

(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  
2018年8月30日(30.08.2018)



(10) 国際公開番号  
WO 2018/155444 A1

(51) 国際特許分類:  
B25J 9/10 (2006.01) G05B 19/4093 (2006.01)  
B25J 11/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/006044

(22) 国際出願日: 2018年2月20日(20.02.2018)

(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 2017-033520 2017年2月24日(24.02.2017) JP

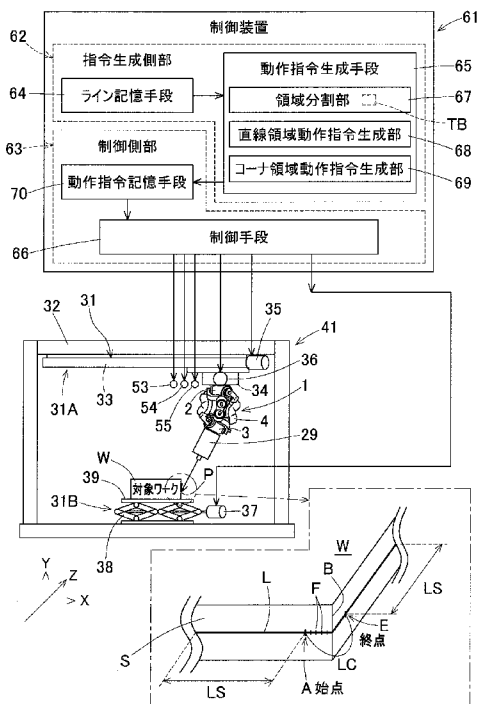
(71) 出願人: NTN株式会社(NTN CORPORATION)  
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀  
1丁目3番17号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 坂田 清悟(SAKATA, Seigo); 〒4388510  
静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株  
式会社内 Shizuoka (JP). 志村 祐紀(SHIMURA,  
Yuuki); 〒4388510 静岡県磐田市東貝塚15  
78番地 NTN株 式会社内 Shizuoka (JP).  
磯部 浩(ISOBE, Hiroshi); 〒4388510 静岡県磐  
田市東貝塚1578番地 NTN株 式会社  
内 Shizuoka (JP). 丸井 直樹(MARUI, Naoki);  
〒4388510 静岡県磐田市東貝塚1578番  
地 NTN株 式会社内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 杉本 修司, 外 (SUGIMOTO, Shuji et  
al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目  
10番2号 肥後橋ニッタイビル Osaka (JP).

(54) Title: LINK OPERATING DEVICE CONTROL DEVICE AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: リンク作動装置の制御装置および制御方法



- 61 Control device
- 62 Instruction generation side unit
- 63 Control side unit
- 64 Line storage means
- 65 Operating instruction generating means
- 66 Control means
- 67 Region splitting unit
- 68 Straight line region operating instruction generating unit
- 69 Corner region operating instruction generating unit
- A Start point
- E End point
- W Target workpiece

(57) Abstract: In a working device which combines a parallel link mechanism and a linear motion mechanism, the present invention enables work to be performed at a steeply angled boundary surface of a target workpiece surface while an end effector is moved at a substantially constant speed through the boundary surface, without irregularities occurring at the boundary surface. An operating instruction generating means (70) includes a region splitting unit (67) which divides a line (L) on a worked planar surface (S) of a target workpiece W into a straight line region (LS) and a corner region



WO 2018/155444 A1

(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, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(LC), on the basis of a steep boundary surface (B). The operating instruction generating means includes a straight line region operating instruction generating unit (68) which generates an instruction whereby, in the straight line region (LS), only the linear motion mechanism (31) is caused to move, while the attitude of the parallel link mechanism (1) remains fixed. The operating instruction generating means also includes a corner region operating instruction generating unit (69) which generates an instruction whereby, in the corner region (LC), the linear motion mechanism (31) and the parallel link mechanism (1) operate in a coordinated manner in such a way that a point of action (P) of an end effector (29) passes through the boundary surface (B) at a substantially constant speed.

(57) 要約 : パラレルリンク機構と直動機構を組み合わせた作業装置において、対象ワーク表面の急峻な角度を有する境界面に対して、エンドエフェクタが境界面を実質的に等速に移動しながら作業を行うことができ、境界面でムラを生じることなく作業が行えるようにする。動作指令生成手段(70)が、対象ワークWの被作業平面(S)上のライン(L)を、急峻な境界面(B)を基準に、直線領域(LS)とコーナー領域(LC)とに分ける領域分割部(67)を有する。直線領域(LS)においてパラレルリンク機構(1)の姿勢を固定したまま直動機構(31)のみを動作させる指令を生成する直線領域動作指令生成部(68)を有する。コーナー領域(LC)において直動機構(31)とパラレルリンク機構(1)が協調動作を行うことで、エンドエフェクタ(29)の作用点(P)が実質的に等速で境界面(B)を通過するように指令を生成するコーナー領域動作指令生成部(69)とを有する。

## 明 細 書

**発明の名称**： リンク作動装置の制御装置および制御方法

### 関連出願

[0001] この出願は、2017年2月24日出願の特願2017-033520の優先権を主張するものであり、その全体を参照によりこの出願の一部をなすものとして引用する。

### 技術分野

[0002] この発明は、産業機器等の精密で広範な作動範囲を必要とする機器に用いられるリンク作動装置の制御装置および制御方法に関する。

### 背景技術

[0003] 従来、3次元方向に姿勢変更可能な平行リンク機構と直動装置とを組み合わせ、前記平行リンク機構に、レーザ加工、塗装、溶接等を行うエンドエフェクタを取付けて複雑な作業が行えるようにした作業装置が種々提案されている（例えば、特許文献1～3）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-144627号公報  
特許文献2：特開2016-107374号公報  
特許文献3：特開2015-155124号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような平行リンク機構において、エンドエフェクタが作業する対象ワークは、2次元形状のものだけではなく、3次元形状に対して作業する用途も多い。例えば、3次元ワークの側面の全周に対してエンドエフェクタを作用させる場合、ワークを搭載したターンテーブルとエンドエフェクタがワーク側面へ向くように付加した直動機構を協調動作することで実現可能と考えられるが、ワークサイズや重量が大きくなった場合、ワークを回転さ

せることが困難になる。それに対して、平行リンク機構と直動機構を組み合わせた構成にすることで、ワークを回転させることなく、ワーク側面の全周に対してエンドエフェクタを作用させることが可能となる。

[0006] 例えば、図15に示すように、平行リンク機構1がXYステージ34に吊り下げ状態に設置され、Z軸ステージであるワーク台39上に直方体形状の対象ワークWが設置されている構成で説明する。なお、同図に示すリンク作動装置は後に図2で説明する構成と基本的な構成は同様である。このような構成において、直方体の対象ワークWの側面全周に対してエンドエフェクタ29を作用させるには、一般的に次のような方法がある。

[0007] 図15の構成の作用の説明の為に、同図の構成を上面から見た時の対象ワークと平行リンク機構の位置関係を図16に示す。まず、XYステージ33(図15)が(i)の位置に移動し、平行リンク機構1は、エンドエフェクタ29がワーク側面上のa点を指す位置に移動する。その後、エンドエフェクタ29を起動すると同時に、平行リンク機構1は固定したまま直動機構31(ここでは、XYステージ34のY軸)のみを(ii)の位置まで移動させ、(ii)の位置へ移動完了後、エンドエフェクタ29を停止させる。次に、XYステージが(iii)の位置に移動し、平行リンク機構1は、エンドエフェクタ29がワーク側面上のb点を指す位置に移動する。

[0008] その後、エンドエフェクタ29を再度起動すると同時に、平行リンク機構1は固定したまま直動機構31(ここでは、X軸ステージ33)のみを(iv)の位置に移動させ、(iv)の位置に移動完了後、エンドエフェクタ29を停止させる。同様の動作を(v)→(vi)→(vii)→(viii)と繰り返すことで、直方体の対象ワークWの側面全周に対してエンドエフェクタ29を作用させることができる。

[0009] この方法においては、一連動作の中でエンドエフェクタ29を起動、停止させている為、側面の境界部分でエンドエフェクタ29の繋ぎ目(切れ目)が生じる。そこで、一連動作において、各コーナーの移動時、エンドエフェクタ29を停止せず、起動させたまま平行リンク機構1および直動機構

31を動作する方法が望まれる。その際、例えばb点のコーナーにおいて、XYステージ34は、b点を中心に中心角90度で(ii)から(iii)へ円弧補間移動し、同時に平行リンク機構1はエンドエフェクタ29がb点を指すように90度回転することになる。その為、直動機構31および平行リンク機構1が(ii)から(iii)へ移動する時間の分だけ、エンドエフェクタ29がb点を作用し続けることになり、bのコーナー部でエンドエフェクタ29が過度に作用することになる。

[0010] いずれの方法においても、レーザによる加工や、ディスペンサ、インクジェットによる塗布、または溶接を行う場合、加工ムラや塗装ムラ、あるいは溶接の際の肉厚ムラの発生原因となる。

[0011] この発明の目的は、平行リンク機構と直動機構を組み合わせた作業装置において、上記の課題を解消し、対象ワーク表面の急峻な角度を有する境界面に対して、エンドエフェクタが境界面を実質的に等速に移動しながら作業を行うことができ、前記境界面でムラを生じることなく作業が行えるリンク作動装置の制御装置および制御方法を提供することである。以下、この発明の概要について、実施形態を示す図面中の符号を用いて説明する。

### 課題を解決するための手段

[0012] この発明のリンク作動装置の制御装置は、平行リンク機構1と直動機構31とが組み合わせられ、対象ワークWの被作業平面S上の角部となる境界面Bを跨がるラインLに沿ってエンドエフェクタ29を連続的に作用させて作業を行うリンク作動装置41を制御する制御装置であって、前記平行リンク機構1は、前記エンドエフェクタ29が取付けられた先端側のリンクハブ3が基端側のリンクハブ2に対し3組以上のリンク機構4を介して姿勢を変更可能に連結され、前記先端側のリンクハブ3の姿勢を変更させる複数のアクチュエータ53～55を有している。

[0013] 前記直動機構31は、アクチュエータ35～37の駆動により直交する2軸方向または3軸方向に直線移動する機能を有し、前記平行リンク機構1の前記基端側のリンクハブ2を移動させ、または対象ワークWを移動させ

るように設けられ、前記制御装置 6 1 は、前記ライン L を線分データで記憶するライン記憶手段 6 4 と、記憶したライン L から前記平行リンク機構 1 および前記直動機構 3 1 を動作させる動作指令を生成する動作指令生成手段 6 5 と、生成された動作指令に従って前記平行リンク機構 1 および前記直動機構 3 1 の前記アクチュエータ 3 5 ~ 3 7 を制御する制御手段 6 6 とを有している。

[0014] 前記動作指令生成手段 6 5 は、前記被作業平面 S 上のライン L を、前記境界面 B を基準に、定められた規則に従い直線領域 L S とコーナー領域 L C とに分ける領域分割部 6 7 と、前記直線領域 L S において前記平行リンク機構 1 の姿勢を固定したまま前記直動機構 3 1 のみを動作させる指令を生成する直線領域動作指令生成部 6 8 と、前記コーナー領域 L C において前記直動機構 3 1 と前記平行リンク機構 1 が協調動作を行うことで、前記エンドエフェクタ 2 9 の作用点 P が実質的に等速で前記境界面 B を通過するように指令を生成するコーナー領域動作指令生成部 6 9 とを有する。

[0015] この構成の制御装置によると、前記領域分割部 6 7 は、対象ワーク W の被作業平面 S 上の角部となる境界面 B、いわば急峻な角度を有する境界面 B を跨がるライン L に沿ってエンドエフェクタ 2 9 を連続的に作用させる動作において、前記ライン L を直線領域 L S とコーナー領域 L C に分ける。

[0016] 直線領域 L S では、平行リンク機構 1 は所望する姿勢に固定したまま直動機構 3 1 のみを動作させる。コーナー領域 L C では直動機構 3 1 と平行リンク機構 1 が協調動作を行うように制御することで、エンドエフェクタ 2 9 の作用点 P を実質的に等速で前記境界面 B を通過させる。

[0017] このように、被作業平面 S の急峻な角度を有する境界面 B 上をエンドエフェクタ 2 9 が連続的に作用する動作において、エンドエフェクタ 2 9 の作用点 P が実質的に等速で動作することができて、前記エンドエフェクタ 2 9 による作業のムラをなくすことができる。例えば、前記エンドエフェクタ 2 9 として、レーザ、ディスペンサ、インクジェット、または溶接等をリンクに取付けて作業を行う際、レーザの加工ムラやディスペンサ、インクジェット

による塗布ムラ、溶接による溶接ムラをなくすることができる。

[0018] 前記直線領域L Sとコーナー領域L Cとに分け、コーナー領域L Cのみ協調動作させるため、協調動作させる指令の生成が、効率良く短時間で行える。また、直動領域L Sでは平行リンク機構1は直動機構31のみを動作させるため、高速で動作させることができ、またエンドエフェクタ29の姿勢が変化しないため、作業の品質の面からも好ましい。

[0019] 前記協調動作の具体的な方法は、例えば、まずコーナー領域L Cの始点Aから終点Eまでの経路を通過点Fで複数の区間に分割する。各区間における直動機構31の位置と平行リンク機構1の姿勢は、エンドエフェクタ29の作用する角度が滑らかに変化するように設定する。このとき、エンドエフェクタ29の作用する角度の変化は、エンドエフェクタ29の作用後の品質に影響を与えない程度に小さいものとする。分割した各区間における直動機構31(X Y Zステージ)の移動量(X, Y, Z)と、平行リンク機構1を構成する各アクチュエータ53~55の移動量( $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$ )を算出する。

[0020] 次に、指定した目標移動速度(ワーク側面上をなぞる速度)と各区間の距離から定まる各区間内の移動時間と、各区間における各アクチュエータ35~37, 53~55の移動量とから、各区間における各アクチュエータ35~37, 53~55の移動速度を算出する。分割した各区間において、各アクチュエータ35~37, 53~55を加減速なしで連続位置決めすることにより、コーナー領域L Cの始点Aから終点Eまでをエンドエフェクタ29が実質的に等速に移動する。「実質的に等速」とは、換言すれば「近似的に等速」であり、エンドエフェクタ29による作業の観点から等速であると見なせる程度に速度の変化が生じないことを言う。また、コーナー領域L Cと直線領域L Sの繋ぎ目においては、同様に加減速なしの連続動作を行う。これにより、レーザによる加工や、ディスペンサ、インクジェットによる塗布、または溶接を行う場合は、境界部Bでの加工ムラや塗装ムラ、及び溶接の際の肉厚ムラをなくすることができる。

- [0021] 上記の協調動作の具体的な方法を実現するにつき、例えば、前記コーナー領域動作指令生成部 69 は、前記コーナー領域 LC の始点 A から終点 E までの経路を通過点 F で指定個数の区間に分割し、分割した各区間における前記直動機構 31 の移動量 X, Y, Z と、前記平行リンク機構 1 を構成する前記各アクチュエータ 53 ~ 55 の移動量  $\beta 1$ ,  $\beta 2$ ,  $\beta 3$  を算出し、指定した目標移動速度と各区間の距離とから定まる各区間内の移動時間と、各区間における前記各アクチュエータ 53 ~ 55, 35 ~ 37 の移動量  $\beta 1$ ,  $\beta 2$ ,  $\beta 3$ , X, Y, Z とから、各区間における前記各アクチュエータ 35 ~ 37, 53 ~ 55 の移動速度を算出し、分割した各区間において、前記各アクチュエータ 35 ~ 37, 53 ~ 55 を加減速なしで連続位置決めする指令を生成するようにする。
- [0022] 前記領域分割部 67 は、前記コーナー領域動作指令生成部 69 における指定された目標移動速度と分割した各通過点 F から求められる前記直動機構 31 の移動速度と、前記直動機構 31 の制限速度から、コーナー領域 LC の大きさを算出するようにしてもよい。これにより、所望の協調動作が行える適切なコーナー領域 LC の大きさを求めることができる。
- [0023] 前記領域分割部 67 は、前記コーナー領域 LC の大きさと指定された目標移動速度との関係を示すテーブル TB を有し、このテーブル TB を用いて、前記目標移動速度から前記コーナー領域 LC の大きさを算出するようにしてもよい。これによっても、所望の協調動作が行える適切なコーナー領域 LC の大きさを求めることができる。
- [0024] 前記動作指令生成手段 65 は、前記ライン L の線分データからの動作指令の生成を、前記リンク作動装置 41 の動作時、例えば各区間ごとの動作の直前または動作と並行して行うようにしてもよいが、この他に、前記コーナー領域 LC の前記各区間の設定（例えば動作指令）を全て、実際に前記リンク作動装置 41 が動作する前に演算して動作指令記憶手段 70 に記録し、前記制御手段 66 が、前記リンク作動装置 41 を動作させる時に前記区間に応じた設定を前記動作指令記憶手段 70 から読み出して制御するようにしてもよ

い。この場合、前記動作指令生成手段 65 と、前記制御手段 66 とは、物理的に別のコンピュータ等で構成されていても良く、生成された動作指令はオンラインで、またはオフラインで前記制御手段 66 側にある動作指令記憶手段 70 に記憶させるようにしてもよい。

[0025] 前記エンドエフェクタ 29 が作業する前記被作業平面 S は、直方体の外周面であってもよく、また内周面であってもよい。このような直方体の外周面や内周面が被作業平面 S である場合、この発明のムラなく作業が行えると言う効果が、より効果的に発揮される。

[0026] この発明のリンク作動装置の制御方法は、前記構成のリンク作動装置 41 を制御する方法であって、前記被作業平面 S 上のライン L を、前記境界面 B を基準に、定められた規則に従い直線領域 L S とコーナー領域 L C とに分け、前記直線領域 L S においては、前記平行リンク機構 1 の姿勢を固定したまま前記直動機構 31 のみを動作させ、前記コーナー領域 L C においては、前記直動機構 31 と前記平行リンク機構 1 が協調動作を行うことで、前記エンドエフェクタ 29 の作用点 P が実質的に等速で前記境界面 B を通過するように動作させる。望ましくは、前記リンク作動装置の制御方法において、前記制御方法は、前記ライン L を線分データで記憶し、記憶したライン L から前記平行リンク機構 1 および前記直動機構 31 を動作させる動作指令を生成し、生成された動作指令に従って前記平行リンク機構 1 および前記直動機構 31 の前記アクチュエータ 35 ~ 37 を制御するものであってもよい。

[0027] この制御方法によると、この発明の制御装置につき説明したと同様に、対象ワーク表面の急峻な角度を有する境界面 B に対して、エンドエフェクタ 29 が境界面 B を実質的に等速に移動しながら作業を行うことができ、前記境界面 B でムラを生じることなく作業を行うことができる。

[0028] 請求の範囲および／または明細書および／または図面に開示された少なくとも 2 つの構成のどのような組み合わせも、この発明に含まれる。特に、請求の範囲の各請求項の 2 つ以上のどのような組み合わせも、この発明に含ま

れる。

### 図面の簡単な説明

[0029] この発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明から、より明確に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の範囲を定めるために利用されるべきものではない。この発明の範囲は添付の請求の範囲によって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の符号は、同一または相当する部分を示す。

[図1]この発明の一実施形態に係るリンク作動装置の制御装置の概念構成を示す説明図である。

[図2]同制御装置の制御対象となるリンク作動装置の正面図である。

[図3]対象ワークの各領域等を示す部分斜視図である。

[図4]対象ワークの各領域を平面図で示す説明図である。

[図5]同リンク作動装置の制御装置によるコーナー長さの算出の流れ図である。

[図6]対象ワークの他の例の各領域を示す平面図で示す説明図である。

[図7]同リンク作動装置の平行リンク機構の斜視図である。

[図8]同平行リンク機構の一部のリンク機構を示す正面図である。

[図9A]同平行リンク機構の動作の説明図であって、リンク機構の姿勢の変化前を示す。

[図9B]同じく説明図であって、リンク機構の姿勢の変化後を示す

[図10]同平行リンク機構の直線モデル図である。

[図11]同平行リンク機構の部分拡大断面図である。

[図12]3次元直交座標から先端側のリンクハブ姿勢（折れ角 $\theta$ 、旋回角 $\phi$ ）を求める算出フローチャートである。

[図13]図7に示した平行リンク機構に別の寸法線を付した斜視図である。

[図14]被作業平面上においてポイントツウポイントで動作させる場合の説明

図である。

[図15]リンク作動装置の正面図である。

[図16]従来のリンク作動装置における動作の説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0030] この発明の一実施形態を図面と共に説明する。このリンク作動装置の制御装置61は、平行リンク機構1と直動機構31とが組み合わせられたリンク作動装置41を制御する装置であって、対象ワークWの被作業平面上の角部となる境界面Bを跨がるラインLに沿ってエンドエフェクタ29を連続的に作用させて作業を行う場合に適用される。

[0031] <リンク作動装置41の構成>

図2に示すように、平行リンク機構1は、エンドエフェクタ29が取り付けられた先端側のリンクハブ3が基端側のリンクハブ2に対し3組のリンク機構4を介して姿勢を変更可能に連結され、前記リンク機構4に作用して前記先端側のリンクハブ3の姿勢を変更させる複数のアクチュエータ53, 54, 55を有する。

[0032] 直動機構31は、直交する3軸方向に対象ワークWを直線移動する機能を有する機構である。この実施形態では、直動機構31は、X軸, Y軸の2軸方向に対象ワークWを移動するリンク側直動機構部31Aと、Z軸方向に対象ワークWを移動するワーク側直動機構部31Bとで構成される。前記X, Y, Z軸は、それぞれ左右方向、前後方向、および上下方向であり、互いに直交している。

[0033] リンク側直動機構部31Aは、架台32の上部にX軸方向に移動可能に設置されたXステージ33と、このXステージ33にY軸方向に移動可能に設置されたXYステージ34とを有する。XYステージ34には、平行リンク機構1がその上端に位置する基端側のリンクハブ2が接続され、平行リンク機構1が下向きとなるように設置されている。Xステージ33およびXYステージ34は、それぞれモータ等のX軸およびY軸のアクチュエータ35, 36により、架台32およびXステージ33に対して進退駆動され

る。

[0034] ワーク側直動機構部 31B は、平行リンク機構 1 が動作する領域の下方に位置して設置され、昇降機構 38 を介してモータ等の Z 軸のアクチュエータ 37 により昇降駆動されるワーク台 39 を有している。このワーク台 39 の上に前記対象ワーク W が載置される。

[0035] 前記エンドエフェクタ 29 は、対象ワーク W に対して非接触等で作業を行う装置であり、例えば、レーザ加工用のレーザ、塗装用のディスペンサ、インクジェットノズル、あるいは溶接トーチ等である。

[0036] 前記平行リンク機構 1 の具体例につき、図 7～図 11 と共に具体的に説明する。図 9A, 9B は平行リンク機構 1 のそれぞれ異なる状態を示す正面図である。この平行リンク機構 1 は、基端側のリンクハブ 2 に対し先端側のリンクハブ 3 を 3 組のリンク機構 4 を介して姿勢変更可能に連結したものである。図 9A, 9B では、1 組のリンク機構 4 のみが示されている。

[0037] 図 7 は、平行リンク機構 1 を三次元的に表わした斜視図である。3 組の各リンク機構 4 は、基端側の端部リンク部材 5、先端側の端部リンク部材 6、および中央リンク部材 7 で構成され、4 つの回転対偶からなる 3 節連鎖のリンク機構をなす。基端側および先端側の端部リンク部材 5, 6 は L 字状をなし、基端がそれぞれ基端側のリンクハブ 2 および先端側のリンクハブ 3 にそれぞれ回転自在に連結されている。中央リンク部材 7 は、一端に基端側の端部リンク部材 5 の先端が、他端に先端側の端部リンク部材 6 の先端がそれぞれ回転自在に連結されている。

[0038] 基端側および先端側の端部リンク部材 5, 6 は球面リンク構造で、3 組のリンク機構 4 における球面リンク中心 PA, PB (図 9A) は一致している。また、その球面リンク中心 PA, PB 間の距離 d も同じである。端部リンク部材 5, 6 と中央リンク部材 7 との各回転対偶の中心軸は、ある交差角  $\gamma$  をもっていてもよいし、平行であってもよい。

[0039] つまり、3 組のリンク機構 4 は、幾何学的に同一形状をなす。幾何学的に

同一形状とは、各リンク部材 5, 6, 7 を直線で表現した幾何学モデル、すなわち各回転対偶と、これら回転対偶間を結ぶ直線とで表現したモデルが、中央リンク部材 7 の中央部に対する基端側部分と先端側部分が対称を成す形状であることを言う。図 10 は、一組のリンク機構 4 を直線で表現した図である。

[0040] この実施形態のリンク機構 4 は回転対称タイプで、基端側のリンクハブ 2 および基端側の端部リンク部材 5 と、先端側のリンクハブ 3 および先端側の端部リンク部材 6 との位置関係が、中央リンク部材 7 の中心線 C に対して回転対称となる位置構成になっている。図 9 A は、基端側のリンクハブ 2 の中心軸 Q A と先端側のリンクハブ 3 の中心軸 Q B とが同一線上にある状態を示し、図 9 B は、基端側のリンクハブ 2 の中心軸 Q A に対して先端側のリンクハブ 3 の中心軸 Q B が所定の作動角をとった状態を示す。各リンク機構 4 の姿勢が変化しても、基端側と先端側の球面リンク中心 P A, P B 間の距離 d は変化しない。

[0041] 基端側のリンクハブ 2 と先端側のリンクハブ 3 と 3 組のリンク機構 4 とで、基端側のリンクハブ 2 に対し先端側のリンクハブ 3 が直交 2 軸方向に移動自在な 2 自由度機構が構成される。言い換えると、基端側のリンクハブ 2 に対して先端側のリンクハブ 3 を、回転が 2 自由度で姿勢変更自在な機構である。この 2 自由度機構は、基端側のリンクハブ 2 の中心軸 Q A、先端側のリンクハブ 3 の中心軸 Q B、および中央リンク部材 7 の中心線 C の交点 P を中心として、基端側のリンクハブ 2 に対して先端側のリンクハブ 3 が姿勢を変更する。

[0042] この 2 自由度機構は、コンパクトでありながら、基端側のリンクハブ 2 に対する先端側のリンクハブ 3 の可動範囲を広くとれる。例えば、基端側のリンクハブ 2 の中心軸 Q A と先端側のリンクハブ 3 の中心軸 Q B の折れ角  $\theta$  (図 7) の最大値 (最大折れ角) を約  $\pm 90^\circ$  とすることができる。また、基端側のリンクハブ 2 に対する先端側のリンクハブ 3 の旋回角  $\phi$  を  $0^\circ \sim 360^\circ$  の範囲に設定できる。折れ角  $\theta$  は、基端側のリンクハブ 2 の中心軸 Q A

に対して先端側のリンクハブ3の中心軸QBが傾斜した垂直角度のことであり、旋回角 $\phi$ は、基端側のリンクハブ2の中心軸QAに対して先端側のリンクハブ3の中心軸QBが傾斜した水平角度のことである。

[0043] このパラレルリンク機構1において、各リンク機構4の端部リンク部材5, 6の軸部材13(図8)の角度、および長さが等しく、かつ基端側の端部リンク部材5と先端側の端部リンク部材6の幾何学的形状が等しく、かつ中央リンク部材7についても基端側の先端側とで形状を等しくできる。このとき、中央リンク部材7の対称面に対して、中央リンク部材7と端部リンク部材5, 6との角度位置関係を基端側と先端側とで同じにすれば、幾何学的対称性から基端側のリンクハブ2および基端側の端部リンク部材5と、先端側のリンクハブ3および先端側の端部リンク部材6とは同じに動く。例えば、基端側と先端側のリンクハブ2, 3にそれぞれの中心軸QA, QBと同軸に回転軸を設け、基端側から先端側へ回転伝達を行う場合、基端側と先端側は同じ回転角になって等速で回転する等速自在継手となる。この等速回転するときの中央リンク部材7の対称面を等速二等分面という。

[0044] このため、基端側のリンクハブ2および先端側のリンクハブ3を共有する同じ幾何学形状のリンク機構4を円周上に複数配置させることにより、複数のリンク機構4が矛盾なく動ける位置として中央リンク部材7が等速二等分面上のみの動きに限定される。これにより、基端側と先端側とが任意の作動角をとっても、基端側と先端側とが等速回転する。

[0045] 基端側のリンクハブ2および先端側のリンクハブ3は、その中心部に貫通孔10(図11)が軸方向に沿って形成され、外形が球面状をしたドーナツ形状をしている。貫通孔10の中心はリンクハブ2, 3の中心軸QA, QBと一致している。これら基端側のリンクハブ2および先端側のリンクハブ3の外周面の円周方向に等間隔の位置に、基端側の端部リンク部材5および先端側の端部リンク部材6がそれぞれ回転自在に連結されている。

[0046] 図11は、基端側のリンクハブ2と基端側の端部リンク部材5の回転対偶、および基端側の端部リンク部材5と中央リンク部材7の回転対偶を示す断

面図である。基端側のリンクハブ2は、前記軸方向の貫通孔10と外周側とを連通する半径方向の連通孔11が円周方向3箇所形成され、各連通孔11内に設けた二つの軸受12により軸部材13がそれぞれ回転自在に支持されている。軸部材13の外側端部は基端側のリンクハブ2から突出し、その突出ねじ部13aに基端側の端部リンク部材5が結合され、ナット14によって締付け固定されている。

[0047] 前記軸受12は、例えば深溝玉軸受等の転がり軸受であり、その外輪（図示せず）が前記連通孔11の内周に嵌合し、その内輪（図示せず）が前記軸部材13の外周に嵌合している。外輪は止め輪15によって抜け止めされている。また、内輪と基端側の端部リンク部材5の間には間座16が介在し、ナット14の締付力が基端側の端部リンク部材5および間座16を介して内輪に伝達されて、軸受12に所定の予圧を付与している。

[0048] 基端側の端部リンク部材5と中央リンク部材7の回転対偶は、中央リンク部材7の両端に形成された連通孔18に二つの軸受19が設けられ、これら軸受19により、基端側の端部リンク部材5の先端の軸部20が回転自在に支持されている。軸受19は、間座21を介して、ナット22によって締付け固定されている。

[0049] 軸受19は、例えば深溝玉軸受等の転がり軸受であり、その外輪（図示せず）が前記連通孔18の内周に嵌合し、その内輪（図示せず）が前記軸部20の外周に嵌合している。外輪は止め輪23によって抜け止めされている。軸部20の先端ねじ部20aに螺着したナット22の締付力が間座21を介して内輪に伝達されて、軸受19に所定の予圧を付与している。

[0050] 以上、基端側のリンクハブ2と基端側の端部リンク部材5の回転対偶、および基端側の端部リンク部材5と中央リンク部材7の回転対偶について説明したが、先端側のリンクハブ3と先端側の端部リンク部材6の回転対偶、および先端側の端部リンク部材6と中央リンク部材7の回転対偶も同じ構成である（図示省略）。

[0051] このように、各リンク機構4における4つの回転対偶、つまり、基端側の

リンクハブ2と基端側の端部リンク部材5の回転対偶、先端側のリンクハブ3と先端側の端部リンク部材6の回転対偶、基端側の端部リンク部材5と中央リンク部材7と回転対偶、および先端側の端部リンク部材6と中央リンク部材7の回転対偶に、軸受12, 19を設けた構造とすることにより、各回転対偶での摩擦抵抗を抑えて回転抵抗の軽減を図ることができ、滑らかな動力伝達を確保できると共に耐久性を向上できる。

[0052] 図8において、パラレルリンク機構1は、基端側のリンクハブ2がXYステージ34の下面に固定され、先端側のリンクハブ3が垂下した状態となっている。XYステージ34の上面上には、モータまたは他のロータリアクチュエータからなるアクチュエータ53が設置されている。同図は一つのリンク機構4を示しているが、他の2つリンク機構4についても、上記と同様にアクチュエータ54, 55が設けられ、以下の説明と同様にリンク機構4に接続されている。アクチュエータ53の出力軸53aはXYステージ34を貫通して下方に突出し、その出力軸53aに取付けたかさ歯車51と基端側のリンクハブ2の軸部材13に取付けた扇形のかさ歯車58とが噛み合っている。

[0053] アクチュエータ53を回転させると、その回転が一对のかさ歯車57, 58を介して軸部材13に伝達されて、基端側のリンクハブ2に対する基端側の端部リンク部材5の角度が変わる。各アクチュエータ53の動作量を制御して、リンク機構4ごとに基端側の端部リンク部材5の角度を調整することにより、基端側のリンクハブ2に対する先端側のリンクハブ3の姿勢（以下、「先端姿勢」とする）が決まる。各アクチュエータ53～55の動作は、図1の制御装置61により制御される。

[0054] <制御装置61の構成>

図1に示すように、制御装置61は、対象ワークWの被作業平面Sの前記ラインLの線分データ等から動作指令を生成する指令生成部62と、生成された動作指令に従ってリンク作動装置41を制御する制御部63とを備える。これら指令生成部62と制御部63とは、一つのコンピュータ等に設けら

れて概念的に区別される構成であっても、また互いに異なるコンピュータ等の別装置に設けられていて、オンラインで接続されていても、オフラインであって記録媒体等でデータを授受できるようにされていてもよい。別装置とする場合、互いに離れて遠隔地に設置されていてもよい。

[0055] 前記制御部63は、制御手段66と動作指令記憶手段70とを備える。制御手段66は、生成された動作指令に従ってパラレルリンク機構1の各アクチュエータ53, 54, 55および直動機構31の各アクチュエータ35, 36, 37を制御する手段であり、いわば数値制御装置である。制御手段66は、例えばパラレルリンク機構1の各アクチュエータ53, 54, 55および直動機構31の各アクチュエータ35, 36, 37を、例えばポイントツーポイントで位置制御および速度制御を行う。前記動作指令記憶手段70は、制御手段66で実行する動作指令を記憶し、また指令生成部62で生成された動作指令を記憶する手段である。なお、指令生成部62と制御部63とが離れて構成される場合は、両方に有していて、両者間で動作指令が転送されるようにしてもよい。

[0056] 指令生成部62は、ライン記憶手段64と動作指令生成手段65とを備える。

ライン記憶手段64は、ラインLを数値による線分データとして記憶する。ライン記憶手段64に記憶される線分データは、例えば、順次繋がる複数の各線分のデータとされ、各線分毎に始点と終点を示す3次元の座標により構成される。また、ライン記憶手段64に記憶される線分データは、さらにその線分が直線であるか曲線であるか等の線形状の識別用のデータ等を含んでいてもよい。

[0057] 動作指令生成手段65は、ライン記憶手段64に記憶されたラインLの線分データから前記パラレルリンク機構1および直動機構31を動作させる動作指令を生成する手段である。動作指令生成手段65は、領域分割部67、直線領域動作指令生成部68、およびコーナー領域動作生成部69を有する。

- [0058] 領域分割部67は、被作業平面S上のラインLを、境界面Bを基準に、定められた規則に従い直線領域LSとコーナー領域LCとに分ける手段である。直線領域動作指令生成部68は、前記直線領域LSにおいて前記平行リンク機構1の姿勢を固定したまま前記直動機構31のみを動作させる指令を生成する手段である。コーナー領域動作指令生成部69は、前記コーナー領域LCにおいて前記直動機構31と前記平行リンク機構1が協調動作を行うことで、前記エンドエフェクタ29の作用点Pが実質的に等速で前記境界面Bを通過するように指令を生成する手段である。
- [0059] 領域分割部67は、前記規則として、例えば、前記コーナー領域動作指令生成部69における指定された目標移動速度、および分割した各通過点Fから求められる前記直動機構31の移動速度と、直動機構31の制限速度とから、コーナー領域LCの大きさを算出するようにしてもよい。これにより、所望の協調動作が行える適切なコーナー領域LCの大きさを求めることができる。この他に、領域分割部67は、コーナー領域LCの大きさと指定された目標移動速度との関係を示すテーブルTBを有し、このテーブルTBを用いて、目標移動速度からコーナー領域LCの大きさを算出するようにしてもよい。
- [0060] コーナー領域動作指令生成部69は、例えば、コーナー領域LCの始点Aから終点Eまでの経路を通過点Fで指定個数の区間に分割する。コーナー領域動作指令生成部69は、分割した各区間における前記直動機構31の移動量X、Y、Zと、平行リンク機構1を構成する各アクチュエータ53～55の移動量 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ とを算出する。次に、コーナー領域動作指令生成部69は、指定した目標移動速度と各区間の距離とから定まる各区間内の移動時間と、各区間における前記各アクチュエータ53～55、35～37の移動量 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、X、Y、Zとから、各区間における前記各アクチュエータ35～37、53～55の移動速度を算出する。コーナー領域動作指令生成部69は、分割した各区間において、各アクチュエータ35～37、53～55を加減速なしで連続位置決めする指令を生成する。

[0061] 領域分割部 67、直線領域動作指令生成部 68、およびコーナー領域動作指令生成部 69 のより詳細な機能は、次に制御方法の具体例と共に説明する。

[0062] <制御装置 61 の動作>

対象ワークWが直方体であって、その側面の外周面に対してエンドエフェクタ 29 を作用させる場合の例を示す。図 2 の構成を上面から見た概略図を図 4 に示す。エンドエフェクタ 29 が作用する直方体側面の外周のラインLを、直線領域LSとコーナー領域LC (LC1~LC4) に分け、コーナー領域LCにおいて、コーナー領域LCの始点Aから終点Eまでの経路を通過点Fで複数の区間に分割する。数字を囲む丸プロットは、対象ワークWの直交座標系において、エンドエフェクタ 29 が作用する座標 (ワーク座標: WX, WY, WZ) を表し、数字を囲む四角プロットはXYステージ 34 の直交座標系においてXYステージ 34 が移動する座標 (ステージ座標: SX, SY) を表す。ここでは、ワーク座標とステージ座標の原点は同じ位置とする。

[0063] パラレルリンク機構 1 がXYステージ 34 に搭載されていることから、四角プロットから丸プロットへの矢印は、エンドエフェクタ 29 が対象ワークWに対して作用する方向を表す。丸プロットおよび四角プロット内の数字は、一連動作において各アクチュエータが位置決めする順番を表す。XYステージ 34 の軌跡は、XYステージ 34 が滑らかに移動するように、円弧を持った軌跡にする。

[0064] 動作指令生成手段 65 は、コーナー領域LCにおいて分割した各区間を移動する際の直動機構 31 の各軸の移動量 (X, Y, Z) とパラレルリンク機構 1 を構成するアクチュエータ 53, 54, 55 の移動量  $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$  を各区間ごとに算出する。なお、3次元直交座標 (XYZ平面座標) 上の移動量と、パラレルリンク機構 1 の各アクチュエータ 53~55 の移動量  $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$  との関係については、後述する。また、動作指令生成手段 65 は、指定した速度でエンドエフェクタ 29 が対象ワークW側面上を通過する

ように、各区分ごとに移動量 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ および、直動機構31の各軸の移動速度を算出する。この算出方法は後述する。

[0065] 例えば、動作の開始点Aをコーナー領域LC1の始点Aとすると、一連動作は次のようになる。初めに、エンドエフェクタ29がコーナー領域LC1の始点Aを指すように直動機構31（XYステージ34，ワーク台39）及び平行リンク機構1が移動する。その後、エンドエフェクタ29を起動すると同時に、各アクチュエータ53～55，35～37が先に求めた移動量（ $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ 、X、Y、Z）および速度で、コーナー領域LC1の終点Eまで、各区分ごとに加減速なしの連続位置決め動作を行う。

[0066] コーナー領域LC1の終点Eまで移動が完了したら、平行リンク機構1の姿勢はそのままで直動機構31のX軸のみがコーナー領域LC2の始点Aまで動作する。ここで、コーナー領域LCと直線領域LSの繋ぎ目においては、各アクチュエータ53～55，35～37を加減速なしで連続動作するものとする。以下、上記と同様の動作をコーナー領域LC2、コーナー領域LC3、コーナー領域LC3と繰返し、エンドエフェクタ29の作用がコーナー領域LC1の始点Aまで完了したら、エンドエフェクタ29を停止させる。

[0067] ここで、コーナー領域LCの始点A（丸プロット1）からコーナーエッジ（丸プロット5）までの距離、およびコーナーエッジからコーナー終点E（丸プロット9）までの距離を“コーナー長さ”と定義する。領域分割部67は、以下の方法により最適なコーナー領域LCを算出する。ここで、コーナー領域LCにおけるXYステージ34の軌跡は、コーナー領域LCの始点Aからワーク側面に対して垂直方向に引いた線と、コーナー領域LCの終点Eからワーク側面に対して垂直方向に引いた線の交点を中心とし、コーナー領域LCの始点Aから終点Eまで移動する円弧（四角プロット1～9）とする。また、平行リンク機構1とターゲットポイントP（図2参照）との距離は、エンドエフェクタ29がターゲットポイントに対して作用できる最適な距離とする。

[0068] コーナー長さが短い場合、各コーナーにおいてXYステージ34の移動速度が過大になり、コーナー部において振動が発生する恐れがある。そこで、図5に示すフローチャートの手順により、コーナー領域動作指令生成部69は、最適なコーナー長さLを算出する。コーナー長さLの算出において、コーナー領域動作指令生成部69は、基準となる最小のコーナー長さをL<sub>int</sub>とし（ステップT1）、L<sub>int</sub>におけるコーナー領域LCの始点Aから終点Eまでの経路を通過点Fで複数の区間に分割する（ステップ2）。ここで、分割数をDとし、Dは予め計算パラメータとして持つ値とする。

[0069] ステップT1では、分割した各ポイントにおける対象ワークWのnポイント目（n：自然数）の直交座標を（W<sub>Xn</sub>, W<sub>Yn</sub>）とし、n+1ポイント目のワーク直交座標を（W<sub>Xn+1</sub>, W<sub>Yn+1</sub>）とする。同様に各ポイントにおけるステージのnポイント目の直交座標を（S<sub>Xn</sub>, S<sub>Yn</sub>）とし、n+1ポイント目のステージ直交座標を（S<sub>Xn+1</sub>, S<sub>Yn+1</sub>）とする。コーナー領域動作指令生成部69は、各区間におけるステージ座標および、ワーク座標の移動量（S<sub>X</sub>, S<sub>Y</sub>, W<sub>X</sub>, W<sub>Y</sub>, W<sub>Z</sub>）を算出し、それらの値と指定された目標移動速度から、各ポイントにおけるXステージ33、Yステージ（XYステージ34のY軸方向）の移動速度をそれぞれ算出する。また、コーナー領域動作指令生成部69は、ステップT1においてV<sub>max</sub>を0にし、ステップT2において、nを1にする。

[0070] ステップT3では、コーナー領域動作指令生成部69は、分割した各ポイントにおけるステージ座標および、ワーク座標を取得する。そして、コーナー領域動作指令生成部69は、Xステージ33の移動速度V<sub>x</sub>を下記の（7）式より算出する。コーナー領域動作指令生成部69は、分割した全ての区間においてV<sub>x</sub>を算出し、その中で最大のV<sub>x</sub>をV<sub>xmax</sub>とする（ステップT4～T7）。

[0071]

[数1]

$$\Delta SX = SX_{n+1} - SX_n$$

$$\Delta WX = WX_{n+1} - WX_n$$

$$\Delta WY = WY_{n+1} - WY_n$$

$$\Delta WZ = WZ_{n+1} - WZ_n$$

$$V_x = \frac{\Delta SX^2}{\sqrt{\Delta WX^2 + \Delta WY^2 + \Delta WZ^2}} \times V_{set} \quad \dots (7)$$

[0072] 具体的には、コーナー領域動作指令生成部69は、ステップT3にて算出されたXステージ33の移動速度 $V_x$ と、Xステージ33の移動速度 $V_x$ の最大値 $V_{xmax}$ とを比較する(ステップT4)。そして、移動速度 $V_x$ が、最大値 $V_{xmax}$ よりも大きい場合には(ステップT4でYes)、最大値 $V_{xmax}$ を $V_x$ とする(ステップT5)。そして、コーナー領域動作指令生成部69は、 $n$ を $n+1$ へとインクリメントする(ステップT6)。コーナー領域動作指令生成部69は、移動速度 $V_x$ が、最大値 $V_{xmax}$ よりも以下である場合には(ステップT4でNo)、ステップT6へと進む。

[0073] そして、コーナー領域動作指令生成部69は、 $n$ と分割数 $D$ とを比較する(ステップT7)。分割数 $D$ が $n$ よりも大きい場合には(ステップT7でYes)、ステップT3へと戻る。 $n$ が分割数 $D$ 以上である場合には(ステップT7でNo)、ステップT8へと進む。

[0074] 次に、コーナー領域動作指令生成部69は、 $V_{xmax}$ とあらかじめ計算パラメータとして持つXステージ33の制限速度 $V_{xlimit}$ を比較し(ステップT8)、 $V_{xmax}$ が $V_{xlimit}$ より大きい場合(ステップT8でYes)、つまりXステージ33の移動速度がXステージ33の制限速度を超える速度になった場合は、コーナー長さ $L$ を $L = L + L_{plus}$ とし(ステップT9)、ステップT2に戻り、再度 $L$ におけるコーナー領域LCの始点Aから終点Eまでの経路を通過点Fで複数の区間に分割する。 $L_{plus}$ は、あらかじめ計算パラメータとして持つコーナー長さの加算量である。以下、上記と同様の計算を行い、

$V_{xmax}$ が $V_{xlimit}$ 以下になった場合（ステップT8でNo）のLを最終的なコーナー長さ $L_x$ とする（ステップT10）。

[0075] コーナー領域動作指令生成部69は、XYステージ34のY軸方向の速度についても、Xステージ33場合と同様の計算を行い、最終的なコーナー長さ $L_y$ を算出する。そして、コーナー領域動作指令生成部69は、 $L_x$ と $L_y$ とを比較し、大きい方を最終的なコーナー長さLとする。

[0076] このような構成によれば、被作業平面Sの急峻な角度を有する境界面B上をエンドエフェクタ29が連続的に作用する動作において、エンドエフェクタ29の作用点Pが実質的に等速で動作することができ、前記エンドエフェクタ29による作業のムラをなくすることができる。エンドエフェクタ29として、例えば、レーザ、ディスペンサ、インクジェット、または溶接等をリンクに取り付けて作業を行う際、レーザの加工ムラやディスペンサ、インクジェットによる塗布ムラや、溶接による溶接ムラをなくすることができる。

[0077] 領域分割部67が、直線領域LSとコーナー領域LCとに分け、コーナー領域LCのみ協調動作させるため、協調動作させる指令の生成が、効率良く短時間で行える。また、直動領域LSでは平行リンク機構1は直動機構31のみを動作させるため、高速で動作させることができ、またエンドエフェクタ29の姿勢が変化しないため、作業の品質の面からも好ましい。

[0078] 図6は、対象ワークWの被作業平面Sが直方体側面の内周面に対してエンドエフェクタ9を作用させる場合の例を示す。同図は、図2の構成を上面から見た概略図である。図4に示す外周の場合と同様に、領域分割部67が、直方体の内周のラインLを、直線領域LSとコーナー領域LC（LC1～LC4）に分け、コーナー領域動作指令生成部69が、コーナー領域LCにおいて、コーナー領域LCの始点Aから終点Eまでの経路を通過点Fで複数の区間に分割する。

[0079] 分割した各ポイントにおける直動機構31の各軸の座標位置は、例えば次のように決定する。始点A（丸プロット1）および終点E（丸プロット9）での直動機構31の位置は、エンドエフェクタ29が内側から始点Aおよび

終点Eを指す方向で、ワーク側面に垂直なライン上に位置する（四角プロット1、四角プロット9）。コーナーエッジ点（丸プロット5）での直動機構31（XYステージ34）の位置は、エンドエフェクタ29が内側からコーナーエッジ点を指す方向で、コーナー角度の2等分線上に位置する（四角プロット5）。パラレルリンク機構1と分割したターゲットポイントとの距離は、エンドエフェクタ29がターゲットポイントに対して作用できる最適な距離とする。

[0080] 始点Aおよび、コーナーエッジ点（境界面B上の点）、終点E以外の各ポイントでの直動機構31（XYステージ34）の位置は、始点Aおよび、コーナーエッジ点、終点Eでの直動機構31（XYステージ34）の位置（四角プロット1、四角プロット5、四角プロット9）を結ぶ直線上に設定する。丸プロットは、ワークの直交座標系においてエンドエフェクタ29が作用する座標（ワーク座標： $WX$ ,  $WY$ ,  $WZ$ ）を表し、四角プロットは直動機構31の直交座標系においてXYステージ34が移動する座標（ステージ座標： $SX$ ,  $SY$ ）を表す。ここでは、ワーク座標とステージ座標の原点は同じ位置とする。四角プロットから丸プロットへの矢印は、エンドエフェクタ29が対象ワークに対して作用する方向を表す。丸プロットおよび四角プロット内の数字は、一連動作において各アクチュエータが位置決めする順番を表す。一連の動作およびコーナー長さについては、図4と共に説明した直方体側面の外周の場合と同様とする。

[0081] このように、対象ワークWの被作業面Sが直方体側面の内周面である場合も、外周面である場合と同様に、対象ワークWの表面の急峻な角度を有する境界面Bに対して、エンドエフェクタ29が境界面Bを実質的に等速に移動しながら作業を行うことができ、前記境界面Bでムラを生じることなく作業を行うことができる。

[0082] 次に、3次元直交座標（XYZ平面座標）上の移動量と、パラレルリンク機構1の各アクチュエータ53～55の移動量 $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ との関係を説明する。図12に3次元直交座標（XYZ平面座標）から先端側のリンク

ハブ3の姿勢（折れ角 $\theta$ 、旋回角 $\phi$ ）を求める計算フローチャートと計算式を示す。同図の計算は、最小自乗法による収束演算で行うようにしている。

下記の式（1）に示すように、高さZ上の平面の原点O'と目標座標T（ $x, y, z$ ）との距離を $r$ とすると、 $r$ は目標座標Tの $x, y$ 座標から求められる。

[0083] [数2]

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \cdots (1)$$

[0084] また、基端側のリンクハブ2の回転中心から目標座標Tまでの高さ $h'$ （図13参照）は、リンク球面中心間距離 $d$ 及び、基準平面から基端側リンク球面中心までの高さ $h$ 、目標座標Tの高さ $z$ で表すと、式（2）のように表される。

[0085] [数3]

$$h' = \left( h - \frac{d}{2 \times \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)} - z \right) \cdots (2)$$

[0086] ここで $d$ 及び $h$ は、リンク寸法及び装置寸法により決定される固定値である。また、前述した式（2）を用いて、O'と目標座標Tとの距離は式（3）に示すように、 $\theta$ に関係する式から $r'$ として求められる。よって、式（4）に示すように $r$ （目標座標Tの $x, y$ から算出）と $r'$ （折れ角 $\theta$ から算出）との差が最小となる折れ角 $\theta$ を探索することで折れ角 $\theta$ を得る。

[0087] [数4]

$$r' = h' \times \tan \theta \cdots (3)$$

$$dr = (r - r') \cdots (4)$$

として、 $dr$ が最小となる $\theta$ を探索する。

$\theta$  の範囲は  $0^\circ \sim 90^\circ$  未満でリンクの仕様により最大角は変わる。

[0088] 図 12 の算出フローチャートについて説明する。

まず、式 (1) から  $r$  を求める (ステップ S1)。次に、算出フローの初期設定として、現在の繰返し回数  $j$  をゼロリセットし、折れ角  $\theta$  を探索する際の初期設定値  $\theta'$  と、探索の繰返し回数  $N$  を設定する。例えば、 $\theta'$  は最大折れ角の半分の値に設定する。繰返し回数  $N$  は、値が大きいほど最終的に得られる折れ角  $\theta$  の精度は良くなるが、計算フローの処理時間は長くなる。折れ角  $\theta$  の精度と、許容される処理時間の関係から最適な  $N$  を決定する。

[0089] 次に、 $\theta = \theta'$  として、式 (1) で  $h'$ 、 $r'$ 、 $d r$  を計算する (ステップ S2)。

また、ここで  $\theta' = \theta' / 2$  とする (ステップ S3)。

[0090] 次にステップ S4 で  $d r$  の判定を行う。 $0 < d r$  なら、 $\theta = \theta + \theta'$  とし (ステップ S5)、 $0 > d r$  なら、 $\theta = \theta - \theta'$  とする (ステップ S6)。この後、 $j = j + 1$  とインクリメントする (ステップ S7)。また、 $0 = d r$  なら、解  $A n s \theta$  として、 $\theta = \theta$  とする (ステップ S9)。

[0091] ステップ S8 で、現在の繰返し回数  $j$  が設定された繰返し回数  $N$  に達していないときは、ステップ S3 へ戻る。このフローを繰返し回数  $N$  まで繰返し、最後に得られた  $A n s \theta$  が、求める折れ角  $\theta$  となる。折れ角を求めた後、式 (5)、(6) に示すように旋回角を求める。

[0092] [数5]

$$\theta = 0 \text{ のとき } \phi = 0 \quad \dots (5)$$

$$\theta \neq 0 \text{ のとき } \phi = \tan^{-1} \left( \frac{y}{x} \right) \quad \dots (6)$$

[0093] このように求められた折れ角  $\theta$  および旋回角  $\phi$  により、目標とする先端姿勢が規定される。上記のように、最小二乗法による収束演算により、現在の座標位置を基準にその近辺から順に探索して折れ角  $\theta$  を求めると、演算回数を減らすことができる。

[0094] 上記のように求めた折れ角 $\theta$ および旋回角 $\phi$ から、パラレルリンク機構1の各アクチュエータ53～55を動作させる移動量（以下の説明では「回転角」称す） $\beta_n$ （ $n:1\sim3$ ）を、次のように求めることができる。なお、回転角 $\beta_n$ は、図7と同じパラレルリンク機構1を示す図13に図示し、説明に必要な各量を示した。回転角 $\beta_n$ は、例えば、次の式（8）を逆変換することで求められる。逆変換とは、折れ角 $\theta$ および旋回角 $\phi$ から回転角 $\beta_n$ を算出する変換のことである。折れ角 $\theta$ および旋回角 $\phi$ と、回転角 $\beta_n$ とは相互関係があり、一方の値から他方の値を導くことができる。

$$\cos(\theta/2)\sin\beta_n - \sin(\theta/2)\sin(\phi + \delta_n)\cos\beta_n + \sin(\gamma/2) = 0 \quad \dots (8)$$

ただし、 $n=1, 2, 3$

ここで、 $\gamma$ は、基端側の端部リンク部材5に回転自在に連結された中央リンク部材7の連結端軸と、先端側の端部リンク部材6に回転自在に連結された中央リンク部材7の連結端軸とが成す角度である。 $\delta_n$ は、基準となる基端側の端部リンク部材5に対する各基端側の端部リンク部材5の円周方向の離間角である。

[0095] なお、必要時に式（8）を逆変換して回転角 $\beta_n$ を求めてもよいが、事前に、先端位置姿勢と回転角 $\beta_n$ との関係を示すテーブル（図示せず）を作成しておいてもよい。

[0096] 次に移動速度について説明する。

パラレルリンク機構1の単独での移動速度について説明する。簡明化のため、図14に示す平面図で説明する。同図に示すように、エンドエフェクタ29が平面の被作業面S上の各ポイントを指定された目標移動速度Vでなぞる動作において、 $n$ ポイント目の直交座標を $(X_n, Y_n)$ とし、 $n-1$ ポイント目の直交座標を $(X_{n-1}, Y_{n-1})$ とし、 $n-1$ ポイント目から $n$ ポイント目への $\beta_1$ 軸、 $\beta_2$ 軸、 $\beta_3$ 軸の各移動量を $\Delta\beta_1$ 、 $\Delta\beta_2$ 、 $\Delta\beta_3$ とすると、 $N$ ポイント目に移動する際の各軸の移動速度 $V_{1n}$ 、 $V_{2n}$ 、 $V_{3n}$ は次の式で表せる。

[0097] [数6]

$$V_{1n} = \frac{|\Delta\beta 1|}{T}$$

$$V_{2n} = \frac{|\Delta\beta 2|}{T}$$

$$V_{3n} = \frac{|\Delta\beta 3|}{T}$$

$$T = \frac{\sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2}}{V}$$

[0098] パラレルリンク機構1の3軸（ $\beta 1$  軸、 $\beta 2$  軸、 $\beta 3$  軸）と、直動機構31とからなる場合の、エンドエフェクタ29が被作業平面S上の各ポイントを指定された速度Vで等速移動する際の合成速度 $V_n''$ について示す。ここでは、Z軸の移動がない場合について説明する。対象ワークWの直交座標は、図14と同様に、nポイント目の直交座標を（ $X_n$ 、 $Y_n$ ）とし、n-1ポイント目の直交座標を（ $X_{n-1}$ 、 $Y_{n-1}$ ）とする。n-1ポイント目からnポイント目への $\beta 1$  軸、 $\beta 2$  軸、 $\beta 3$  軸、X軸、Y軸の各移動量を $\Delta\beta 1$ 、 $\Delta\beta 2$ 、 $\Delta\beta 3$ 、 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ とすると、nポイント目に移動する際の各軸の移動速度 $V_{1n}''$ 、 $V_{2n}''$ 、 $V_{3n}''$ 、 $V_{xn}''$ 、 $V_{yn}''$ は次の式で表せる。 $\beta 1$  軸、 $\beta 2$  軸、 $\beta 3$  軸の移動速度は、回転角の移動速度である。

[0099]

[数7]

$$V_{1n}'' = \frac{|\Delta\beta 1|}{T}$$

$$V_{2n}'' = \frac{|\Delta\beta 2|}{T}$$

$$V_{3n}'' = \frac{|\Delta\beta 3|}{T}$$

$$V_{xn}'' = \frac{|\Delta x|}{T}$$

$$V_{yn}'' = \frac{|\Delta y|}{T}$$

$$T = \frac{\sqrt{(X_n - X_{n+1})^2 + (Y_n - Y_{n+1})^2}}{V}$$

[0100] 以上のように、この実施形態に係るリンク作動装置の制御装置61および制御方法によると、対象ワークWの表面の急峻な角度を有する境界面Bに対して、エンドエフェクタ29が境界面Bを実質的に等速に移動しながら作業を行うことができ、前記境界面Bでムラを生じることなく作業が行える。

[0101] 以上、この発明を実施するための形態を説明したが、ここで開示した実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではない。この発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

### 符号の説明

- [0102] 1…パラレルリンク機構  
 2…基端側のリンクハブ  
 3…先端側のリンクハブ  
 4…リンク機構  
 29…エンドエフェクタ  
 31…直動機構  
 32…架台

3 3 … X ステージ  
3 4 … X Y ステージ  
3 5 ～ 3 7 … アクチュエータ  
3 9 … ワーク台  
4 1 … リンク作動装置  
5 3 ～ 5 5 … アクチュエータ  
6 1 … 制御装置  
6 6 … 制御手段  
6 7 … 領域分割部  
6 8 … 直線領域動作指令生成部  
6 9 … コーナー領域動作生成部  
7 0 … 動作指令記手段  
L … ライン  
S … 被作業平面  
W … 対象ワーク

## 請求の範囲

### [請求項1]

パラレルリンク機構と直動機構とが組み合わせられ、対象ワークの被作業平面上の角部となる境界面を跨がるラインに沿ってエンドエフェクタを連続的に作用させて作業を行うリンク作動装置を制御する制御装置であって、

前記パラレルリンク機構は、前記エンドエフェクタが取付けられた先端側のリンクハブが基端側のリンクハブに対し3組以上のリンク機構を介して姿勢を変更可能に連結され、前記先端側のリンクハブの姿勢を変更させる複数のアクチュエータを有し、

前記直動機構は、アクチュエータの駆動により直交する2軸方向または3軸方向に直線移動する機能を有し、前記パラレルリンク機構の前記基端側のリンクハブを移動させ、または対象ワークを移動させるように設けられ、

前記制御装置は、前記ラインを線分データで記憶するライン記憶手段と、記憶したラインから前記パラレルリンク機構および前記直動機構を動作させる動作指令を生成する動作指令生成手段と、生成された動作指令に従って前記パラレルリンク機構および前記直動機構の前記アクチュエータを制御する制御手段とを有し、

前記動作指令生成手段は、

前記被作業平面上のラインを、前記境界面を基準に、定められた規則に従い直線領域とコーナー領域とに分ける領域分割部と、

前記直線領域において前記パラレルリンク機構の姿勢を固定したまま前記直動機構のみを動作させる指令を生成する直線領域動作指令生成部と、

前記コーナー領域において前記直動機構と前記パラレルリンク機構が協調動作を行うことで、前記エンドエフェクタの作用点を実質的に等速で前記境界面を通過するように指令を生成するコーナー領域動作指令生成部とを有する、リンク作動装置の制御装置。

- [請求項2] 請求項1に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記コーナー領域動作指令生成部は、前記コーナー領域の始点から終点までの経路を通過点で指定個数の区間に分割し、分割した各区間における前記直動機構の移動量と、前記平行リンク機構を構成する前記各アクチュエータの移動量とを算出し、指定した目標移動速度と各区間の距離とから定まる各区間内の移動時間と、各区間における前記各アクチュエータの移動量とから、各区間における前記各アクチュエータの移動速度を算出し、分割した各区間において、前記各アクチュエータを加減速なしで連続位置決めする前記指令を生成するリンク作動装置の制御装置。
- [請求項3] 請求項2に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記領域分割部は、前記コーナー領域動作指令生成部における指定された目標移動速度と分割した各通過点から求められる前記直動機構の移動速度と、前記直動機構の制限速度から、コーナー領域の大きさを算出するリンク作動装置の制御装置。
- [請求項4] 請求項2に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記領域分割部は、前記コーナー領域の大きさと指定された目標移動速度との関係を示すテーブルを有し、このテーブルを用いて、前記目標移動速度から前記コーナー領域の大きさを算出するリンク作動装置の制御装置。
- [請求項5] 請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記動作指令生成手段は、前記コーナー領域の前記各区間の設定を全て、実際に前記リンク作動装置が動作する前に演算して動作指令記憶手段に記録し、前記制御手段が、前記リンク作動装置を動作させる時に前記区間に応じた設定を前記動作指令記憶手段から読み出して制御するリンク作動装置の制御装置。
- [請求項6] 請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記エンドエフェクタが作業する前記被作業平面

が直方体の外周面であるリンク作動装置の制御装置。

[請求項7] 請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記エンドエフェクタが作業する前記被作業平面が直方体の内周面であるリンク作動装置の制御装置。

[請求項8] パラレルリンク機構と直動機構とが組み合わせられ、対象ワークの被作業平面上の角部となる境界面を跨がるラインに沿ってエンドエフェクタを連続的に作用させて作業を行うリンク作動装置を制御する制御方法であって、

前記パラレルリンク機構は、前記エンドエフェクタが取付けられた先端側のリンクハブが基端側のリンクハブに対し3組以上のリンク機構を介して姿勢を変更可能に連結され、前記先端側のリンクハブの姿勢を変更させる複数のアクチュエータを有し、

前記直動機構は、アクチュエータの駆動により直交する2軸方向または3軸方向に直線移動する機能を有し、前記パラレルリンク機構の前記基端側のリンクハブを移動させ、または対象ワークを移動させるように設けられ、

前記制御方法は、

前記被作業平面上のラインを、前記境界面を基準に、定められた規則に従い直線領域とコーナー領域とに分け、

前記直線領域においては、前記パラレルリンク機構の姿勢を固定したまま前記直動機構のみを動作させ、

前記コーナー領域においては、前記直動機構と前記パラレルリンク機構が協調動作を行うことで、前記エンドエフェクタの作用点を実質的に等速で前記境界面を通過するように動作させる、リンク作動装置の制御方法。

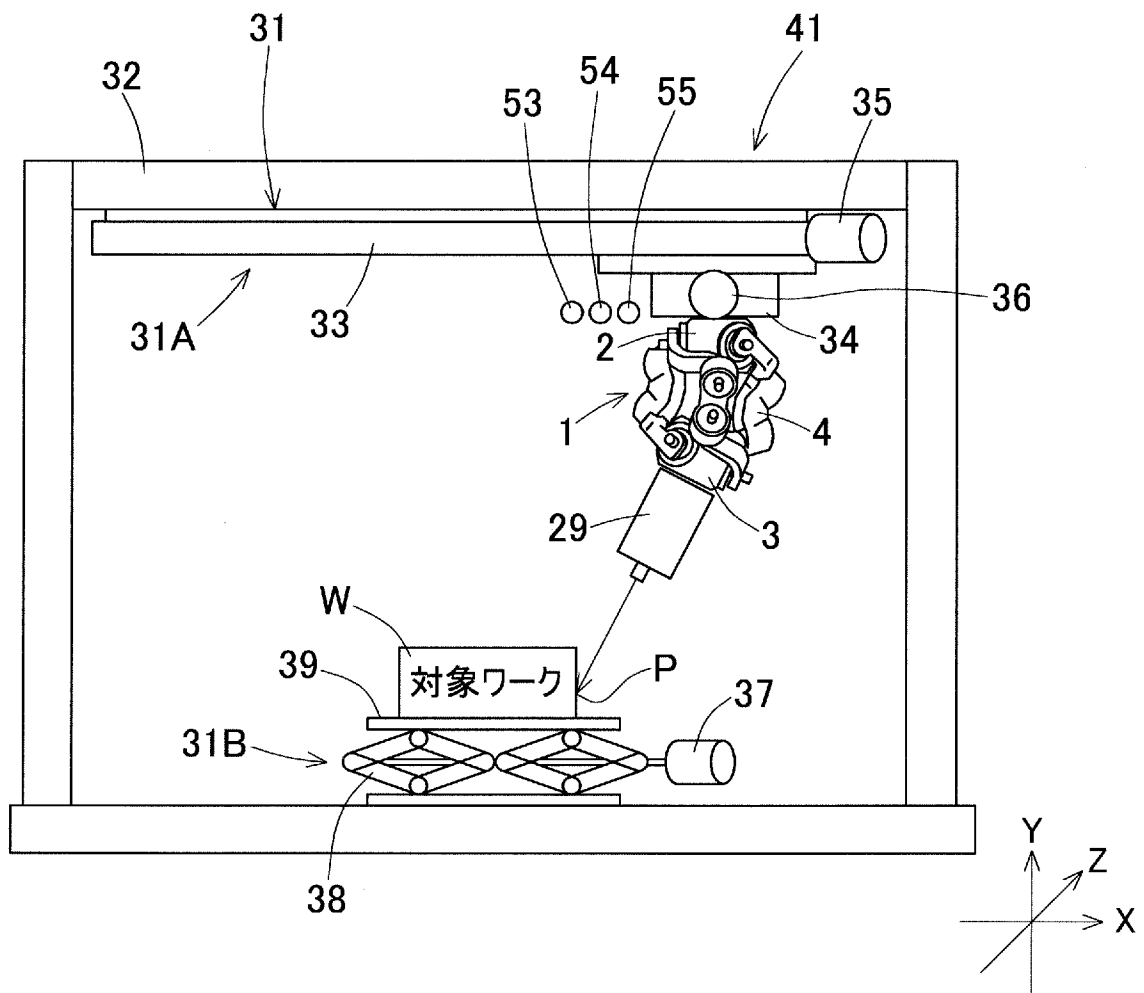
[請求項9] 請求項8に記載のリンク作動装置の制御方法において、前記制御方法は、前記ラインを線分データで記憶し、記憶したラインから前記パラレルリンク機構および前記直動機構を動作させる動作指令を生成し

、生成された動作指令に従って前記平行リンク機構および前記直動機構の前記アクチュエータを制御する、リンク作動装置の制御方法

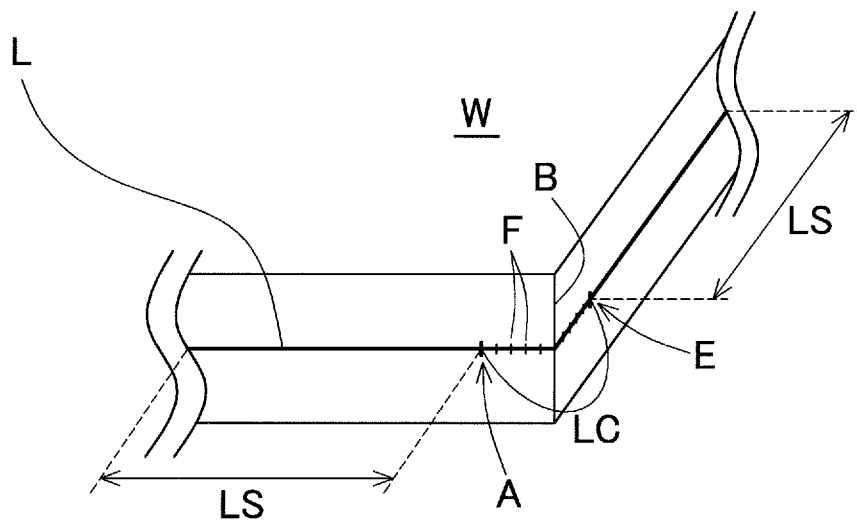
。



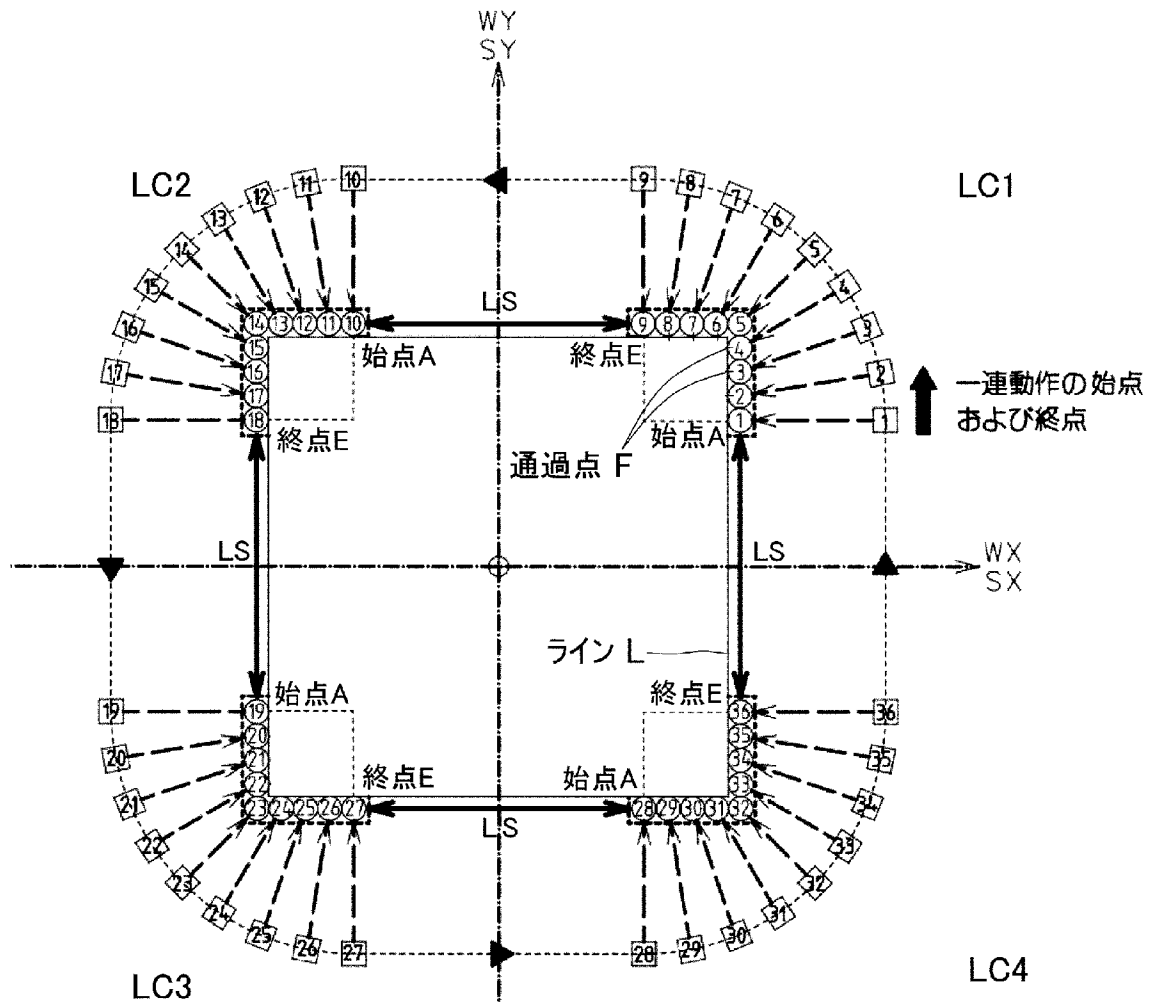
[図2]



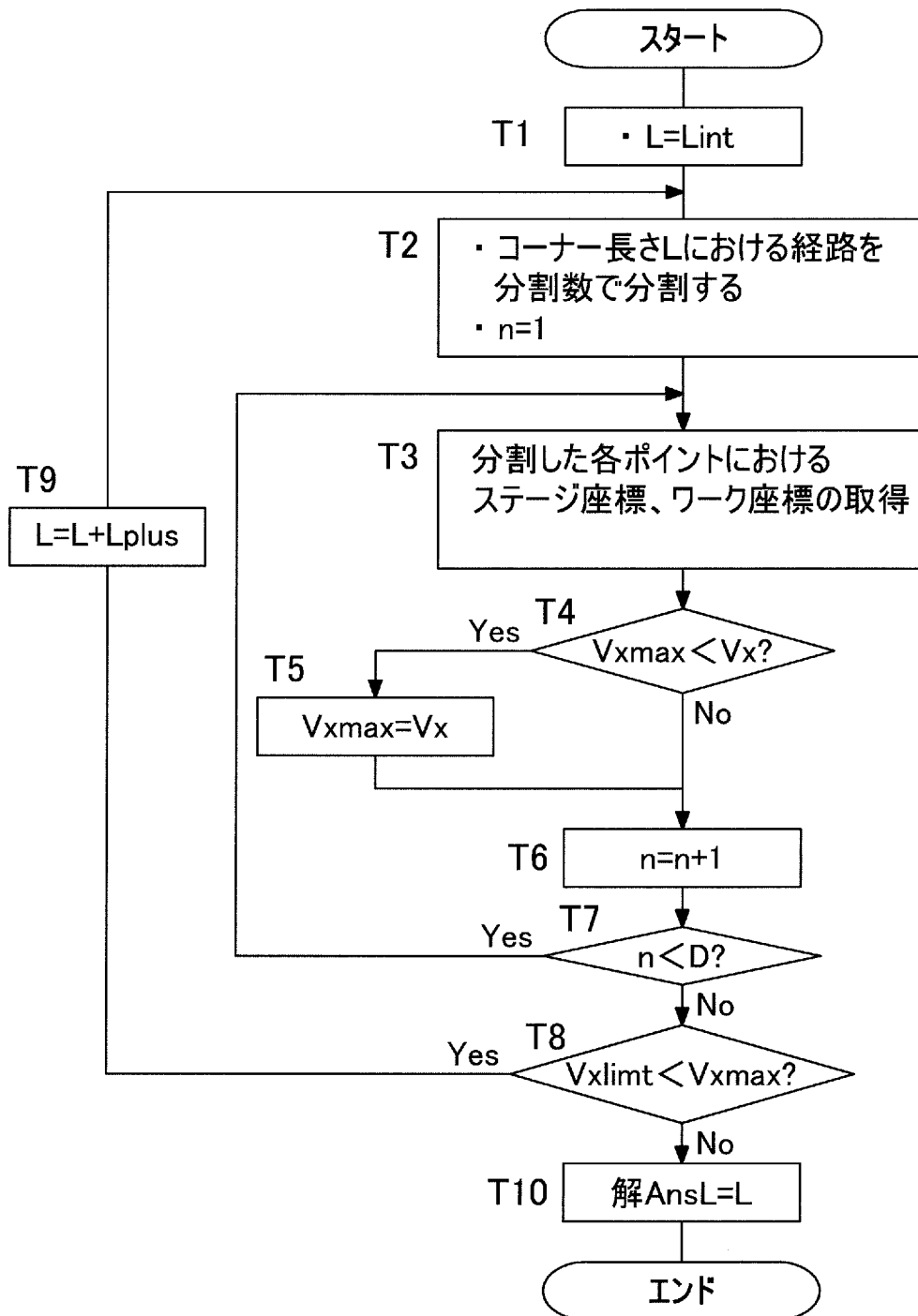
[図3]



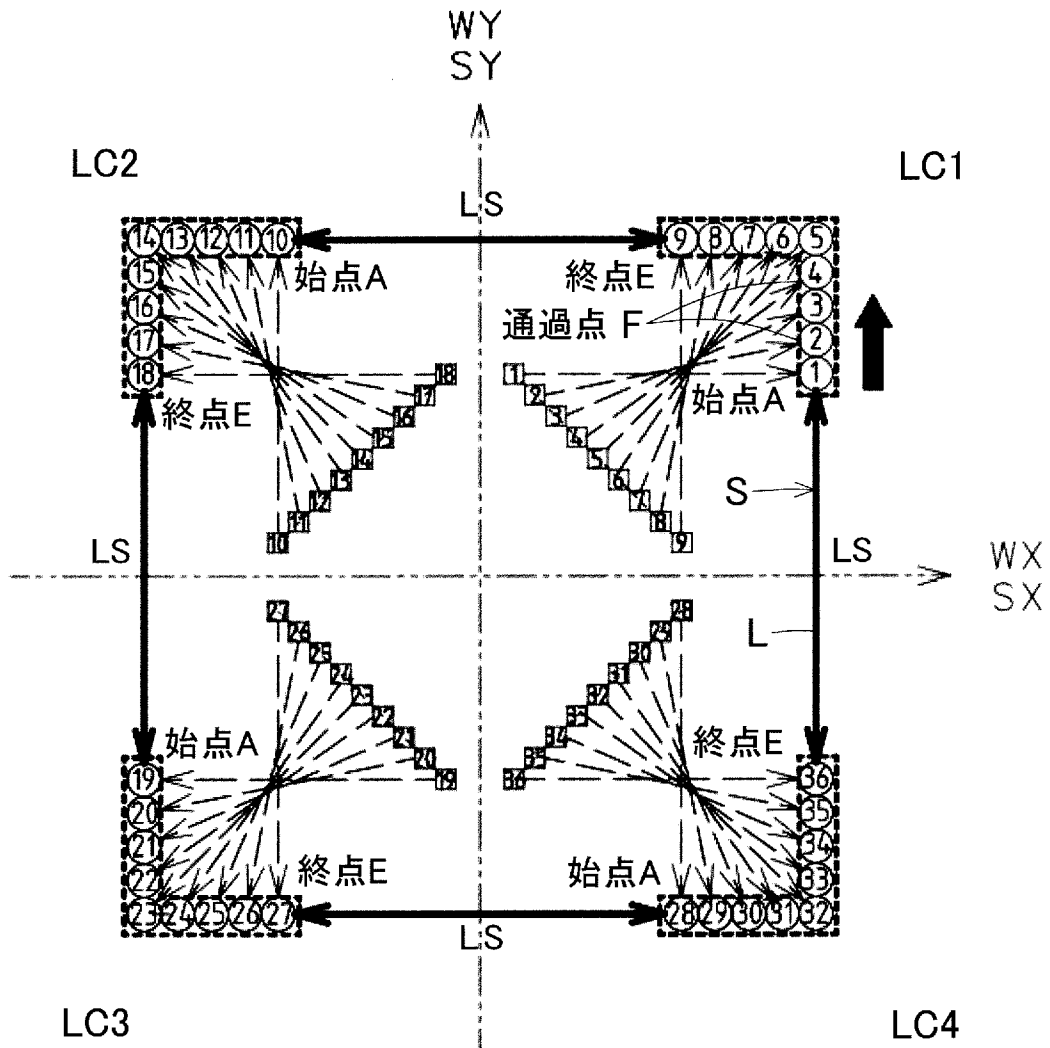
[図4]



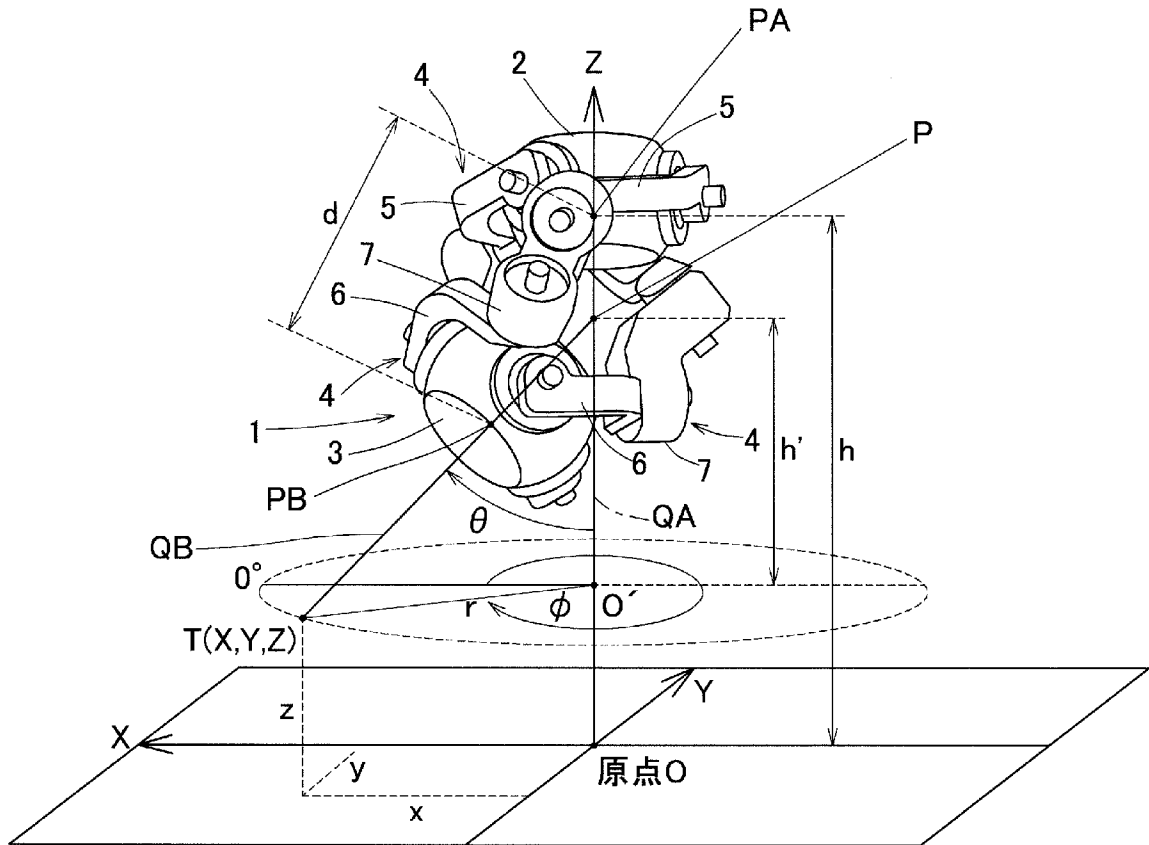
[図5]



[図6]

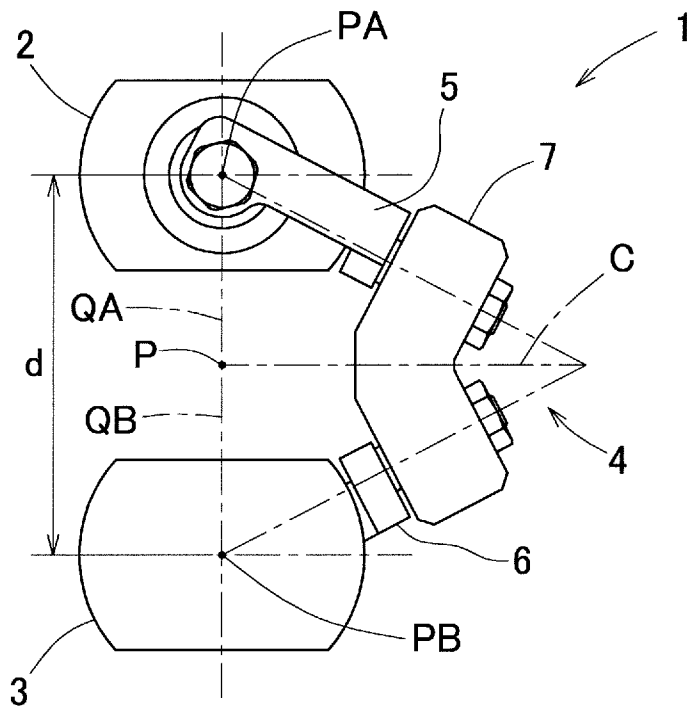


[図7]

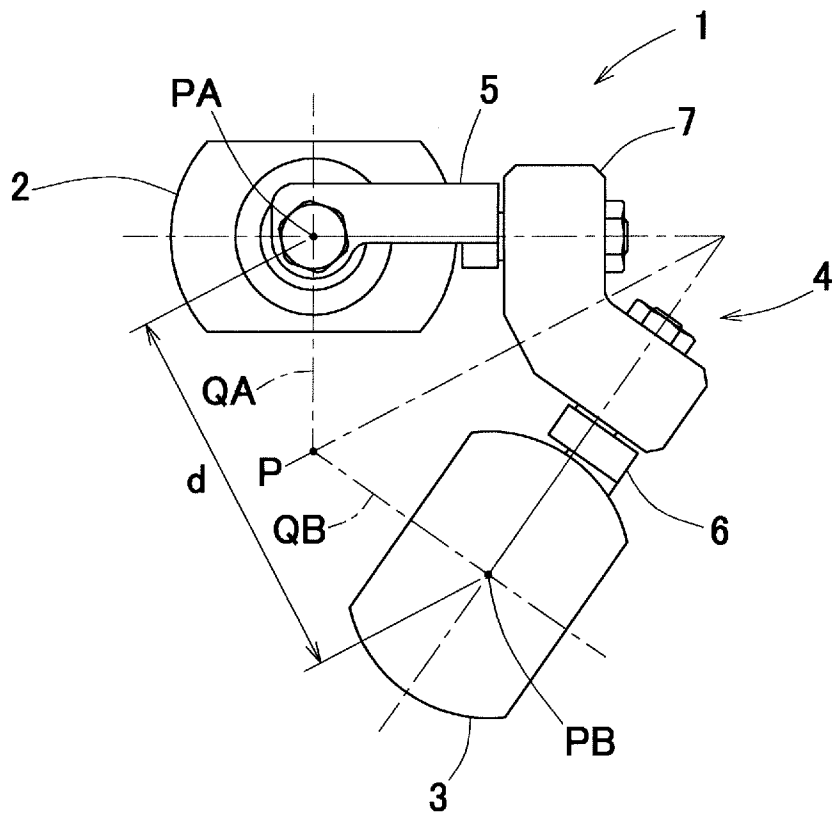




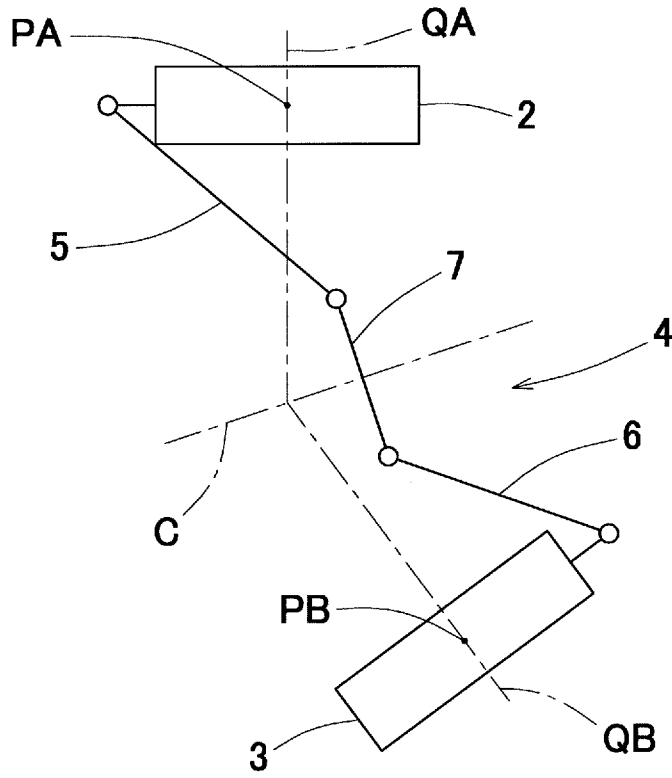
[図9A]



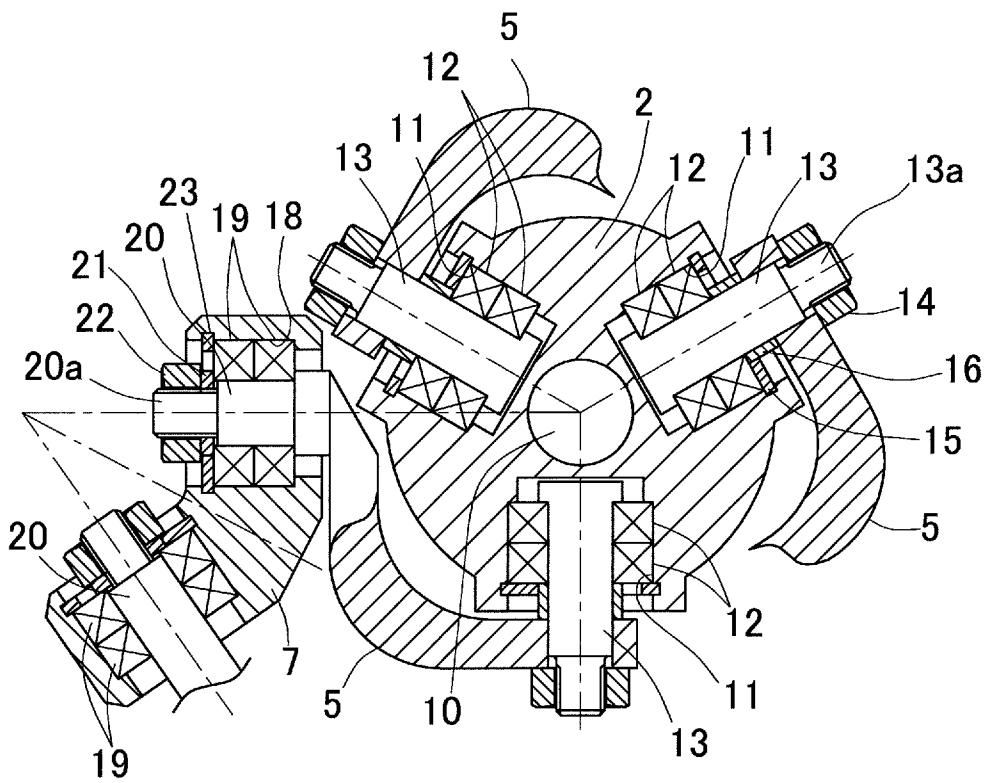
[図9B]



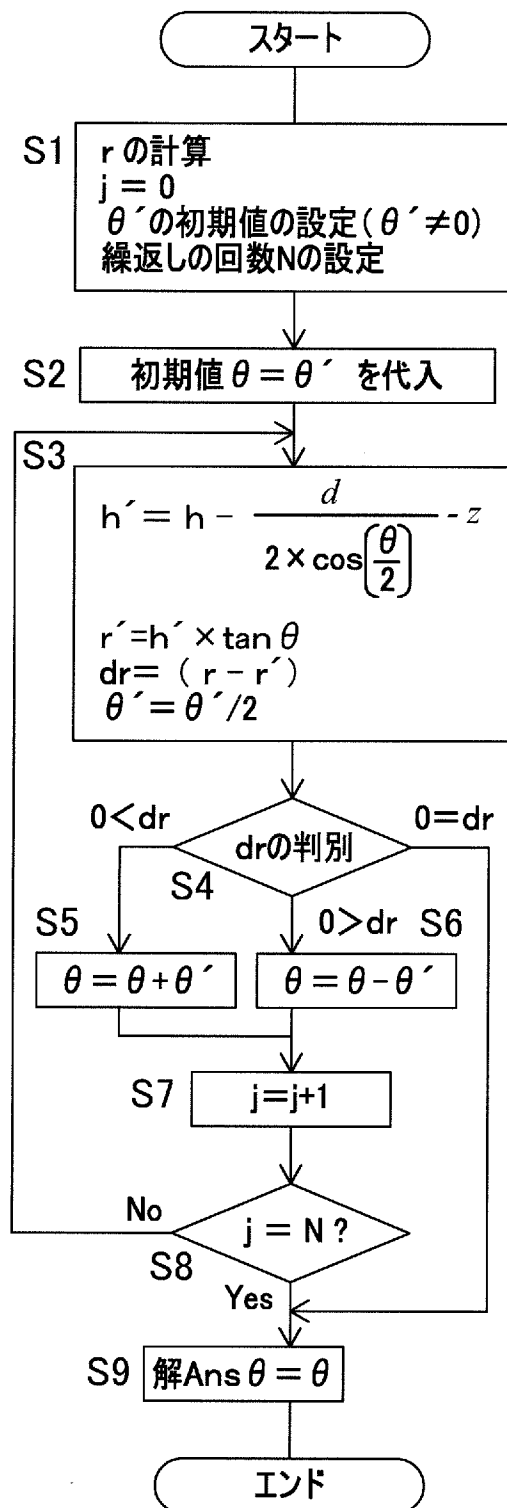
[図10]



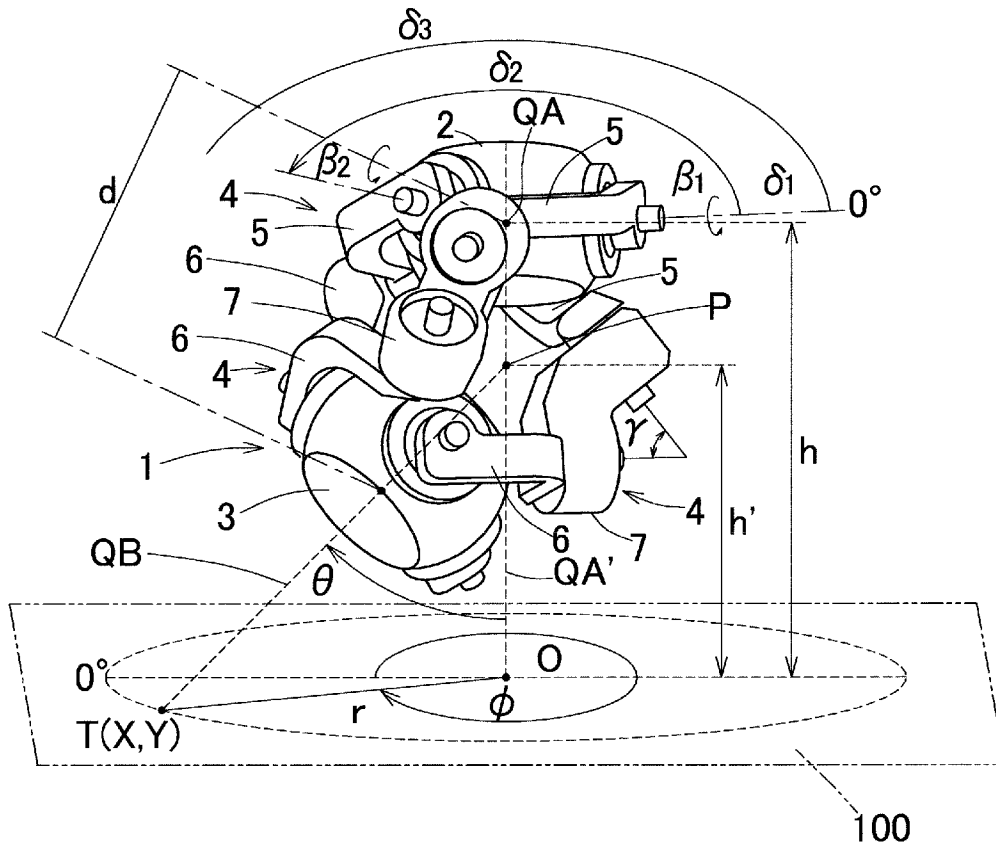
[図11]



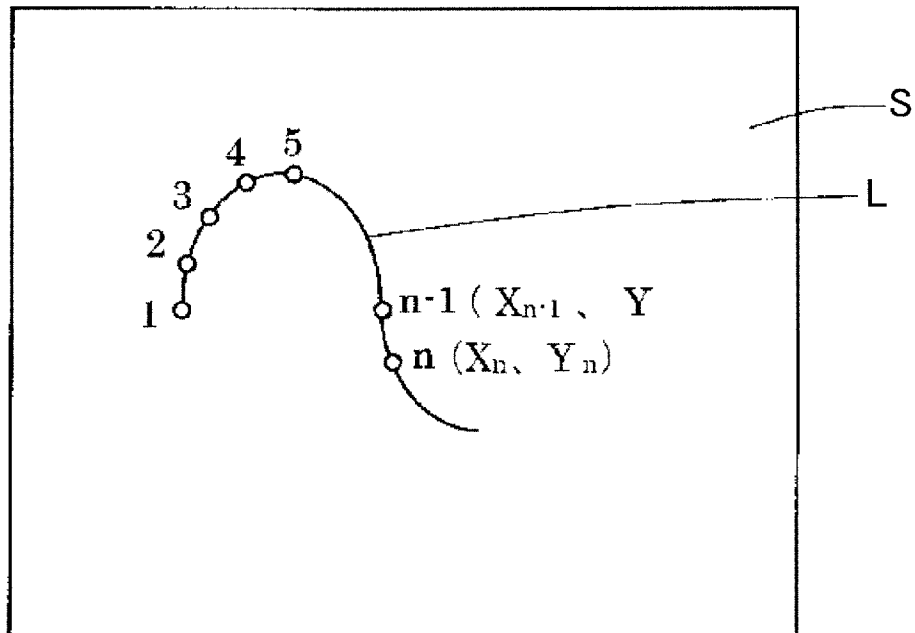
[図12]



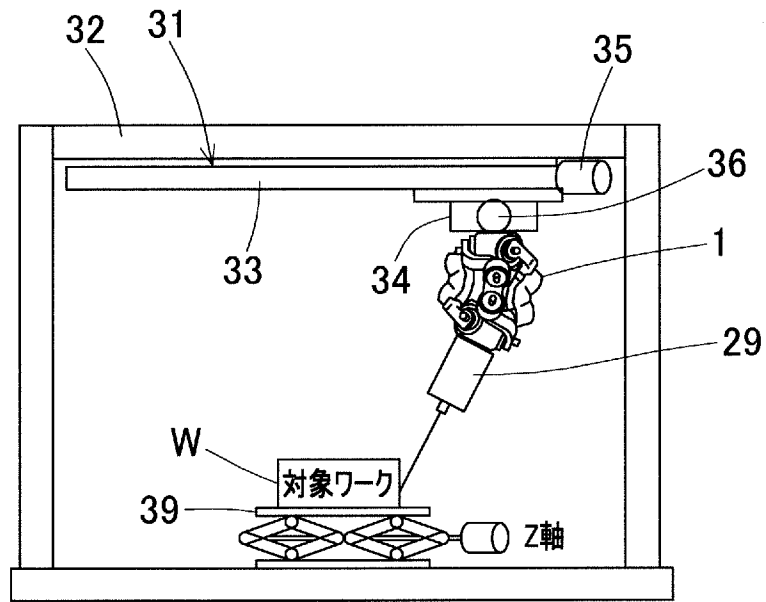
[図13]



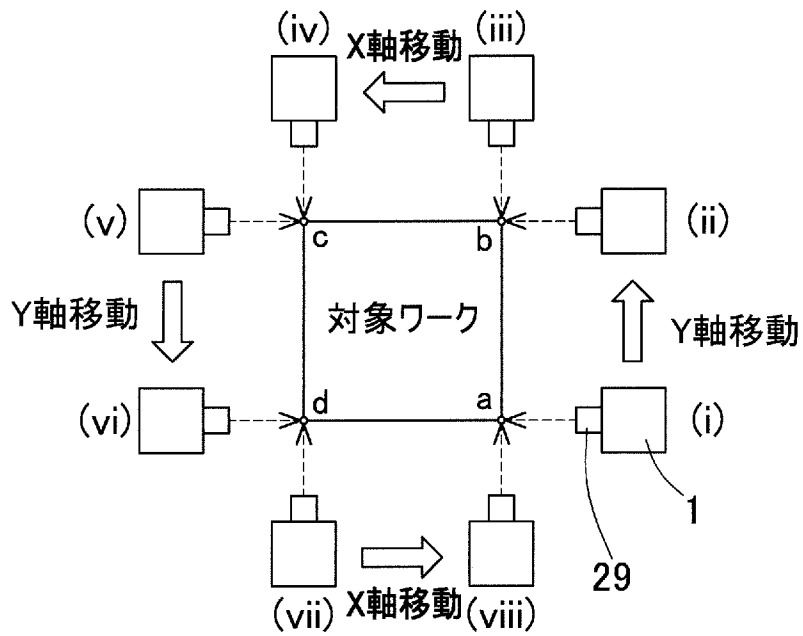
[図14]



[図15]



[図16]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/006044

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl. B25J9/10 (2006.01) i, B25J11/00 (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)

Int.Cl. B25J9/10, B25J11/00, G05B19/4093

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
Y A	JP 2015-155124 A (NTN CORPORATION) 27 August 2015, paragraphs [0027]-[0080], fig. 1-11 & US 2016/0361816 A1, paragraphs [0052]-[0118], fig. 1-11 & WO 2015/125678 A1 & EP 3109010 A1	1-2, 5-9 3-4
Y A	JP 2002-96170 A (DAIHEN CORPORATION) 02 April 2002, paragraphs [0035], [0036], [0046]-[0048], [0059], [0060], fig. 12, 13, 22-24, 28-30 (Family: none)	1-2, 5-9 3-4

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	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“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
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 06.04.2018	Date of mailing of the international search report 17.04.2018
-------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/006044

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-188945 A (NTN CORPORATION) 02 November 2015, paragraphs [0055]-[0060], fig. 11-13 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. B25J9/10(2006.01)i, B25J11/00(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（IPC））  
 Int.Cl. B25J9/10, B25J11/00, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y A	JP 2015-155124 A (NTN株式会社) 2015.08.27, 段落[0027]-[0080], 図1-図11 & US 2016/0361816 A1, 段落[0052]-[0118], 図1-図11 & WO 2015/125678 A1 & EP 3109010 A1	1-2, 5-9 3-4
Y A	JP 2002-96170 A (株式会社ダイヘン) 2002.04.02, 段落[0035]-[0036], 段落[0046]-[0048], 段落[0059]-[0060], 図12-図13, 図22-図24, 図28-図30 (ファミリーなし)	1-2, 5-9 3-4

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 06.04.2018	国際調査報告の発送日 17.04.2018
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 松田 長親 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3U	4032
-------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	----	------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-188945 A (NTN株式会社) 2015. 11. 02, 段落[0055]－[0060], 図 11－図 13 (ファミリーなし)	1-9