

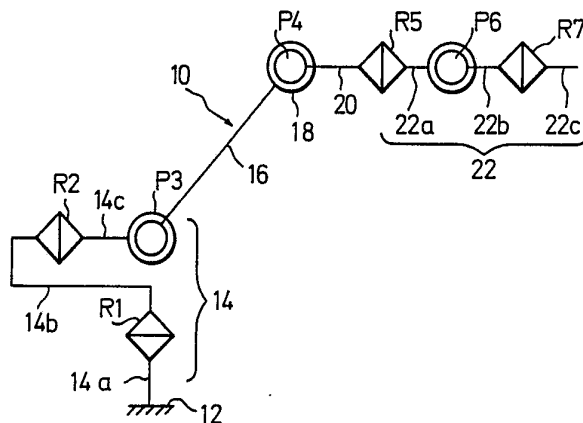


特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類 5 B25J 9/06</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO 92/18293</p> <p>(43) 国際公開日 1992年10月29日 (29. 10. 1992)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP92/00484 (22) 国際出願日 1992年4月16日 (16. 04. 92)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平3/84167 1991年4月16日 (16. 04. 91) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ファナック株式会社 (FANUC LTD) [JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 Yamanashi, (JP)</p> <p>(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 鳥居信利 (TORII, Nobutoshi) [JP/JP] 〒192 東京都八王子市高倉町65-4 芙蓉ハイッ308号 Tokyo, (JP)</p> <p>二瓶 亮 (NIHEI, Ryo) [JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3539-1 ファナックマンションハリモミ7-210 Yamanashi, (JP)</p> <p>滝澤克俊 (TAKIZAWA, Katsutoshi) [JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3533-1 ファナックマンションハリモミ10-301 Yamanashi, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 青木 朗, 外 (AOKI, Akira et al.) 〒105 東京都港区虎ノ門一丁目8番10号 静光虎ノ門ビル 青和特許法律事務所 Tokyo, (JP)</p>	<p>(81) 指定国 DE (欧州特許), IT (欧州特許), KR, SE (欧州特許), US.</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>	

(54) Title : ARTICULATED MANIPULATOR HAVING SEVEN DEGREES OF FREEDOM OF MOTION

(54) 発明の名称 7動作自由度を有した関節形マニプレータ



(57) Abstract

An articulated manipulator having seven degrees of freedom which comprises a shoulder portion (14) supported on a proximal portion (12), an upper arm portion (16) coupled to the shoulder portion, an elbow portion (18), a forearm portion (20), and a wrist portion (22), wherein the shoulder portion (14) is provided with three shoulder joints (R1, R2, P3, or P1, R2, R3), wherein the wrist portion (22) is provided with three wrist joints (R5, P6, R7; P5, R6, R7; R5, R6, P7), wherein the shoulder portion is constituted by three shoulder link elements including at least one crank-shaped link element, wherein the wrist portion (22) is also constituted by three link elements, wherein the axes (a1 to a3) of motion of the joints of at least the shoulder portion (14) intersect with each other at one point, and wherein the axes (a5 to a7) of motions of the joints of the wrist portion (22) preferably intersect with each other at one point.

(57) 要約

本発明は、基部（12）に支持された肩部（14）、同肩部（14）に接続した上腕部（16）、肘部（18）、前腕部（20）、手首部（22）を備えた7自由度関節形マニプレータで、肩部14に3つの肩関節（R1, R2, P3又はP1, R2, R3）を備え、手首部22に3つの手首関節（R5, P6, R7; P5, R6, R7; R5, R6, P7）を備え、肩部は少なくとも1つのクランク形リンク要素を含んだ3つの肩リンク要素で形成し、又手首部22も3つのリンク要素で形成し、少なくとも肩部14の関節の動作軸線（a1~a3）は一点で交差し、手首部22の関節の動作軸線（a5~a7）も好ましくは一点で交差する構成を有する。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT	オーストリア	FI	フィンランド	MN	モンゴル
AU	オーストラリア	FR	フランス	MR	モリタニア
BB	バルバドス	GA	ガボン	MW	マラウイ
BE	ベルギー	GN	ギニア	NL	オランダ
BF	ブルキナ・ファソ	GB	イギリス	NO	ノルウェー
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	PL	ポーランド
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	RO	ルーマニア
BR	ブラジル	IE	アイルランド	RU	ロシア連邦
CA	カナダ	IT	イタリア	SD	スーダン
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	SE	スウェーデン
CG	コンゴ	KP	朝鮮民主主義人民共和国	SN	セネガル
CH	スイス	KR	大韓民国	SU	ソウイェト連邦
CI	コート・ジボアール	LI	リヒテンシュタイン	TD	チャード
CM	カメルーン	LK	スリランカ	TG	トーゴ
CS	チェコスロバキア	LU	ルクセンブルグ	UA	ウクライナ
DE	ドイツ	MC	モナコ	US	米国
DK	デンマーク	MG	マダガスカル		
ES	スペイン	ML	マリ		

明細書

7 動作自由度を有した関節形マニプレータ

技術分野

本発明は、関節形マニプレータに関し、特に、マニプレータの先端に装着されたエンドエフェクタの動作点の動作性の向上を図ることが可能な7自由度関節形マニプレータに関する。

背景技術

産業用のマニプレータまたはロボットの動作機構における最先端に取付けられたエンドエフェクタの動作点を3次元空間内で任意の位置に、任意の方向で位置決めすることにより、マニプレータやロボットで加工、組立、その他の種々の所定の作業をプログラムに従って遂行させるには、マニプレータやロボットの動作自由度が6自由度であることが必要十分条件として容認され、6自由度より少ない動作自由度を有したマニプレータやロボットも特殊な専用化された用途では実用化されているが、多くの産業用マニプレータやロボットは6自由度を有する構造が近時は主流化している。

然るに、6自由度のマニプレータやロボットでは先端に具備したエンドエフェクタを空間内で或る位置と姿勢に位置決めする場合の動作機構の姿勢、つまり、アーム機構の姿勢は有限個の姿勢に限られ、一般的な多関節形の産業用ロボットやマニプレータではその数が8通り程度である。故に、6自由度マニプレータやロボットではエンドエフェクタを或る位

置で或る姿勢に位置決めする場合に、アーム機構の姿勢は、この有限個の可能な姿勢の中から1つを選択せざる得ず、依って同アーム機構が限られた姿勢をとるとき、周囲の障害物と干渉を起こすような環境では、エンドエフェクタに所望の位置で所望の姿勢に位置決めし得ない事態も発生する場合があります、逆に、周囲との干渉を完全に予め排除しておくこと、マニプレータやロボットを使用する場合の作業床面積が過大になり、作業床面積の有効利用によるロボットやマニプレータの導入を困難にする難点がある。

6動作自由度を有したマニプレータやロボットが上述した難点をなお有する点を考慮し、これらマニプレータやロボットのアーム機構と人間の腕とを対比し、後者が産業用マニプレータやロボットよりも複雑な動作を遂行する能力と器用さを具備するのは、人間の胴に結合した肩を経て手首を含む腕部位が7自由度を有していることを解明し、7自由度化したマニプレータ装置も既に提案されている（例えば、特公昭55-48956号公報）。即ち、このような7自由度を有したマニプレータやロボットのアーム機構は、最先端に装着したエンドエフェクタに障害物を回避する機能を具備させ得る点、また、マニプレータやロボット自体の動作自由度を減ずるような姿勢状態が発生するのを、7つ目の自由度を利用して回避することが可能である点、回転関節の可動範囲限界を補い、エンドエフェクタが到達可能な運動範囲を拡張できる点等の有利を備え、従って、より複雑、かつ高度なロボット作業が遂行できる。

然しながら、従来の7自由度を有したマニプレータは、上記特公昭55-48956号公報に開示されたマニプレータを始めとして多くは、図9に示すように、支持体に支持された肩部に2つの動作自由度、上腕部に1つの動作自由度、肘部に1つの動作自由度、前腕部に1つの動作自由度、手首部に2つの動作自由度を配置した構成であり、各動作自由度は関節によって形成され、同関節は、回転関節又は旋回関節によって形成されている。ここで、回転関節と旋回関節とを考察すると、前者は、マニプレータ又はロボットにおいて、アーム機構が水平な姿勢状態を基本姿勢として見做したとき、第1のリンク要素の先端に設けられた関節の先に結合された第2のリンク要素を、その第2リンク要素の中心軸線又は長手軸線のまわりに回転させることにより、その回転の効果として同リンク要素に「振り」又は「ひねり」の動作に近い回転運動をさせるための関節を回転関節と定義でき、一般的には記号で、第1リンク要素、関節R、第2リンク要素の3者間で、図10Aのように表示される。

他方、後者の旋回関節は、同じくマニプレータ又はロボットのアームが水平な姿勢状態を基本姿勢と見做したとき、第1のリンク要素の先端に設けられた関節の先に結合された第2のリンク要素が、上記関節において、当該第2リンク要素の中心軸線又は長手軸線を半径として円弧を描くように旋回することにより、その旋回の効果として第2リンク要素の先端が円弧軌跡上の種々の位置を占め得るようにする関節を旋回関節と定義でき、一般的には記号で、第1リンク要素、関

節 P、第 2 リンク要素の 3 者間で、図 10 B のように表示される。

然しながら、上述した図 9 に示された 7 自由度マニプレータの構成は、人間によって操縦されることを前提としたマスタースレーブ方式のマニプレータを意図したものであるため、主として人間による操縦時の違和感の低減を目的にして可及的に人間の腕機能を模倣した機構を実現したものである。従って、産業用途により広く採用されるティーチングレイベック方式の 7 自由度マニプレータでは無い点、及び一般にティーチングレイベック方式の 7 自由度マニプレータは動作自由度の増加に伴い、その動作制御が複雑化してしまうのを改善している点は有るにしても、なお、肩部から上腕へ掛けての動作機構が複雑化すると共に上腕部に回転関節を有するため、必然的にアーム全体の重量が大きい点等の問題点を有している。

他方、ティーチングレイベック方式の 7 自由度マニプレータやロボットでは、教示過程でアーム機構の各関節を独立に動作させて最先端に装着したエンドエフェクタを目標とする位置、姿勢に到達させる軸独立操作式の教示を実行可能であることが必須とされる。つまり、エンドエフェクタの位置、姿勢を微細に制御して所望とするマニプレータ作業を正確に遂行させるには、例えば、アーム機構の肘位置を変えた姿勢でも、エンドエフェクタの同じ位置、姿勢を実現可能できれば、3次元空間内でアーム機構と周囲の機器類とが干渉を起こすことなく、エンドエフェクタの先端位置を同一の位

置、姿勢に位置決め可能になる等の理由から必須の要件とされ、従って上記軸独立操作式の教示を可能にする構成が不可欠となる。

発明の開示

依って、本発明の目的は、産業用途に広く適用可能なティーチングプレイバック式のマニプレータ又はロボットを提供せんとするものである。

本発明の他の目的は、人間の腕のように器用で複雑な動きを実現可能であると共に比較的簡単な構造を有し、かつアーム部（上腕＋前腕）の重量増加を回避可能な7自由度関節形マニプレータを提供せんとするものである。

本発明の更に他の目的は、制御方法の複雑化を避け得ると共にアーム機構の各回転及び旋回関節を独立に操作して所望の作業位置、姿勢をエンドエフェクタに教示可能な構成を有した7自由度関節形マニプレータを提供せんとするものである。

本発明は、上述の発明の目的に鑑みて、基部に支持された肩部、該肩部に接続した上腕部、肘部、前腕部、手首部を備えた7自由度関節形マニプレータにおいて、

前記肩部は前記基部と前記上腕部との間に3つの肩リンク要素と該各肩リンク要素の先端に結合された3つの肩関節とを具備し、

前記肘部に前記上腕を形成する上腕リンク要素と前記前腕を形成する前腕リンク要素とを結合する肘関節を具備し、

前記手首部は前記前腕リンク要素の先端に結合される3つ

の手首リンク要素と各手首リンク要素の後端に結合された3つの手首関節とを具備し、かつ

前記肩部の前記3つの肩リンク要素における少なくとも1つのリンク要素がクランク形リンク要素に形成されることにより、前記3つの肩関節がそれらの関節軸線を前記上腕に結合する肩関節の軸線上の1点で交差する配置で設けられている7自由度関節形マニプレータを提供せんとするものである。

本発明は、又、基部に支持された肩部、該肩部に接続した上腕部、肘部、前腕部、手首部を備えた7自由度関節形マニプレータにおいて、

前記肩部は前記基部と前記上腕部との間に3つの肩リンク要素と該各肩リンク要素の先端に結合された3つの肩関節とを具備し、

前記肘部に前記上腕を形成する上腕リンク要素と前記前腕を形成する前腕リンク要素とを結合する肘関節を具備し、

前記手首部は前記前腕リンク要素の先端に結合される3つの手首リンク要素と各手首リンク要素の後端に結合された3つの手首関節とを具備し、かつ

前記肩部の前記3つの肩リンク要素における少なくとも1つのリンク要素がクランク形リンク要素に形成されることにより、前記3つの肩関節がそれらの関節軸線を前記基部に結合した肩リンク要素の先端に設けられた肩関節の軸線上の1点で交差する配置で設けられている7自由度関節形マニプレータを提供するものである。

なお、上記の2つの7自由度関節形マニプレータの各構成

において、3つの手首関節も、その1つの関節の軸線上の1点で3者の軸線が交差する構成を有することが好ましい。

図面の簡単な説明

本発明の上記及び他の目的、特徴、利点は以下に添付図面を参照して説明する実施例の記載から、より明瞭になるであろう。添付図において、

図1は、本発明による7自由度関節形マニプレータを構成する肩部から手首部までのリンク要素と関節の基本的構成、配置を2次元的に示す機構図、

図2は、図1に示すマニプレータの構成を3次元で示す機構斜視図、

図3は、図1、図2に示した本発明に係る7動作自由度を有したマニプレータの肩部に就いて、各関節における駆動手段を有した具体的構成を示す斜視図、

図4は、図1に示すマニプレータを軸独立操作方式で作動させることにより、手首の1点を不動のまま、肘部の位置を変動させ得ることから、軸独立操作式の教示を実行し得ることを説明した斜視図、

図5Aは、図1に示した7動作自由度を有したマニプレータの機構の1変形例を示した図1と同様の機構図、

図5Bは、図1に示した7動作自由度を有したマニプレータの機構の他の1変形例を示した図1と同様の機構図、

図5Cは、図1に示した7動作自由度を有したマニプレータの機構の更に他の1変形例を示した図1と同様の機構図、

図5Dは、図1に示した7動作自由度を有したマニプレー

タの機構の変形別例を示した図1と同様の機構図、

図6Aは、本発明の他の実施例を示した図1と同様の機構図、

図6Bは、図6Aの変形例の機構図、

図6Cは、図6Aの他の変形例の機構図、

図6Dは、図6Aの更に他の変形例の機構図、

図6Eは、図6Aの更に他の変形例の機構図、

図6Fは、図6Aの更に他の変形例の機構図、

図7は、図4に示したマニプレータにおける軸独立操作式教示を実行し得ることの説明を助勢するための斜視図で、特に手首部の関節の交点を定位置に固定したときの肘部の動きの軌跡を示した説明図、

図8は、同じく、図4に示したマニプレータにおける軸独立操作式教示を実行し得ることの説明を助勢する斜視図で、手首部の関節の交点を動かさずに肘部の位置の異なる姿勢を教示する場合の手先の軌跡を示した説明図、

図9は、従来の技術による7動作自由度を有した関節形マニプレータの構成を示した機構図、

図10Aは、マニプレータの回転関節の表示方法を示した説明図、また、

図10Bは、マニプレータの旋回関節の表示方法を示した説明図。

発明を実施するための最良の態様

先ず、図1、図2を参照すると、本発明に係る7自由度関節形マニプレータは、固定基部12によって支持されたアー

ム機構 10 として形成され、同アーム機構 10 は肩部 14、上腕部 16、肘部 18、前腕部 20、手首部 22 を具備し、これらの各部から成るアーム機構 10 が回転関節 R 又は旋回関節 P から成る 7 つの関節を備えて構成されている。

上記肩部 14 は固定基部 12 に直接、支持された第 1 の肩リンク要素 14 a、第 1 の肩関節 R 1、第 2 の肩リンク要素 14 b、第 2 の肩関節 R 2、第 3 の肩リンク要素 14 c、第 3 の肩関節 P 3 を備えている。このとき、第 2 の肩リンク要素 14 b はクランク形のリンク要素として第 1、第 2 の肩関節 R 1、R 2 の間に配置され、この結果、肩部 14 の 3 つの肩関節 R 1、R 2、P 3 の各動作軸線 a 1、a 2、a 3 は図 2 に明示するように、相互に直交関係を有すると共に第 3 の肩関節 P 3 の動作軸線 a 3 上における一点 O s で交差している。つまり、3 つの動作軸線が上記一点 O s を原点とした直交座標軸を形成するので、これら 3 つの動作軸線 a 1 ~ a 3 回りの回転又は旋回動作の制御演算を簡易化している。

また、上記の第 3 の肩関節 P 3 に枢着されて動作軸線 a 3 の回りに旋回可能な上腕部 16 と前腕部 20 とは肘部 18 に設けた関節 P 4 を介して相互に枢動可能に結合されている。すなわち、肘部 18 の肘関節 P 4 の動作軸線 a 4 を中心として上腕部 16、前腕部 20 間に相対的な旋回動作が行なわれると、上腕部 16、前腕部 20 間の挟み角を広狭制御される構成になっている。

更に、手首部 22 は、上記の前腕部 20 の先端との結合部に設けられた第 1 の手首関節 R 5、第 1 の手首リンク要素 2

2 a、第2の手首関節 P 6、第2の手首リンク要素 2 2 b、第3の手首関節 R 7、第3の手首リンク要素 2 2 cを具備して構成され、第3の手首リンク要素 2 2 cは図示されていないエンドエフェクタの装着端を形成している。しかも、この手首部 2 2 においても、第1～第3の手首関節 R 5、P 6、R 7の動作軸線 a 5～a 7は、本例では第2の手首関節 P 6の動作軸線 a 6上における一点 O wで交差する構成を有している。このように、3つの関節 R 5、P 6、R 7の動作軸線 a 5～a 7が一点で交差する構成により、この一点 O wを基準点として3軸回りの回転及び旋回動作が定義できるので、手首部 2 2の動作制御の演算も複雑化することがないのである。なお、動作軸線 a 5と肘部 1 8の関節 P 4の動作軸線 a 4とは同動作軸線 a 4上で交差した構成を有している。

上述の構成によれば、アーム機構 1 0が7つの関節 R 1～R 7において旋回又は回転動作の自由度を有し、しかも、肩部 1 4及び手首部 2 2における夫々の3つの関節が何れも1点 O s及び O wで交差する構成を有するから、アーム機構 1 0の機能は人間の肩から手首に到る腕の機能に近い動作機能を発揮可能となり、依って、従来の5ないし6自由度のマニプレータやロボットのアーム機構に比較して自由度における冗長性（リダンダンシイ）が増加され、手首部 2 2の先端に装着したエンドエフェクタを3次元空間で位置及び姿勢の制御を行なうときに、障害物を迂回して回避したり、障害物の裏側に回り込んだ位置に位置決めする機能を発揮することができるのである。

さて、上述した本発明の実施例による7自由度関節形マニプレータにおける肩部14が、肩関節R1、R2、P3において回転又は旋回動作するための駆動源を有した場合の具体的な構成が図3に示されている。

図3によれば、第1の肩関節R1の駆動源は動作軸線a1を回転中心とした減速機構付きの駆動モータM1によって形成され、この駆動モータM1自体が第1の肩関節を構成すると共に同モータM1の静止した外側ハウジングが第1の肩リンク要素14aと等価な要素を形成し、同駆動モータM1の出力軸（図示に現れず）及び同出力軸に結合したL字形構造部を有するクランク形のリンク要素34が第2の肩リンク要素14bを形成している。そして、第2の肩関節R2を形成すると共に軸線a2回りの回転を駆動する減速機付き駆動モータM2が、上記のクランク形リンク要素34の端部に設けられ、第2の肩関節R2の駆動源を形成している。更に、第2の駆動モータM2の出力軸36が肩部14における第3のリンク要素14cを形成し、この第3のリンク要素14cを形成する第2の駆動モータM2の出力軸36が、第3の肩関節P3における軸線a3回りの旋回駆動源を形成する減速機付き駆動モータM3の外側ハウジングにブラケット38を介して結合されている。そして、第3の肩関節P3を形成する駆動モータM3の出力軸に直結した円筒要素40に上腕16を形成する棒状部材42が結合された構成を有している。

上述した図3に示す具体的な肩部14の実施例でも、既述のように、肩部14における3つの肩関節R1～P3の動作

軸線 $a_1 \sim a_3$ がクランク形リンク要素 34 とブラケット 38 とを設けたことにより、動作軸線の直交々点が第 3 の肩関節 P_3 の動作軸線上の 1 点 O_s で交差する (O_s : 3 つの肩関節の動作軸線の交点) 構成が実現されているのである。

次に図 4 は、図 1 に示した本発明の実施例による 7 自由度関節形マニプレータにおけるアーム機構 10 において、肩部 14 と手首部 22 とが夫々 3 つの関節 R_1 、 R_2 、 P_3 と R_5 、 P_6 、 R_7 とを備え、肘部 18 に 1 つの関節 P_4 を備えた構成としたことにより、手首部 22 の動作軸線 $a_5 \sim a_7$ の交差点 O_w (O_w : 手首部 22 の 3 つの関節の動作軸線の交点) を一定点に維持しながら、肘部 18 の関節 P_4 を異なる位置へ変位させることが可能であることを説明している。すなわち、図 4 において、先ず、肘部 18 の関節 P_4 における一点 O_e (上腕部 16 と前腕部 20 との枢着結合点であり、かつ、肘部 18 の関節 P_4 の中心軸線 a_4 と手首部 22 の第 1 関節 R_5 の中心軸 a_5 の交点) が点線図示位置にあり、このとき、手首部 22 の交点 O_w が図示の位置にあるものと仮定する。次に、肩部 14 における第 2 の肩関節 R_2 において回転動作を駆動した場合を想定する。この結果、アーム機構 10 における第 2 肩関節 R_2 から先端側の機構は動作軸線 a_2 を中心として回転されるから、第 3 肩関節 P_3 の動作軸線 a_3 は a_3' へ移動し、肘部 18 の点 O_e を有した関節 P_4 は実線で示された位置へ変位する。つまり、点 O_e は点 O_e' へ移動する。この結果からは、手首部 22 の点 O_w も点 O_w' へ移動するが、次いで肩部 14 の第 1、第 3 の肩関節

R 1、P 3における回転と旋回を駆動すると、手首部 2 2 の点 O_w' を再び点 O_w の位置に復帰させることが可能になる。つまり、手首部 2 2 の点 O_w を不動に維持したままで、肘部 1 8 の点 O_e は異なる 2 位置を取ることが可能であることが理解できる。

すなわち、図 7 を参照すると、同図は手首部 2 2 の点 O_w を定位置に固定して見た場合の肘部 1 8 の動作の軌跡を示しており、この図から肘部 1 8 の点 O_e は、各関節における実際の可動角度範囲を考慮外とするなら、軌跡円 C_e 上の任意の位置を取り得ることを示している。肩部 1 4 の点 O_s と肘部 1 8 の点 O_e との間の距離を L_1 、肘部 1 8 の点 O_e と手首部 2 2 の点 O_w との間の距離を L_2 で示すと、 L_1 および L_2 の長さは常に一定であるから、点 O_e は点 O_s からの距離が L_1 、かつ点 O_w からの距離が L_2 の点であり、故に肘部 1 8 の点 O_e の位置は肩点 O_s を中心とする半径 L_1 の球と手首部 2 2 の点 O_w を中心とする半径 L_2 の球の交線である円周 C_e 上に限られる。

更に、本実施例によるマニプレータは、既述の如く、肩部 1 4 に独立した 3 つの関節を備えているため、肘部の点 O_e をこの円周 C_e 上の任意の点に位置決めすると同時に、肘関節 P 4 の動作軸線 a_4 の方向を点 O_e におけるこの円周 C_e の接線方向に向けることが可能である。これにより、手首部 2 2 の点 O_w を一定位置にした状態で点 O_s と O_w を結ぶ直線に垂直な円周 C_e 上の任意の位置に肘部 1 8 の点 O_e を動かすことが可能となる。換言すれば、従来の 6 自由度のマニ

プレータまたは産業用ロボットでは、肩部に2つの関節しか備えていないため、肘部を位置決めすると、肘関節の動作軸線方向は一義的に決まってしまう、手首部の中心点の位置を固定した状態で肘点を動かすことはできないという不利が有るのである。

ここで、更に、図4と図8とを参照して手首部22の点Owを一定位置にして肘部18の点Oeに異なる姿勢を教示する作用に就いて以下に簡単に説明する。

先ず、手先部分を一定位置に固定して肘部18を移動させる場合、肘部18の位置が変化しても、肩部14の点Osと手首部22の点Ow間の距離、即ち、距離(Os - Ow)は不変であるから、この移動に際して肘部18の関節P4の関節角度は変化しない。また、手首部22の3つの関節R5, P6, R7はその点Owの位置変化に寄与しないので、結局、同点Owを一定位置に固定して肘部18を移動させる動作は肩部14の3つの関節R1, R2, P3の関節角度を変化させることで実現できる。

肘部18の関節P4を動かすことなく肩部14の3つの関節R1, R2, P3だけを動かすと、手首部22の点Owは、肩部14の点Osを中心とし、半径がOs - Owの球面上を動く。この球面を今、図8に示す如くSと表す。空間内のある位置に手首部22の点Owを位置決めした後、独立制御で点Owの位置が同一で肘部18の位置が異なる姿勢をマンプレータまたはロボットに教示するには、この最初に位置決めした姿勢から肩部14の3つの関節R1, R2, P3だけ

を適当に動作させ、手首部 2 2 の点 O_w が元の位置と同じになるような姿勢を実現すればよい。

ここでは、最初の位置決め姿勢を基に肩部 1 4 の関節において $R_2 \rightarrow P_3 \rightarrow R_1$ の順番で各動作軸を動かし、手首部 2 2 の点 O_w が同一で、肘部 1 8 の点 O_e の位置が異なる姿勢をロボットに教示する手順を説明する。なお、手先の位置を動かさずに、肘位置を変えるための肩部 1 4 の 3 つの関節 R_1 , R_2 , P_3 を動かす順番は、上記の順番 $R_2 \rightarrow P_3 \rightarrow R_1$ に限ったものではなく、どのような順番でも可能である。しかし、上記順番がロボットの先端およびアーム部の動きを直感的に理解し易いと思われるため、上記の順番 $R_2 \rightarrow P_3 \rightarrow R_1$ で教示操作する場合に就いて説明する。

まず、最初の状態では、肘部 1 8、手首部 2 2 は、図 4 の破線で示す点 O_w , O_e の位置にあるとする。肩部 1 4 の 3 つの関節を $R_2 \rightarrow P_3 \rightarrow R_1$ の順番で動かし、肘部 1 8 の点 O_e に就いて異なる姿勢を教示するには、まず、肩部 1 4 の第 2 の関節 R_2 を適当に動かして上腕 1 6、前腕 2 0 により構成されるアーム部を傾け、肘位置を変えた後、残りの肩部 1 4 の第 1 関節 R_1 と第 3 関節 P_3 を適切に動かし、手先位置を元の点 O_w に一致させればよい。

ここで、肩部 1 4 の第 2 関節 R_2 を動かすと、肩部 1 4 より先の部分（上腕 1 6、前腕 2 0、手首部 2 2）は、動作軸線 a_2 の軸を中心として回転し、手首部の点は、 O_w から O_w' に移動する。このとき、手首部 2 2 の点 O_w は前述の球面 S 上の円弧 C_2 上を動く。また、肩部 1 4 の第 3 関節 P_3

の動作軸線 a_3 の方向は軸線 a_3' の方向に変わる。

次に、この状態から肩部 14 の第 3 関節 P_3 を動かすと、手首部 22 の点は、球面 S 上の円弧 C_3 に沿って変位する。ここで、円弧 C_3 は、点 O_s を中心として半径 $O_s - O_w$ の球面 S と動作軸線 a_3' に垂直で点 O_s を通る平面との交線である。肩部 14 の第 3 関節 P_3 を適当な角度だけ動かして手首部 22 の点が図 4 の点 O_w'' になるように動かす。ただし、点 O_w'' は円弧 C_3 上で、かつ、固定基部 12 から動作軸線 a_1 の方向に沿って測った高さが元の点 O_w と同じであるような点である。

最後に、肩部 14 の第 1 関節 R_1 だけを動かし、手首部 22 の点を動作軸線 a_1 に垂直な平面上の円弧 C_1 に沿って元の点 O_w に手首部 22 の点の位置が一致するまで同関節 R_1 を動かす。なお、図 8 は上記の順番で肩部 14 の 3 つの関節 R_1 、 R_2 、 P_3 を動かしたときの手首の関節の交点の動きを示した図である。以上の実施例の説明を介して理解できるように、本発明に依る 7 動作自由度を有した関節形マニピレータの構成から、肩部 14 の 3 つの肩関節 R_1 、 R_2 、 P_3 を駆動することにより、手首部 22 に装着されたエンドエフェクタを所定の位置と姿勢に位置決めするとき、肘部 18 は異なる 2 つの位置を取り得るので、片方の肘位置に何らかの障害物が存在したときでも、別の肘位置を介して手首先端位置を所望の位置と姿勢状態に到達させることが可能になり、アーム機構 10 の動作性の向上が達成できることになるのである。

図 5 A ~ 図 5 E は、本発明による 7 動作自由度を有した関節形マニプレータの図 1 に示した実施例の機構に対する変形実施例を示したものである。すなわち、図 5 A から図 5 E までの変形実施例でも、固定基部 1 2 に対して肩部 1 4 の構成は図 1 の構成と全く同様である。然しながら、図 5 A の実施例は手首部 2 2 が第 1 の手首関節を旋回関節 P 5 として形成し、第 2、第 3 の手首関節は回転関節 R 6、R 7 に形成したものである。そして、手首部 1 4 の第 2 手首リンク要素 2 2 b がクランク形リンク要素として形成されている実施例である。この場合には、手首部 2 2 の動作軸線 a 5 ~ a 7 は第 1 の手首関節 P 5 の動作軸線 a 5 上の一点で交差している。

図 5 B に示した変形例は、同じく、手首部 2 2 の構成が異なり、第 1、第 2 の手首関節を回転関節 R 5、R 6 として形成し、第 3 の手首関節を旋回関節 P 7 として形成したものである。そして、第 1 の手首リンク要素 2 2 a がクランク形リンク要素を形成している。

図 5 C は、肘部 1 8 を回転関節 R 4 で形成し、手首部 1 4 の関節構成は、第 1、第 3 の手首関節を回転関節 R 5、R 7 に形成し、第 2 手首関節を旋回関節 P 6 で形成したものである。本例では、上腕 1 6 と前腕 2 0 とがクランク形リンク要素をなしている。勿論、手首部 2 2 の関節の動作軸線 a 5 ~ a 7 は一点（第 2 の関節 P 6 の動作軸線上）で交差する構成を有している。

図 5 D 及び図 5 E の変形例は、肘部 1 8 の関節は上記の図 5 C の実施例と同様であるが、手首部 2 2 の構成は、前者が

図 5 A の構成、後者が図 5 B の構成と同様な構成とした例である。そして、これらの各変形実施例も図 1 に示した実施例による 7 動作自由度を有した関節形マニプレータと同様な作用、効果を有することは言うまでもない。

図 6 A ~ 図 6 F は本発明による 7 動作自由度関節形マニプレータのアーム機構 10 における他の実施例を示している。

すなわち、これらの図 6 A ~ E に示した実施例では、肩部 14 において、第 3 の肩リンク要素 14 c がクランク形リンク要素として形成され、固定基部 12 側から見て第 1 の肩関節が旋回関節 P 1 で形成され、第 2、第 3 の肩関節が回転関節 R 2、R 3 で形成されており、これらの 3 つの肩関節の各動作軸線 a 1 ~ a 3 は第 1 の肩関節 P 1 の動作軸線上における一点で交差している実施例である。そして、第 3 の肩関節 R 3 から先端側の上腕部、肘部、前腕部、手首部等の構成は図 6 A のマニプレータは、図 1 のマニプレータと同様の構成を有している。

更に、図 6 B ~ 図 6 F の各変形実施例における上腕部から先の構成は、上述した図 5 A ~ 図 5 E で示した各構成に各対応している。この図 6 の実施例に係るマニプレータでも、7 つの動作自由度は肩部 14 に 3 つの関節を有し、肘部 18 に 1 つの関節を有し、手首部 22 に 3 つの関節を有する点で図 1 及び図 5 に示した実施例と基本的に同様な作用、効果を奏することができることは言うまでもない。

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、7 動作自由度を有した関節形マニプレータが固定基部に直結して支

持された肩部、この肩部に順次に結合した上腕、肘部、前腕、手首部を有したアーム機構として形成され、肩部に3つの関節を有し、肘部に1つの関節を有し、手首部に3つの関節を有した構成とし、肩部及び手首部の夫々3つの関節の少なくとも前者の肩部の動作軸線は必須的に一点で交差する構成とし、好ましくは肩部及び手首部の両者の動作軸線が一点で交差する構成としたから、交差点を基準点とした動作機構の制御演算を簡単化することが可能であり、しかも、7自由度の構成から手首部に装着されるエンドエフェクタを途中の障害物を回避して所定の位置、姿勢に位置決めする動作を教示させることが可能であり、又、障害物の裏側の位置に位置決めする動作を実現することも可能となる効果を得られる。この結果、マニプレータを作業現場でティーチングプレイバック式に用いる場合にも、周囲環境に存在する障害物を回避して所望のマニプレータ作業又はロボット作業をあたかも人間の腕を用いる場合のように器用に遂行できるのである。つまり、マニプレータにおける手先到達範囲を従来の6自由度マニプレータやロボット等に比較して拡張することができるのである。

また、本発明の7動作自由度を有したマニプレータでは肩部に3つの関節を配設する構成のために、上腕部、肘、前腕の領域では1つの関節で済み、機構の簡略化と共にアーム機構の重量低減を達成できるので、延いては、アーム機構の制御性の向上を得ることもできるのである。

更に、手首部の一点を固定位置に維持したまま肘部の位置

を2以上に変動させることが可能であることから、ティーチング過程で、途中に障害物を見出したときは、肘部だけを変位させて手首に装着したエンドエフェクタには同じマニピレータ作業を遂行させ得る利点も有る。このことは、手首先端のエンドエフェクタの位置は、肩部と肘部とに設けられた4つの関節を用いて決定でき、エンドエフェクタの姿勢は手首部に設けた3つの関節を利用して同一位置で姿勢だけを変更させることも可能であり、従って、エンドエフェクタの位置制御と姿勢制御とを分離して遂行でき、夫々の関節を独立に制御してエンドエフェクタを所望の位置、姿勢に制御できるから、エンドエフェクタの動作を作業者が容易に把握して適正な制御を達成できるのである。

以上、本発明の好ましい実施例に就いて記載したが、本発明は、請求の範囲に記載された技術思想の範囲を逸脱することなく、当業者なら容易に推考可能な変形例、変更例を包含するものであることは言うまでもない。

請求の範囲

1. 基部に支持された肩部、該肩部に接続した上腕部、肘部、前腕部、手首部を備えた7自由度関節形マニプレータにおいて、

前記肩部は、前記基部と前記上腕部との間に3つの肩リンク要素と該各肩リンク要素の先端に結合された3つの肩関節とを具備し、

前記肘部は、前記上腕を形成する上腕リンク要素と前記前腕を形成する前腕リンク要素とを結合する肘関節を具備し、

前記手首部は、前記前腕リンク要素の先端に結合される3つの手首リンク要素と各手首リンク要素の後端に結合された3つの手首関節とを具備し、かつ

前記肩部の前記3つの肩リンク要素における少なくとも1つのリンク要素がクランク形リンク要素に形成されることにより、前記3つの肩関節がそれらの関節軸線を前記上腕に結合する肩関節の軸線上の1点で交差する配置で設けられていることを特徴とした7動作自由度を有した関節形マニプレータ。

2. 前記肩部における前記3つの肩リンク要素における前記基部側から見て第2、第3番目の両肩リンク要素が前記クランク形リンク要素として形成され、前記3つの肩関節は該基部側から回転関節、回転関節、旋回関節の順序で配置されている請求項1に記載の7動作自由度を有した関節形マニ

プレート。

3. 前記手首部の3つの手首関節がそれらの関節軸線を、該3つの手首関節の何れか1つの関節の軸線上の1点で交差する配置で設けられていることを特徴とした請求項1に記載の7動作自由度を有した関節形マニプレータ。

4. 基部に支持された肩部、該肩部に接続した上腕部、肘部、前腕部、手首部を備えた7動作自由度を有した関節形マニプレータにおいて、

前記肩部は前記基部と前記上腕部との間に3つの肩リンク要素と該各肩リンク要素の先端に結合された3つの肩関節とを具備し、

前記肘部に前記上腕を形成する上腕リンク要素と前記前腕を形成する前腕リンク要素とを結合する肘関節を具備し、

前記手首部は前記前腕リンク要素の先端に結合される3つの手首リンク要素と各手首リンク要素の後端に結合された3つの手首関節とを具備し、かつ

前記肩部の前記3つの肩リンク要素における少なくとも1つのリンク要素がクランク形リンク要素に形成されることにより、前記3つの肩関節がそれらの関節軸線を前記基部に結合した肩リンク要素の先端に設けられた肩関節の軸線上の1点で交差する配置で設けられていることを特徴とした7動作自由度を有した関節形マニプレータ。

5. 前記肩部における前記3つの肩リンク要素における前記基部側から見て第2、第3番目の肩リンク要素が前記クランク形リンク要素として形成され、前記3つの肩関節は該

基部側から旋回関節、回転関節、回転関節の順序で配置されている請求項4に記載の7自由度関節形マニプレータ。

6. 前記手首部の3つの手首関節がそれらの関節軸線を、該3つの手首関節の何れか1つの関節の軸線上の1点で交差する配置で設けられていることを特徴とした請求項4に記載の7動作自由度を有した関節形マニプレータ。

1/12

Fig.1

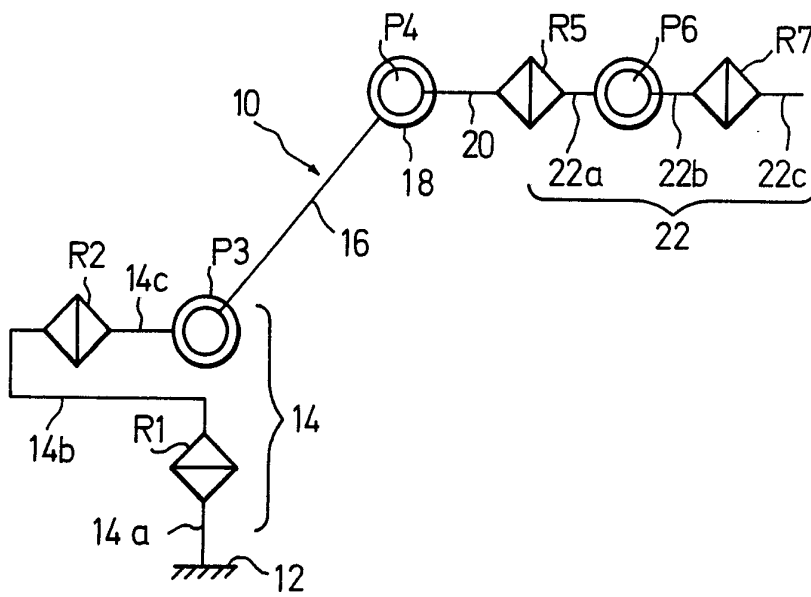
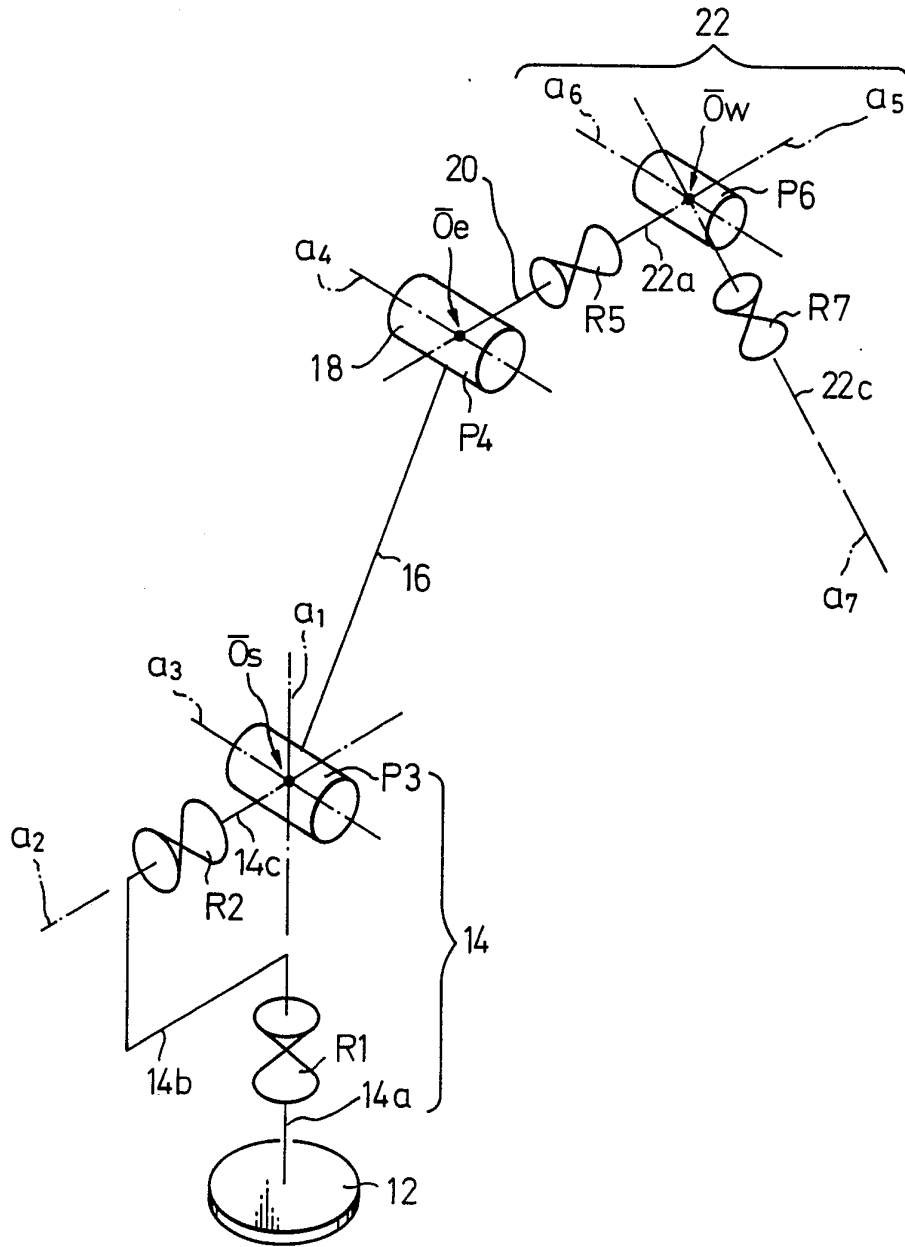


Fig.2



3/12

Fig.3

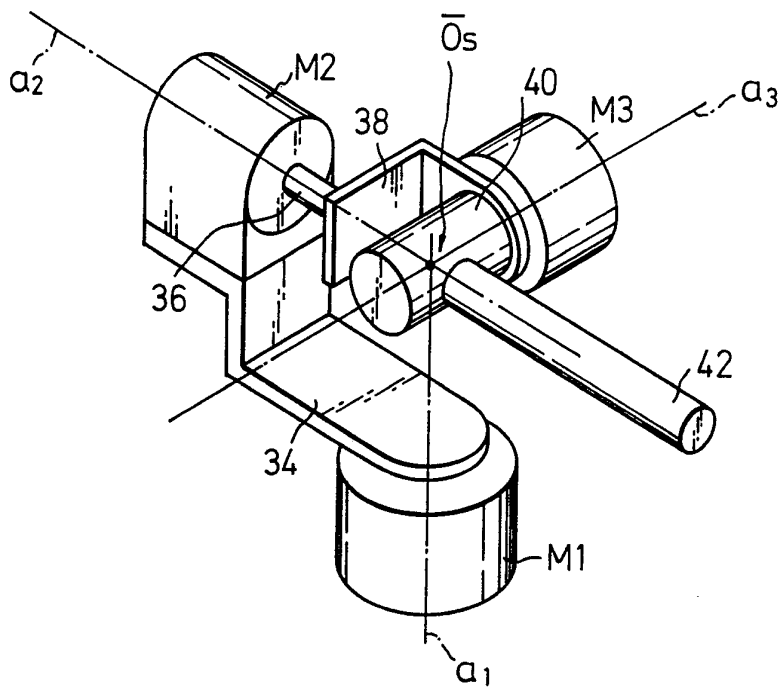
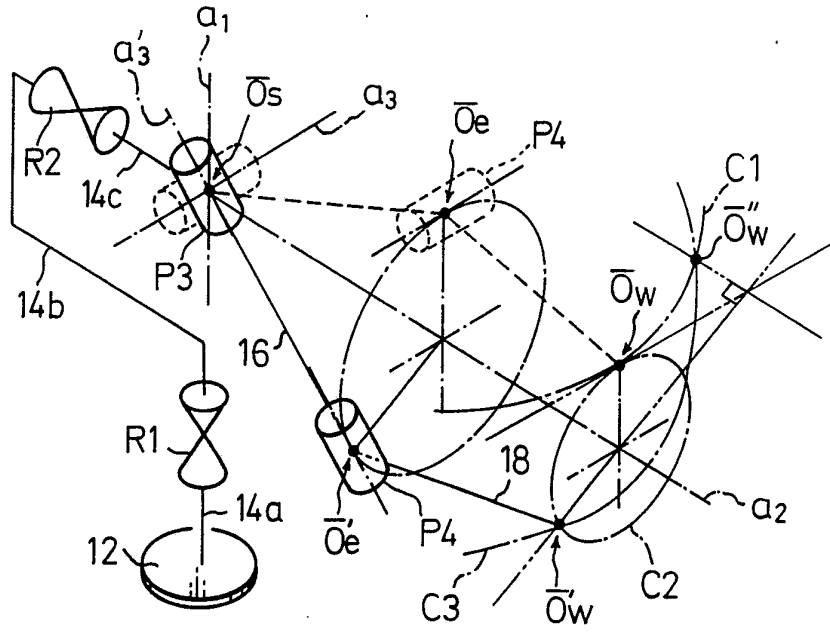


Fig.4



5/12

Fig.5A

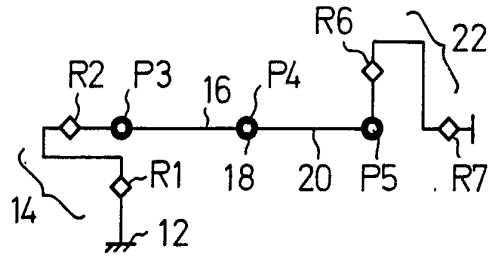


Fig.5B

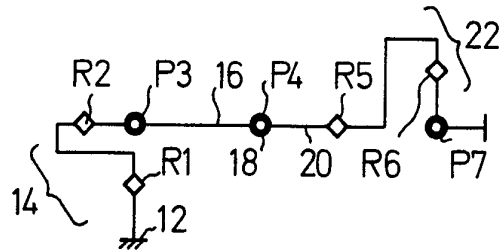


Fig.5C

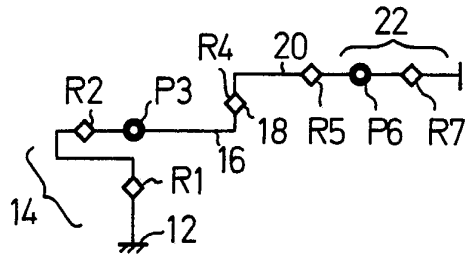


Fig.5D

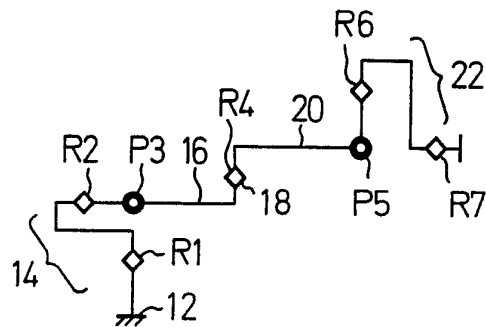
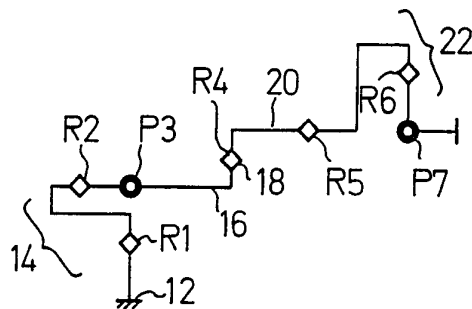


Fig.5E



6/12

Fig.6A

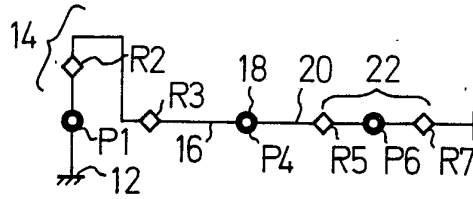


Fig.6B

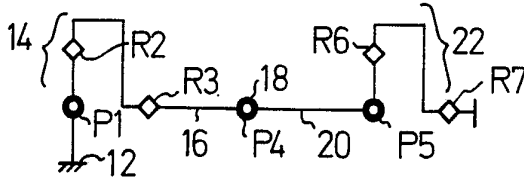


Fig.6C

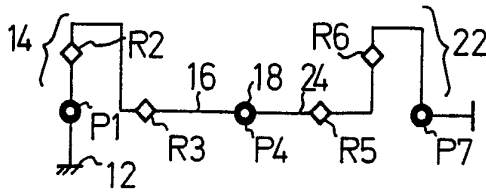


Fig.6D

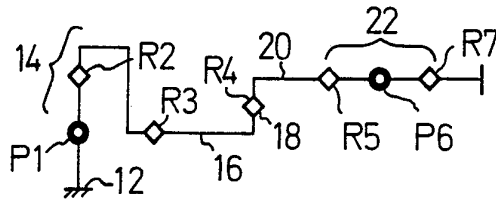


Fig.6E

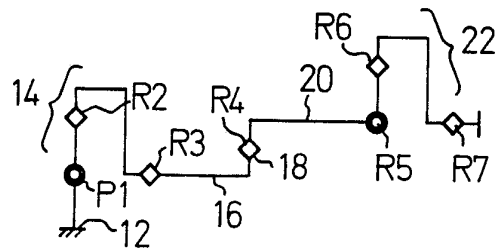


Fig.6F

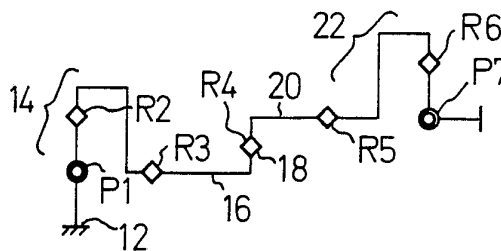
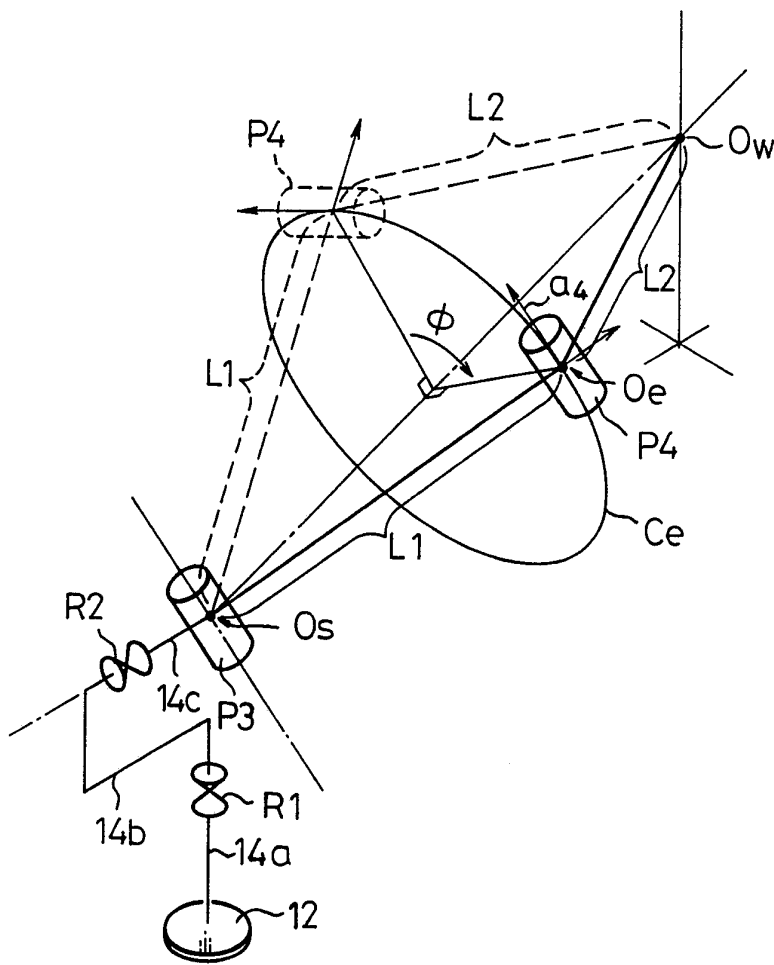


Fig.7



8/12

Fig.8

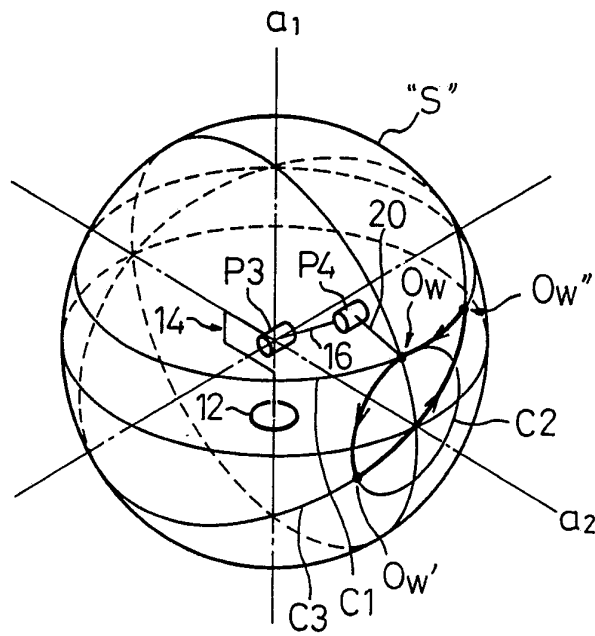
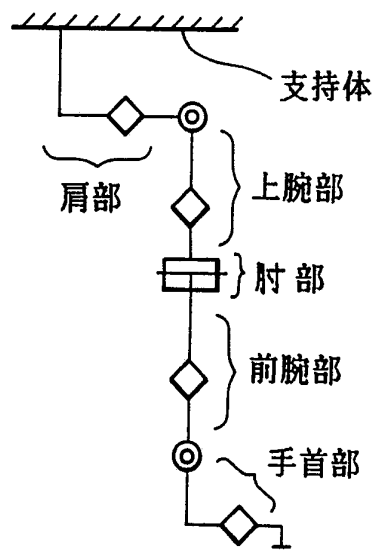


Fig.9 (PRIOR ART)



10/12

Fig.10A

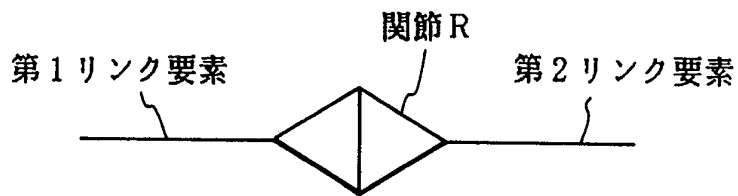
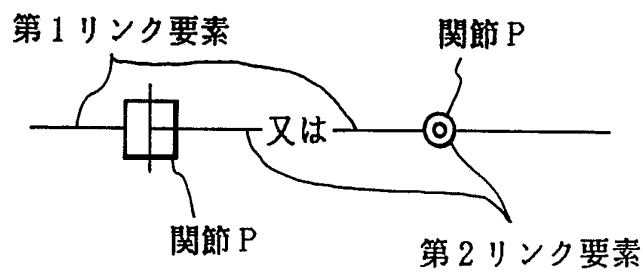


Fig.10B



(11/12)

参照番号・事項の一覧表

- 1 2 … 固定基部
- 1 4 … 肩部
- 1 4 a … 第 1 の肩リンク要素
- 1 4 b … 第 2 の肩リンク要素
- 1 4 c … 第 3 の肩リンク要素
- 1 6 … 上腕
- 1 8 … 肘部
- 2 0 … 前腕部
- 2 2 … 手首部
- 2 2 a … 第 1 の手首リンク要素
- 2 2 b … 第 2 の手首リンク要素
- 2 2 c … 第 3 の手首リンク要素
- 3 4 … リンク要素
- 3 6 … 出力軸
- 3 8 … ブラケット
- 4 0 … 円筒要素
- 4 2 … 棒状部材
- R 1 … 第 1 の肩関節
- R 2 … 第 2 の肩関節
- P 3 … 第 3 の肩関節
- P 4 … 肘関節
- R 5 … 第 1 の手首関節
- P 6 … 第 2 の手首関節

(12/12)

R 7 … 第 3 の手首関節

M 1 … 減速機付きの駆動モータ

M 2 … 減速機付きの駆動モータ

M 3 … 減速機付きの駆動モータ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP92/00484

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl ⁵ B25J9/06		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	B25J9/06, 17/00	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁸		
Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1992	
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1992	
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category [*]	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	JP, A, 61-192487 (Kobe Steel, Ltd.), August 27, 1986 (27. 08. 86), (Family: none)	1-6
Y	JP, A, 59-134688 (Interdex, Inc.), August 2, 1984 (02. 08. 84), (Family: none)	1-6
Y	JP, B2, 54-24185 (Hitachi, Ltd.), August 18, 1979 (18. 08. 79), & NL, A, 7614089 & DE, A1, 2656378 & US, A, 4095481 & GB, A, 1536788	1-6
<p>[*] Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
June 16, 1992 (16. 06. 92)		July 7, 1992 (07. 07. 92)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
Japanese Patent Office		

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP 92/00484

I. 発明の属する分野の分類		
国際特許分類 (IPC) Int. Cl.⁶ B25J9/06		
II. 国際調査を行った分野		
調査を行った最小限資料		
分類体系	分類記号	
IPC	B25J9/06, 17/00	
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの		
日本国実用新案公報 1926-1992年 日本国公開実用新案公報 1971-1992年		
III. 関連する技術に関する文献		
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	請求の範囲の番号
Y	JP, A, 61-192487 (株式会社 神戸製鋼所), 27. 8月. 1986 (27. 08. 86), (ファミリーなし)	1-6
Y	JP, A, 59-134688 (インテラダックス・インコーポ レーテッド), 2. 8月. 1984 (02. 08. 84), (ファミリーなし)	1-6
Y	JP, B2, 54-24185 (株式会社 日立製作所), 18. 8月. 1979 (18. 08. 79), &NL, A, 7614089 & DE, A1, 2656378 &US, A, 4095481 & GB, A, 1536788	1-6
※ 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」 先行文献ではあるが、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の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の文献		
IV. 認 証		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
16. 06. 92	07.07.92	
国際調査機関	権限のある職員	3 F 8 6 1 1
日本国特許庁 (ISA/JP)	特許庁審査官	鳥 田 信 一 ㊤