



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.

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).

(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,

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：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、2014年2月20日出願の特願2014-030425の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本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] 三次元空間における複雑な加工や処理等の作業を高速かつ精密に行うリンク作動装置として、4節連鎖のリンク機構を3組以上有し、2自由度の動作を可能とした装置がある（例えば、特許文献1～3）。これらのリンク作動装置は、例えば図9に示すように、基端側のリンクハブ14と、先端側のリンクハブ15と、これらリンクハブ14、15を互いに連結する3組のリンク機構11、12、13とでなる。各リンク機構11、12、13は、基端側の端部リンク部材11a、12a、13a、先端側の端部リンク部材11b、12b、13b、および中央リンク部材11c、12c、13cで構成されている。なお、図9では、基端側の端部リンク部材13aは図示されていないが、区別のために符号を用いて説明する。また、前記基端側の端部リンク部材11a、12a、13aを、以下、アーム11a、12a、13aと称する。

[0004] この種のリンク作動装置は、3組以上のリンク機構11、12、13を2個以上のモータのようなアクチュエータ（図示せず）により駆動することで、基端側のリンクハブ14に対する先端側のリンクハブ15の姿勢（以下「リンクハブ先端姿勢」または単に「姿勢」と称す）を変更する。リンクハブ先端姿勢は、折れ角 θ と旋回角 ϕ により決定される。折れ角 θ は、基端側の

リンクハブ14の中心軸QAに対する先端側のリンクハブ15の中心軸QBの傾斜角度であり、旋回角 ϕ は、基端側のリンクハブ14の中心軸QAに対する先端側のリンクハブ15の中心軸QBの旋回角度である。

[0005] リンクハブ先端姿勢の制御は、具体的には、前記折れ角 θ および旋回角 ϕ から、各アーム11a, 12a, 13aの回転角 $\beta 1n, \beta 2n, \beta 3n$ を求め、アーム11a, 12a, 13aを駆動するアクチュエータに位置決めさせる。なお、以下の説明において、アームの回転角を「アーム回転角」と称す。例えば、図10に示すある姿勢A($\theta a, \phi a$)と異なる姿勢B($\theta b, \phi b$)について、各々の姿勢A, Bに対応する各アーム回転角は、下記の折れ角 θ および旋回角 ϕ とアーム回転角 β との関係を示す式(1)により、A($\beta 1a, \beta 2a, \beta 3a$)、B($\beta 1b, \beta 2b, \beta 3b$)として求められる。

[0006] $\cos(\theta/2) \sin\beta n - \sin(\theta/2) \sin(\phi + \delta n) \cos\beta n + \sin(\gamma/2) = 0 \dots$ 式(1)

γ は、アーム11a, 12a, 13aに回転自在に連結された中央リンク部材11c, 12c, 13cの連結端軸と、先端側の端部リンク部材11b, 12b, 13bに回転自在に連結された中央リンク部材11c, 12c, 13cの連結端軸とが成す角度である。 δn ($\delta 1, \delta 2, \delta 3$) (図示せず)は、基準となるアーム11aに対する各基端側の端部リンク部材11a, 12a, 13aの円周方向の離間角である。リンク機構11, 12, 13の数が3組で、各リンク機構11, 12, 13が円周方向に等配である場合、各アーム11a, 12a, 13aの離間角 $\delta 1, \delta 2, \delta 3$ はそれぞれ $0^\circ, 120^\circ, 240^\circ$ となる。

[0007] ここで、姿勢Aから姿勢Bへの姿勢変更は、各アーム11a, 12a, 13aの回転角が $\beta 1a$ から $\beta 1b, \beta 2a$ から $\beta 2b, \beta 3a$ から $\beta 3b$ へそれぞれ変化することで実現される。

[0008] また、特許文献4では、基端側のリンクハブ14の中心軸QAの延長上に設定された基端側のリンクハブ14の中心軸QAと垂直な直交座標から、最

小自乗法による収束演算を用いてリンクハブの姿勢（折れ角 θ 、旋回角 ϕ ）を取得している。これにより、エンドエフェクタが作業する被作業面（直交座標平面）の任意の座標への位置決めが可能となる。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開2004-261886号公報
特許文献2：特開2005-144627号公報
特許文献3：特開2012-082937号公報
特許文献4：特開2013-202725号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] リンクハブ先端姿勢につき姿勢A（ θ_a 、 ϕ_a ）から姿勢B（ θ_b 、 ϕ_b ）への姿勢変更量が大きい場合、姿勢Aから姿勢Bまで単にポイントツーポイント（Point-to-Point）制御で同期して等速運動で制御すると、特に姿勢Aと姿勢B間の経路の中間部付近において、ポイントツーポイント制御で決定されるアーム回転角 β が、前記式（1）から定まるアーム回転角 β と比べて大きく異なる位置に位置決め指令される。そのため、各アーム11a、12a、13a間に干渉が生じ、リンク機構11、12、13の駆動に過大なトルクが必要になる。
- [0011] そこで、姿勢Aから姿勢Bの間を複数の姿勢に分割し、分割された各区間をポイントツーポイント制御で姿勢変更することで、姿勢変更量が大きい場合でもリンク作動装置の各部に過大な負荷をかけずに駆動できるようにした制御装置が提案されている。例えば、旋回角 ϕ を 15° に固定した状態で折れ角 θ を -60° から 60° に姿勢変更する際、A、B間を移動するリンクハブ先端姿勢の経路が最短となるようにA、B間の折れ角 θ を分割する。
- [0012] 具体例を示すと、旋回角を 15° に固定した状態で、折れ角 θ を -60° から 60° に姿勢変更する際、A、B間を移動するリンクハブ先端姿勢の経

路が最短となるように折れ角 θ を分割した場合、アーム回転角 β と折れ角 θ の関係が、前記式(1)より、図11の実線M1~M3で表わされる。旋回角 ϕ を 15° に固定した状態での、各折れ角 θ (-60° , -45° , -30° , ...)における各アーム回転角 β が実線M1~M3上にプロットされている。

[0013] 一方、旋回角 ϕ を 15° に固定した状態で折れ角 θ を -60° から 60° に一気にポイントツーポイント制御で姿勢変更する場合のアーム回転角 β と折れ角 θ の関係は、図11の点線L1~L3で表わされている。

[0014] つまり、旋回角 ϕ を 15° に固定した状態で折れ角 θ を -60° から 60° に姿勢変更する例において、ポイントツーポイント制御で姿勢変更する場合は、全てのアームにつきアーム回転角 β の経路が直線(L1~L3)になるのに対し、折れ角 θ を分割した場合のアーム回転角 β は、曲線(M1~M3)を通過する経路で各姿勢が決まる。ここでは、姿勢変更の一例を挙げたが、全ての姿勢変更において、折れ角 θ を分割した場合に各アーム回転角 β の経路が直線になるとは限らない。これは、姿勢Aから姿勢Bの区間において、リンクハブ先端姿勢を等速で変化させるためには、各アーム回転角 β を非線形に動作させる必要があることを示している。

[0015] 例えば、先端側のリンクハブ15に設置されたエンドエフェクタの被作業面を球面とした場合において、姿勢Aから姿勢Bまでを複数の区間に分割し、分割された各区間を連続的に変化させると、姿勢Aが被作業面上に指す位置から姿勢Bが被作業面上に指す位置までの移動速度は一定にならない。

[0016] したがって、図9、図10に示す4節連鎖のリンク機構を3組以上有するリンク作動装置を用いて、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、または溶接等を行う場合、被作業面上でエンドエフェクタが不等速動作を行うと、加工ムラや塗装ムラ、および溶接の際の肉厚ムラ等が発生する。

[0017] この発明の目的は、上記課題を解消し、4節連鎖のリンク機構を3組以上有するリンク作動装置を用いてエンドエフェクタで作業を行うときに、エン

ドエフェクタが被作業面上を実質的に等速で移動しながら作業を行うことができ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。

課題を解決するための手段

[0018] この発明のリンク作動装置の制御装置を実施形態に用いた符号を付して説明する。この発明のリンク作動装置の制御装置4は、次のリンク作動装置1を制御対象とする。このリンク作動装置1は、基端側のリンクハブ14に対し先端側のリンクハブ15を、3組以上のリンク機構11~13を介して姿勢を変更可能に連結し、前記各リンク機構11~13は、それぞれ前記基端側のリンクハブ14および先端側のリンクハブ15に一端が回転可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材11a~13a, 11b~13bと、これら基端側および先端側の端部リンク部材11a~13a, 11b~13bの他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材11c~13cとでなり、前記各リンク機構11~13は、このリンク機構11~13を直線で表現した幾何学モデルが、前記中央リンク部材11c~13cの中央部に対する基端側部分と先端側部分とが対称を成す形状であり、前記3組以上のリンク機構11~13のうち2組以上のリンク機構に、前記基端側の端部リンク部材であるアーム11a~13aを回転させることにより、前記基端側のリンクハブ14に対する前記先端側のリンクハブ15の姿勢を任意に変更させるアクチュエータ3を設け、前記先端側のリンクハブ15にエンドエフェクタ8を設置してなる。

[0019] 前記制御装置4は、
前記エンドエフェクタ8が作業する被作業面60上の前記エンドエフェクタ8が移動する始点から終点までの経路を通過点で複数の区間に分割し、前記通過点の位置を設定する分割区間設定手段42と、

指定された目標移動速度Vおよび前記各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間と、前記各区間における前記各アーム11a, 12a, 13aの回転角移動量とから、前記各区間における前記各アーム11a, 12a, 13aが等速回転する回転速度を計算するアーム回転速度計算手段43と、

前記各区間内での前記各アーム 1 1 a ~ 1 3 a の回転速度を前記回転速度計算手段 4 3 で計算された値として、前記各区間を加減速無しで連続して回転させるように前記各アクチュエータ 3 を位置決め制御する姿勢変更制御手段 4 1 と、

を備えている。

[0020] この構成によると、エンドエフェクタ 8 の始点から終点までの移動、つまり先端側のリンクハブ 1 5 の始点姿勢 A (θa 、 ϕa) から終点姿勢 B (θb 、 ϕb) への移動において、分割区間設定手段 4 2 に区間を複数に分割して設定する際に、分割する区間はエンドエフェクタ 8 が作業する被作業面 6 0 上での経路を基準に区間設定される。

[0021] アーム回転速度計算手段 4 3 は、エンドエフェクタ 8 の被作業面 6 0 上を移動する速度が始点から終点まで一定の前記目標移動速度となるように、各区間の移動ごとに各アーム 1 1 a、1 2 a、1 3 a の等速回転する回転速度 ($\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、 $\beta 3$ 軸の移動速度) を計算する。この回転速度の計算は、指定された目標移動速度および前記各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間と、前記各区間における前記各アーム 1 1 a、1 2 a、1 3 a の回転角移動量とから行う。例えば、 $\text{回転速度} = (\text{回転角移動量}) \div (\text{移動時間})$ とする。前記目標移動速度はオペレータが設定する速度である。

[0022] 姿勢変更制御手段 4 1 は、前記各区間内での前記各アーム 1 1 a ~ 1 3 a の回転速度を、前記の計算された回転速度に設定し、この設定された回転速度で、前記各区間内を加減速無しで連続して回転させるように前記各アクチュエータ 3 を位置決め制御する。

[0023] これにより、エンドエフェクタが作業する被作業平面 (直交座標) 上の複数点を実質的に等速で動作することが可能となる。すなわち、始点から終点への位置決め制御が、途中の被作業面 6 0 上の任意の点を加減速無しで通過することになる。そのため、エンドエフェクタとして、例えばレーザ加工ヘッド、ディスペンサ、インクジェットノズル、溶接器具等をリンクに付加した際、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ことができる。

- [0024] なお、区間の分割数は、エンドエフェクタ 8 の被作業面 60 上を移動する速度が実質的に等速となるように設定する。「実質的に等速」とは、換言すれば「近似的に等速」であり、始点付近での動作開始時と終点付近での動作終了時を除き、エンドエフェクタ 8 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。
- [0025] 分割区間設定手段 42 における区間の設定は、指令入力手段 40 から各通過点を入力することで設定しても、また分割区間設定手段 42 が各通過点を計算により求めて設定するようにしても良い。
- [0026] また、アーム 11a ~ 13a に着目すると、ある区間のアーム回転速度と、次の区間のアーム回転速度とでは差が生じ、区間の隣り合う箇所でアーム回転の加減速が生じるが、被作業面 60 でのエンドエフェクタ 8 の移動は、前記アーム 11a ~ 13a の加減速が無視できる程度の近似的な等速になる。
- [0027] 前記被作業面 60 は、平面であっても、球面であっても、またその他の面であっても良い。前記被作業面 60 が平面である場合は、前記アーム回転速度計算手段は、前記始点、終点、および各通過点のいずれかの点である各ポイントへの前記各アームの回転速度を、前記被作業面 60 を示す直交座標系の任意の 2 ポイント間の距離と前記目標移動速度から求められる時間と、前記 2 ポイント間の前記各アームの回転角移動量とから、前記各区間における前記各アームの回転速度を計算するようにしても良い。これにより、被作業面 60 が平面にある場合に、前記各区間における前記各アームの回転速度を的確に計算できる。
- [0028] 前記被作業面 60 が球面である場合は、前記アーム回転速度計算手段は、前記始点、終点、および各通過点のいずれかの点である各ポイントへの前記各アームの回転速度を、球面三角法より得られる任意の 2 ポイント間の移動量と前記目標移動速度から求められる時間と、前記 2 ポイント間の前記各アームの回転角移動量とから、前記各区間における前記各アームの回転速度を

計算するようにしても良い。これにより、被作業面 60 が球面である場合に、前記各アームの回転速度を正確にかつ簡単に計算できる。

[0029] この発明において、前記各区間における、前記各通過点の位置と、前記各区間における前記各アーム 11 a, 12 a, 13 a の回転速度につき、リンク作動装置 1 の実使用の前に計算した値を記憶する区間対応設定情報記憶手段 46 を設け、前記姿勢変更制御手段 41 は、実使用時は、前記区間対応設定情報記憶手段 46 に記憶された前記各通過点の位置と、前記各アーム 11 a, 12 a, 13 a の回転速度を読み出して制御するようにしても良い。

[0030] リンク作動装置 1 を用いて同じ作業を繰り返して行う場合がある。そのような場合、各区間における前記各アーム 11 a, 12 a, 13 a の回転速度を予め区間対応設定情報記憶手段 46 に記憶させておき、前記姿勢変更制御手段 41 はその記憶内容を読み出して制御を行うようにすれば、区間の設定や回転速度の計算を毎回行う必要がなく、制御が簡単な装置で迅速に行える。一度だけの作業であっても、予め区間およびアーム回転速度を予め計算して設定しておくことが便利な場合がある。

[0031] なお、この構成の場合、分割区間設定手段 42 およびアーム回転速度計算手段 43 は、姿勢変更制御手段 41 とは互いに別のコンピュータ等に設けられていても良い。また、上記の「実使用時」とは、実際にエンドエフェクタ 8 で加工や処理を行うときを言う。

[0032] この発明のリンク作動装置の制御方法は、この発明の制御装置と同じ構成のリンク作動装置 1 を制御する方法であり、次のように制御する。すなわち、このリンク作動装置の制御方法は、

前記エンドエフェクタ 8 が作業する被作業面 60 上の前記エンドエフェクタ 8 が移動する始点から終点までの経路を通過点で複数の区間に分割し、

指定された目標移動速度および前記各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間と、前記各区間における前記各アーム 11 a, 12 a, 13 a の回転角移動量とから、前記各区間における前記各アーム 11 a, 11 b 12 a, 11 c 13 a の回転速度を計算し、

前記各区間内での前記各アームの回転速度を前記の計算された値として、前記各区間を加減速無しで連続して回転させるように前記各アクチュエータ 8 を位置決め制御することで、

前記作業面 60 上の分割された複数点間を始点から終点まで実質的に一定速度に動作させる方法である。

[0033] この制御方法によると、この発明の制御装置につき前述したと同様に、エンドエフェクタ 8 が被作業面 60 上を実質的に等速で移動しながら作業を行うことができる。

[0034] 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合せも、本発明に含まれる。特に、請求の範囲の各請求項の 2 つ以上のどのような組合せも、本発明に含まれる。

図面の簡単な説明

[0035] 本発明は、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瞭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、本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。本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部品番号は、同一または相当部分を示す。

[図1]この発明の第 1 実施形態に係るリンク作動装置の制御装置のブロック図とその制御対象となるリンク作動装置の一部省略正面図とを組み合わせた説明図である。

[図2]同リンク作動装置の図 1 と異なる動作状態を示す一部省略正面図である。

[図3]同リンク作動装置のリンク作動装置本体の斜視図である。

[図4]同リンク作動装置のリンク機構の一つを直線で表現した幾何学的モデル図である。

[図5]同リンク作動装置の基端側のリンクハブ、基端側の端部リンク部材、および中央リンク部材の断面図である。

[図6]同リンク作動装置に搭載されたエンドエフェクトが作業する平面からなる被作業面上の移動経路の簡易化例を表す直交座標系の図である。

[図7]同リンク作動装置に搭載されたエンドエフェクトが作業する平面からなる被作業面上の移動経路の一般化例を表す直交座標系の図である。

[図8]同リンク作動装置に搭載されたエンドエフェクトが作業する球面からなる被作業面上の移動経路の例を表す曲座標系の図である。

[図9]従来の4節連鎖のリンク機構を3組以上設けたリンク作動装置の一例の斜視図である。

[図10]同リンク作動装置の姿勢変更動作の説明図である。

[図11]同リンク作動装置を姿勢変更する場合の折れ角と基端側の端部リンクの回転角との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0036] <第1実施形態>

この発明の第1実施形態に係るリンク作動装置の制御装置および制御方法を図面と共に説明する。まず、制御対象となるリンク作動装置を、図1ないし図5と共に説明する。図1および図2に示すように、このリンク作動装置1は、リンク作動装置本体2と、このリンク作動装置本体2を作動させる複数の姿勢制御用のアクチュエータ3とを備え、これら姿勢制御用のアクチュエータ3が制御装置4により制御される。図の例では、リンク作動装置本体2が、その基端側で、支持部材5にスペーサ6を介して吊り下げ状態に設置されている。

[0037] リンク作動装置本体2の先端側には、先端取付部材7を介してエンドエフェクタ8が搭載されている。アクチュエータ3は例えばサーボモータであり、位置検出器35を有している。エンドエフェクタ8は、例えばレーザ加工ヘッド、ディスペンサ、インクジェットノズル、溶接トーチ等であり、テーブル装置50（図2）上のワークWの表面である作業面60上で作業を行う。

[0038] リンク作動装置本体2は、前述の図9のリンク作動装置1と基本的に同じ

構成である。このため一部が繰り返しになるが、各部の構造をより詳しく説明する。図3に示すように、リンク作動装置本体2は、3組のリンク機構11, 12, 13（以下、「11~13」と表記する）を具備する。なお、図1および図2では、リンク機構11の形状につき1組のみを示し、図1では他の2組のリンク機構12, 13について、制御の説明のために二点鎖線の四角形で示している。

[0039] 各リンク機構11, 12, 13は、基端側の端部リンク部材11a, 12a, 13a（以下、「11a~13a」と表記する）、中央リンク部材11c, 12c, 13c（以下、「11c~13c」と表記する）、および先端側の端部リンク部材11b, 12b, 13b（以下、「11b~13b」と表記する）で構成され、4つの回転対偶からなる4節連鎖のリンク機構をなす。

[0040] 基端側および先端側の端部リンク部材11a~13a, 11b~13bはL字状をなし、一端がそれぞれ基端側のリンクハブ14および先端側のリンクハブ15に回転自在に連結されている。中央リンク部材11c~13cは、両端に基端側および先端側の端部リンク部材11a~13a, 11b~13bの他端がそれぞれ回転自在に連結されている。

[0041] 基端側のリンクハブ14および先端側のリンクハブ15は六角柱状で、外周面を構成する6つの側面16のうちの1つ置きに離れた3つの側面16に、基端側および先端側の端部リンク部材11a~13a, 11b~13bがそれぞれ回転自在に連結されている。なお、基端側の端部リンク部材11a~13aは、アームを構成し、以下の説明において、「アーム11a~13a」と称する場合がある。

[0042] これら3組のリンク機構11~13のそれぞれは幾何学的に互いに同一形状をなす。すなわち、各リンク機構11~13は、基端側の端部リンク部材11a~13a, 先端側の端部リンク部材11b~13bおよび中央リンク部材11c~13cを直線で表現した幾何学モデルが、中央リンク部材11c~13c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。

[0043] リンク作動装置本体 2 は、2 つ球面リンク機構を組み合わせた構成であつて、基端側のリンクハブ 1 4 と基端側の端部リンク部材 1 1 a ~ 1 3 a、先端側のリンクハブ 1 5 と先端側の端部リンク部材 1 1 b ~ 1 3 b の各回転対偶、基端側および先端側の端部リンク部材 1 1 a ~ 1 3 a, 1 1 b ~ 1 3 b と中央リンク部材 1 1 c ~ 1 3 c の各回転対偶の中心軸が、基端側と先端側において、それぞれの球面リンク中心 P A, P B (図 1、図 2) で交差している。

[0044] また、基端側のリンクハブ 1 4 と基端側の端部リンク部材 1 1 a ~ 1 3 a の回転対偶と基端側の球面リンク中心 P A からの距離、先端側のリンクハブ 1 5 と先端側の端部リンク部材 1 1 b ~ 1 3 b の回転対偶と先端側の球面リンク中心 P B からの距離も同じである。さらに、基端側および先端側の端部リンク部材 1 1 a ~ 1 3 a, 1 1 b ~ 1 3 b と中央リンク部材 1 1 c ~ 1 3 c の各回転対偶と基端側および先端側の球面リンク中心 P A, P B からの距離も同じである。基端側および先端側の端部リンク部材 1 1 a ~ 1 3 a, 1 1 b ~ 1 3 b と中央リンク部材 1 1 c ~ 1 3 c との回転対偶の中心軸は、ある交差角 α をもっていてもよいし、平行であってもよい。

[0045] つまり、3 組のリンク機構 1 1 ~ 1 3 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 1 1 a ~ 1 3 a, 1 1 b ~ 1 3 b, 1 1 c ~ 1 3 c 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 1 1 c ~ 1 3 c 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 4 は、一つのリンク機構 1 1 を直線で表現した図である。

[0046] この実施形態のリンク機構 1 1 ~ 1 3 は回転対称タイプで、基端側のリンクハブ 1 4 および基端側の端部リンク部材 1 1 a ~ 1 3 a と、先端側のリンクハブ 1 5 および先端側の端部リンク部材 1 1 b ~ 1 3 b との位置関係が、中央リンク部材 1 1 c ~ 1 3 c 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 1 は、基端側のリンクハブ 1 4 の中心軸 Q A と先端側のリ

リンクハブ15の中心軸QBとが同一線上にある状態を示し、図2は、基端側のリンクハブ14の中心軸QAに対して先端側のリンクハブ15の中心軸QBが所定の作動角をとった状態を示す。各リンク機構11~13の姿勢が変化しても、基端側と先端側の球面リンク中心PA, PB間の距離Hは変化しない。

[0047] 図5は、基端側のリンクハブ14と基端側の端部リンク部材11a~13aの連結部を示す断面図である。基端側のリンクハブ14の側面16から軸部18が突出し、この軸部18に複列の軸受17の内輪（図示せず）が外嵌し、基端側の端部リンク部材11a~13aの基端側のリンクハブ14側の一端部に軸受17の外輪（図示せず）が内嵌している。つまり、内輪は基端側のリンクハブ14に固定され、外輪が基端側の端部リンク部材11a~13aと共に回転する構造である。

[0048] 軸受17は、例えば深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受等の玉軸受であって、ナット19による締付けでもって所定の予圧量を付与して固定されている。軸受17としては、図示例のように玉軸受を複列で配列する以外に、ローラ軸受や滑り軸受を用いてもよい。先端側のリンクハブ15と先端側の端部リンク部材11b~13bの連結部も、同様の構造である。

[0049] また、基端側の端部リンク部材11a~13aと中央リンク部材11c~13cの連結部も複列の軸受20を介して互いに回転自在に連結されている。すなわち、基端側の端部リンク部材11a~13aの他端部に軸受20の外輪（図示せず）が外嵌し、中央リンク部材11c~13cに設けた軸部21に軸受20の内輪（図示せず）が外嵌している。軸受20は、例えば深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受等の玉軸受であって、ナット22による締付けでもって所定の予圧量を付与して固定されている。軸受20としては、図示例のように玉軸受を複列で配列する以外に、ローラ軸受や滑り軸受を用いてもよい。先端側の端部リンク部材11b~13bと中央リンク部材11c~13cの連結部も、同様の構造である。

[0050] リンク機構11~13において、下記の(1)~(3)の条件を満たすと

き、中央リンク部材 11c~13c の対称面に対して中央リンク部材 11c~13c と、基端側および先端側の端部リンク部材 11a~13a, 11b~13b との角度位置関係を基端側と先端側で同じにすれば、幾何学的対称性から基端側のリンクハブ 14 および基端側の端部リンク部材 11a~13a と、先端側のリンクハブ 15 および先端側の端部リンク部材 11b~13b とは同じに動き、基端側と先端側は同じ回転角になって等速で回転することになる。この等速回転するときの中央リンク部材 11c~13c の対称面を等速二等分面という。

[0051] (1) 基端側および先端側の端部リンク部材 11a~13a, 11b~13b の軸部 18 の角度および長さ（球面リンク中心 PA, PB からの長さ）が互いに等しい。

(2) 基端側の端部リンク部材 11a~13a と先端側の 11b~13b の幾何学的形状が等しい。

(3) 中央リンク部材 11c~13c についても基端側と先端側で形状が等しい。

[0052] このため、基端側のリンクハブ 14 および先端側のリンクハブ 15 を共有する同じ幾何学形状のリンク機構 11~13 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 11~13 が矛盾なく動ける位置として中央リンク部材 11c~13c 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は任意の作動角をとっても等速回転が得られる。

[0053] 各リンク機構 11~13 における 4 つの回転対偶の回転部、つまり、基端側のリンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a~13a との連結部分、先端側のリンクハブ 15 と先端側の端部リンク部材 11b~13b との連結部分、および基端側および先端側の端部リンク部材 11a~13a, 11b~13b と中央リンク部材 11c~13c との 2 つの連結部分を軸受構造となっている。これにより、その連結部分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。

- [0054] このリンク作動装置本体 2 の構成によれば、基端側のリンクハブ 1 4 に対する先端側のリンクハブ 1 5 の可動範囲を広くとれる。例えば、基端側のリンクハブ 1 4 の中心軸 Q A と先端側のリンクハブ 1 5 の中心軸 Q B の折れ角 θ 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 1 4 に対する先端側のリンクハブ 1 5 の旋回角 ϕ を $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲で設定できる。
- [0055] 図 1 および図 2 において、前記複数のアクチュエータ 3 は、支持部材 5 の上に円周方向に等配で設置されている。アクチュエータ 3 の個数は、リンク機構 1 1, 1 2, 1 3 と同数の 3 個である。ただし、アクチュエータ 3 の個数が 2 個であっても、リンク作動装置本体 2 の動作を規定できる。この実施形態では、アクチュエータ 3 はモータからなり、その出力軸 3 a にピニオン 3 0 が設けられている。一方、端部側の端部リンク部材 1 1 a ~ 1 3 a における軸部 1 8 との回転対偶部に連結部材 3 1（図 5）が固定して取付けられ、この連結部材 3 1 に、ピニオン 3 0 と噛み合う扇形ギア 3 2 が設けられている。扇形ギア 3 2 の中心軸は、軸部 1 8（図 5）の中心軸と一致する。ピニオン 3 0 と扇形ギア 3 2 とで減速機 3 3 を構成する。
- [0056] 各アクチュエータ 3 を回転駆動すると、その回転が減速機構 3 3 を介して軸部 1 8（図 5）に伝達されて、基端側のリンクハブ 1 4 に対する基端側の端部リンク部材であるアーム 1 1 a ~ 1 3 a の角度が変更される。これにより、基端側のリンクハブ 1 4 に対する先端側のリンクハブ 1 5 の姿勢が決まる。この姿勢は、折れ角 θ （図 3）および旋回角 ϕ （図 3）により規定される。アーム 1 1 a ~ 1 3 a の回転角 $\beta 1, \beta 2, \beta 3$ は、回転角検出手段 3 5 により検出された値と減速機構 3 3 の減速比との値から算出される。
- [0057] 次に、図 1 と共に制御装置 4 について説明する。制御装置 4 は、基端側のリンクハブ 1 4 に対する先端側のリンクハブ 1 5 の姿勢を始点姿勢から終点姿勢へ変更すると共に、その際、被作業面 6 0 上の経路を作業点が指令入力手段 4 0 で設定された目標移動速度 V で移動して姿勢変更するように、各アクチュエータ 3 を制御する装置である。作業点は、例えばエンドエフェクタ

8の先端部となる点である。

- [0058] 始点姿勢は、現在の姿勢であり、個々のアーム11a～13aの始点は、現在の各アーム11a～13aの位置である。この実施形態では、始点は、前回移動時の終点であるが、各回転角検出手段35により検出された値と減速機構33の減速比との値から算出される現在位置であっても、定められた基準位置であってもよい。始点姿勢は、この制御装置4に対する外部の指令入力手段40から与えるようにしても良い。
- [0059] 指令入力手段40は、キーボードやマウス等のオペレータの操作により入力を行う機器であっても、またこの制御装置4に対する上位の制御装置や、外部の情報機器類から情報を得る通信手段や、記憶媒体のドライブ手段であっても良い。
- [0060] 制御装置4は、コンピュータによる数値制御式のものであり、分割区間設定手段42、アーム回転速度計算手段43、区間対応設定情報記憶手段46、および姿勢変更制御手段41を備える。
- [0061] 分割区間設定手段42は、エンドエフェクタ8が作業する被作業面60上のエンドエフェクタ8が移動する始点から終点までの経路を複数または一つの通過点で複数の区間に分割し、通過点の位置を設定する。被作業面60上の始点から終点までの経路は、指令入力手段40から直交座標で入力され、また各通過点も、分割区間設定手段42では、直交座標で示される。
- [0062] ここで、区間の分割数は、エンドエフェクタ8の被作業面60上を移動する速度が実質的に等速となるよう設定する。経路を通過点で複数の区間に分割する処理は、指令入力手段40からオペレータが入力するようにしても良く、また分割区間設定手段42に分割機能を持たせて自動で分割するようにしても良い。オペレータが入力するように構成する場合、分割区間設定手段42は、単に始点、終点、および通過点の座標を記憶する手段となる。
- [0063] 分割区間設定手段42が各通過点を計算して区分を設定する構成である場合、定められた規則により、始点から終点までの経路を、例えば一定の分割数で等分割し、アーム回転速度計算手段43に回転速度の計算を行わせて、

始点から終点までを実質的に等速となるように制御（等速制御）できるか否かを判定させる。等速制御ができない場合は、分割数を変更して、再度アーム回転速度計算手段43に回転速度の計算を行わせる処理を繰り返させ、等速制御ができると判定する処理によって区分を定めても良い。

[0064] アーム回転速度計算手段43は、オペレータにより指令入力手段40から入力して指定された目標移動速度および前記各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間と、各区間における各アーム11a, 12a, 13aの回転角移動量とから、各区間における各アーム11a, 12a, 13aが等速回転する回転速度を計算する。

[0065] 区間対応設定情報記憶手段46は、区間毎に、アーム回転速度計算手段43で計算された各アーム11a, 12a, 13aにおける各区間に対応する始点、通過点、または終点であるポイントの位置と、アーム回転速度を記憶する。

[0066] 姿勢変更制御手段41は、各区間内での各アーム11a~13aの回転速度を回転速度計算手段43で計算された値に設定して、各区間を加減速無しで連続して回転させるように各アクチュエータ3を位置決め制御する。姿勢変更制御手段41は、指令読み出し部51、同期制御部52、およびアクチュエータ3と同数の個別制御部53からなる。

[0067] 指令読み出し部51は、区間対応設定情報記憶手段46に記憶された各アーム11a, 12a, 13aの区間毎の各ポイントの位置とアーム回転速度を読み出す。指令読み出し部51は、区間対応設定情報記憶手段46から読み出す代わりに、アーム回転速度計算手段43から各アーム11a, 12a, 13aの区間毎の各ポイントの位置とアーム回転速度を読み出すようにしても良い。同期制御部52は、各アーム11a~13aが、同時に始点から回転を始め、同時に終点で止まるように、各個別制御部53に対して同期制御を行わせる手段である。

[0068] 各個別制御部53は、対応するアクチュエータ3を、与えられたポイントからポイントへポイントツーポイントで位置制御する。個別制御部53

は、具体的には、例えばアーム回転角をアクチュエータ移動量に変換する動作量変換部（図示せず）と動作指令生成部（図示せず）とサーボコントローラ部（図示せず）とからなる。動作指令生成部は台形速度制御の速度曲線に従ってパルス払い出し等によってサーボコントローラ部へ動作指令を与える。サーボコントローラ部は、その与えられた動作指令と回転角検出手段35の検出値を用いてフィードバック制御を行う。

[0069] アーム回転速度計算手段43で用いる具体的な回転速度の計算方法を説明する。まず簡単な例で説明する。図6にエンドエフェクタ8が作業する平面の被作業面60上の任意の3つのポイント（A、B、C）を示す。3つのポイント（A、B、C）はX-Y直交座標で示された点である。ポイントAとBの間の距離を L_{ab} 、ポイントBとCの間の距離を L_{bc} とすると、 L_{ab} と L_{bc} は次の式となる。

[0070] [数1]

$$L_{ab} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

$$L_{bc} = \sqrt{(X_3 - X_2)^2 + (Y_3 - Y_2)^2}$$

[0071] 被作業平面60上でのエンドエフェクタ8の速度（なぞる速度）を V とすると、 L_{ab} の距離を移動する時間 T_{ab} と、 L_{bc} の距離を移動する時間 T_{bc} は以下の式となる。速度 V は前記目標移動速度である。加減速時間はゼロとして計算する。

$$T_{ab} = L_{ab} / V$$

$$T_{bc} = L_{bc} / V$$

[0072] ポイントA、B、Cにおけるリンクハブの姿勢（折れ角、旋回角）を姿勢A（ θ_a 、 ϕ_a ）、姿勢B（ θ_b 、 ϕ_b ）、姿勢C（ θ_c 、 ϕ_c ）とすると、姿勢A、B、Cに対応する各アーム回転角は、リンクハブとアーム回転角との前記式（1）から、それぞれ回転角A（ β_{1a} 、 β_{2a} 、 β_{3a} ）、回

転角B ($\beta 1 b$ 、 $\beta 2 b$ 、 $\beta 3 b$)、回転角C ($\beta 1 c$ 、 $\beta 2 c$ 、 $\beta 3 c$)
 として関係が成り立つ。ポイントAからBへ移動する時の $\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、
 $\beta 3$ 軸の各回転角移動量を $\Delta \beta 1 a b$ 、 $\Delta \beta 2 a b$ 、 $\Delta \beta 3 a b$ とすると、
 各軸の回転速度である移動速度 $V 1 a b$ 、 $V 2 a b$ 、 $V 3 a b$ は以下の式で
 表せる。なお、 $\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、 $\beta 3$ 軸の移動とは、それぞれ各アーム1 1
 $a \sim 1 3 a$ の回転中心回りの回転を意味する。

[0073] [数2]

$$V_{1ab} = \frac{|\Delta \beta 1_{ab}|}{T_{ab}} = \frac{|\beta 1_a - \beta 1_b|}{T_{ab}}$$

$$V_{2ab} = \frac{|\Delta \beta 2_{ab}|}{T_{ab}} = \frac{|\beta 2_a - \beta 2_b|}{T_{ab}}$$

$$V_{3ab} = \frac{|\Delta \beta 3_{ab}|}{T_{ab}} = \frac{|\beta 3_a - \beta 3_b|}{T_{ab}}$$

[0074] 上記と同様に、ポイントBからCへ移動する時の $\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、 $\beta 3$ 軸
 の各移動量を $\Delta \beta 1 b c$ 、 $\Delta \beta 2 b c$ 、 $\Delta \beta 3 b c$ とすると、各軸の移動速
 度 $V 1 b c$ 、 $V 2 b c$ 、 $V 3 b c$ は次の式となる。

[0075]

[数3]

$$V_{1bc} = \frac{|\Delta\beta_{1bc}|}{T_{bc}} = \frac{|\beta_{1b} - \beta_{1c}|}{T_{bc}}$$

$$V_{2bc} = \frac{|\Delta\beta_{2bc}|}{T_{bc}} = \frac{|\beta_{2b} - \beta_{2c}|}{T_{bc}}$$

$$V_{3bc} = \frac{|\Delta\beta_{3bc}|}{T_{bc}} = \frac{|\beta_{3b} - \beta_{3c}|}{T_{bc}}$$

[0076] アーム回転速度計算手段43は、先端側のリンクハブ15に付加したエンドエフェクタ8が平面の被作業面60上の3つのポイントA→B→Cをなぞる動作の際、 β_1 軸、 β_2 軸、 β_3 軸の各移動量と、上記式より求めた速度を区間毎に設定し、各区間内は加減速なしで連続位置決め制御する。なお、「加減速なしで連続位置決め」とは、止まらずに連続して回転させる意味である。

[0077] 図7に一般化して示す。同図に示すように、エンドエフェクタ8が平面の被作業面60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 β_1 軸、 β_2 軸、 β_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。

[0078]

[数4]

$$V_{1n} = \frac{|\Delta\beta 1|}{T} \quad \text{式 (2)}$$

$$V_{2n} = \frac{|\Delta\beta 2|}{T} \quad \text{式 (3)}$$

$$V_{3n} = \frac{|\Delta\beta 3|}{T} \quad \text{式 (4)}$$

$$T = \frac{\sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2}}{V} \quad \text{式 (5)}$$

[0079] アーム回転速度計算手段43は、これらの式(2)～(5)に従って、各区間の移動時間Tと、これら各区間における各アーム回転速度である各軸の移動速度 V_{1n} 、 V_{2n} 、 V_{3n} を計算する。また、アーム回転速度計算手段43は、指令変換部44を有する。指令変換部44は、上記の式(2)～(5)に基づく計算に先立って、被作業面60上の直交座標で示された各ポイントの座標位置を、前述の式(1)に従って各アーム11a～11cの回転に変換し、各軸の移動量 $\Delta\beta 1$ 、 $\Delta\beta 2$ 、 $\Delta\beta 3$ を求める。

[0080] この実施形態の構成によると、このようにエンドエフェクタ8の始点から終点までの移動、つまり先端側のリンクハブ15の始点姿勢A(θa 、 ϕa)から終点姿勢B(θb 、 ϕb)への移動において、分割区間設定手段42に区間を複数に分割して設定する際に、分割する区間はエンドエフェクタ8が作業する被作業面60上での経路を基準に区間設定する。

[0081] アーム回転速度計算手段43は、エンドエフェクタ8の作業面上を移動する速度が始点から終点まで一定の目標移動速度Vとなるように、各区間の移

動ごとに各アーム 11 a, 12 a, 13 a の等速回転する回転速度 (β 1 軸、 β 2 軸、 β 3 軸の移動速度) を計算する。この回転速度の計算は、指定された目標移動速度 V および各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間と、各区間における各アーム 11 a, 12 a, 13 a の回転角移動量とから行う。

[0082] 姿勢変更制御手段 41 は、各区間内での各アーム 11 a ~ 13 a の回転速度を、アーム回転速度計算手段 43 により計算された回転速度に設定し、この設定された回転速度で、各区間内を加減速無しで連続して回転させるように各アクチュエータ 3 を位置決め制御する。

[0083] これにより、エンドエフェクタ 8 が作業する平面の被作業面 (直交座標) 上の複数点を実質的に等速で動作することが可能となる。すなわち、始点から終点への位置決め制御が、途中の被作業面上の任意の点を加減速無しで通過することになる。そのため、エンドエフェクタ 8 として、例えばレーザ加工ヘッド、ディスペンサ、インクジェットノズル、溶接器具等をリンクに付加した際、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。

[0084] <第 2 実施形態>

この発明の第 2 実施形態を、図 8 を参照して説明する。第 2 実施形態において、特に説明した事項の他は、第 1 実施形態と同様である。第 2 実施形態は、図 1 における分割区間設定手段 42、アーム回転速度計算速度計算手段 43、および区間対応設定情報記憶手段 46 の機能について、第 1 実施形態とは一部を異ならせたものである。区間対応設定情報記憶手段 46 は、記憶する値が第 1 実施形態とは異なる。

[0085] 第 1 実施形態では、エンドエフェクタ 8 の被作業面 60 が平面である場合の等速移動について示したが、これと同様に被作業面 60 が球面である場合に、この球面状の被作業面 60 上でのエンドエフェクタ 8 の先端の動作を等速にすることもできる。これは、先端側のリンクハブ 15 の動作を等速にすることになる。

[0086] ここでは、先端側のリンクハブ15の動作を等速にする時の各軸（ $\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、 $\beta 3$ 軸）の移動速度について示す。図8に示すように、2つのポイント（ $n-1$ ）、 n における先端側リンクハブ15の姿勢（折れ角、旋回角）を姿勢A（ θ_{n-1} 、 ϕ_{n-1} ）、姿勢B（ θ_n 、 ϕ_n ）とする。姿勢A、Bに対応するアーム回転角は、前述の式（1）より、それぞれ回転角A（ $\beta 1_{n-1}$ 、 $\beta 2_{n-1}$ 、 $\beta 3_{n-1}$ ）、回転角B（ $\beta 1_n$ 、 $\beta 2_n$ 、 $\beta 3_n$ ）として関係が成り立つ。また、姿勢A（ θ_{n-1} 、 ϕ_{n-1} ）から姿勢B（ θ_n 、 ϕ_n ）へ移動したときの回転角移動量 γ （rad）は、球面三角法より以下の式で近似して表せる。

[0087] [数5]

$$\gamma = \cos^{-1} \{ \sin(90^\circ - \theta_{n-1}) \times \sin(90^\circ - \theta_n) + \cos(90^\circ - \theta_{n-1}) \times \cos(90^\circ - \theta_n) \times \cos(\phi_n - \phi_{n-1}) \}$$

[0088] 先端側リンクハブ15の指定された目標移動速度を V （rad/s）とすると、移動量 γ （rad）にかかる時間は次の式となる。

$$T = \gamma / V$$

ポイント（ $n-1$ ）からポイント n へ移動するときの各軸の回転角の移動速度である回転速度 $V 1_n$ 、 $V 2_n$ 、 $V 3_n$ は、次の式となる。

[0089] [数6]

$$V 1_n = \frac{|\beta 1_n - \beta 1_{n-1}|}{T} \quad \text{式(6)}$$

$$V 2_n = \frac{|\beta 2_n - \beta 2_{n-1}|}{T} \quad \text{式(7)}$$

$$V 3_n = \frac{|\beta 3_n - \beta 3_{n-1}|}{T} \quad \text{式(8)}$$

[0090] $\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、 $\beta 3$ 軸の各移動量と、上記式より求めた速度を区画毎、つまりポイント毎に設定し、各ポイントを加減速なしで連続位置決め制御す

る。

[0091] 図1と共に説明すると、図1の分割区間設定手段42は、球面からなる被作業面60上のエンドエフェクタ8が移動する始点から終点までの経路を通過点で複数の区間に分割する。すなわち、上述の各ポイントを定める。アーム回転速度計算手段43は、指定された目標移動速度 V および各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間 T と、各区間における各アーム11a, 12a, 13aの回転角移動量 γ とから、上記式(6)~(8)に基づいて、回転速度 $V1n$ 、 $V2n$ 、 $V3n$ を計算する。ここで、回転速度 $V1n$ 、 $V2n$ 、 $V3n$ は、各区間における各アーム11a, 12a, 13aが等速回転する回転角の移動速度である。

[0092] 姿勢変更制御手段41は、ポイント間の各区間内での各アーム11a, 12a, 13aの回転速度 $V1n$ 、 $V2n$ 、 $V3n$ を、回転速度計算手段43で計算された値に設定し、各区間を加減速無しで連続して回転させるように各アクチュエータ3を位置決め制御する。

[0093] このように、被作業面60が球面である場合も、エンドエフェクタ8が被作業面60上を実質的に等速で移動しながら作業をすることができる。

[0094] <第3実施形態>

この発明の第3実施形態を説明する。第3実施形態は、図2に示すテーブル装置50が移動することによって対象ワークWがリンク作動装置1のエンドエフェクタ8に対して相対移動する場合に、その相対移動の速度を等速とする例である。テーブル装置50は、テーブル面が直交2軸方向に移動するXYテーブルであり、同図の例では表面が平面の被作業面60となる対象ワークWを移動させる。ただし、リンク作動装置1をテーブル装置50に搭載してリンク作動装置1を移動させ、ワークWを位置固定としても良い。

[0095] 第3実施形態において、特に説明する事項の他は、第1実施形態と同様である。第3実施形態は、図1における分割区間設定手段42、アーム回転速度計算速度計算手段43、および区間対応設定情報記憶手段46の機能について、第1実施形態とは一部が異なっている。区間対応設定情報記憶手段4

6は、記憶する値が第1実施形態とは異なる。

[0096] 第1実施形態においては、リンク作動装置1と被作業面60上の対象ワークWの位置は固定であったが、実際にレーザ加工や塗布、溶接等を行う場合、対象ワークWをXYテーブル、すなわち、テーブル可動面が直交2軸方向に移動可能なテーブル装置上に搭載するか、またはリンク作動装置1をXYテーブルに搭載する構成が一般的となる。

[0097] ここでは、リンク作動装置1の3軸($\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、 $\beta 3$ 軸)と、XYテーブルからなるテーブル装置50(図2)の2軸(X軸、Y軸)とが可動であるテーブル併用リンク作動装置のシステム構成において、エンドエフェクタ8が平面状の被作業平面60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(移動速度) V_n について示す。

[0098] 対象ワークWの直交座標は、図7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 $\Delta\beta 1$ 、 $\Delta\beta 2$ 、 $\Delta\beta 3$ 、 Δx 、 Δy 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]

$$V_{1n} = \frac{|\Delta\beta 1|}{T} \quad \text{式 (9)}$$

$$V_{2n} = \frac{|\Delta\beta 2|}{T} \quad \text{式 (10)}$$

$$V_{3n} = \frac{|\Delta\beta 3|}{T} \quad \text{式 (11)}$$

$$V_{xn} = \frac{|\Delta x|}{T} \quad \text{式 (12)}$$

$$V_{yn} = \frac{|\Delta y|}{T} \quad \text{式 (13)}$$

$$T = \frac{\sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2}}{V} \quad \text{式 (14)}$$

[0100] アーム回転速度計算手段43は、先端側リンクハブ15に付加したエンドエフェクタ8が平面状の被作業面60上の各ポイントをなぞる動作の際、 $\beta 1$ 軸、 $\beta 2$ 軸、 $\beta 3$ 軸、X軸、Y軸の各移動量と、上記式より求めた速度を区間毎、つまりポイント毎に設定し、各ポイントを加減速なしで連続位置決め制御する。

[0101] 図1と共に説明すると、図1の分割区間設定手段42は、XY方向に相対移動する平面からなる被作業面60上の、エンドエフェクタ8が相対移動する始点から終点までの経路を通過点で複数の区間に分割する。すなわち上述の各ポイントを定める。

[0102] アーム回転速度計算手段43は、指定された目標移動速度Vおよび各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間Tと、各区間における各アーム11a, 12a, 13aの回転角移動量 $\Delta\beta 1$ 、 $\Delta\beta 2$ 、 $\Delta\beta 3$ とから、上記式(9)～(11)、(14)に基づいて、回転速度 V_{1n} 、 V_{2n} 、 V_{3n} を計算する。回転速度 V_{1n} 、 V_{2n} 、 V_{3n} は、各区間における各アーム

11a, 12a, 13aが等速回転する回転角の移動速度である。アーム回転速度計算手段43は、各軸の回転速度の他に、X軸、Y軸の移動速度 V_{xn} 、 V_{yn} を上記式(12)、(13)、(14)で計算する機能を付加した構成としても良い。

[0103] 姿勢変更制御手段41は、ポイント間の各区間内での各アーム8の回転速度 V_{1n} 、 V_{2n} 、 V_{3n} を回転速度計算手段43で計算された値に設定して、各区間を加減速無しで連続して回転させるように各アクチュエータ3を位置決め制御する。X軸、Y軸の制御手段(図示せず)は、上記式(12)、(13)に基づいて計算したX軸、Y軸の移動速度 V_{xn} 、 V_{yn} を設定して、その速度でテーブル装置50の各軸を移動させる。

[0104] このように、リンク作動装置1がテーブル装置50によって相対移動する場合に、エンドエフェクタ8がその相対移動を加味して被作業面60上を実質的に等速で移動しながら作業をするように制御することができる。

[0105] なお、上記第1～3実施形態では、いずれも、実使用時に制御装置4が各通過点の位置(各区間)の設定、および各区間におけるアーム回転速度の計算を行うようになっている。これに代えて、これら各通過点の位置と、各区間における各アーム11a, 12a, 13aの回転速度について、リンク作動装置1の実使用の前に計算した値を区間対応設定情報記憶手段46に記憶させておき、姿勢変更制御手段41は、実使用時は、区間対応設定情報記憶手段46に記憶された各通過点の位置と、各アーム11a, 12a, 13aの回転速度を読み出して制御するようにしても良い。この場合、実使用の前に、各通過点の位置と、各区間における各アーム11a, 12a, 13aの回転速度を設定/計算する装置は、姿勢変更制御手段41を有する制御装置4とは別のコンピュータに設けられていても良い。

[0106] リンク作動装置1を用いて同じ作業を繰り返して行う場合がある。そのような場合、各区間における各アーム11a, 12a, 13aの回転速度を予め区間対応設定情報記憶手段46に記憶させておき、姿勢変更制御手段41はその記憶内容を読み出して制御を行うようにすれば、区間の設定や回転速

度の計算を毎回行う必要がなく、制御が簡単で且つ迅速に行える。一度だけの作業であっても、予め区間およびアーム回転速度を予め計算して設定しておくことが便利な場合がある。なお、上記の「実使用時」とは、試し運転を除く実際にエンドエフェクタ 8 で加工や処理を行うときを言う。

[0107] 本発明は、以上の実施形態に限定されるものでなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で、種々の追加、変更または削除が可能である。したがって、そのようなものも本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

- [0108] 1…リンク作動装置
3…アクチュエータ
4…制御装置
8…エンドエフェクタ
14…基端側のリンクハブ
15…先端側のリンクハブ
11～13…リンク機構
11a, 12a, 13a…基端側の端部リンク部材（アーム）
11b, 12b, 13b…先端側の端部リンク部材
11c, 12c, 13c…中央リンク部材
40…指令入力手段
41…姿勢変更制御手段
42…分割区間設定手段
43…アーム回転速度計算手段
44…指令変換部
46…区間対応設定情報記憶手段
50…テーブル装置
60…被作業面
61…経路

請求の範囲

[請求項1]

基端側のリンクハブに対し先端側のリンクハブを、3組以上のリンク機構を介して姿勢を変更可能に連結し、前記各リンク機構は、それぞれ前記基端側のリンクハブおよび先端側のリンクハブに一端が回転可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材と、これら基端側および先端側の端部リンク部材の他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材とでなり、前記各リンク機構は、このリンク機構を直線で表現した幾何学モデルが、前記中央リンク部材の中央部に対する基端側部分と先端側部分とが対称を成す形状であり、前記3組以上のリンク機構のうち2組以上のリンク機構に、前記基端側の端部リンク部材であるアームを回転させることにより、前記基端側のリンクハブに対する前記先端側のリンクハブの姿勢を任意に変更させるアクチュエータを設け、前記先端側のリンクハブにエンドエフェクタを設置したリンク作動装置、を制御する制御装置であって、

前記エンドエフェクタが作業する被作業面上の前記エンドエフェクタが移動する始点から終点までの経路を通過点で複数の区間に分割し、前記通過点の位置を設定する分割区間設定手段と、

指定された一定速度の目標移動速度および前記各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間と、前記各区間における前記各アームの回転角移動量とから、前記各区間における前記各アームが等速回転する回転速度を計算するアーム回転速度計算手段と、

前記各区間内での前記各アームの回転速度を前記回転速度計算手段で計算された値として、前記各区間を加減速無しで連続して回転させるように前記各アクチュエータを位置決め制御する姿勢変更制御手段と、

を備えた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、前記エンドエフェクタが作業する前記被作業面は平面であ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、前記アーム回転速度計算手段は、前記始点、終点、および各通過点のいずれかの点である各ポイントへの前記各アームの回転速度を、前記被作業面を示す直交座標系の任意の2ポイント間の距離と前記目標移動速度から求められる時間と、前記2ポイント間の前記各アームの回転角移動量とから、前記各区間における前記各アームの回転速度を計算するリンク作動装置の制御装置。
- [請求項4] 請求項1に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記エンドエフェクタが作業する前記被作業面は球面であるリンク作動装置の制御装置。
- [請求項5] 請求項4に記載のリンク作動装置の制御装置において、前記アーム回転速度計算手段は、前記始点、終点、および各通過点のいずれかの点である各ポイントへの前記各アームの回転速度を、球面三角法より得られる任意の2ポイント間の移動量と前記目標移動速度から求められる時間と、前記2ポイント間の前記各アームの回転角移動量とから、前記各区間における前記各アームの回転速度を計算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、前記各区間における、前記各通過点の位置と、前記各区間における前記各アームの回転速度につき、リンク作動装置の実使用の前に計算した値を記憶する区間対応設定情報記憶手段を有し、前記姿勢変更制御手段は、実使用時は、前記区間対応設定情報記憶手段に記憶された前記各通過点の位置と、前記各アームの回転速度を読み出して制御するリンク作動装置の制御装置。
- [請求項7] 基端側のリンクハブに対し先端側のリンクハブを、3組以上のリンク機構を介して姿勢を変更可能に連結し、前記各リンク機構は、それぞれ前記基端側のリンクハブおよび先端側のリンクハブに一端が回転

可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材と、これら基端側および先端側の端部リンク部材の他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材とでなり、前記各リンク機構は、このリンク機構を直線で表現した幾何学モデルが、前記中央リンク部材の中央部に対する基端側部分と先端側部分とが対称を成す形状であり、前記3組以上のリンク機構のうち2組以上のリンク機構に、前記基端側の端部リンク部材であるアームを回転させることにより、前記基端側のリンクハブに対する前記先端側のリンクハブの姿勢を任意に変更させるアクチュエータを設け、前記先端側のリンクハブにエンドエフェクタを設置したリンク作動装置を制御する制御方法であって、

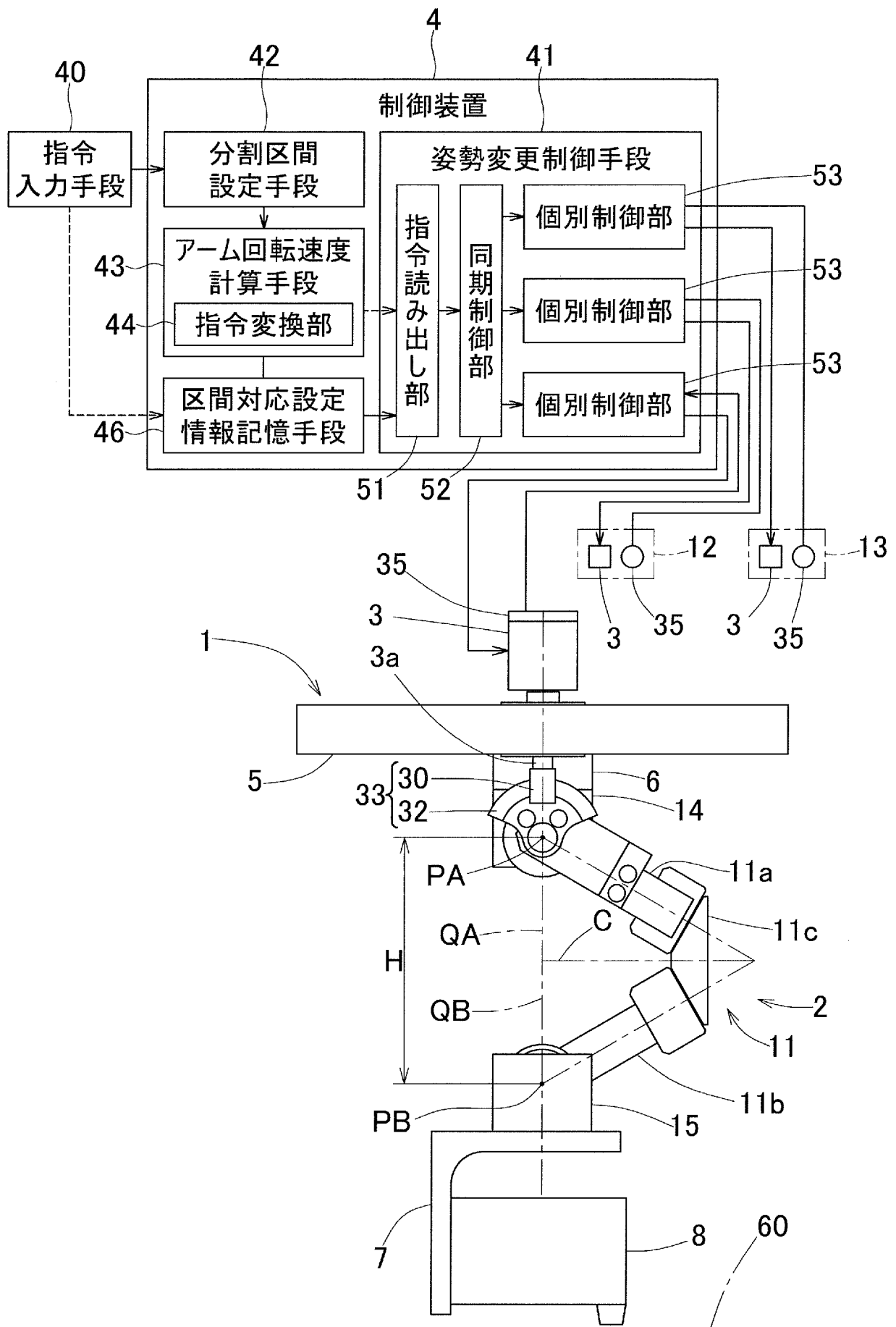
前記エンドエフェクタが作業する被作業面上の前記エンドエフェクタが移動する始点から終点までの経路を通過点で複数の区間に分割し、

指定された目標移動速度および前記各区間の距離から定まる各区間内の移動の時間と、前記各区間における前記各アームの回転角移動量とから、前記各区間における前記各アームの回転速度を計算し、

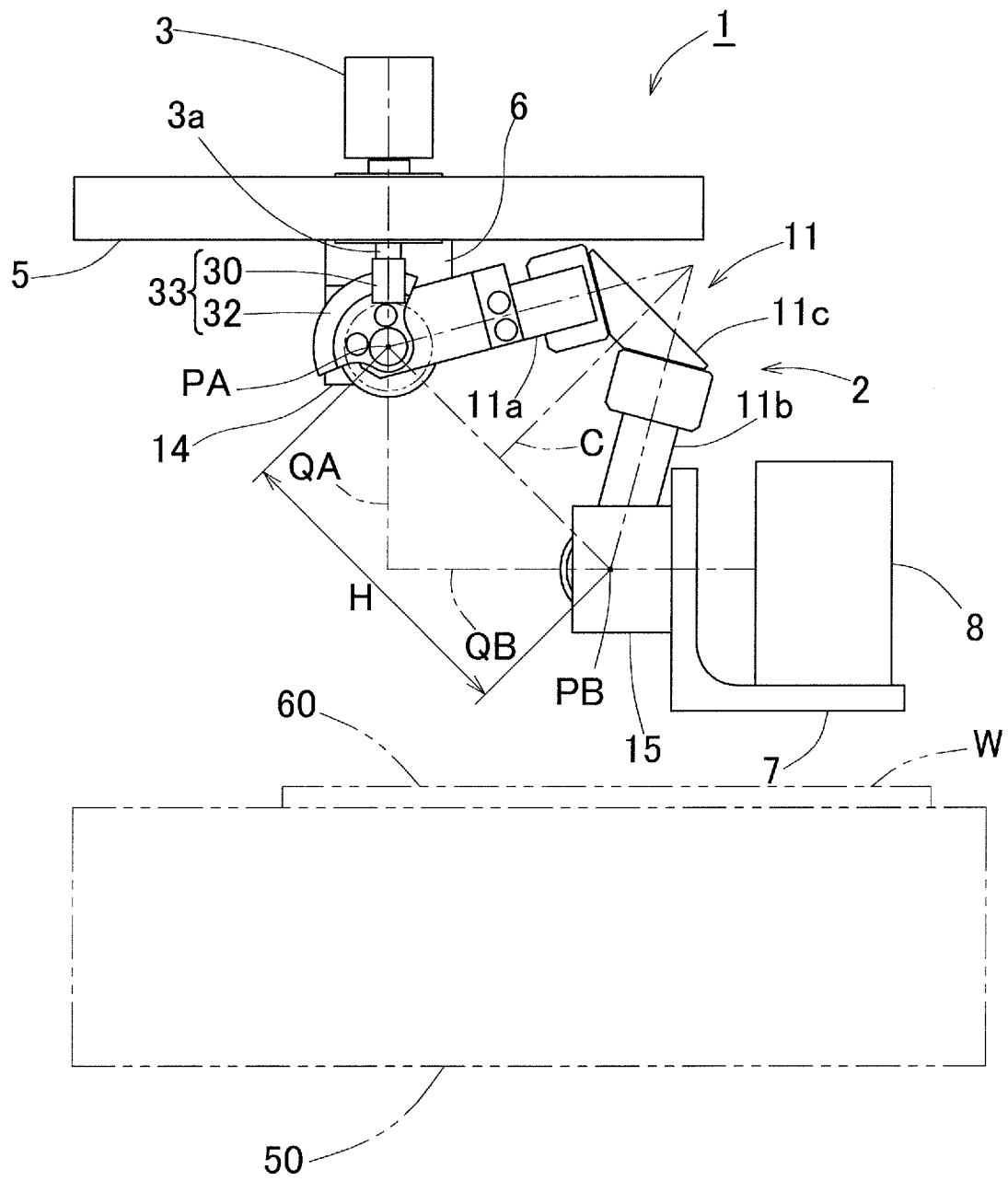
前記各区間内での前記各アームの回転速度を前記の計算された値として、前記各区間を加減速無しで連続して回転させるように前記各アクチュエータを位置決め制御することで、

前記被作業面上の分割された複数点間を始点から終点まで実質的に一定速度に動作させるリンク作動装置の制御方法。

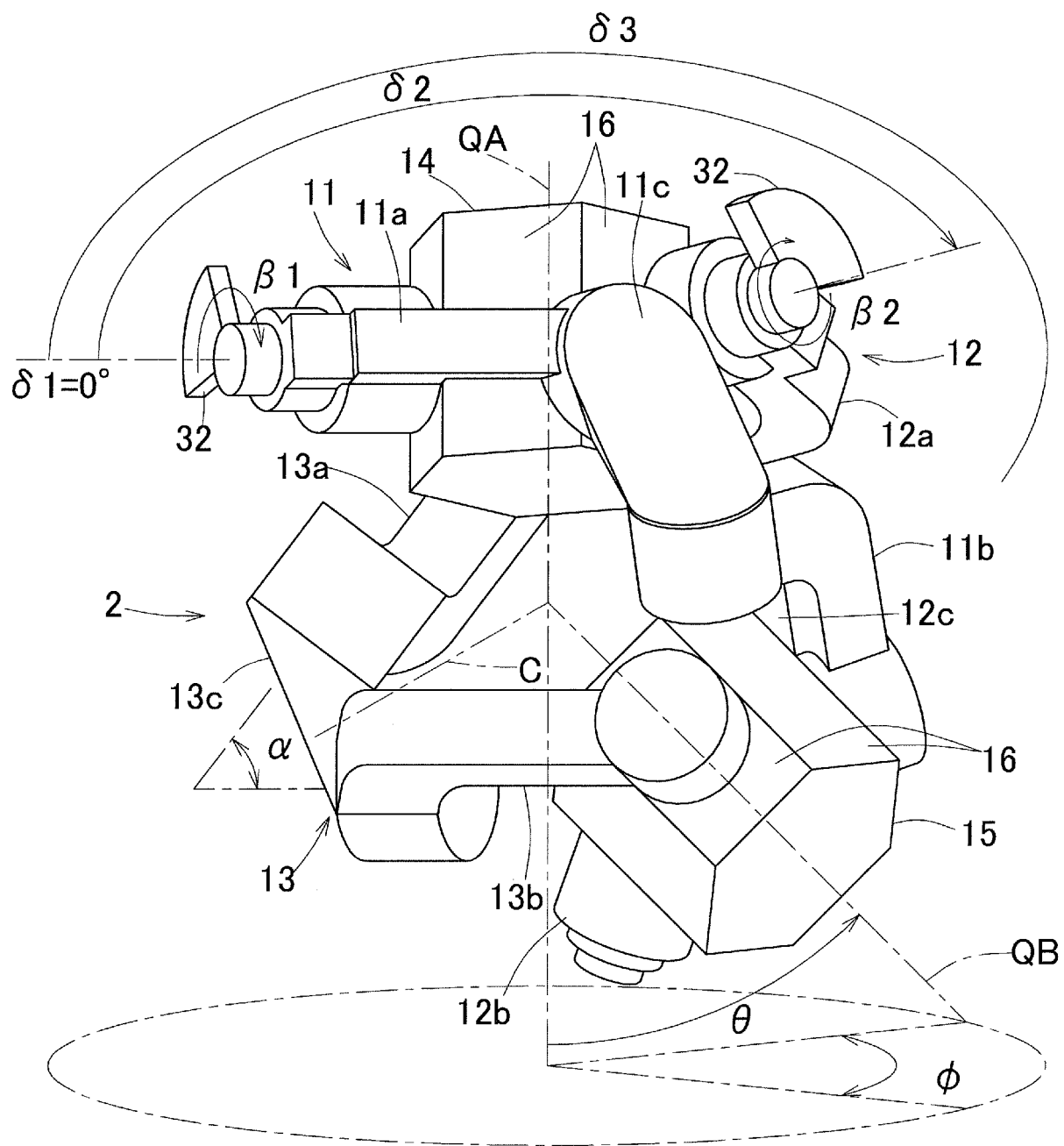
[図1]



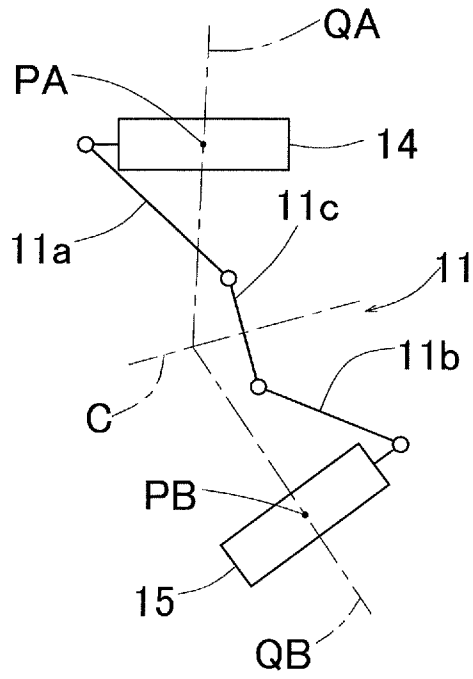
[図2]



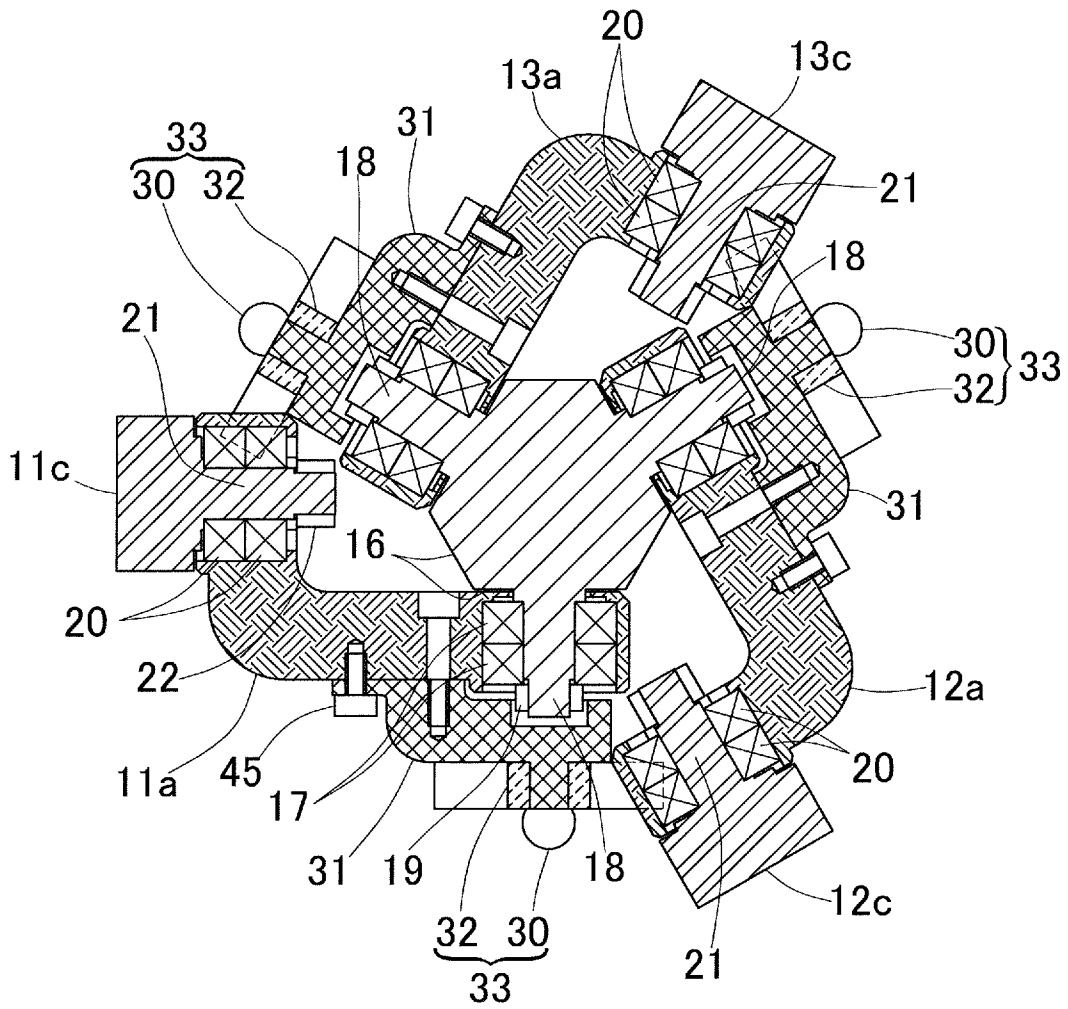
[図3]



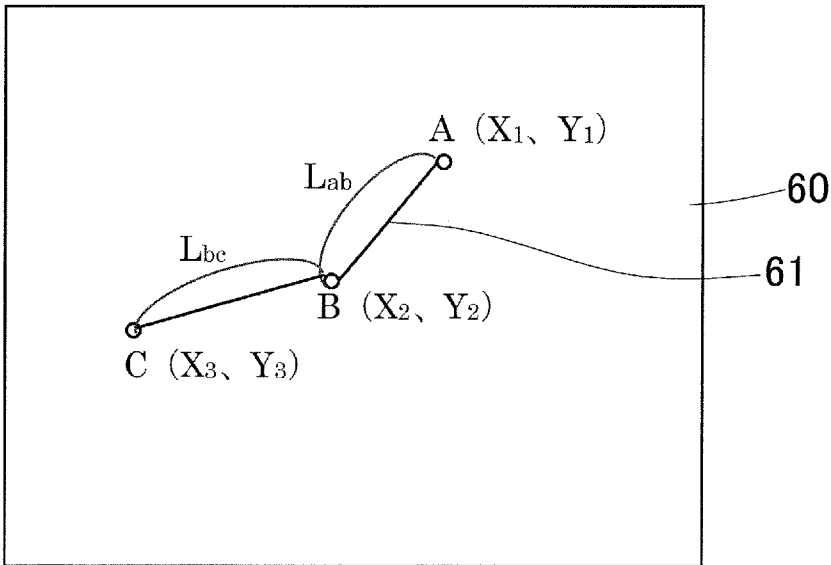
[図4]



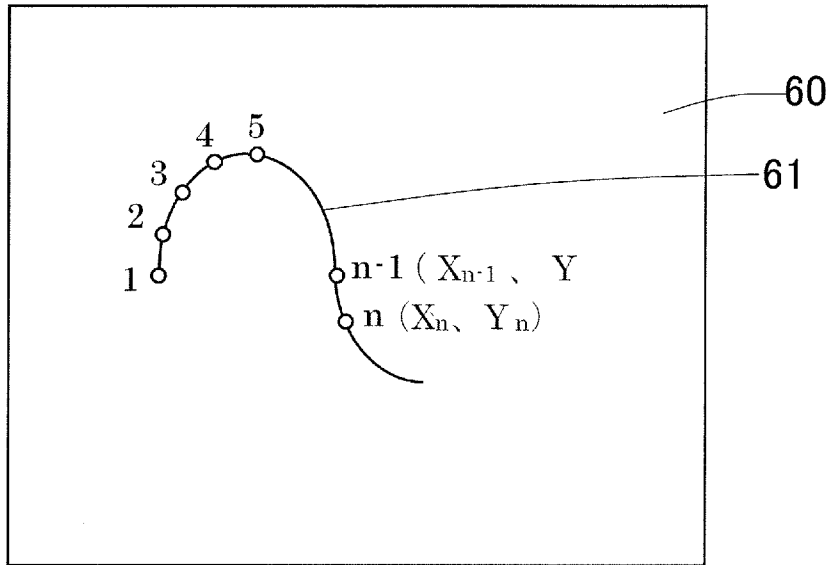
[図5]



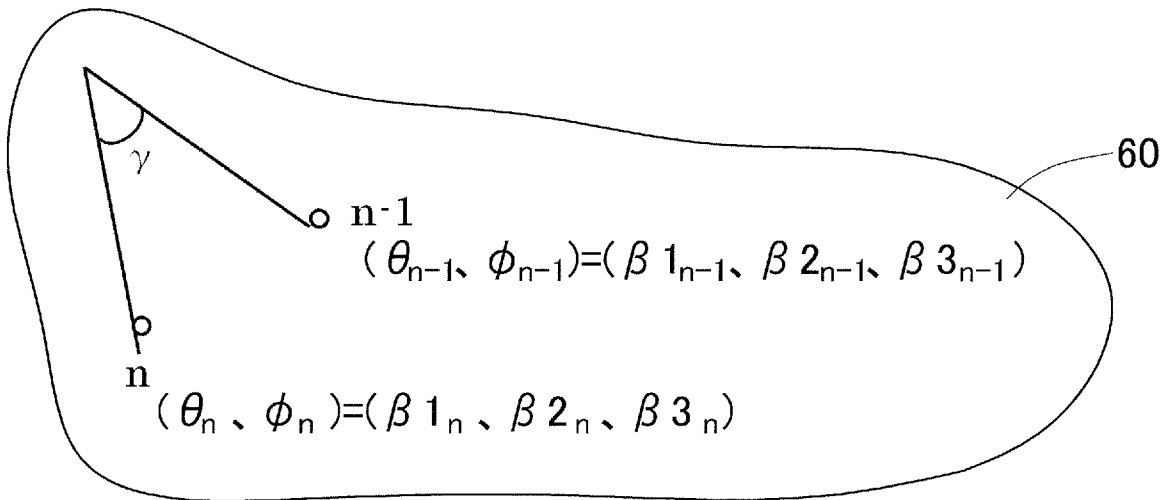
[図6]



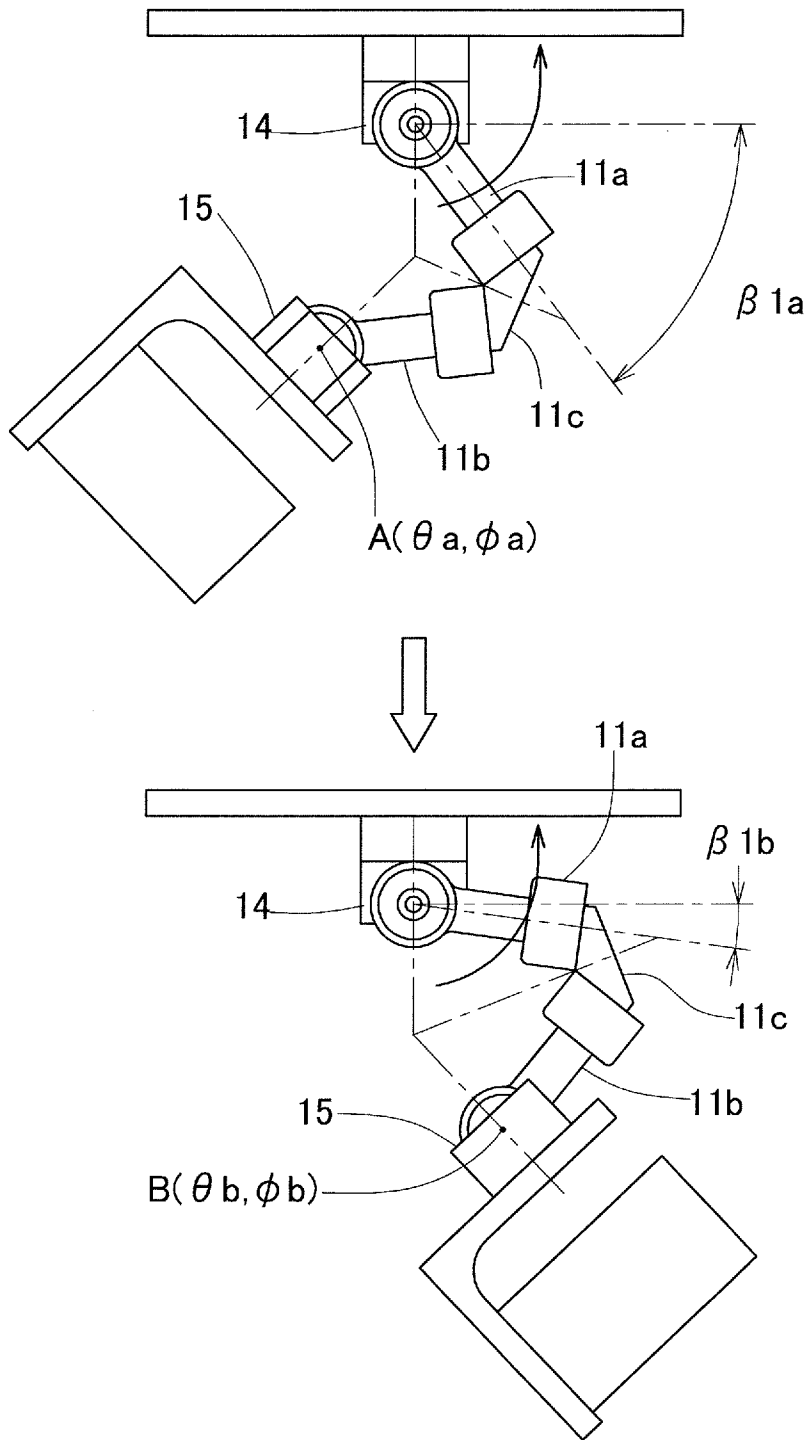
[図7]



[図8]

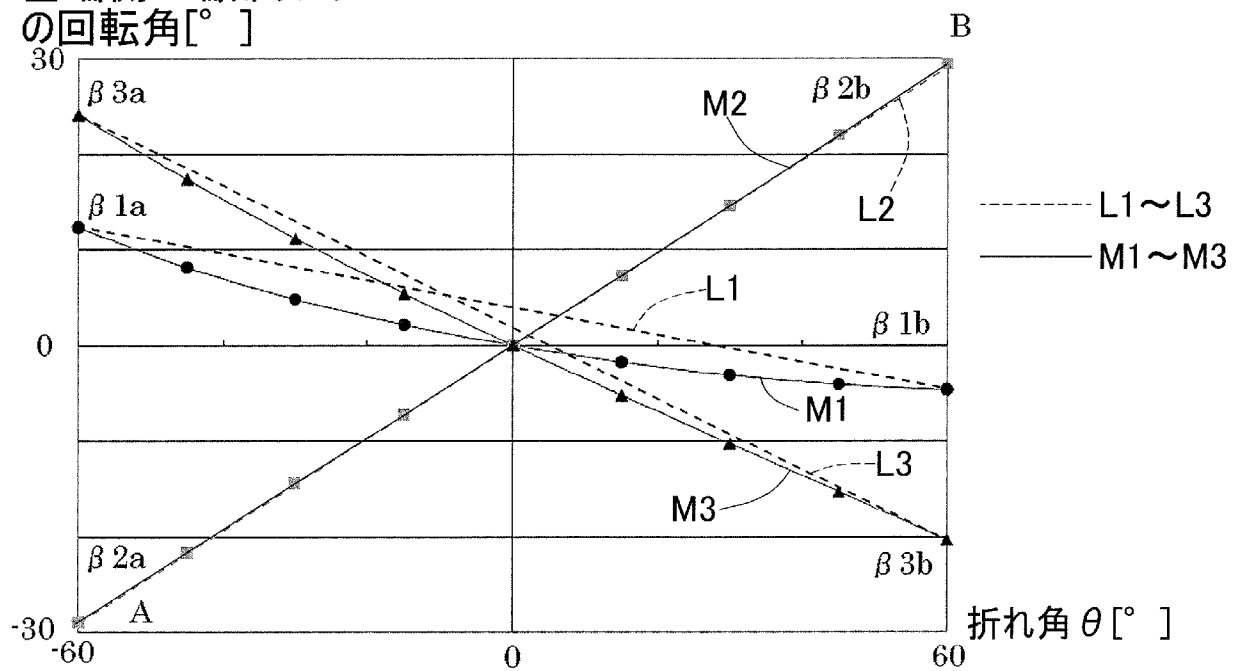


[図10]



[図11]

基端側の端部リンク
の回転角[°]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/053739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B25J9/10(2006.01)i, B23Q1/44(2006.01)i, B23Q7/04(2006.01)i, B25J11/00(2006.01)i, F16H21/54(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)
B25J9/10, B23Q1/44, B23Q7/04, B25J11/00, F16H21/54

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

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2015</i>
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2015</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2015</i>

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 2005-144627 A (NTN Corp.), 09 June 2005 (09.06.2005), entire text; all drawings & US 2005/0159075 A1	1-7
A	JP 2005-56171 A (Fanuc Ltd.), 03 March 2005 (03.03.2005), entire text; all drawings & US 2005/0033459 A1 & EP 1517205 A2	1-7
A	JP 61-168019 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 29 July 1986 (29.07.1986), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 May 2015 (07.05.15)	Date of mailing of the international search report 19 May 2015 (19.05.15)
---	--

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/JP2015/053739

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 2013-215864 A (Panasonic Corp.), 24 October 2013 (24.10.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2013-59852 A (Panasonic Corp.), 04 April 2013 (04.04.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

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, B23Q1/44(2006.01)i, B23Q7/04(2006.01)i, B25J11/00(2006.01)i, F16H21/54(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, B23Q1/44, B23Q7/04, B25J11/00, F16H21/54		
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 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 2005-144627 A（NTN株式会社）2005.06.09, 全文, 全図 & US 2005/0159075 A1	1-7
A	JP 2005-56171 A（ファナック株式会社）2005.03.03, 全文, 全図 & US 2005/0033459 A1 & EP 1517205 A2	1-7
A	JP 61-168019 A（日産自動車株式会社）1986.07.29, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	07.05.2015	国際調査報告の発送日
		19.05.2015
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） 川東 孝至 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3U 5367

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 2013-215864 A (パナソニック株式会社) 2013.10.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2013-59852 A (パナソニック株式会社) 2013.04.04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7