他の作業点に設定された作業点領域は無効とする作業点領域無効部を有する。そしてこの溶接経路作

成装置は、2つの作業点を結ぶ経路を干渉チェックする干渉チェック部を有する。

[0011] また上記他の目的を達成するための本発明による溶接経路作成方法は、複数の作業点から2つの作業点を選択して当該2つの作業点を結ぶ経路を設定する段階と、少なくとも2つの作業点を除く複数の作業点に対して干渉チェックの際に干渉チェックしない作業点領域を設定する段階と、選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合に、当該他の作業点に設定された作業点領域は無効とする段階と、2つの作業点を結ぶ経路を干渉チェックする段階と、を有する。

[0012] また上記他の目的を達成するための本発明による溶接経路作成プログラムは、複数の作業点から2つの作業点を選択して当該2つの作業点を結ぶ経路を設定するステップと、少なくとも2つの作業点を除く複数の作業点に対して干渉チェックの際に干渉チェックしない作業点領域を設定するステップと、選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合に、当該他の作業点に設定された作業点領域は無効とするステップと、2つの作業点を結ぶ経路を干渉チェックするステップと、をコンピューターに実行させて作業を行う経路を作成する。

[0013] さらに上記他の目的を達成するための本発明は、上記作業経路作成プログラムを記憶したコンピューター読み取り可能な記録媒体である。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合、そのような他の作業点に対して設定された干渉チェックを行わない領域を無効とすることにした。このため経路途中で作業をしない作業点がある場合でも、干渉チェックを適切に行うことができるようになり、作業しない作業点とその周辺部において干渉が発生するのを防止することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]作業経路作成装置を含むシステムの構成を説明するためのブロック図である。

[図2]作業経路（溶接経路）作成手順のメインフローチャートである。

[図3]2つの作業点（溶接点）間を直線的に結ぶ経路の成立性を調べるサブルーチンフローチャートである。

[図4]干渉チェックのサブルーチンフローチャートである。

[図5]直線経路を説明するための説明図である。

[図6]2つの作業点（溶接点）間の距離・角度を説明するための説明図である。

[図7]逃げ点を説明する説明図である。

[図8]逃げ点を説明する説明図である。

[図9]作業点（溶接点）領域と作業点（溶接点）付近領域を説明するためのワーク平面図である。

[図10]直線経路ができない場合の経路作成のイメージ図である。

[図11]引き抜き経路の作成手順を説明するフローチャートである。

[図12]引き抜き経路の作成手順の詳細を説明するサブルーチンフローチャートである。

[図13]引き抜き経路の作成の際の動作を説明するための説明図である。

[図14]回避経路の作成手順を説明するフローチャートである。

[図15]引き抜き経路と回避経路作成のイメージ図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、添付した図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面における各部材の大きさや比率は説明の都合上誇張されており、実際の大きさや比率とは異なる。

[0017] 図1は、作業経路作成装置を含むシステムの構成を説明するためのブロック図である。

[0018] このシステムは、コンピューター11とサーバー12がネットワーク13により接続されている。

[0019] コンピューター11は、作業経路作成装置となる。このコンピューター1

1 は、後述する作業経路作成手順に従って作成されたプログラムを実行することにより複数の作業点を通る経路を自動作成する。したがって、このコンピュータ 11 は、作業点選択部、領域設定部、作業点領域無効部、干渉チェック部として機能することになる。

[0020] サーバー 12 は、作業経路作成に必要なデータを記憶している。作業経路作成に必要なデータは、たとえばワーク関連データとして、作業を行う（作業対象の）ワークの形状、ワーク上における作業点の位置、作業点ごとの加圧方向などを記憶している。また、サーバー 12 は、ロボット関連データとして、作業を行うロボットの緒元や形状（通常使用するロボットごとにオフラインプログラム用の形状や動作などのデータがある）、作業に用いる工具（たとえば溶接ガン）の形状などのデータを記憶している。なお、ワークに関連するデータは、このようなサーバー 12 ではなく、ワークを設計する CAD 装置などから直接取得してもよい。また、ロボット関連データは、作業経路作成装置となるコンピュータ 11 そのものが記憶しておいてもよい。

[0021] ネットワーク 13 は、コンピュータ 11 とサーバー 12 の間でデータのやり取りを行うための通信回線である。このネットワーク 13 は、通常は、一般的な LAN などであるが、専用線が用いられていてもよい。

[0022] そして、このネットワーク 13 には、ロボットを動作させるためのロボットコントローラー 14 に接続されている。これによりコンピュータ 11 で作成された作業経路をロボットコントローラー 14 にロードすることができる。もちろん、ロボットコントローラー 14 が、ネットワーク 13 に接続されていない場合には、作成された作業経路は、別途他の記憶媒体などに記録させてから、ロボットコントローラー 14 に運ばれてロードさせることになる。

[0023] 次に、作業経路作成手順を説明する。図 2 は作業経路作成手順のメインフローチャート、図 3 は 2 つの作業点間を直線的に結ぶ経路の成立性を調べるサブルーチンフローチャート、図 4 は干渉チェックのサブルーチンフローチャートである。

- [0024] 本作業経路作成手順における基本的な構成は、最初に2つの作業点間を直線的に結ぶ経路を作成し、その直線的な経路における干渉チェックを行い、干渉がなければ経路として決定し、干渉があり直線的に結べない場合は、他の経路を作成するという順である。
- [0025] ここで作業点間を直線的に結ぶ経路について説明する。ここでは作業点として溶接点を例に説明する。
- [0026] 図5は直線経路を説明するための説明図である。図示するように、2つの溶接点間を直線的に結ぶ経路とは、ワーク100上に設定されている溶接点1を溶接後、そのまま次の溶接点2に向かう直線経路のことである。ここで、溶接後とは、たとえば、工具が溶接ガンの場合、溶接ガン開放後、少しガンチップをワークから離れた後のことである。
- [0027] このような直線経路は、ロボットまたは工具の移動距離が短く、ロボットの軸動作量も少ないため、ロボットの動作時間を短くできるという特徴がある。しかし、たとえば、距離が大きく離れている場合は直線的に動作できない。そのほかにも、たとえば途中で障害物がある場合も直線的に動作できない。またロボットの軸範囲外で動けない場合も直線的に動作できない。これらのように、2つの溶接点であっても必ずしも直線的に動作することができない場合がある。このような場合には、いったん工具を引き抜いてから移動する経路を別途作成することになる（別経路の作成については後述する）。
- [0028] 図2～4を参照して、作業経路作成手順の一例を説明する。なお、以下では、複数の部材を接合する接合作業を行う場合、特に複数の部材を溶接する溶接作業を行う場合の作業経路作成手順について説明する。溶接作業においては、ロボットは、工具として溶接ガンを把持している。作業点は、複数の部材を接合する接合作業を行うための溶接点（接合点）である。
- [0029] この手順に先だち、コンピューター11は、サーバー12から必要なデータを取得し、自身の記憶装置に記憶しておく。取得するデータは、ワーク形状、作業点（溶接点）位置、作業（溶接）時の加圧方向である。これらのデータは、たとえば、3次元座標空間の座標値である。なお、コンピューター

11内の記憶装置に記憶するのではなく必要となった都度、サーバー12から取り出すようにしてもよい。

[0030] 図2を参照してメインフローを説明する（以下の説明において、すべてのフローにおける各ステップは「S」と省略している）。

[0031] まず、コンピューター11は、ワーク上の複数の溶接点から最初の溶接点を決定する（S1）。この最初の溶接点はここで設定する経路全体の始点となる。

[0032] 続いて、コンピューター11は、処理対象の次の溶接点があるか否かを判断し（S2）、処理対象の次の溶接点があれば、それを選択する（S3）。このS1～S3において選択する溶接点は、あらかじめ決めた順番で選択する。あらかじめ決めた順番は、たとえば設計者が経験などから、同じ方向に進むことができる複数の溶接点に対して順番を割り当てている。また、複数の溶接点の並びが交差するような場合には、ある方向へ進み次に他の方向へ進むように順番を割り当てている。なおS2において次の溶接点がないと判断されたなら、S9へ進むことになる。

[0033] S1～S3により2つの溶接点を選択されることになる（S2において次の溶接点があると判断された場合である）。つまり最初の溶接点がS1により選択され、次の溶接点はS2およびS3によって選択される。そして、このメインフローの流れにより再びS2に入って次の溶接点がある場合は、S3で次の溶接点を選択される。これにより、次々と2つの溶接点を選択されて以降の処理が行われることになる。

[0034] 続いて、コンピューター11は、2つの溶接点間を直線的に結べるか否かを距離と角度により調べる（S4）。この処理は、2つの溶接点間を直線的に結べるかを2つの溶接点間の距離・角度で調べるものである。

[0035] 図6は2つの溶接点間の距離・角度を説明するための説明図である。判断の対象となる距離・角度とは、（1）2つの溶接点の距離、（2）2つの溶接点の加圧方向の角度、（3）2つの溶接点の溶接ガン進入方向の角度である。

[0036] (1) 2つの溶接点の距離は、2つの溶接点を直線として結ぶ距離である。この距離があまりにも長い場合、そのような2点間を移動するよりも、いったん引き抜いて移動経路を変えたり、他の溶接点と組み合わせたりする方が早く溶接できる場合がある。そこで、2点間の距離に対するしきい値を設け、そのしきい値を超える場合には、この2点を直線で結ばないものとするのである。この距離のしきい値はあらかじめ決められた値である。

[0037] この距離のしきい値の決め方の一例としては下記のようなものがある。溶接ガンを開いた状態でワークに沿って直線を移動させるときの速度は、ワークから溶接ガンを離して移動させる場合よりも遅い。一方、溶接ガンをワークから引き抜いて再び次の溶接点へ入れる場合は、ワークから離れているときの移動速度は速いものの、溶接ガンの引き抜きおよびワークへの進入に時間がかかる。このため、多くの場合は、ワークから離れて移動できる距離が長くなれば高速で移動させることができる距離も長くなる。したがって、このような移動動作にかかる時間を考慮して、そのままワークに沿って直線的に移動させるよりも、いったん引き抜いた方が早くなるような距離をあらかじめ求めておいて、それを距離のしきい値にするとよい。

[0038] (2) 2つの溶接点の加圧方向の角度は、ワークであるパネル表面に対する角度である（図示 $\alpha 1$ および $\alpha 2$ ）。2つの溶接点の加圧方向の角度 $\alpha 1$ および $\alpha 2$ が違う場合、溶接ガンの角度を変えなければならない。その場合、溶接ガンの角度変更にかかる時間がある。溶接ガンの角度変更にかかる状況としては、たとえばワーク近傍での動作となるため高速回転ができない場合である。またロボットアーム先端の軸だけでは角度を変更できずに、ロボットの他の軸の動作も伴う場合も時間がかかる。このような場合を想定して、2点のそれぞれの加圧方向の差が、あらかじめ設定した角度のしきい値未満の場合にはこの2点を直線で結び、しきい値以上の場合には直線で結ばないものとするのである。つまり、 $\alpha 1 - \alpha 2 < \text{角度のしきい値}$ の場合に直線で結ぶこととするのである。

[0039] この角度のしきい値はあらかじめ決められた値であるが、最も好適には、

溶接ガンの角度を変更せずに、2つの溶接点を溶接できることである（つまり、2枚のパネルを溶接する場合の加圧角度の許容値はパネルに対して垂直を0度とすれば前後45度程度（ $-22.5 \sim 22.5$ 度）である。したがって、最も好適には、2点の加圧方向の角度の差が45度を角度のしきい値とすればよいことになる。また、多少であれば溶接ガンを回転させてもさほど時間はかからないので、ガンの回転も考慮して決めてもよい。

[0040] しかし、たとえば加圧方向が2点で逆になる場合、すなわち溶接ガンを180度の回転する必要がある場合は、ワークを溶接ガンの間に挟んで回転させることは不可能である。したがって、溶接ガンの回転が不可能となる角度、すなわち、溶接ガンの回転動作によりワークと溶接ガンが接触するような角度変更を伴う場合は、直線的に結ばないこととする。したがって、角度のしきい値は、少なくともワークと溶接ガンが接触しない角度変更の範囲の角度であり、好ましくは次の溶接点へ向かう時間で角度を変えられる角度範囲であり、より好ましくは角度変更をしなくても溶接可能な角度である。

[0041] （3）2つの溶接点の溶接ガン進入方向の角度は、溶接ガンの進行方向に対してワークの外から溶接点へ向けて溶接ガンを進入させる角度である（図示 $\beta 1$ および $\beta 2$ ）。2つの溶接点を直線で結んで移動させる場合、この進入角度は変更しない方が都合がよい。一方、この角度が大きく異なる場合、ロボットアーム先端の軸だけでは、溶接ガンの向きを変えることができないので時間がかかることになる。そこで、進入角度が大きく違う場合は、直線的に結ばないこととするのである。この進入角度についてもしきい値を設けておいて、そのしきい値未満の場合には直線的に結び、しきい値以上の場合には直線的に結ばないこととする。つまり、 $\beta 1 - \beta 2 < \text{進入角度のしきい値}$ のとき直線的に結ぶこととするのである。

[0042] この進入角度のしきい値は、たとえば、溶接ガンの向きを変えるための動作時間が直線距離を移動する時間より大きくなるような角度変更となるような角度を進入角度のしきい値とする。

[0043] これら（1）～（3）の溶接点間の距離、加圧方向の角度、ガン進入方向

の角度などのしきい値は、いずれも例示した以外に、溶接経路設計者の経験によって導くようにしてもよい。

[0044] このような直線経路が成立するか否かを判断することで干渉チェックなどを実行する必要がなくなる。

[0045] コンピューター 11 は、S 4 において 2 つの溶接点間が直線的に結べるか否かを調べた結果、直線的に結べるとなった場合 (S 5 : Y E S) は、その直線経路の成立性を調べる (直線経路成立性チェック) (S 6)。この S 6 においては、直線経路における溶接ガンとワークとの干渉チェックも行っている。この直線経路成立性チェックの詳細手順は後述する。

[0046] 一方、コンピューター 11 は、S 4 において 2 つの溶接点間が直線的に結べるか否かを調べた結果、直線的に結べないとなった場合 (S 5 : N O) は、その選択中の 2 つの溶接点を直線では結べない溶接点として記憶しておき (S 20)、S 2 へ戻る。そしてコンピューター 11 は、このステップで次の溶接点があれば (S 2 : Y E S)、次の溶接点を選択する (S 3)。この段階で、以前 S 3 で選択された溶接点と今回 S 3 で選択された溶接点とが 2 つの溶接点ということになる。そしてコンピューター 11 は以降の処理を継続する。

[0047] コンピューター 11 は、S 6 による直線経路成立性チェックの結果、成立と判断した場合 (S 7 : Y E S)、その 2 つの溶接点間は直線的に結べる経路として記憶する (S 8)。そしてコンピューター 11 は、S 2 へ戻り、以降の処理を継続する。

[0048] 一方、コンピューター 11 は、S 6 による直線経路成立性チェックの結果、成立と判断した場合 (S 7 : N O)、その 2 つの溶接点を直線では結べない溶接点として記憶しておき (S 20)、S 2 へ戻り、以降の処理を継続する。

[0049] コンピューター 11 は、S 2 において、次の溶接点がない (S 2 : N O) となった場合には、S 20 で記憶した溶接点があるか否かを判断し、ここで記憶した溶接点がない場合 (S 9 : N O)、すなわち、直線的に結べなかつ

た2つの溶接点が無ければ、すべての溶接点が直線的に結ばれた経路となるので、これを最終的な溶接経路として記憶する（S10）。そして処理は終了となる。

[0050] 一方、S20で記憶した経路がある場合は（S9：YES）、コンピューター11は、S10で直線的に結べなかった2つの溶接点に対して別の経路を求める（S30）。この別経路の作成については後述する。コンピューター11は、S30による別経路作成後、最終的な経路を記憶して（S10）、すべての処理を終了する。

[0051] 次に、図3を参照して溶接点間を直線的に結ぶ経路の成立性を調べる手順を説明する。

[0052] この手順は、上述したメインフローのS6のサブルーチンであり、直線的に結ぶ経路を作成する対象となった溶接点間の成立性をチェックする手順である。

[0053] 基本的には、直線的経路が成立するならばその経路を採用し、そうでなければ成立しないものとすることになる。

[0054] まず、コンピューター11は、干渉チェックトレランスを設定する（S61）。干渉チェックトレランスとは、干渉したと判断する基準値であり、干渉チェックの際に対象物同士がどの程度離れていればよいかを規定する距離（クリアランス）である。

[0055] 詳細は後述するが、本手順においては、干渉チェックの手順において、はじめはクリアランスを大きくしておき、干渉していると判断された場合には、クリアランスを徐々に小さくして繰り返し干渉チェックしている（つまり対象物同士の間隔を狭くしてチェックし直している）。このため、事前に設計者によってクリアランスの値は、大きな値から順に小さな値までが設定されている（縮小割合を設定しておいてもよい）。

[0056] また、本実施形態では、干渉チェックする場所を複数の領域に分けて、各領域に適したクリアランスを設定している。さらにクリアランスの縮小量は、干渉チェックを行う対象物ごとに違っている。このため領域と対象物ごと

にクリアランスの値と縮小した値があらかじめ設定されている（コンピューター 11 に記憶させている）。そしてこの S 61 では、クリアランスが最小値になるまで（S 73）、順に S 61 の処理を行うごとに設定されるのである。

[0057] なお、本手順では、後述するように干渉ありとされた場合に、クリアランスを小さくして繰り返すことになるが、あらかじめ決められた最小クリアランスに到達したか否かにより繰り返すか否かを判断している（S 73）。したがって、繰り返しの回数は設定する必要はない。なお、これに代えて、クリアランスを所定の割合で減らすこともできる。そのような場合には、繰り返し回数を決めてその回数干渉チェックを行った後、繰り返しは終了となる（したがって、この場合、繰り返し回数をカウントする必要があるので、たとえば S 61 を処理した回数をカウントするとよい）。

[0058] 次に、溶接点の加圧方向と逆方向に距離を変えながら逃げ点を設定する（S 62）。これは2つの溶接点のそれぞれ対して行う。図7および図8は逃げ点を説明する説明図である。

[0059] 図7に示すように、逃げ点は、通常、加圧方向と逆側に設定される。

[0060] 図8（a）に示すように、サーボガン（溶接ガン）200は、可動部201と固定部202からなるハンド形状をしている。可動部201と固定部202には溶接チップ201aおよび202aが設けられている。ここでは溶接チップ201aおよび202aの部分を溶接ガン先端部ともいう。その他の部分は先端部以外という。また、図示しないが、干渉チェックの際にはこの溶接ガンが取り付けられているロボットの各部も干渉チェックの対象となる。

[0061] このようなサーボガン（溶接ガン）200は、溶接時加圧することでワーク100に接触するが、次の移動のために溶接チップをワークから離す必要がある。図8（b）に示すように、このワーク100から溶接チップ201aおよび202aが離れた状態の時に、固定部側の位置が逃げ点である。また、ワークの溶接点表面からこの逃げ点までの距離が逃げ点距離 n_g である

。

[0062] 逃げ点位置は、たとえば逃げ点距離 n_g として最初 10 mm など（最も使用される距離）に設定する。そして干渉チェックにより成立しなければ、逃げ点位置を少しずつ（たとえば 1 mm ずつ）下げて（逃げ点距離 n_g を広くして）行くことになる（S 7 2）。溶接点と逃げ点距離 n_g は溶接ガンの最大開き量（ストローク）を超えることはできない。これは逃げ点位置を下れば（逃げ点距離 n_g を広げれば）、当然に、溶接ガンを開いた状態において可動部側の溶接チップ 201 a とワークとの距離が短くなる。このため逃げ点距離 n_g は溶接ガンの最大開き量（ストローク）を超えることはできず、最大開き量が逃げ点位置を設定する際の限界値になる（ただし、溶接する板厚や、最大開き時に可動部側の溶接チップ 201 a とワークとの接触しないようにすることを考慮すると、逃げ点位置を設定する際の限界値は、最大開き量よりも幾分（たとえば 1 mm 程度）少なく設定することになる）。

[0063] 続いて、コンピューター 11 は、最大開き量（ストローク）の違う溶接ガンを設定する（S 6 3）。開き量は溶接ガンの種類によって異なる。たとえば一般的な溶接ガンの場合、34 mm、60 mm、80 mm、…というような値であり、これらはあらかじめ設定しておく（コンピューター 11 に記憶しておく）。最初に 34 mm の溶接ガンを設定し、次に 60 mm の溶接ガン、次に 80 mm の溶接ガンなどと徐々に大きな溶接ガンとなる順で設定することになる。これは最も大きな開き量の溶接ガンとなるまで（S 7 1）まで繰り返すことになる。

[0064] この溶接ガンの開き量を考慮して溶接点間の経路を作成することにより、直線的に結ぶ経路を高い確率で作成することができるようになる。

[0065] コンピューター 11 は、S 6 1～6 3 の後、干渉チェックを行う（S 6 4）。干渉チェックの手順は後述する。

[0066] コンピューター 11 は、干渉チェックの結果、干渉がなければ（S 6 5 : YES）、この経路を直線経路として成立することを一時記憶（S 6 6）してメインルーチンへ戻る。その後、メインルーチンでは S 7 が YES となり

、以降の処理を継続することになる。

[0067] 一方、干渉チェックの結果、干渉するとなった場合（S 6 5 : N O）、コンピュータ 1 1 は、この時点での溶接ガンの開き量があらかじめ設定されている開き量最大の溶接ガンか否かを判断する（S 7 1）。溶接ガンの開き量については前述のとおりである。

[0068] コンピュータ 1 1 は、S 7 1 の判断の結果、開き量が最大の溶接ガンが設定されていなければ、S 6 3 へ戻り、現在設定されている溶接ガンよりも次に大きな開き量の溶接ガンを設定する。そして以降の処理を継続する。

[0069] コンピュータ 1 1 は、S 7 1 において、最大開き量の溶接ガンであると判断した場合（S 7 1 : Y E S）、続いて、逃げ点が前述のとおり、あらかじめ設定されている最も低い位置まで下げられているか否かを判断する（S 7 2）。コンピュータ 1 1 は、S 7 2 の判断の結果、この時点で逃げ点が最も低い位置（最下）に設定されていなければ、S 6 2 へ戻り現在設定されている逃げ点よりも低い位置となる逃げ点を設定する。そして以降の処理を継続する。

[0070] コンピュータ 1 1 は、S 7 2 において、最下の逃げ点となっていると判断した場合は（S 7 2 : Y E S）、続いて、クリアランスが前述のとおり、あらかじめ設定されている最も小さな値か否かを判断する（S 7 3）。コンピュータ 1 1 は、S 7 3 の判断の結果、この時点でクリアランスが最も小さな値に設定されていなければ、S 6 1 へ戻り現在設定されている逃げ点よりも低い位置となる逃げ点を設定する。そして以降の処理を継続する。

[0071] コンピュータ 1 1 は、S 7 3 において、クリアランスが最も小さな値に設定されていると判断した場合は、その時点で、これ以上干渉を回避できる各種設定は存在しないことになるので、この直線経路は不成立であることを一時記憶する（S 7 4）。そして、メインルーチンへ戻る。その後、メインルーチンでは S 7 が N O となり、以降の処理を継続することになる。コンピュータ 1 1 は、S 7 3 において、クリアランスが最小値ではないと判断した場合は、後述する干渉チェックにおいて干渉チェックありとされた対象物

に対するクリアランスを小さくするように指示し（S 7 5）、S 6 1 へ戻ることになる。S 6 1 においてコンピューター 1 1 は、後述する干渉チェックにおいて干渉チェックありとされた対象物に対するクリアランスを小さくするように設定することになる。その後処理を継続する。

[0072] 次に、図 4 を参照して干渉チェックの手順について説明する。

[0073] まず、コンピューター 1 1 は、干渉チェックする経路を領域分けする（S 6 4 1）。ここでは直線経路上の各溶接点に着目して領域分けしている。（a）溶接点領域、（b）溶接点付近領域、（c）自由空間領域（すなわち溶接点付近領域外の領域）の 3 つの領域に分割している。図 9 は溶接点領域と溶接点付近領域を説明するためのワーク平面図である。

[0074] （a）溶接点領域は、溶接チップがワークと接するごく近傍の部分であり、ここでは逃げ点距離（ワーク表面から逃げ点までの距離）を打点中心からの半径とする円周の範囲としている。この溶接点領域は溶接ガンの溶接作業によってワークと接する部分を含んでいるため、溶接ガン先端部とワークとの干渉チェックは行わない。ただし、溶接作業中でも治具・設備とは干渉してはならない。ガン先端部と治具・設備とはできるだけ接近した位置を通した方が効率が良い。このためこの領域ではできるだけ少ないクリアランスで干渉チェックすることになる（ここで用いるクリアランスについては後述する）。

[0075] （b）溶接点付近領域は、溶接点領域よりも外側であるが溶接点に近い部分である。ここでは、溶接点領域よりも外側で、かつ、少なくとも溶接チップ（すなわち溶接ガン先端部）の間にワークが侵入する位置までの距離を打点中心からの半径とした円周の範囲としている。言い換えると、少なくとも打点中心から溶接ガン侵入方向に引いた線上の打点中心からワーク端までの距離を半径とする円周範囲である（図 8 では侵入方向のワーク端までとして示している）。

[0076] 溶接点付近領域は、このような円周範囲以上を含む領域とすればよい。しかも溶接点付近領域は、溶接チップの間にワークが侵入するぎりぎりの位置

に設定する必要はない。しかし、あまり広いと後述する自由空間と変わらないものになってしまう。そこで、本実施形態では、溶接ガン先端部を溶接点へ向かわせるために方向転換する位置または速度変化する位置であるアプローチ点まで拡大することとしている。

[0077] この溶接点付近領域は、溶接ガン先端部を溶接のためにワークに接近する必要があるため、ここでもできるだけ少ないクリアランス（詳細後述）にすることが好ましい。なお、ガン先端部以外は、大きめのクリアランスを確保でき、高速動作でも干渉しないようにすることが好ましい。

[0078] （c）自由空間は、上記（a）および（b）以外の領域である（不図示）。したがって、溶接点付近領域よりも外側で、ロボットの可動範囲内の領域となる。この自由空間では、溶接ガン先端部とワークが離れるため、溶接点付近領域よりも大きなクリアランスをとって、ロボットの高速度動作ができるようにする。

[0079] 次に、コンピューター11は、経路上に他の溶接点がないか否か調べる（S642）。その結果、他の溶接点が無ければ（S643：YES）、そのまま次のS644へ進む。一方、経路上に他の溶接点がある場合（図8の場合）S643：NO）、コンピューター11は、検出した他の溶接点を無効にする（ないものとする）（S650）。その後、次のS644へ進む。これにより、他の溶接点に設定されている溶接点領域は存在しないものとなる。

[0080] 従来の技術では、経路上に存在するが溶接動作を行わない溶接点についても、そのまま溶接点領域とされていたため干渉チェックされないこととなっていた。本実施形態ではS642の処理によって、このような溶接点であっても干渉チェックを行えるようにしている。

[0081] 経路上に他の溶接点がないか否か調べる範囲は、直線経路を中心線とした溶接ガン先端部の到達範囲とする。これは、溶接ガン先端部の到達範囲内に他の溶接点がある場合、仮に、従来のようにその溶接点の干渉チェックを行わないとなれば、その部分に障害物があるとチェックしないことになってし

まう。そこで、このような直線経路を中心線とした溶接ガン先端部の到達範囲に他の応接点がないか否を調べることで、このようなチェック漏れを回避できる。

[0082] 次に、コンピューター 11 は、干渉チェック対象物を取得する (S 6 4 4)。干渉チェックの対象物は、ロボット、溶接ガン先端部、そして溶接ガンの先端部以外、ワーク (パネル)、その他の治具・設備である。具体的には、(i) ロボットおよびガン先端部以外対ワーク、(ii) ロボットおよびガン先端部以外対治具・設備、(iii) 溶接ガン先端部対ワーク、(iv) 溶接ガン先端部対治具・設備の 4 通りの干渉チェックを行う。この S 6 4 4 においては、この (i) から (iv) の順に対象物のデータを読み出すことになる (後述 S 6 4 8)。なお、ワーク対治具・設備の干渉チェックは行わないが、ロボット対溶接ガン先端部の干渉チェックは行っても良い。

[0083] 次に、コンピューター 11 は、S 6 1 で設定された領域、対象物ごとのクリアランス値を読み込んで設定する (S 6 4 5)。

[0084] ここで、干渉チェックに使用するクリアランスの詳細について説明する。クリアランスの値は、基本的に下記のような考え方により決定している (あらかじめ設定している)。

[0085] 各領域、対象物ごとに、適切な量であってかつ少しで大きなクリアランスが確保できるように、徐々に小さな値となるようにしている。

[0086] まず、(a) 溶接点領域のクリアランスは、溶接ガン先端については、ワークとの干渉チェックは行わないものの、他の対象物との干渉チェックを行う。溶接ガン先端と他の対象物 (治具・設備など) とのクリアランスはワークと常に近接した位置を移動させるため、ごく小さなクリアランスとしている。たとえば、最大で逃げ点距離程度である (溶接ガンが変更された場合は当然この値も変更される)。また、この領域はワークに近接しているため移動速度も遅いので、このようなごく小さなクリアランスが確保できれば問題ない。また、この領域における溶接ガン先端以外の部分やロボット部分のクリアランスは、移動中干渉しないように大きめに取ることが好ましい。しか

し、先に説明したように、この部分での動作は遅いため自由空間ほど大きく取る必要はない。たとえば、ロボットの姿勢変更や溶接ガンの移動中における振動によって接触しない値に、最小の安全量を見込んだ程度を最小値とする。一方、最大値は特に限定されないが経験的に十分な値とすればよい。

[0087] 次に、(b) 溶接点付近領域は、やはりワークと近接した領域であり、溶接ガン先端（溶接チップ部分）がワークなどに接触することがあってはならない。一方で、この領域は溶接ガンの先端部分以外の部分であっても可動部と固定部の間にワークが存在する。このため、この領域における溶接ガン先端部とワークとのクリアランスも、ごく小さな値とする。たとえば、最大で逃げ点距離程度である。また、溶接ガン先端部とワーク以外の他の対象物（治具・設備など）とのクリアランスは先端部とワークとのクリアランスよりも大きくするものの、自由空間ほど大きくする必要はない（小さめのクリアランス）。これは、移動速度が遅いため、先端部の移動時における振動も少ないので、逃げ点距離を最小値とし、最大値は、経験的に他の対象物と接触することの十分な値とすればよい。

[0088] また、この領域における溶接ガン先端以外の部分やロボット部分のクリアランスは、移動中干渉しないように大きめにとることが好ましい。しかし、この部分での動作は遅いため自由空間ほど大きく取る必要はない。たとえば、ロボットの姿勢変更や溶接ガンの移動中における振動によって接触しない値に、最小の安全量を見込んだ程度を最小値とする。一方、最大値は特に限定されないが経験的に十分な値とすればよい。

[0089] 次に、(c) 自由空間については、高速で溶接ガンおよびロボットの姿勢変化し、移動する。このため、すべての対象物に対して高速移動時に接触しない大きめのクリアランスを取る必要がある。これは、溶接ガンとワークの間も、溶接ガンとワーク以外の他の対象物（治具・設備など）の間も同じである。たとえば、ロボットの姿勢変化や溶接ガンを高速移動したときの振動などによって干渉しない程度の値に、安全量を見込んだ程度とする。また、経験上必要となる値としてもよい。

[0090] 以上のような考え方から、各領域、および対象物についてのクリアランスをまとめたものを表1～3に示した。

[0091] [表1]

(a) 溶接点領域のクリアランス

			干渉チェック対象物	
			④ワーク	⑤設備・治具
干渉 チェック 対象物	①ロボット		大きめのクリアランス (ただし自由空間よりは小さい)	
	溶接 ガン	②先端部以外		
		③先端部	干渉チェック しない	極小の クリアランス

[0092] [表2]

(b) 溶接点付近領域のクリアランス

			干渉チェック対象物	
			④ワーク	⑤設備・治具
干渉 チェック 対象物	①ロボット		大きめのクリアランス (ただし自由空間よりは小さい)	
	溶接 ガン	②先端部以外		
		③先端部	極小の クリアランス	小さめの クリアランス

[0093] [表3]

(c) 自由空間のクリアランス

			干渉チェック対象物	
			④ワーク	⑤設備・治具
干渉 チェック 対象物	①ロボット		大きなクリアランス	
	溶接 ガン	②先端部以外		
		③先端部		

[0094] なお、溶接点間を直線的に結ぶ場合は途中経路が自由空間にあっても、ワークに接近しているケースが多いため、溶接点領域付近のクリアランスを使

用する。溶接点からいったん引き抜く経路の場合は、溶接チップの位置によって領域を決め、使用するクリアランスを決める。

[0095] このようなクリアランス値を使用することにより、ガンがワークに近づき溶接を行う際は、ガンがワークに接近でき、ロボット・ガン（先端部以外）はワーク、治具・設備から規定のクリアランスを確保した経路を作成することができる。

[0096] 図4へ戻り干渉チェック手順の説明を続ける。

[0097] コンピューター11は、S644およびS645により干渉チェックする対象物と、それらのクリアランスを読み込んで設定したのち、干渉チェックを行う（S646）。

[0098] 干渉チェックは、経路上に存在する対象物すべてについて行う。たとえばこの段階で溶接点1から溶接点2まで直線経路が設定されているとする。そして対象物として溶接ガン先端部とワークが指定されていれば、溶接点1から溶接点2まで直線経路全体におけるワークの形状に対して、溶接ガン先端部が干渉しないか否かをチェックすることになる。同様に、対象物として溶接ガン先端部とワーク以外の対象物が指定されているとする。しかも、溶接点1から溶接点2までには、ワーク以外の対象物が複数あるとした場合、それら複数の対象物と溶接ガン先端部との干渉をチェックするのである。この時クリアランスはS645で読み込んだ値である。

[0099] S646において、干渉がなければ（S647：YES）、次の対象物（上述（i）から（iv）の順）があるか否かを判断する（S648）。ここで次の対象物がなければ（S648：YES）、干渉なしを一時記憶して（S649）、S65へ戻る。その後S65では直線経路成立となる。

[0100] 一方、次の対象物ある場合（S648：NO）、S644へ戻り次の対象物を取得することになり、以降の処理を継続する。

[0101] S647において、干渉ありとなった場合（S647：YES）は、この段階で干渉ありを一時記憶して（S652）、S65へ戻る。その後S65ではNOとなるので、その後は既に説明したように、S71～73の各判断

に基づいて処理が継続されることになる。特に、溶接ガンの交換や逃げ点の変更でも干渉が回避できない場合には、S 6 1において、クリアランスを小さな値に変更することになる。そして、さらに継続して干渉チェックを行うことになるのである。

[0102] ここで、クリアランスを段階的に小さくする理由をさらに説明する。

[0103] 干渉チェックを行うと、あるクリアランスでは成立する経路が求まらない場合がある。特にロボットおよび溶接ガン先端部以外とワーク（パネル）・治具・設備のクリアランスは大きめにしているため、治具・設備が密集し、空間が狭い場合に大きめのクリアランスを確保できない場合が多い。そのため、ガン先端部のクリアランスを確保して、経路を求めるため、ロボット・ガン先端部以外のクリアランスを少しずつ下げて、成立する経路を見つけて行く（クリアランスの段階的に小さくあるように変化させる）。これは、すなわちロボットおよび溶接ガン先端部以外と他の対象物のクリアランスは充分確保したいがそれが確保できない場合に、経路が作成できなくなるよりも、クリアランスが少し狭くても経路を作成できる方を優先するためである。

[0104] このクリアランス変化は経路を見つけるための最終手段として行うものである。したがって、既に説明した手順のとおり、溶接ガンの開き量、逃げ点の変更の後に、クリアランスの小さくする指示を入れている（S 7 3およびS 7 5の処理）。つまり溶接点間を直線的に結ぶ経路の作成では、ガン開き量、逃げ点の位置を変えても十分なクリアランスが確保できない場合にクリアランスを小さくしているのである。この順番にしないと最初から小さいクリアランスでチェックすることと同じになってしまう。つまり、この順にすることで、初めからきわどいクリアランスでの経路作成ではなく、より広いクリアランスとなるように経路作成ができるのである。

[0105] また段階変化では大きめのクリアランスを徐々に小さくしていき、それ以外のクリアランスはそのままであるため、小さくしたクリアランスの値とそれ以外のクリアランスの値が同じになる時点がある。この場合、（i）その時点をクリアランス段階変化の限界とし、これ以上クリアランスを小さくす

ることができないとするか、(i i) これ以降、すべてのクリアランスを同時に小さくして行き（ロボットとガン先端クリアランスの逆転現象が発生しないように）、ある限界値まで行かなどとするとよい。どちらを採用してもよいが、最終的にはすべてが極小のクリアランスで経路を作成することになる。

[0106] このようにすることにより、十分なクリアランスを確保できる経路を最優先で作成し、それで作成できない場所でも未干渉の経路を作成できる確率が大きくなる。

[0107] 以上の説明した手順によって溶接点間の経路を作成することにより、ロボットおよび溶接ガンと、ワーク、治具や設備などとの間で、適切なクリアランスの距離（間隔）を設定することができ、しかも直線という溶接ガンの移動距離が短い経路を自動的に作成することができる。

[0108] 次に、直線経路が作成できない場合について説明する。つまり前述したS20により、2つの溶接点を結べない溶接点として記憶した場合の処理である。

[0109] ここではこのような直線経路が作成できない場合に、別経路を自動作成する一例を説明する。別経路作成に際しては、コンピューター11が後述する手順を実行することで別経路作成部として機能することになる。

[0110] 図10は、直線経路ができない場合の経路作成のイメージ図である。ここでは(a)初期状態のように溶接点1～4があるとする。この(a)状態から溶接経路を作成した場合に、仮に(b)に示しように、溶接点1と2、3と4が直線経路を作成でき、溶接点3と4は直線経路を作成できなかったとする。このような場合に、(c)に示すように、溶接点3と4の間に直線ではない別経路を作成するのである。

[0111] このためには、一端溶接ガンをワークから引き抜く必要があるので、引き抜き経路を作成することになる。引き抜き経路は、溶接ガンを確実に溶接点およびワーク（パネル）から離すことができるように、溶接点から下がり、ワーク端からその外側へ引き抜く経路が必要である。

[0112] さらに、別経路として、引き抜き経路間を接続する回避経路が必要となる。すなわち、別経路は引き抜き経路と回避経路からなる。ここでは、さらに、開始側原位置～最初の溶接点、最後の溶接点～終了側原位置も作成する。回避経路は溶接ガンが既にワークから離れているため、干渉を回避できる経路であればよい。

[0113] 引き抜き経路の作成手順を説明する。図 11 は引き抜き経路の作成手順を説明するフローチャートである。

[0114] まず、コンピューター 11 は、引き抜き経路を作成する溶接点を 1 つ取り出す (S201)。これは、S20 で記憶した 2 つの溶接点のうちの 1 つとなる。

[0115] 次に、コンピューター 11 は、引き抜き経路を作成する (S202)。この処理の詳細は後述する。

[0116] 次に、コンピューター 11 は、引き抜き経路を作成できたか否かを判断する (S203)。ここでコンピューター 11 は、引き抜き経路を作成できたならその経路を採用する (S204)。採用した引き抜き経路は一時記憶しておく。

[0117] 次に、コンピューター 11 は、次の引き抜き経路を作成する溶接点がないか検索する (S205)。次の溶接点がなければ (S206: YES)、終了となる。一方、次の溶接点があれば (S206: NO)、S201 へ戻り、コンピューター 11 は、検索により見つかった溶接点を取り出す。その後、コンピューター 11 は、以降の処理を継続する。コンピューター 11 は、S203 で引き抜き経路作成不能であれば (S203: NO)、その旨を記録して (S207)、次の引き抜き経路を作成する溶接点に移る。S207 で記録した引き抜き経路作成不能の点は、すなわち、別経路作成不能の溶接点ということになる。したがって、その旨をコンピューター 11 において表示して、設計者に知らせるようにする。

[0118] 次に、引き抜き経路作成手順の詳細を説明する。図 12 は引き抜き経路の作成手順の詳細を説明するサブルーチンフローチャートである。このフロー

はS 2 0 2のサブルーチンである。また、図 1 3は引き抜き経路の作成の際の動作を説明するための説明図である。

[0119] まず、コンピューター 1 1は、引き抜き経路の干渉チェックトレランスを設定する（S 3 0 1）。これには直線的に結ぶ経路を作成する場合と同様に干渉チェックトレランスを設定する。したがって、2回目以降このS 3 0 1へくるたびに徐々にクリアランスを小さくして行くことになる。そして、コンピューター 1 1は、クリアランスをこれ以上小さくできない場合は（S 3 0 2：YES）、引き抜き経路作成不能（S 3 1 2）として、処理を終了する。引き抜き経路作成不能（S 3 1 2）になればすなわち、別経路の作成自体が不可能となるので、その旨表示してすべての処理を終わるようにしてもよい（以下S 3 1 2へ来た場合は同様）。一方、S 3 0 2においてさらにクリアランスを小さくできる場合には、以降の処理を継続することになる。

[0120] 次に、コンピューター 1 1は、溶接点の加圧方向と逆方向に逃げ点 1を設定する（S 3 0 3）。これも直線的に結ぶ経路を作成する場合と同様に加圧方向と逆方向のある位置に逃げ点を作成する。引き抜き経路の場合、図 1 3（a）に示すように、溶接点直下の逃げ点を「逃げ点 1」とする。また2回目以降このS 3 0 3へくるたびに徐々に逃げ点を下げることになる。そして、コンピューター 1 1は、逃げ点をこれ以上下げることができないと判断した場合は（S 3 0 4：YES）、引き抜き経路作成不能（S 3 1 2）として処理を終了する。一方、S 3 0 4においてさらに逃げ点を下げることができる場合には、以降の処理を継続することになる。

[0121] 次に、コンピューター 1 1は、逃げ点 1から至る逃げ点 2を設定する（S 3 0 5）。「逃げ点 2」は、溶接ガンを溶接点から離すための逃げ点である。この時、逃げ点 1～2までの距離を設定する。この距離の初期値は溶接ガンがワークから充分離れる距離とし、初期値で成立しない場合は、2回目以降このS 3 0 5へくるたびに少しずつ短くしていく。そして、コンピューター 1 1は、逃げ点 1から2の距離をこれ以上短くできない場合は（S 3 0 6：YES）、引き抜き経路作成不能（S 3 1 2）として処理を終了する。一

方、S 3 0 6においてさらに逃げ点 1 から 2 の距離を短くできる場合には、以降の処理を継続する。

[0122] 次に、コンピューター 1 1 は、逃げ点 2 の方向を設定し、この段階で溶接点～逃げ点 1～逃げ点 2 の経路も設定する（S 3 0 7）。逃げ点 2 の方向を設定するには、図 1 3（c）に示すように、初期値はワークから垂直に離れる方向とし、初期値で成立しない場合は、逃げ点 1 を中心とし初期値から角度をつけていく。角度をつける方向（回転方向）は、時計回り、反時計回りのいずれでもよいが、一方に回転させて、不可能の場合には初期値に戻り版端方向に角度をつけるようにしてもよい。

[0123] 初期値で成立しない場合は、2 回目以降この S 3 0 7 へくるたびに角度をつけて行くことになる。コンピューター 1 1 は、これ以上回転できなくなれば（S 3 0 8：YES）、引き抜き経路作成不能（S 3 1 2）として処理を終了する。一方、S 3 0 8においてさらに回転可能であれば、以降の処理を継続することになる。

[0124] そして、S 3 0 7においては、ここまでの情報から、溶接点～逃げ点 1～逃げ点 2 の経路を設定する。溶接点～逃げ点 1～溶接点 2 の経路は、図 1 3（d）に示すように、溶接点～逃げ点 1 の経路を設定し、次に、この溶接点～逃げ点 1 の経路と直角に逃げ点 1～逃げ点 2 を作成する。

[0125] 次に、コンピューター 1 1 は、ガン開き量（ストローク）を考慮して、経路の成立性を調べる（S 3 0 9 および 3 1 0）。これは、直線に結ぶ経路を作成する場合と同様であり、上記までで作成した仮経路（溶接点～逃げ点 1～逃げ点 2）があらかじめ設定した各種開き量のガンにて成立するかを順次調べる。

[0126] 成立性のチェックは、すなわち、溶接点～逃げ点 1～逃げ点 2 の経路において干渉チェックを行うことになる。

[0127] すべての開き量の溶接ガンにて成立しなければ、S 3 0 9 に戻ってより開き量の大きな溶接ガンに交換し、成立性のチェックを行うことになる。溶接ガンを交換しても（最も大きな開き量のガンを付けても）、成立しなければ

、S 3 0 7 へ戻り逃げ点 2 の方向を再設定し、成立性のチェックを行うことになる。さらに逃げ点 2 の方向を再設定しても成立しなければ S 3 0 3 へ戻り、逃げ点を下げて成立性のチェックを行うことになる。さらに逃げ点を下げても成立しなければ、S 3 0 1 へ戻りクリアランスを縮小して成立性のチェックを行うことになる。

[0128] 以上のようにして、ガンの開き量を考慮し、様々な距離・方向で逃げ点 2 を設定し、経路を探索にすることにより、引き抜き経路を高い確率で作成することができる。

[0129] 次に、回避経路の作成手順を説明する。図 1 4 は回避経路の作成手順を説明するフローチャートである。回避経路は、対象とする 2 点間（原位置～最初の溶接点の逃げ点 2、直線的に結べなかった経路の引き抜き経路の逃げ点 2 同士の間、最後の溶接点の逃げ点 2 ～終了原位置）で作成する。

[0130] まず、コンピューター 1 1 は、回避経路を作成する点を 2 つ取り出す（S 4 0 1）。2 つの点は、原位置、上記引き抜き経路作成で作った逃げ点 2 などである。つまり、原位置から回避経路であれば、最初の溶接点の逃げ点 2 を取り出す。上記回避経路として作った溶接点 3 および 4 の回避経路であれば、溶接点 3 の逃げ点 2 と溶接点 4 の逃げ点 2 を取り出すことになる。その他の回避経路も同様である。

[0131] 次に、コンピューター 1 1 は、回避経路を作成する（S 4 0 2）。ここでは、取得した 2 点間の経路の成立性もチェックするが、基本的にワークから離れている部分であるので、一般的に知られている経路設定を行えばよい。たとえば一般的に知られている経路計画（ロードマップ法など：参考書籍 Robot Motion Planning 著 Latombe 1991 版など）を用いて作成することができる。もちろん、本実施形態として説明した干渉チェック方法により行ってもよい。

[0132] 次に、コンピューター 1 1 は、回避経路を作成できたか否かを判断する（S 4 0 3）。ここで回避経路を作成できたならその経路を採用する（S 4 0 4）。コンピューター 1 1 は、S 4 0 3 で回避経路作成不能であれば（S 4

03 : NO)、その旨を記録して(S407)、次の回避経路作成に移る。

S407で記録した回避経路作成不能の点は、すなわち、別経路作成不能の溶接点ということになる。したがって、その旨をコンピューター11において表示して、設計者に知らせるようにする。

[0133] 次に、コンピューター11は、次の回避経路を作成する点がないか検索する(S405)。次の回避経路作成点があれば(S406 : YES)、終了となる。一方、次の回避経路作成点があれば(S406 : NO)、S401へ戻り、検索により見つかった回避経路作成点を取り出すことになり、以降の処理を継続する。

[0134] 図15は、以上説明した引き抜き経路と回避経路作成のイメージ図である。まず図15(a)に示したように引き抜き経路が作成されて、続いて図15(b)に示したように回避経路が作成されることになる。

[0135] なお、本実施形態では、別経路を自動作成することとしたが、これはあくまでも一例であり、直線で結ぶことができない2つの溶接点に対しては、設計者によって手動で別経路を作成するようにしても差し支えない。

[0136] 以上説明した実施形態による効果を説明する。

[0137] (1) 経路を設定する2つ溶接点の間に、溶接動作しない他の溶接点がある場合、従来であれば、あらかじめ溶接点のある部分に対しては、干渉チェックしないようにしていたが、本実施形態では、このような他の溶接点の領域を無効となるようにした。これにより経路を設定する2つ溶接点の間に、溶接動作しない他の溶接点があっても、確実に干渉チェックを行うことができる。したがって、その経路では溶接を実行しない溶接点があっても、その部分で不用意に溶接ガン先端(特に溶接チップ)がワークと接触するようなことを防止することができる。

[0138] (2) 溶接点を中心として逃げ点相当の距離を半径とする領域を溶接点領域として設定し、さらに、溶接点中心から、少なくとも溶接ガンの開いた部分にワークが侵入するワーク端までの距離を半径とする溶接点付近領域を設定することとした。このように溶接点に着目してワーク上およびワーク外の

領域を設定することで、それぞれに適した干渉チェックを行うことができる。

[0139] (3) 設定した各領域に対しては、溶接点付近領域内と溶接点付近領域外（自由空間部分）で異なるクリアランスの値を設定することとした。これによりワーク内の領域においては、干渉を回避しつつもより近い位置を移動させることができ、一方、ワーク外においてはより大きなクリアランスとすることで、高速移動に適した干渉チェックを行うことができる。

[0140] (4) 干渉チェックした結果、干渉ありとなった場合には、その経路におけるクリアランスの値を小さくして再度干渉チェックすることとした。これにより、複雑に入り組んだワーク形状や治具・設備などの配置されている場合などでも、直線的な経路すなわち最短経路を作成することが可能となる。

[0141] (5) さらに干渉チェックした結果、2つの溶接点間を直線経路として作成できない場合に、そのような2つの溶接点間は別経路を作成することとした。特に、この別経路の作成において、溶接点の直下に逃げ点1、この逃げ点1からワーク外の位置に逃げ点2を作成するものである。そして、逃げ点2の位置は逃げ点1を中心に回転させて成立する位置を求めることとした。このような別経路の作成により、直線では結ぶことのできない2点間であっても、別経路を自動作成することが可能となる。

[0142] 以上本発明を適用した実施形態、主に、工具が溶接ガンであり、当該工具により作業する作業点が溶接点である場合について説明した。しかし、本発明は、上記実施形態に限定されない。たとえば、ロボットにより行う作業には、溶接以外の接合も含まれる。接合には、溶接以外に、たとえば、接着、ネジ止め等が含まれる。さらに、作業には、接合以外にも、穴あけ（パンチ）、刻印、染色、マーキング、測定等も含まれる。これらの作業を実行するために、ロボットには様々な工具が取り付けられる。このような各種の工具による作業についても、上記実施形態に説明した作業経路作成装置、作業経路作成手順および作業経路作成プログラムは適用できる。

[0143] また本実施形態において説明した手順を含むプログラムは、コンピュータ

一読み取り可能な記録媒体に記憶しておいてもよい。この記録媒体からコンピュータにプログラムをインストールすることで作業経路作成装置としての機能を実施することができる。このような記録媒体としては、特に限定されないが、たとえば、光ディスク（CD-ROM、DVD等）、磁気ディスクなどをあげることができる。また、コンピュータにネットワークによって接続されているサーバーなども記録媒体となる。

[0144] 本発明は特許請求の範囲によって解釈されるものであって、溶接の適用例である上述した実施形態に限定的に解釈されるものではない。

[0145] さらに、本出願は、2013年9月18日に出願された日本特許出願番号2013-193537号に基づいており、それらの開示内容は、参照され、全体として、組み入れられている。

符号の説明

[0146] 1～4 作業点（溶接点）、
11 コンピューター、
12 サーバー、
13 ネットワーク、
14 ロボットコントローラー、
100 ワーク（パネル）、
200 サーボガン（工具：溶接ガン）、
201 可動部、
202 固定部、
201a、202a 溶接チップ。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の作業点から2つの作業点を選択して当該2つの作業点を結ぶ経路を設定する作業点選択部と、
- 少なくとも前記2つの作業点を除く前記複数の作業点に対して干渉チェックの際に干渉チェックしない作業点領域を設定する領域設定部と、
- 前記選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合に、当該他の作業点に設定された前記作業点領域は無効とする作業点領域無効部と、
- 前記2つの作業点を結ぶ経路を干渉チェックする干渉チェック部と、
- を有する作業経路作成装置。
- [請求項2] 前記作業点は、複数の部材を接合する接合作業を行うための接合点である請求項1に記載の作業経路作成装置。
- [請求項3] 前記接合点は溶接点である請求項2に記載の作業経路作成装置。
- [請求項4] 前記領域設定部は、溶接点を中心として逃げ点相当の距離を半径とする領域を前記溶接点領域として設定し、
- さらに、溶接点中心から、少なくとも溶接ガンの開いた部分にワークが侵入するワーク端までの距離を半径とする溶接点付近領域を設定する請求項3に記載の作業経路作成装置。
- [請求項5] 前記干渉チェック部は、干渉チェックの際に溶接ガン先端部とワークとのクリアランスとして、前記溶接点付近領域内と前記溶接点付近領域外の領域とで異なるクリアランスの値を設定して干渉チェックする請求項4に記載の作業経路作成装置。
- [請求項6] 前記干渉チェック部は、干渉チェックした結果、干渉ありとなった場合、その経路におけるクリアランスの値を小さくして再度干渉チェックする請求項1～5のいずれか一つに記載の作業経路作成装置。
- [請求項7] 前記干渉チェック部による干渉チェックした結果、前記選択した2

つの作業点間を直線の経路として作成できない場合に、前記選択した2つの作業点間を別の経路を作成する別経路作成部をさらに有し、

前記別経路作成部は、前記別経路を作成する作業点の直下に逃げ点1を作成し、当該逃げ点1からワーク外の位置に逃げ点2を作成するものであり、さらに前記逃げ点2の位置は前記逃げ点1を中心に回転させて成立する位置を求める請求項1～6のいずれか一つに記載の作業経路作成装置。

[請求項8] 複数の作業点から2つの作業点を選択して当該2つの作業点を結ぶ経路を設定する段階と、

少なくとも前記2つの作業点を除く前記複数の作業点に対して干渉チェックの際に干渉チェックしない作業点領域を設定する段階と、

前記選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合に、当該他の作業点に設定された前記作業点領域は無効とする段階と、

2つの作業点を結ぶ経路を干渉チェックする段階と、
を有する作業経路作成方法。

[請求項9] 前記作業点は、複数の部材を接合する接合作業を行うための接合点である請求項8に記載の作業経路作成方法。

[請求項10] 前記接合点は溶接点である請求項9に記載の作業経路作成方法。

[請求項11] 前記干渉チェックしない溶接点領域を設定する段階は、溶接点を中心として逃げ点相当の距離を半径とする領域を前記溶接点領域として設定し、

さらに、溶接点中心から、少なくとも溶接ガンの開いた部分にワークが侵入するワーク端までの距離を半径とする溶接点付近領域を設定する請求項10に記載の作業経路作成方法。

[請求項12] 前記干渉チェックする段階は、干渉チェックの際に溶接ガン先端部とワークとのクリアランスとして、前記溶接点付近領域内と前記溶接点付近領域外の領域とで異なるクリアランスの値を設定して干渉チェックする請求項11に記載の作業経路作成方法。

- [請求項13] 前記干渉チェックする段階は、干渉チェックした結果、干渉ありとなった場合、その経路におけるクリアランスの値を小さくして再度干渉チェックする請求項8～12のいずれか一つに記載の作業経路作成方法。
- [請求項14] 前記干渉チェックする段階による干渉チェックした結果、前記選択した2つの作業点間を直線の経路として作成できない場合に、前記選択した2つの作業点間を別の経路を作成する段階をさらに有し、
別の経路を作成する段階は、前記別経路を作成する作業点の直下に逃げ点1を作成し、当該逃げ点1からワーク外の位置に逃げ点2を作成するものであり、さらに前記逃げ点2の位置は前記逃げ点1を中心に回転させて成立する位置を求める請求項8～13のいずれか一つに記載の作業経路作成方法。
- [請求項15] 複数の作業点から2つの作業点を選択して当該2つの作業点を結ぶ経路を設定するステップと、
少なくとも前記2つの作業点を除く前記複数の作業点に対して干渉チェックの際に干渉チェックしない作業点領域を設定するステップと、
前記選択した2つの作業点の間に他の作業点がある場合に、当該他の作業点に設定された前記作業点領域は無効とするステップと、
前記2つの作業点を結ぶ経路を干渉チェックするステップと、
をコンピューターに実行させて作業を行う経路を作成する作業経路作成プログラム。
- [請求項16] 前記作業点は、複数の部材を接合する接合作業を行うための接合点である請求項15に記載の作業経路作成プログラム。
- [請求項17] 前記接合点は溶接点である請求項16に記載の作業経路作成プログラム。
- [請求項18] 前記干渉チェックしない溶接点領域を設定するステップは、溶接点を中心として逃げ点相当の距離を半径とする領域を前記溶接点領域と

して設定し、

さらに、溶接点中心から、少なくとも溶接ガンの開いた部分にワークが侵入するワーク端までの距離を半径とする溶接点付近領域を設定する請求項 17 に記載の作業経路作成プログラム。

[請求項19] 前記干渉チェックするステップは、干渉チェックの際に溶接ガン先端部とワークとのクリアランスとして、前記溶接点付近領域内と前記溶接点付近領域外の領域とで異なるクリアランスの値を設定して干渉チェックする請求項 18 に記載の作業経路作成プログラム。

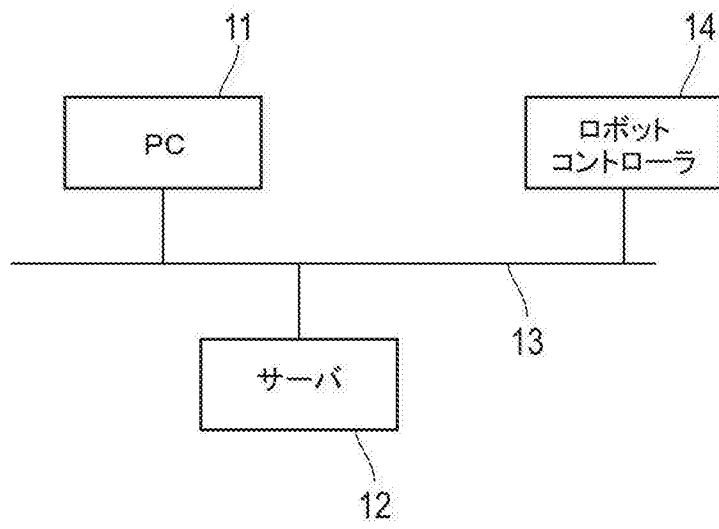
[請求項20] 前記干渉チェックするステップは、干渉チェックした結果、干渉ありとなった場合、その経路におけるクリアランスの値を小さくして再度干渉チェックする請求項 15～19 のいずれか一つに記載の作業経路作成プログラム。

[請求項21] 前記干渉チェックするステップによる干渉チェックした結果、前記選択した2つの作業点間を直線の経路として作成できない場合に、前記選択した2つの作業点間を別の経路を作成するステップをさらに有し、

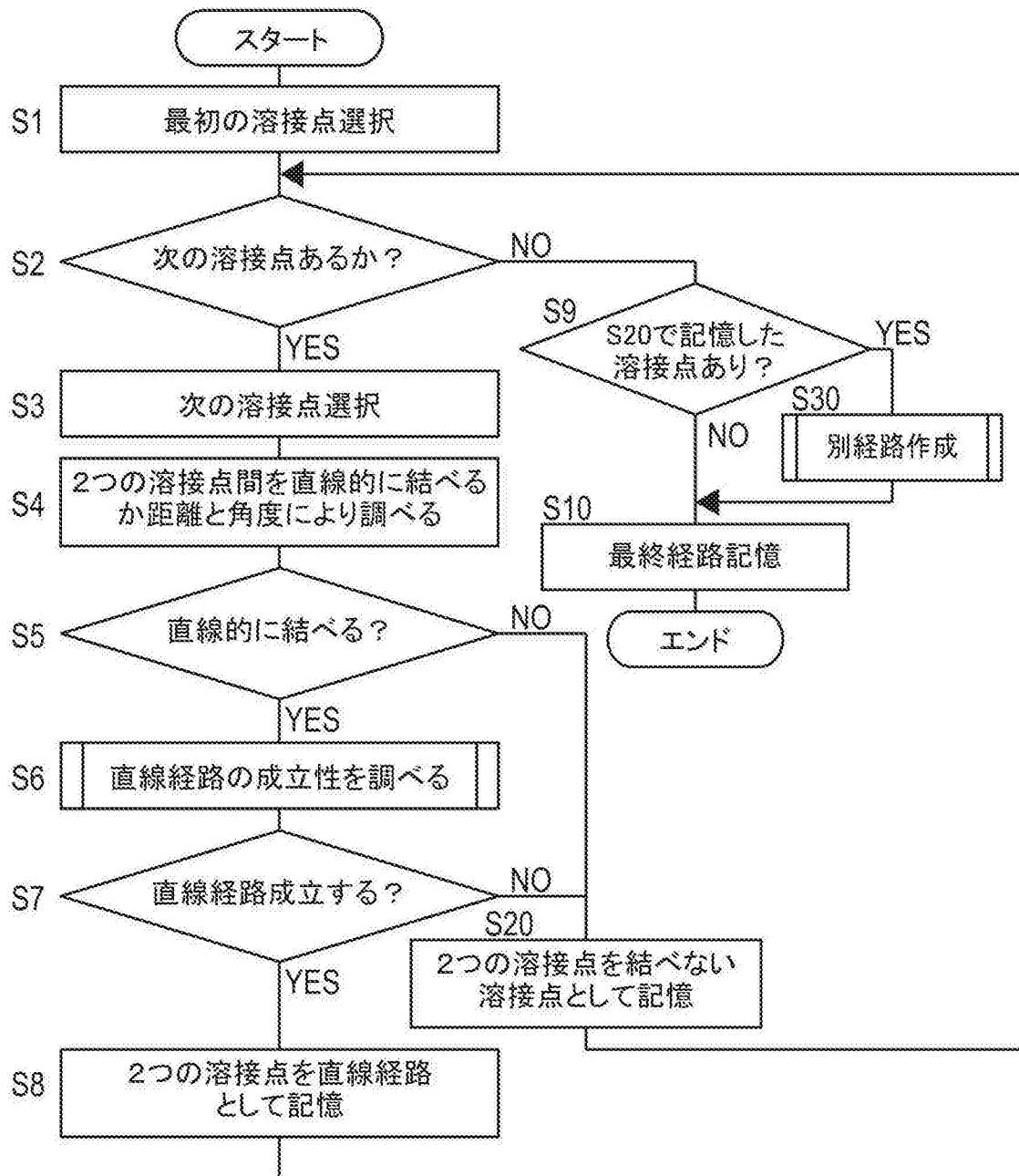
別の経路を作成するステップは、前記別経路を作成する作業点の直下に逃げ点1を作成し、当該逃げ点1からワーク外の位置に逃げ点2を作成するものであり、さらに前記逃げ点2の位置は前記逃げ点1を中心に回転させて成立する位置を求める請求項 15～20 のいずれか一つに記載の作業経路作成プログラム。

[請求項22] 請求項 15～21 のいずれか一つに記載の作業経路作成プログラムを記憶したコンピューター読み取り可能な記録媒体。

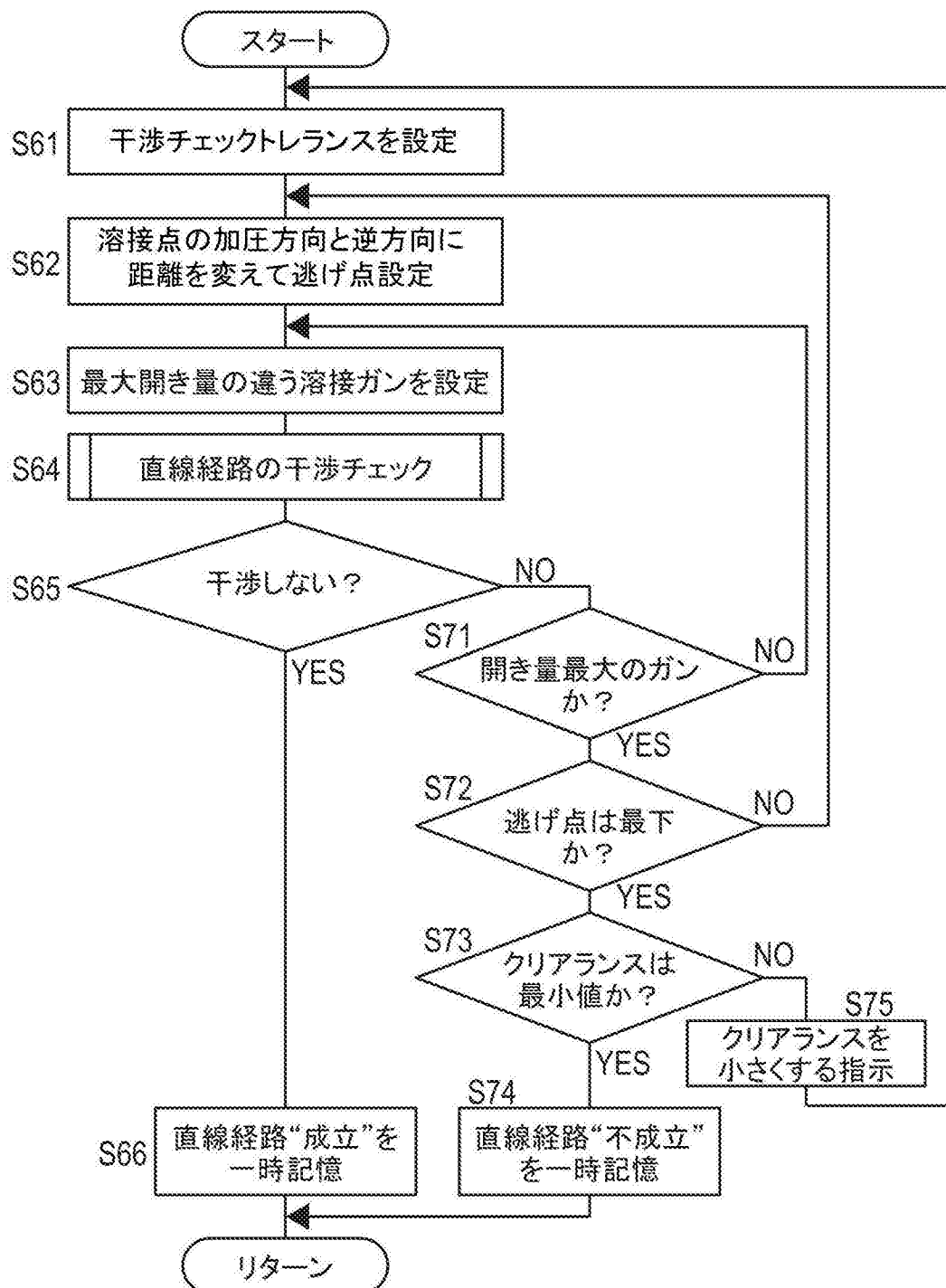
[図1]



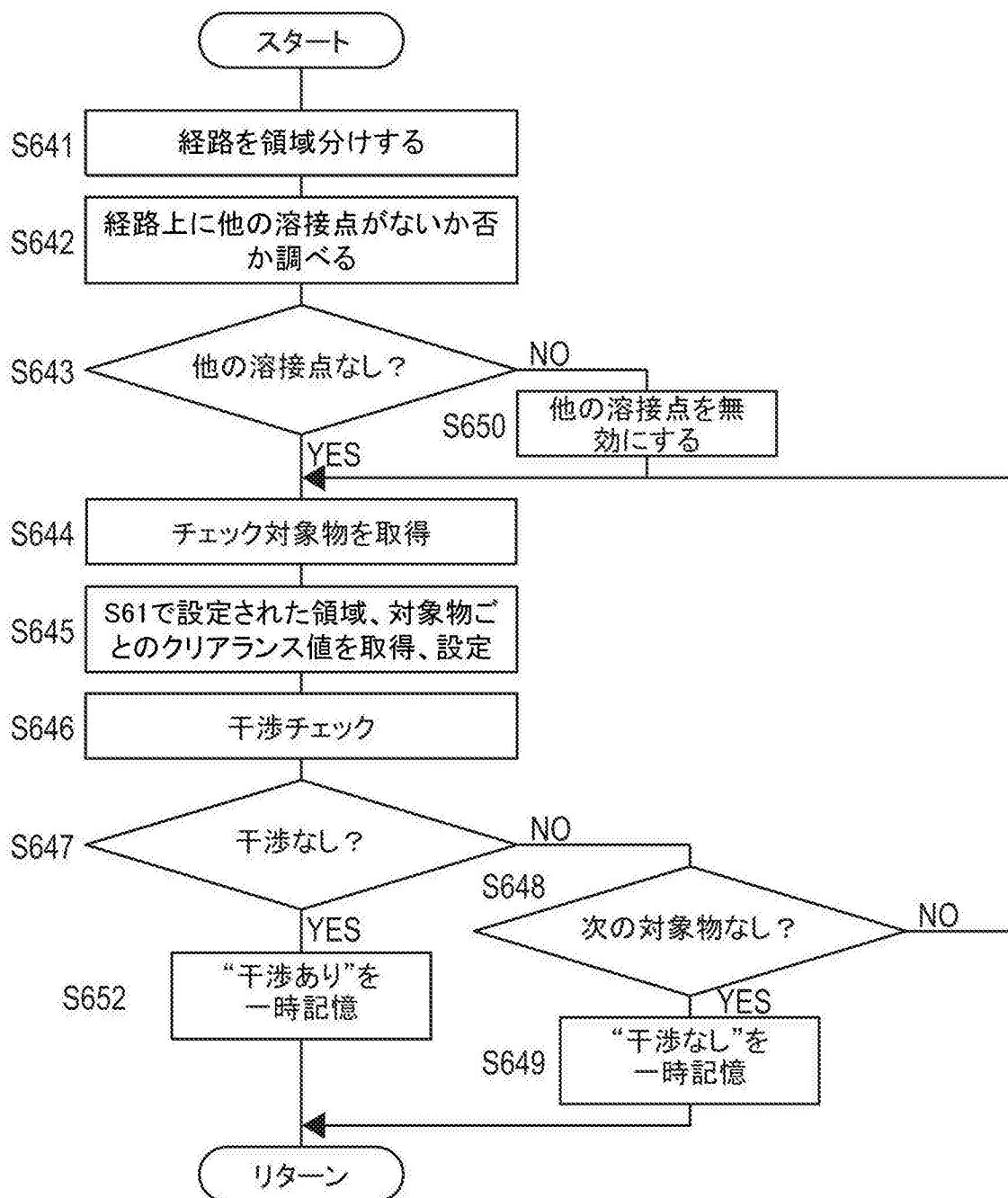
[図2]



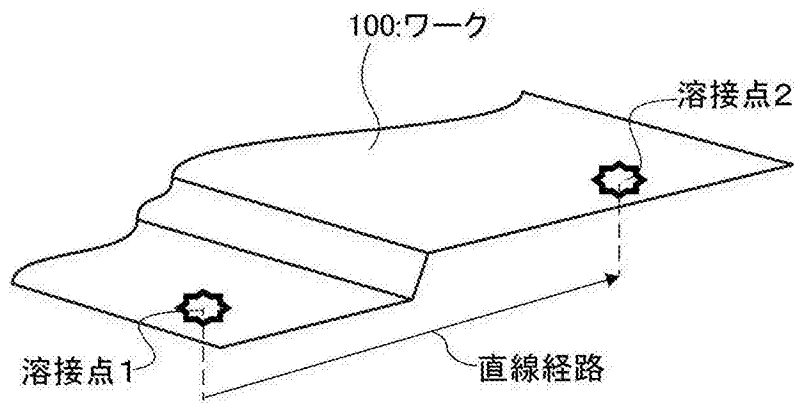
[図3]



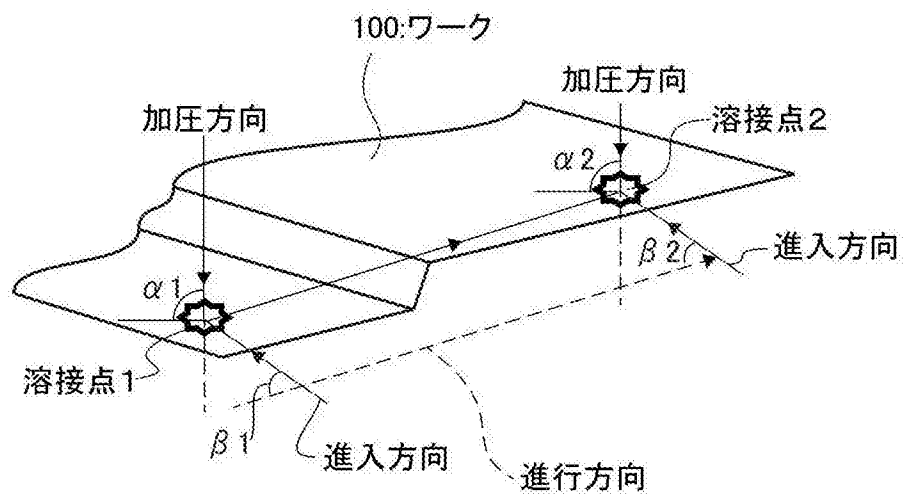
[図4]



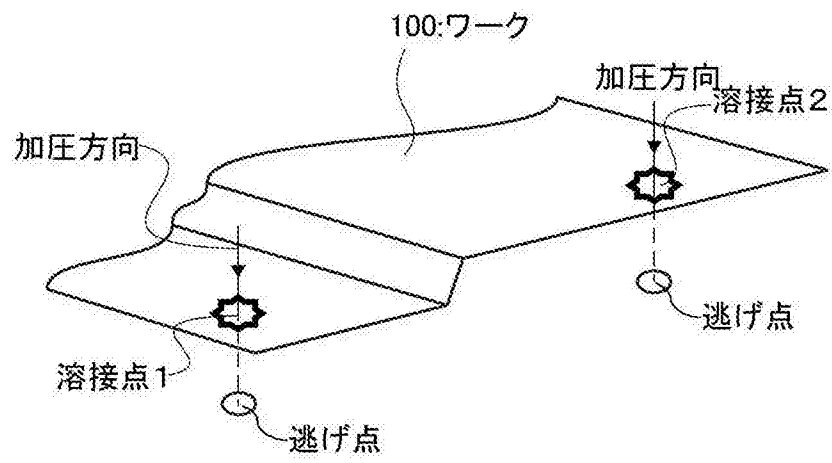
[図5]



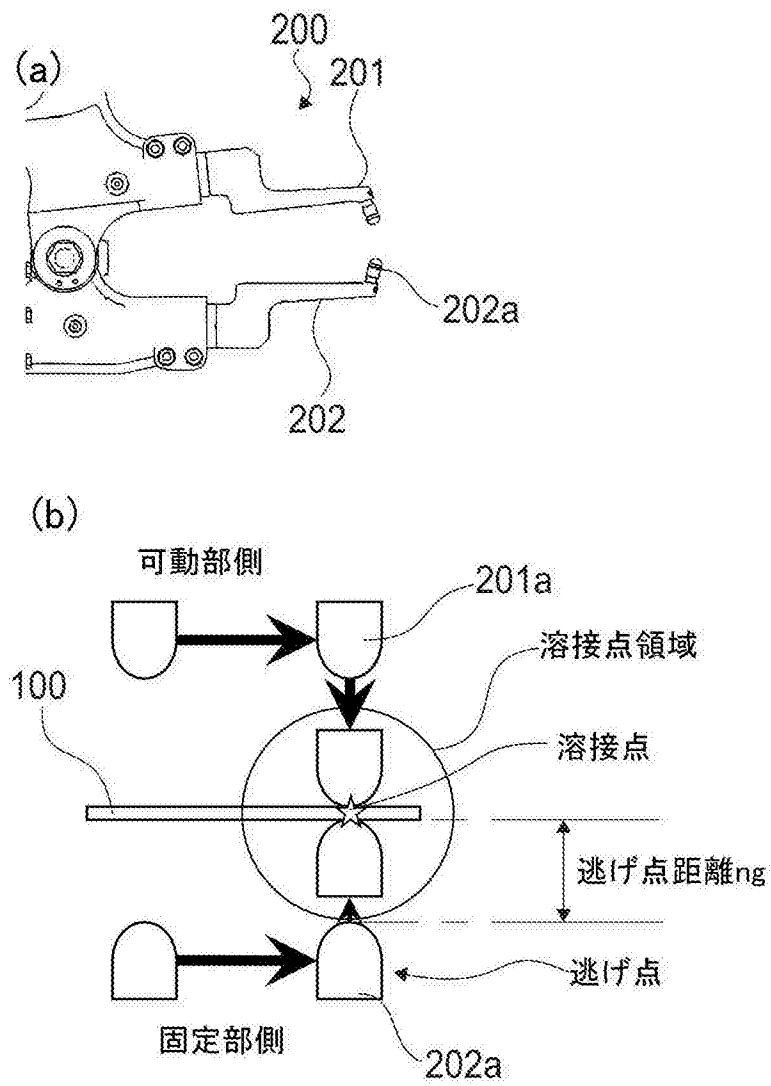
[図6]



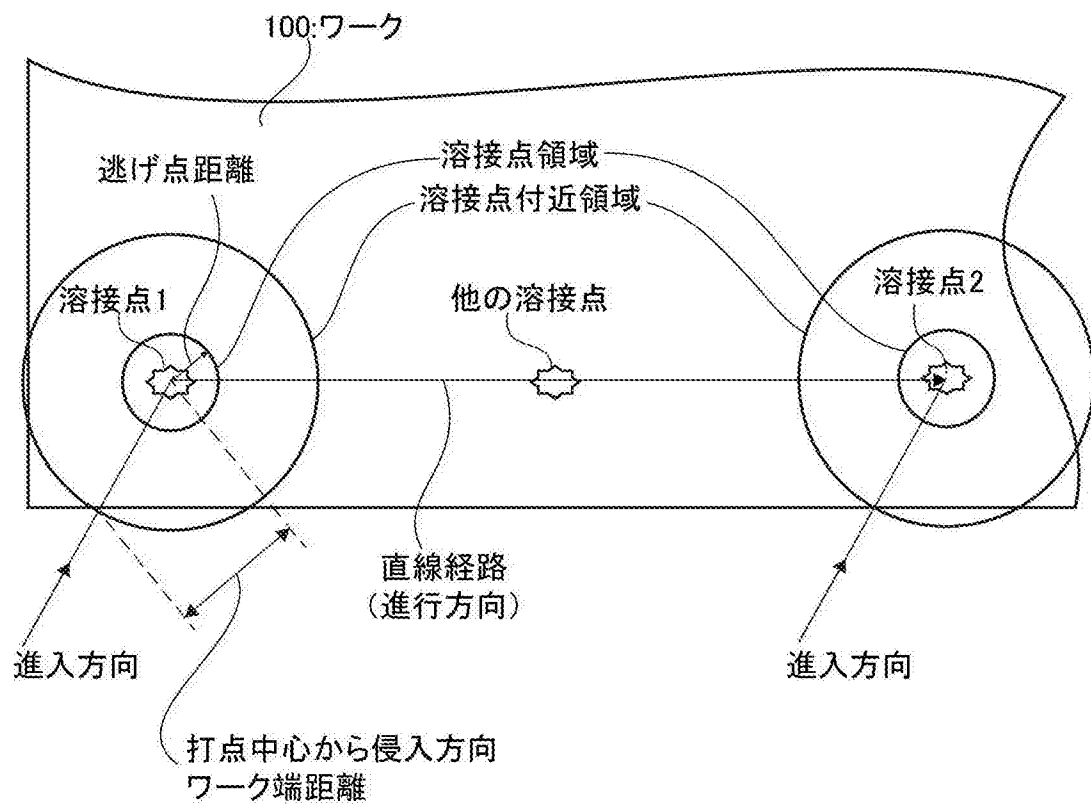
[図7]



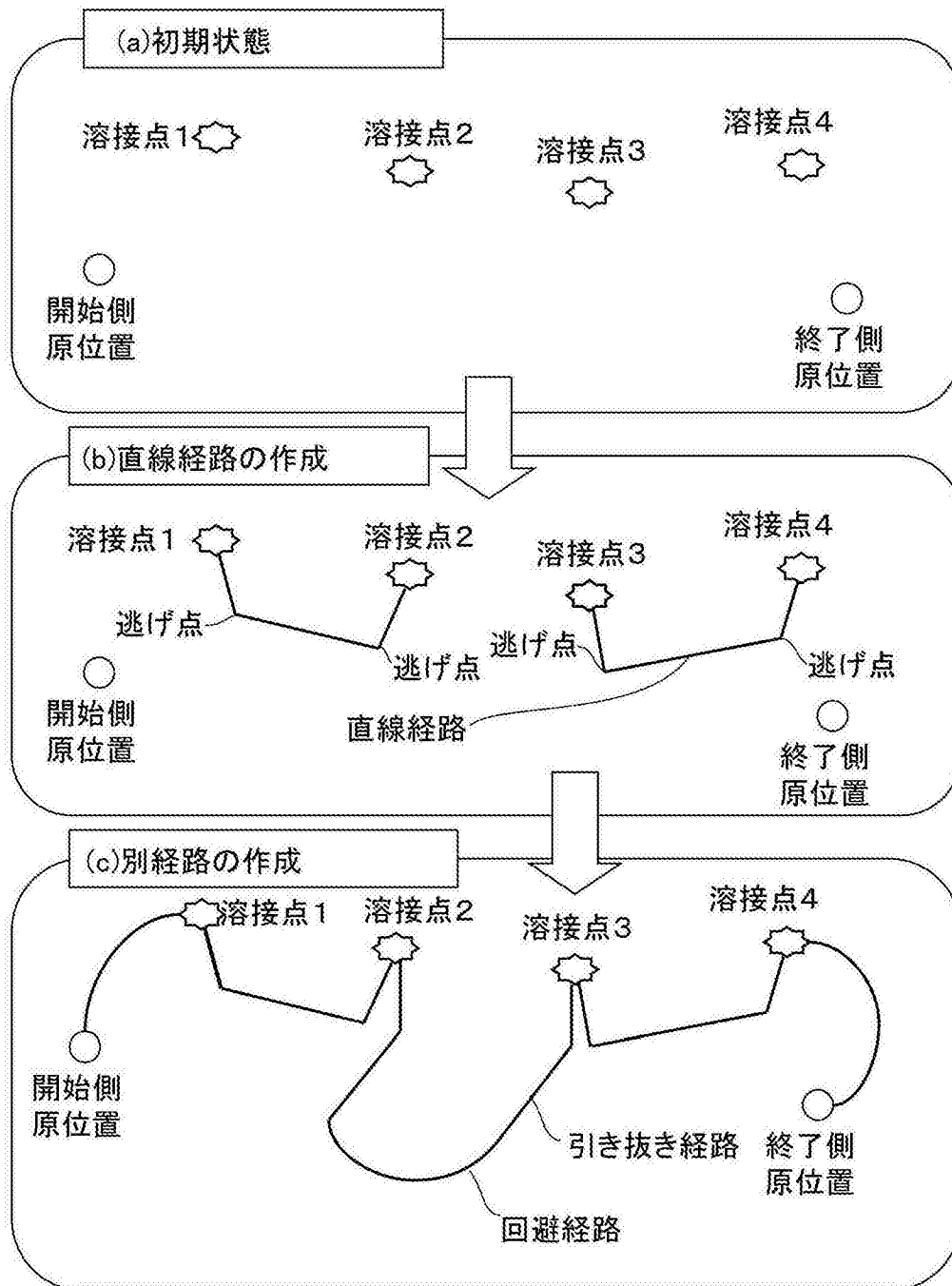
[図8]



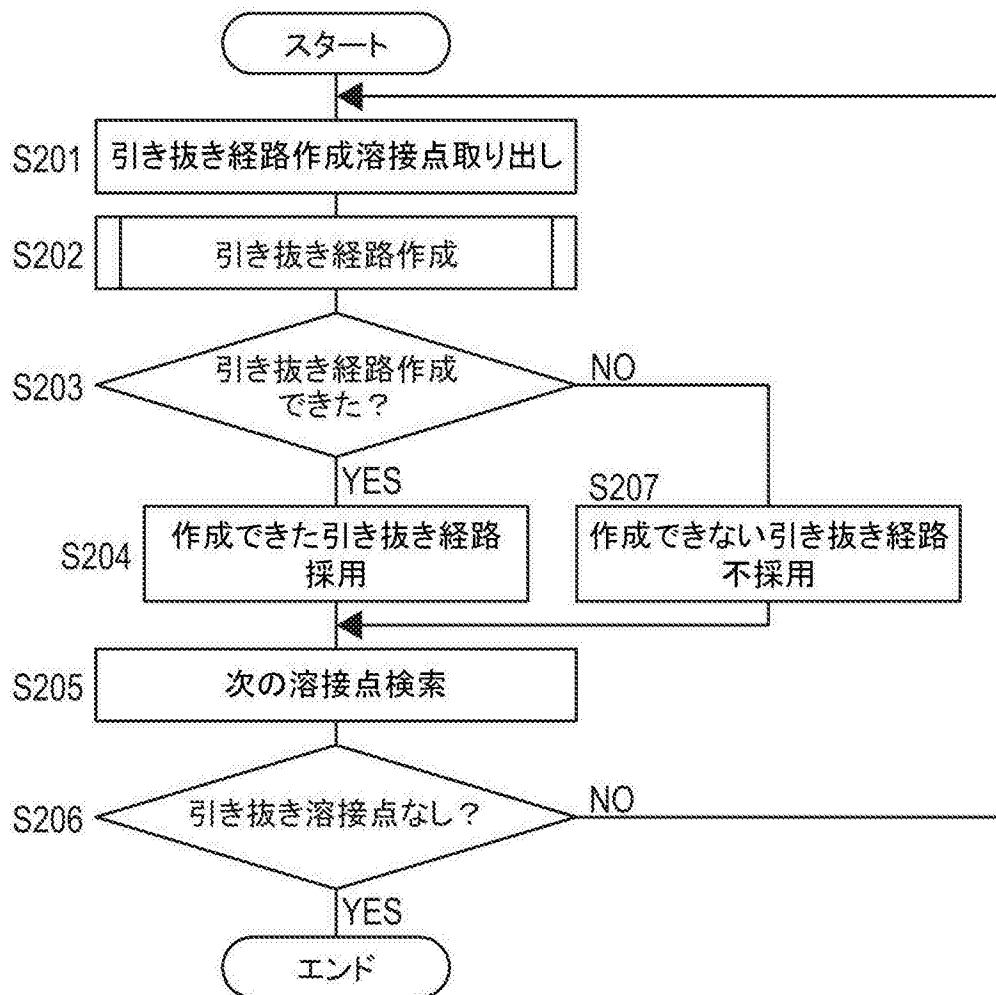
[図9]



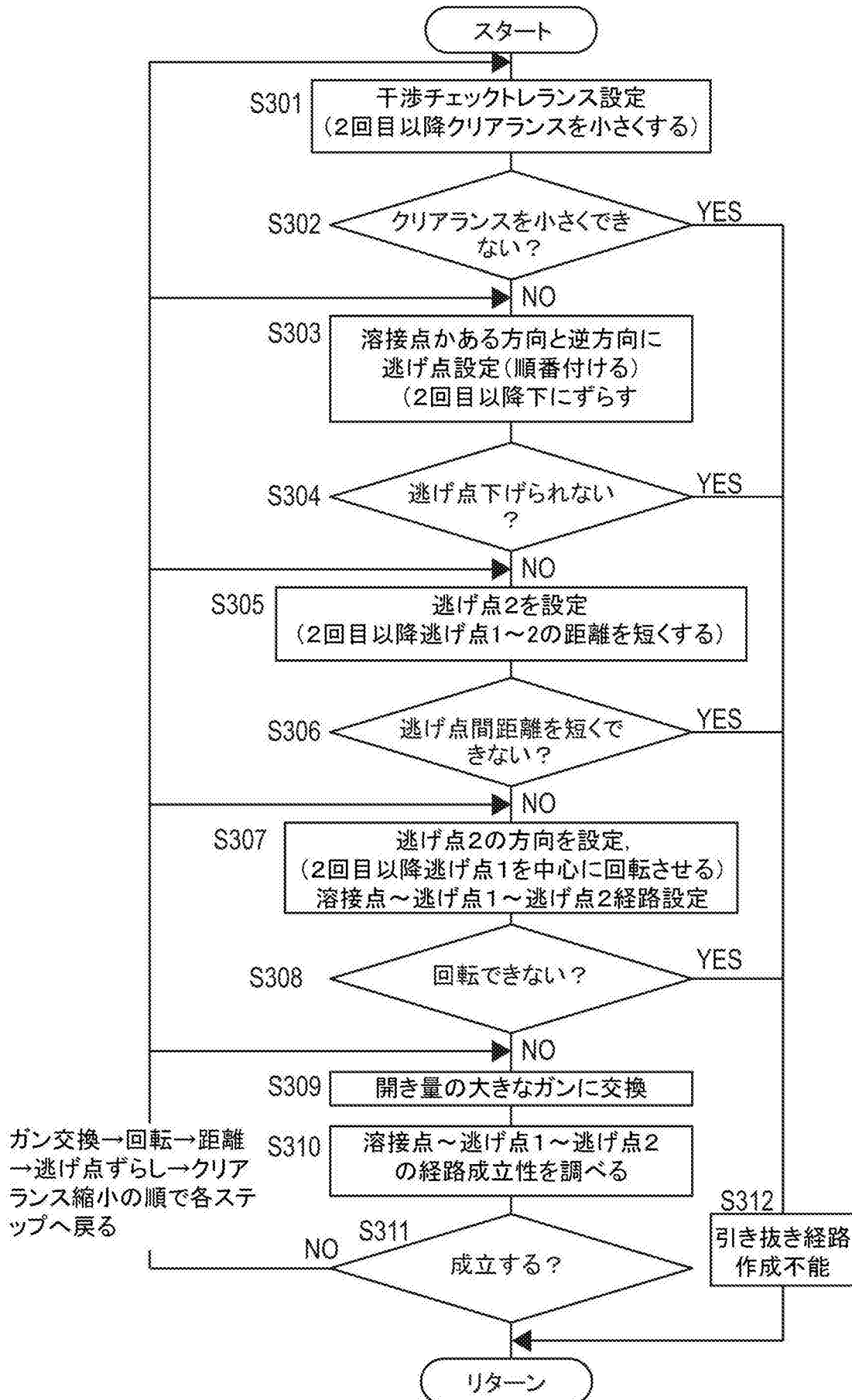
[図10]



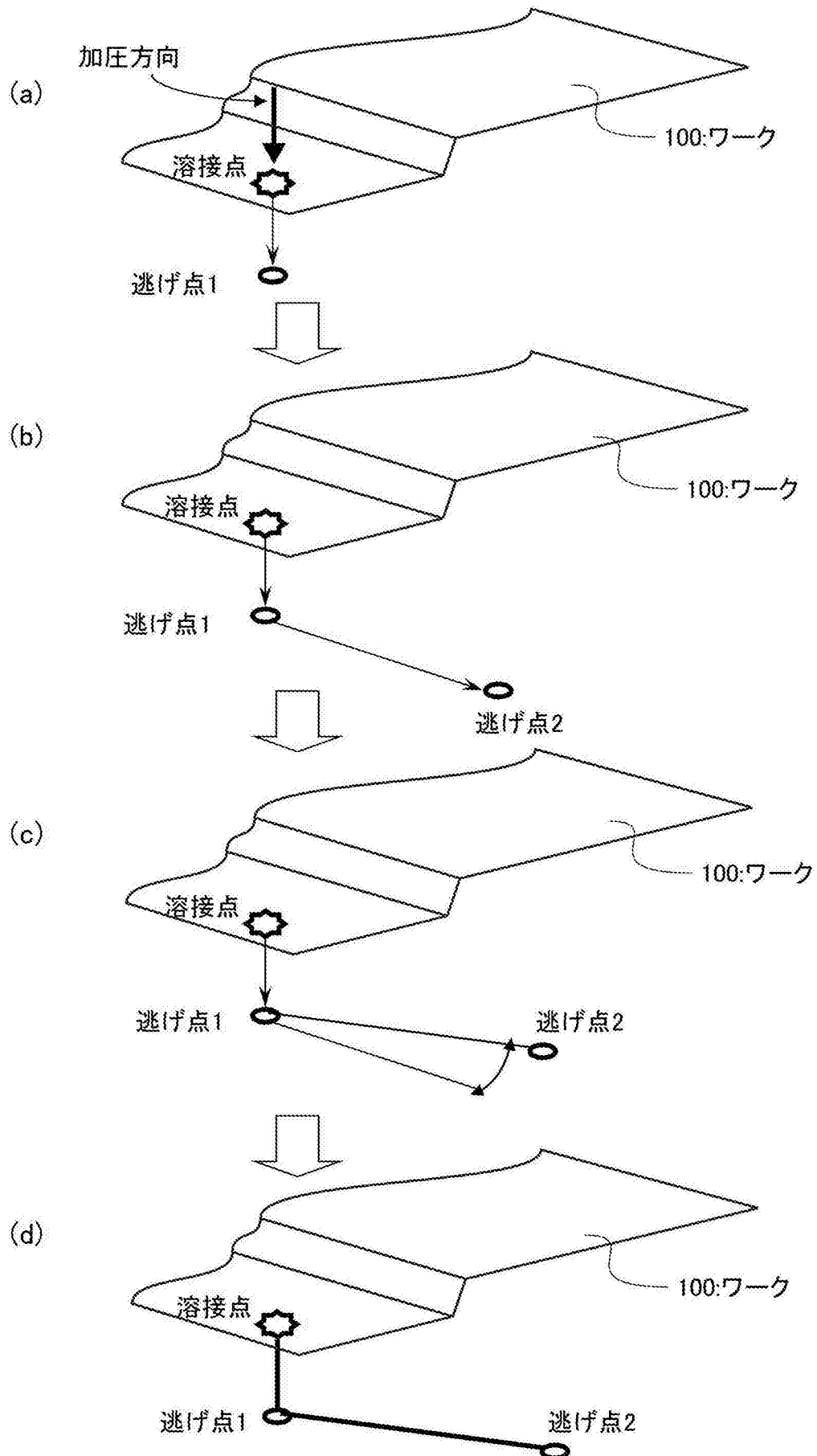
[図11]



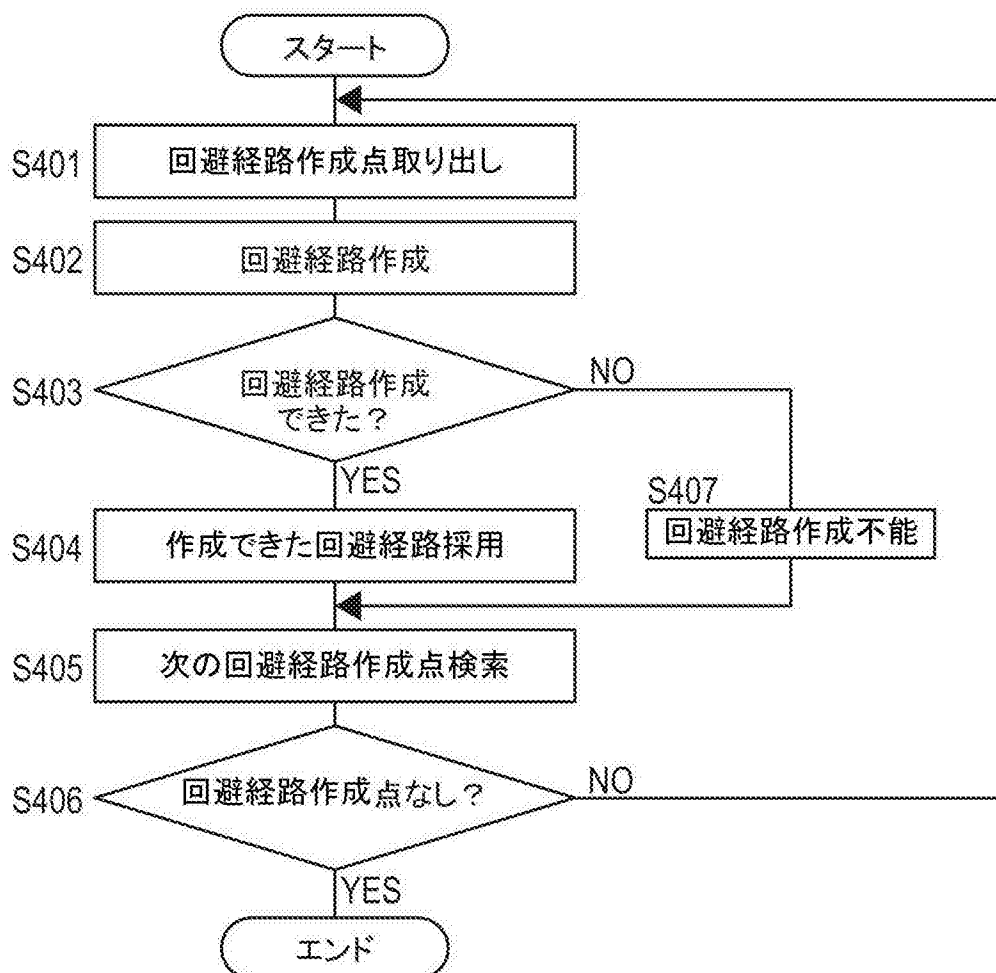
[図12]



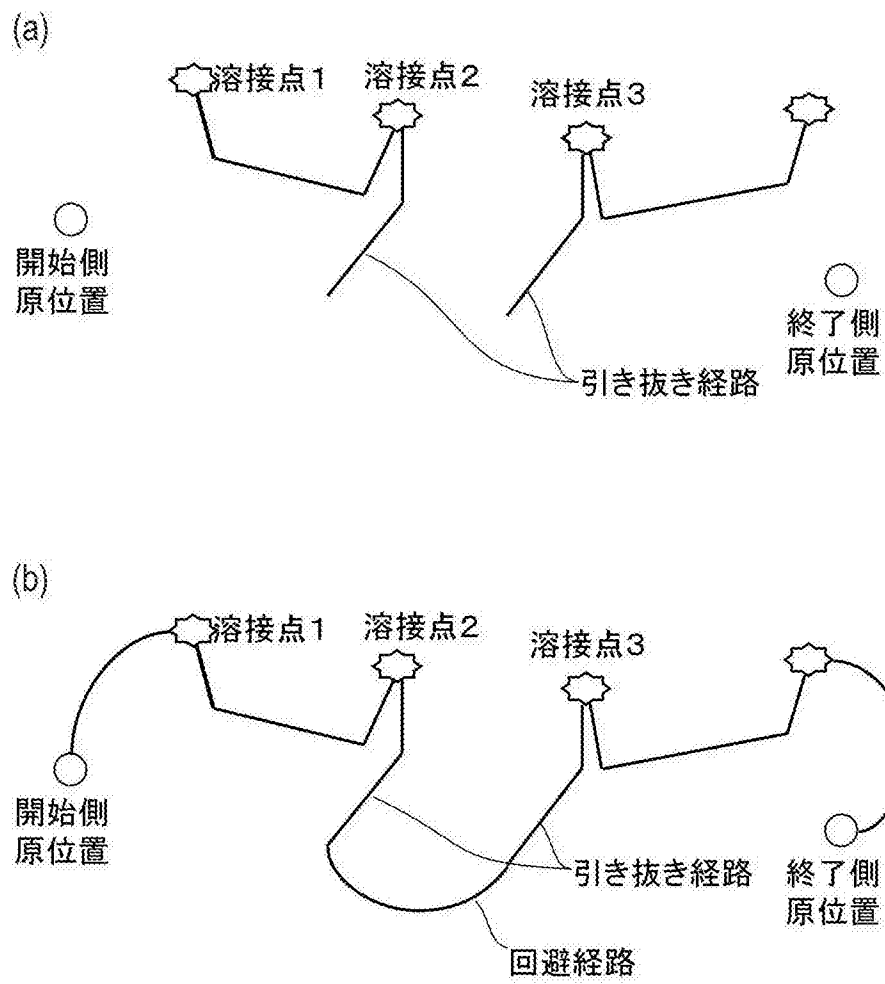
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/071211

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J19/06(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B25J9/22(2006.01)i, G05B19/4061(2006.01)i, G05B19/4093(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J19/06, B23K11/11, B25J9/22, G05B19/4061, G05B19/4093

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2000-61880 A (Mazda Motor Corp.), 29 February 2000 (29.02.2000), paragraphs [0005] to [0009], [0015] to [0021]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-22
A	JP 2001-328092 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 27 November 2001 (27.11.2001), paragraphs [0008] to [0012]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-22

☐ 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 October, 2014 (27.10.14)

Date of mailing of the international search report
04 November, 2014 (04.11.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B25J19/06(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B25J9/22(2006.01)i, G05B19/4061(2006.01)i, G05B19/4093(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B25J19/06, B23K11/11, B25J9/22, G05B19/4061, G05B19/4093

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	JP 2000-61880 A（マツダ株式会社）2000.02.29, 段落【0005】 - 【0009】, 【0015】 - 【0021】, 【図 1】 - 【図 8】（ファミリーなし）	1-22
A	JP 2001-328092 A（三菱重工業株式会社）2001.11.27, 段落【0008】 - 【0012】, 【図 1】 - 【図 8】（ファミリーなし）	1-22

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

青山 純

3 U

5 3 6 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4