

新形日立プロセスロボット

New Hitachi Process Robots

日立プロセスロボットは、自動車、家庭用電気品、建設機械製造などの各産業分野で約1,000台が活躍している。これらの豊富な経験に新技術を取り入れ、新形日立プロセスロボットを開発した。

記憶装置には技術の先端をゆく日立製作所の磁気バブルメモリを採用して、プログラムポイント数2,000、ジョブステップ数2,000と大容量化し、円弧補間機能、平行シフト機能、ウィービング機能などを標準装備する高機能化を図った。更に、編集機能、日立独自のロボット言語を採用したジョブ機能などによって、周辺装置を含めた高度なプログラミングが容易に行なえる。また、制御装置にCRTを設け、豊富なデータ表示と随時画面対話によるミスのない確実な操作を可能にした。

これら機能の特長、操作性及びシステム性の向上を中心に、安全性、信頼性、保全性などについて具体的に紹介する。

井田大二郎* Daijirô Ida

古川 隆* Takashi Kogawa

1 緒 言

昭和55年1月に多目的作業ロボットとして開発、発売した日立プロセスロボットは、幅広い産業分野で溶接をはじめ、部品供給、組付けなどの組立作業、検査作業などに採用されている。

産業界では高齢化、高賃金化という労働環境を背景に産業用ロボットによる生産性の向上を目的とする導入気運が更に高まり、自動車、電機、電子などの大手メーカーだけでなく中小企業にも本格的に普及し始めている。これらロボットに対する要求も信頼性、操作性の向上に加へ、高機能化、高速化、高精度化への指向が強まっている。

このような産業界の多様な要求を背景として、新形日立プロセスロボットは従来の納入実績で蓄積したノウハウを基礎に、機械、電気、電子にまたがる広範な最新技術を駆使して開発したものである。

2 ロボットの構成と概要

2.1 ロボットの構成

新形日立プロセスロボットはロボット本体、制御盤、ティーチングボックスから構成されている。その外観を図1に示す。

本ロボットはティーチングボックスからのリモートコントロールによって、あらかじめロボットを動作させて作業の順序、位置などの情報を記憶させ、これを再生させるプレイバックロボットである^{1),2)}。

主な仕様を表1に示す。経路制御方式はポイントティーチによるCP(Continuous Path)制御で、動作経路上の要所となる点の位置だけをティーチしておき、その間を直線、円弧などによって補間しながら動作する³⁾。この方式は作業を行なうに際して、理想的な位置、姿勢あるいは速度などを正確に連続的に制御することができれば、ロボットはある点で熟練作業者並みあるいはそれ以上の作業を行なうことができる、

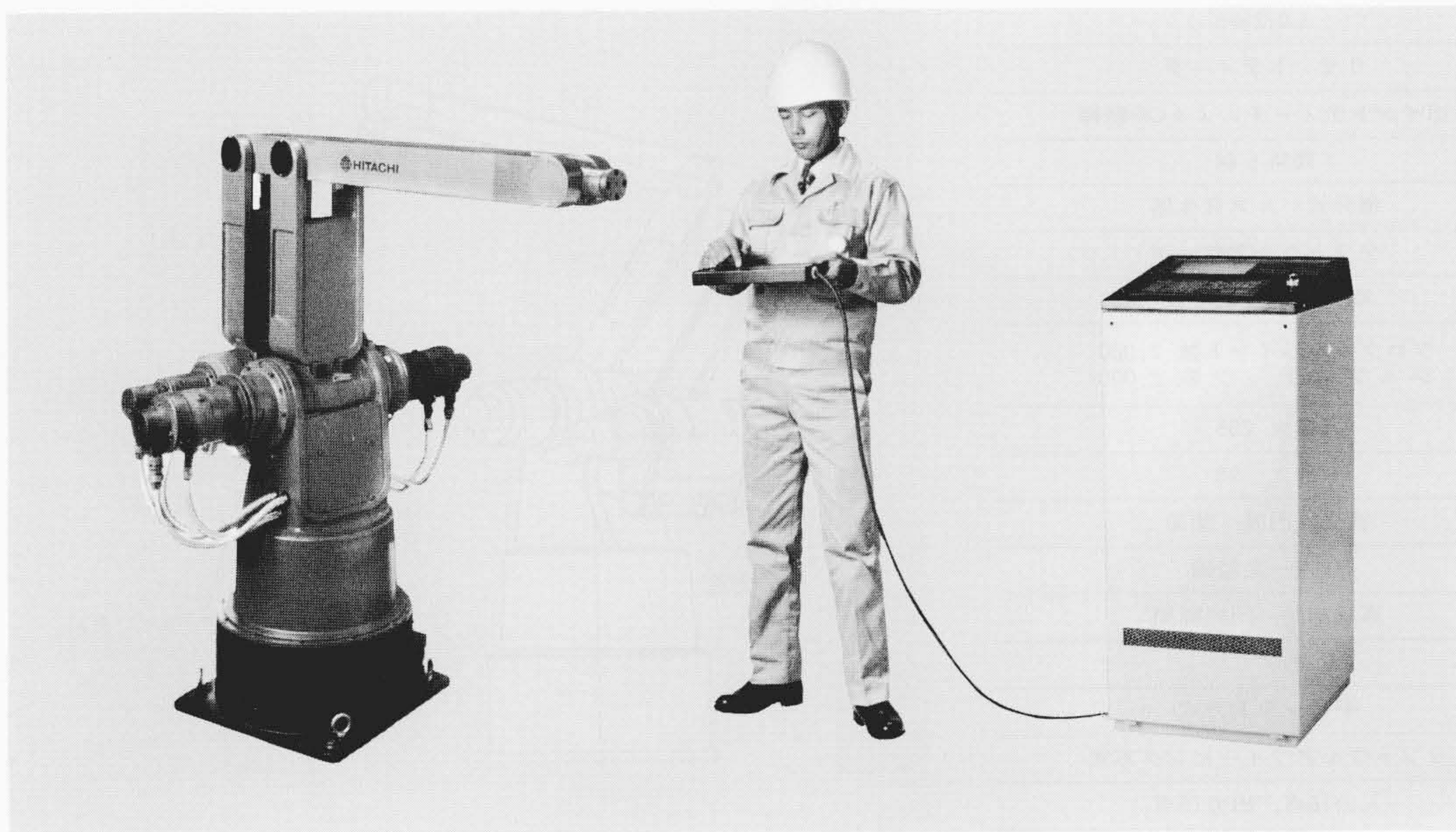


図1 新形日立プロセスロボットの外観 ロボット本体、制御装置、ティーチングボックスで構成している。ロボット本体部の頑丈なイメージと制御盤の小形化が分かる。

* 日立製作所習志野工場

という考え方に立って開発したものである。演算によって動作制御を行なうため、部分的な位置の修正、速度の変更などが極めて容易であり、フレキシビリティに富み実用性が高い。

2.2 ロボット本体の概要

ロボット本体は、平行四辺形リンク機構をベースにした旋回、上腕、前腕の位置決め3軸と、曲げ、ひねりの手首制御用2軸の計5軸から成る多関節構造のメカニズムで、大きさの割に図2に示すように動作範囲が広い特徴がある4)。

手首2軸の駆動部は、主軸駆動部に対し常に一定の姿勢を保たせるフローティングドライブ機構と、もう一つの平行四辺形リンク機構を採用している。このため図3に示すように、主軸の姿勢変化に影響されずに独立制御できる手首補正機能がある。

駆動機は5軸共直流サーボモータを採用し、高減速比の減速機を通して直接、又はチェーンを介して間接的に全軸「回転運動」をしている。したがって、駆動系がシンプルでメンテナンスが容易であり、一般のロボットのような直線摺動部がないので耐久性にも優れている。

2.3 制御装置の概要

新形日立プロセスロボットでは、16ビットマイクロプロセッサを採用し、リアルタイムでの高度な演算処理能力が要求される座標変換や補間機能に余裕のある対応を可能としている。また、入出力インタフェースやサーボインタフェースにも、マイクロプロセッサを使用するマルチプロセッサシステムを構成して、処理内容を分担して演算時間の短縮に努めている。

これら演算時間の短縮は、ティーチングポイント間の補間

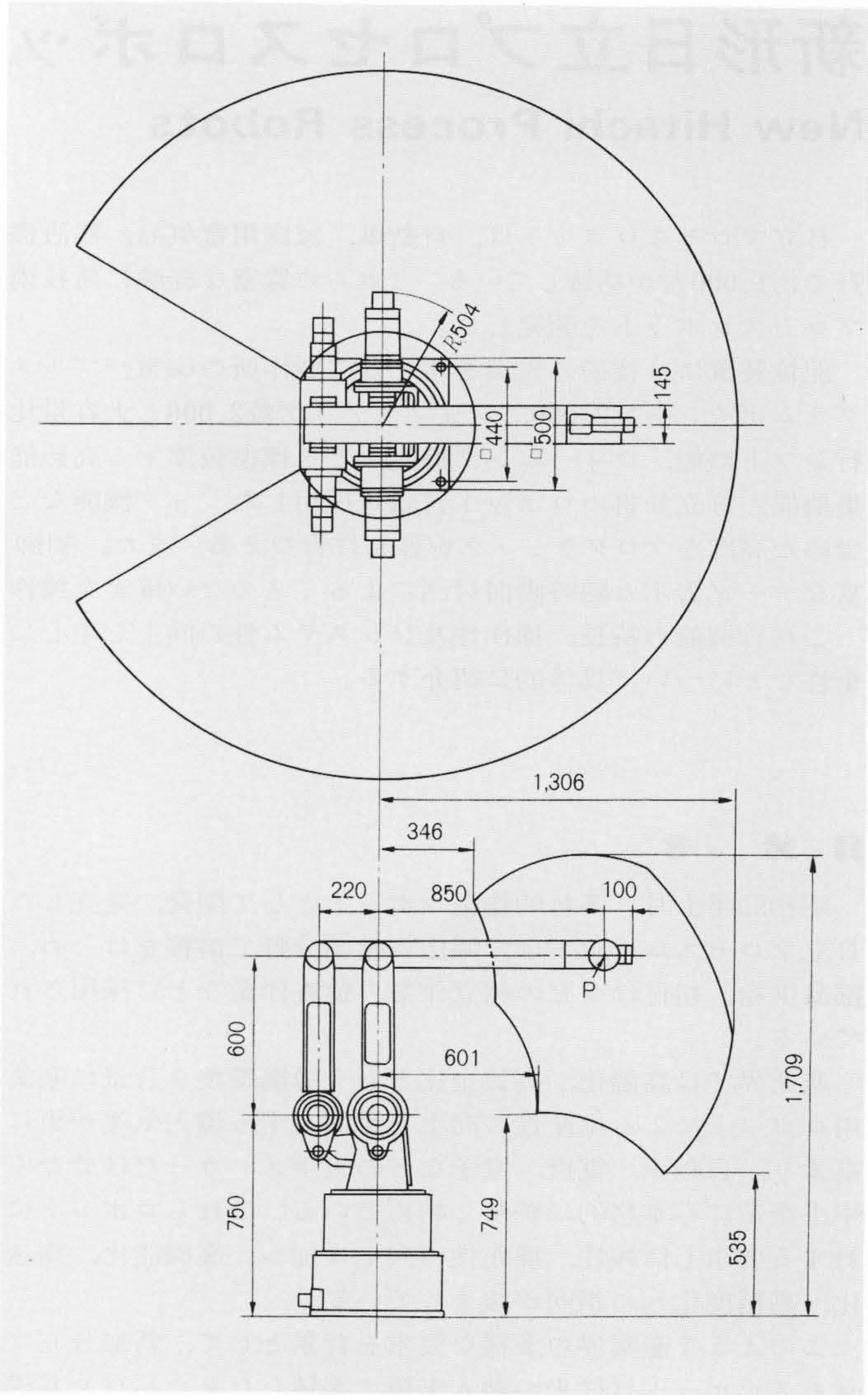


図2 外形寸法及び動作範囲 ロボット本体部の概略寸法とその動作範囲を示す。動作範囲の広さが分かる。

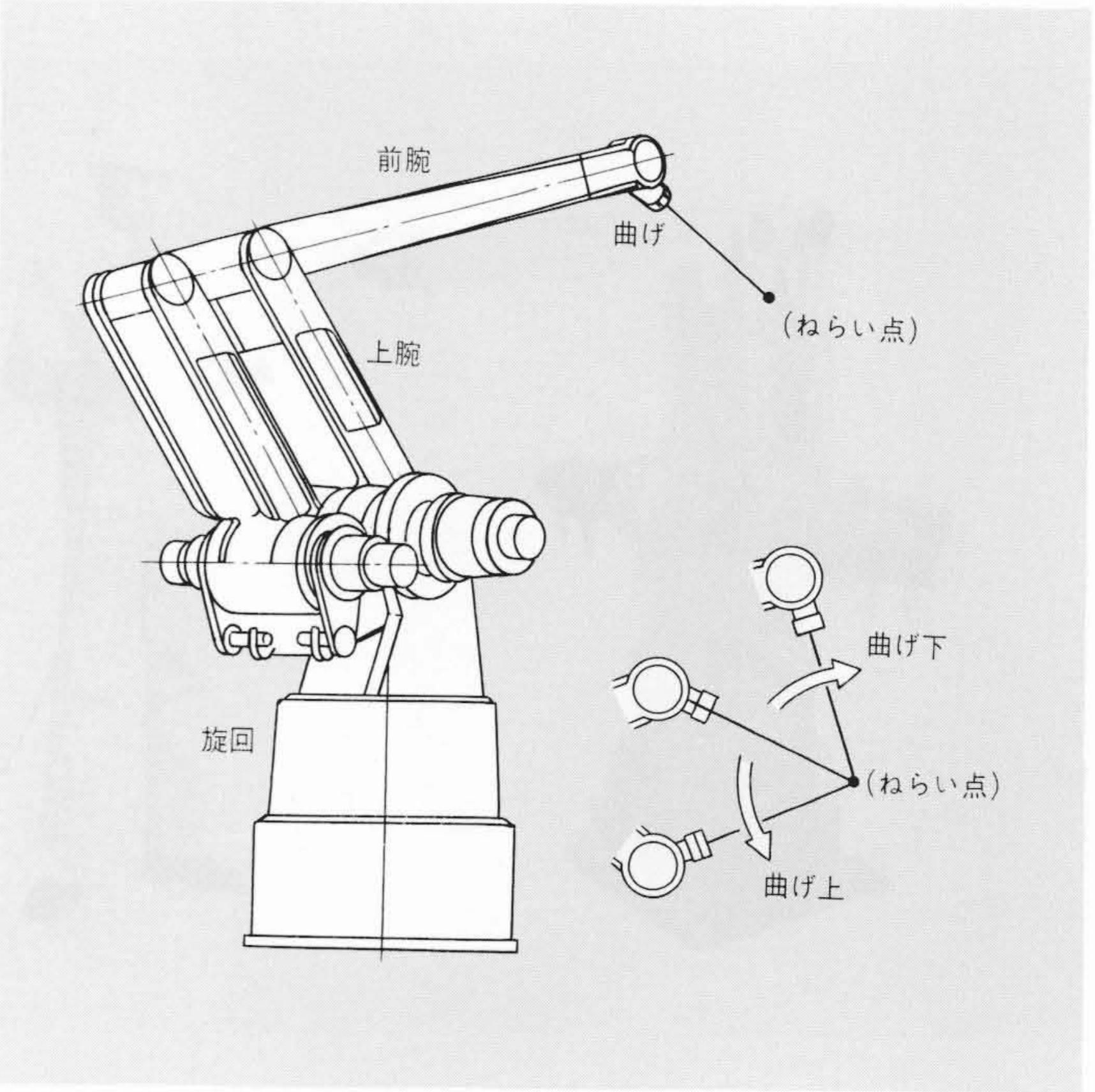


図3 手首補正機能 手首補正機能を示す。曲げ軸を動かしても、ねらい位置が変わらないことが分かる。

表1 主な仕様 製品の主な仕様を示す。記憶容量の増大、各種機能の高度化が分かる。

項 目	仕 様
構 造	多関節形
動 作 自 由 度	5 軸
最 大 速 度	1 m/s
最大許容可搬重量	10kg(グリップ重量含む。)
位置繰返し精度	±0.2mm
教 示 方 式	リモートティーチ
経 路 制 御 方 式	ポイントティーチによるCP制御
制 御 軸 数	同時5軸
位 置 検 出 方 式	増分式パルス発生器
位 置 制 御 方 式	ソフトウェアサーボ
記 憶 方 式	磁気バブルメモリ
記 憶 容 量	プログラムポイント数 2,000 ジョブステップ数 2,000
プログラム分割数	最大 255
ジョブ分割数	最大 99
座 標 系 選 択 機 能	直交 円筒 関節
速 度 制 御 方 式	線速一定制御
補 間 機 能	直線補間, 円弧補間
手 首 補 正 機 能	あ り
シ フ ト 機 能	平行シフト方式
ウィービング機能	ソフトウェアウィービング方式
外 部 同 期 信 号	入力16点, 出力16点
電 源	三相AC200/220V ±10% 50/60Hz

注：略語説明 CP(Continuous Path)

時の位置命令周期を短くし、単にティーチングポイントの位置繰返し精度ばかりでなく、経路精度の向上にも寄与している。

サーボループ内にマイクロコンピュータを組み入れ、緩加減速や各種補償回路など、すべてソフトウェアで処理する考え方のソフトウェアサーボ方式を採用している。この結果、ソフトウェアで各種の補償が可能となりロボット動作がスムーズにでき、それだけ高精度の制御が可能となっている。

また操作性を重視する一面として、制御装置の操作面にCRT (Cathode Ray Tube) 画面を設け、豊富なデータを表示可能として随時画面と対話しながら、ミスのない作業を行なえるようにしている。

このような最新エレクトロニクス技術の採用によって、従来機に比較して重量で約 $\frac{1}{3}$ 、容積で約 $\frac{1}{2}$ と小形・軽量化し、作業スペースの高効率化を図っている。

3 機能の特長

ティーチングプレイバック式のロボットでティーチングやデータ編集の容易さは、ロボットが人間にかわって幅広い作業を行なう上で重要な要素である。

3.1 座標系選択機能

関節形ロボットは動作軸がすべて回転駆動であるため、手首先端の動きを予想するのは難しい。特に、細かい位置決めをティーチングボックスで行なうためには、5軸の連動が必要となり、関節動作では不可能に近いものになる。操作者が簡単に扱えるためには、上下、前後、左右の直交座標での動きが要求される。このようなロボット先端の動きを直線運動にするには、ロボット各軸の指令値を演算によって求めることが必要になる。すなわち、一般化座標からロボット座標への座標変換演算を行なうことが不可欠となる。

以上が座標変換機能で、新形日立プロセスロボットでは図4に示すように関節動作、直交動作、円筒動作の三つの座標系を選択でき、生産ラインや作業ステーションなどの条件設定に適合できるようにしている。

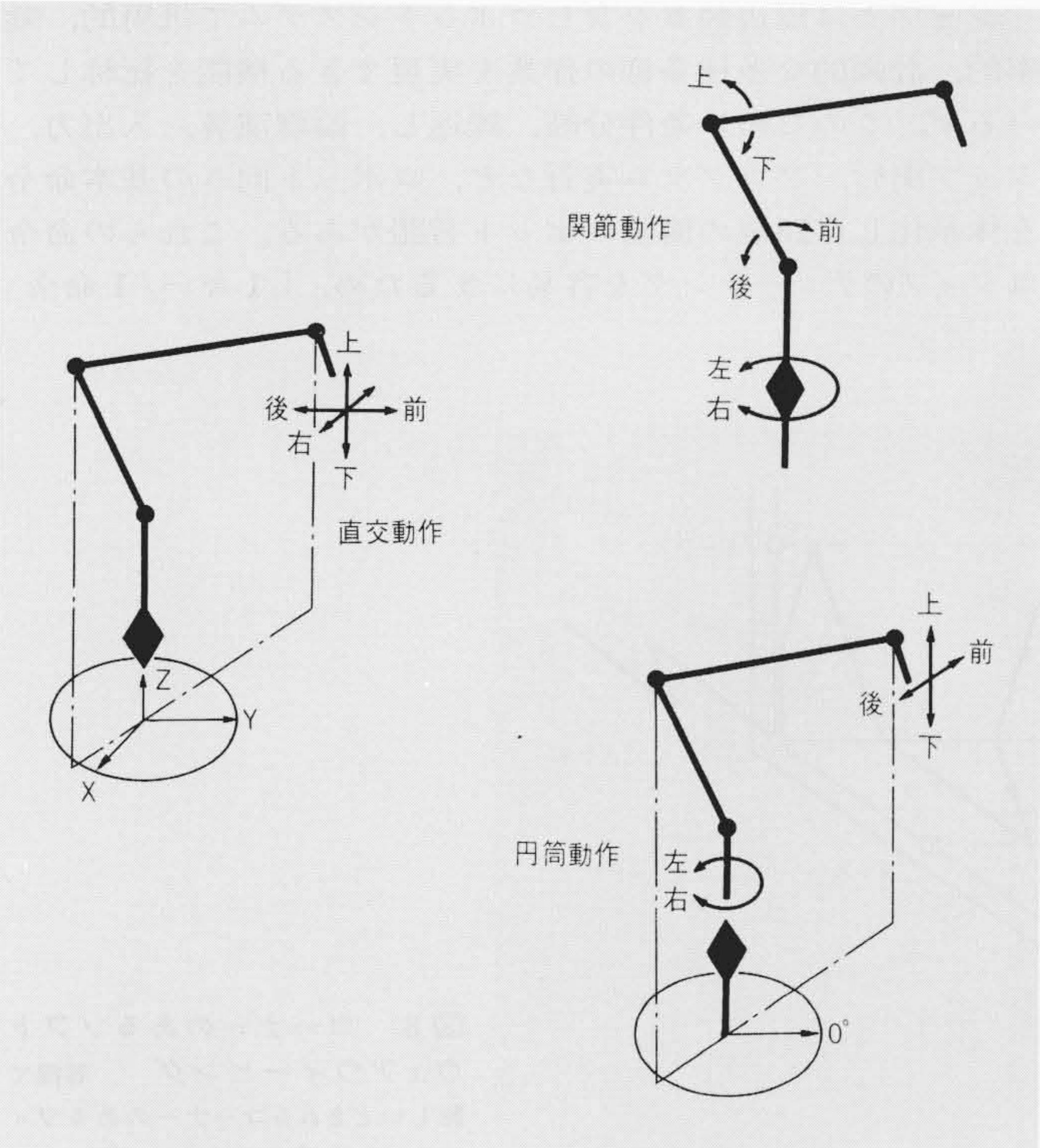


図4 座標系選択機能 関節、直交、円筒の各動作が任意にとれることが分かる。

3.2 補間機能

補間機能のない関節形ロボットは、多くの点をこまめにティーチして使わなければならない。その点数は直線や円弧に見えるような数まで多くしなければならない。一方、多点をティーチしても先端の速度を一定にするのはまた大変である。

本ロボットでは、直線補間に加えて図5に示す円弧補間機能により、3点をティーチするとその経路軌跡距離を計算し、その距離を細かく等分割してそれぞれの分割点の位置をロボット各軸の位置に置き換えて動く。このとき、各軸の動く速度も時間ごとに変化させ、結果的にロボット先端が等速度で動くようにしている。

3.3 位置決め選択機能

作業でロボットにティーチした位置の中では、必ずしも正確にその位置を守らなくてもよい点が多々ある。周辺機器やワークなどとの干渉が生じない範囲で、動作時間の短縮を図る目的の位置決め粗機能がある。

これはティーチポイントで必ず位置決め(停止)し、位置決め完了を待って次のポイントへの移動を開始する位置決め処理時間を短縮する機能で、タクトタイムの低減に有効である。また動作方向が変わるときは図6に示すように、ティーチポイントに接近したら、直ちに次のポイントへの移動を始めるので、ロボットの動きが滑らかになる。

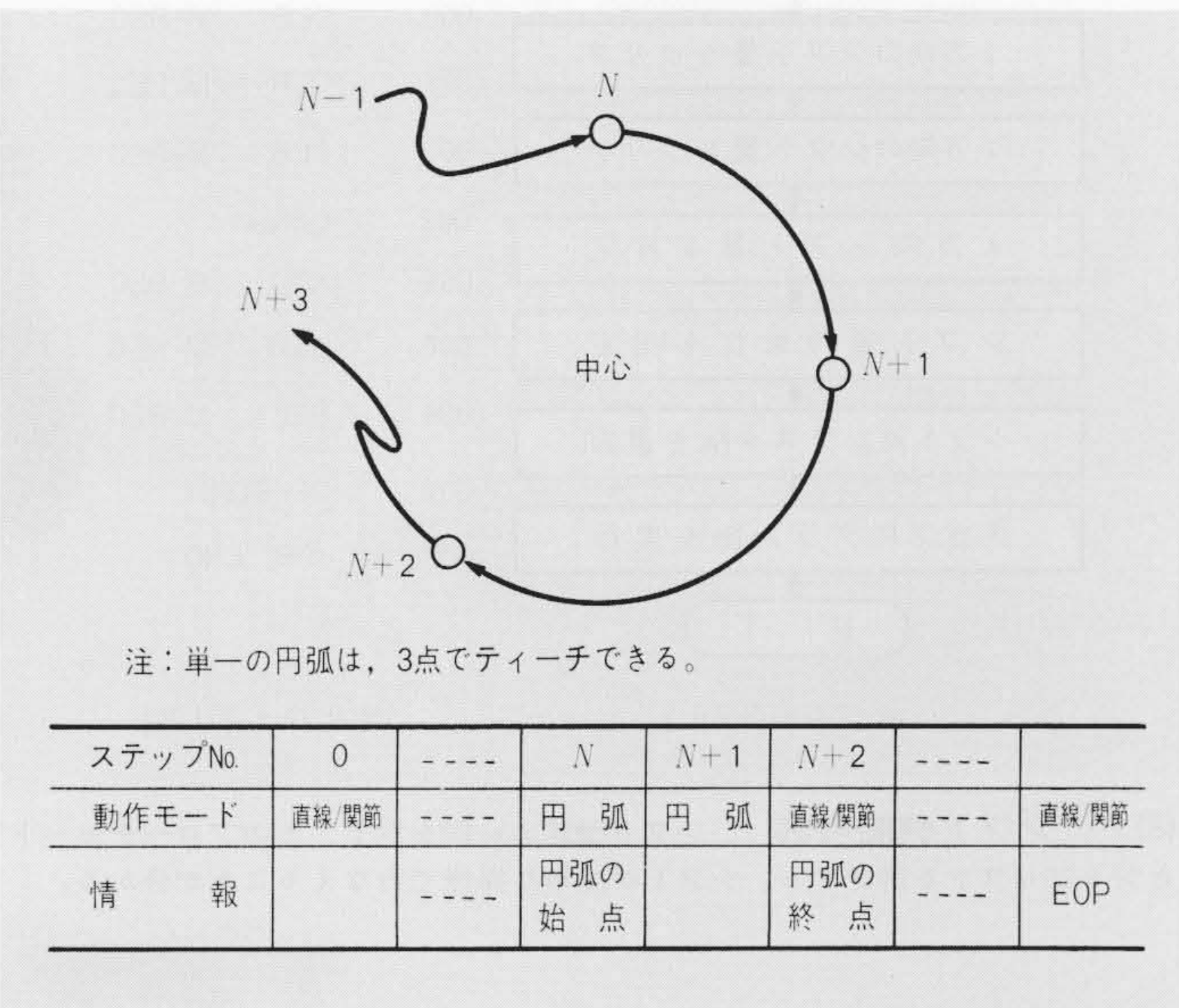


図5 円弧補間機能 3点をティーチする円弧補間例を示す。円弧が簡単に3点で描けることが分かる。

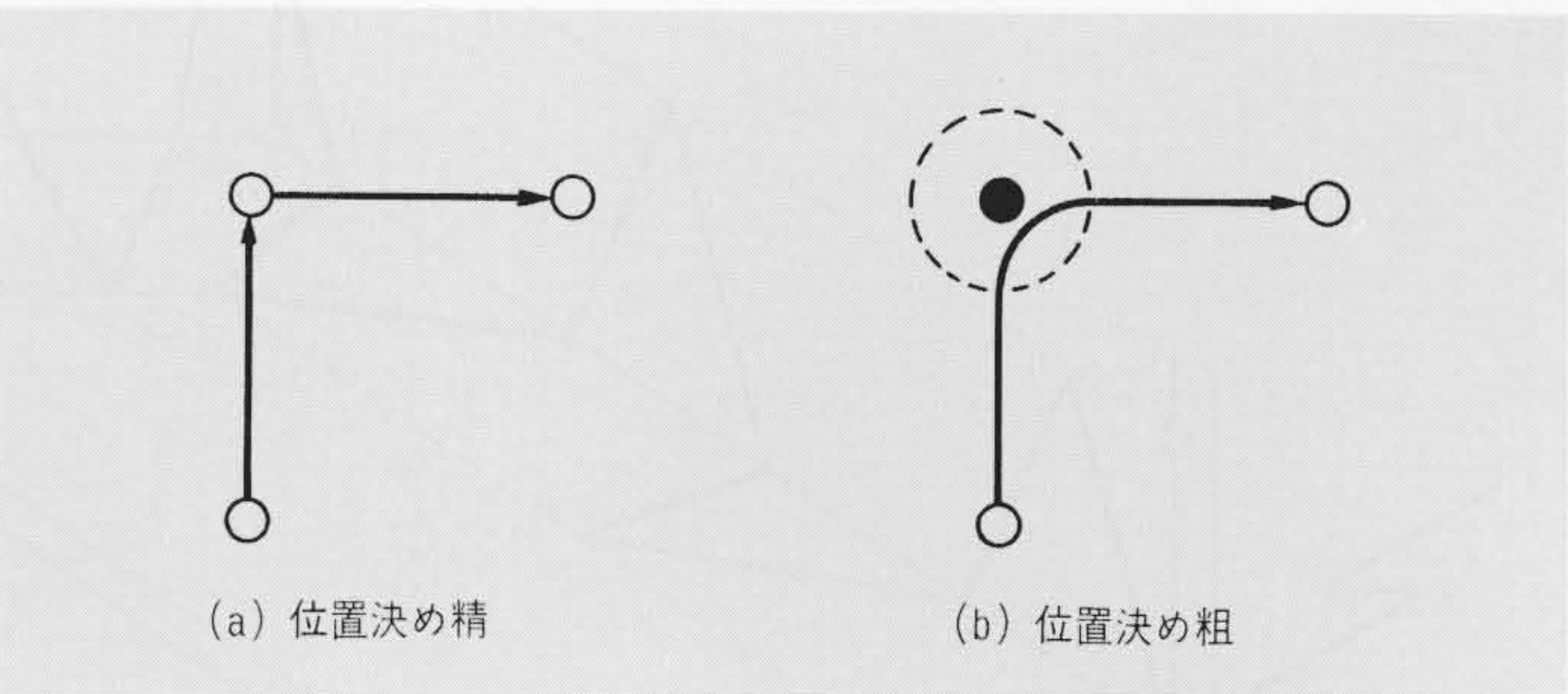


図6 位置決め精、粗の動作軌跡 位置決め粗機能によって、位置決め処理時間が短縮できタクトタイムの低減に有効である。また、ロボットの動きが滑らかになることが分かる。

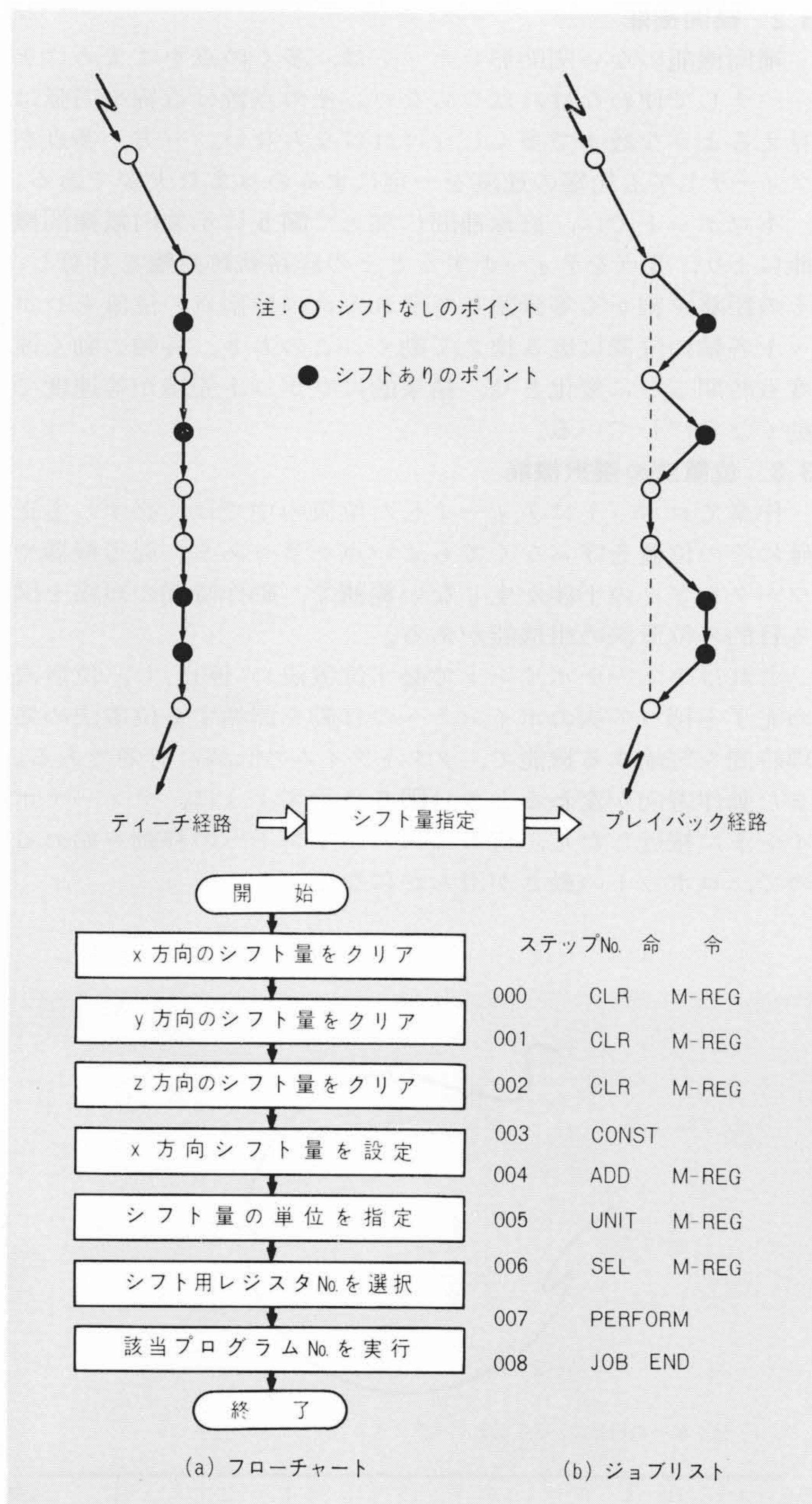


図7 シフト機能の例 シフト機能の一例を示す。そのフローチャートとジョブリストを併記する。シフトが簡単な操作で行なえることが分かる。

3.4 シフト機能

組立作業、パレタイジングなどでの多点にわたる繰返しのティーチングは、かなり煩雑な作業である。シフト機能は、これらティーチ作業の簡略化を図るものである。

基本経路をティーチする際、任意の3次元空間にシフトするポイントにはシフトありの作業条件を設定してプログラムを作成し、シフト量を後述するジョブで設定すると、特定ポイントがシフトされたプレイバック経路が得られる。上記例として、一方向に一定量だけシフトとした場合の例を図7に示す。

この座標変換機能を拡張したものとして、回転移動、平行対称移動、拡大、縮小あるいはこれらの組合せなどの多彩な応用が可能で、オプション機能としている。

3.5 ウィービング機能

アーク溶接作業で要求されるウィービング機能は、独自のソフトウェア方式によって、簡単なティーチングで実用的なウィービングを実現している。旋回、上腕、前腕、主軸3軸の合成動作によって行ない、任意の溶接線に対して適用可能である。

その概要を図8に示すが、直線ならば4点、コーナーや円弧のような複雑な曲線に対しては数少ないティーチングポイントで実施することができる。

4 システム性の向上

広範囲の「プロセス」に応用できるロボットとしては、コストパフォーマンスを含めた高機能化、操作性の向上に加え、複数台のロボットを比較的簡単に集中管理できるようなシステムへの対応性が重要視されてきている。

本ロボットでは、コマンド群とステートメント群から構成される日立独自のロボット言語を採用したジョブ機能によって、周辺装置の制御を含めた高度なプログラミングを容易にしている。

4.1 ジョブ機能

ジョブとは周辺装置を含むロボットシステムで汎用的、効率的、計画的な多種多様の作業を実現できる機能を総称しているが、このために条件分岐、繰返し、論理演算、入出力、ジョブ実行、プログラム実行など、ロボット向きの基本命令を体系化した28個の簡易ロボット言語がある。これらの命令はジョブのティーチングを容易にするため、「1キー/1命令」

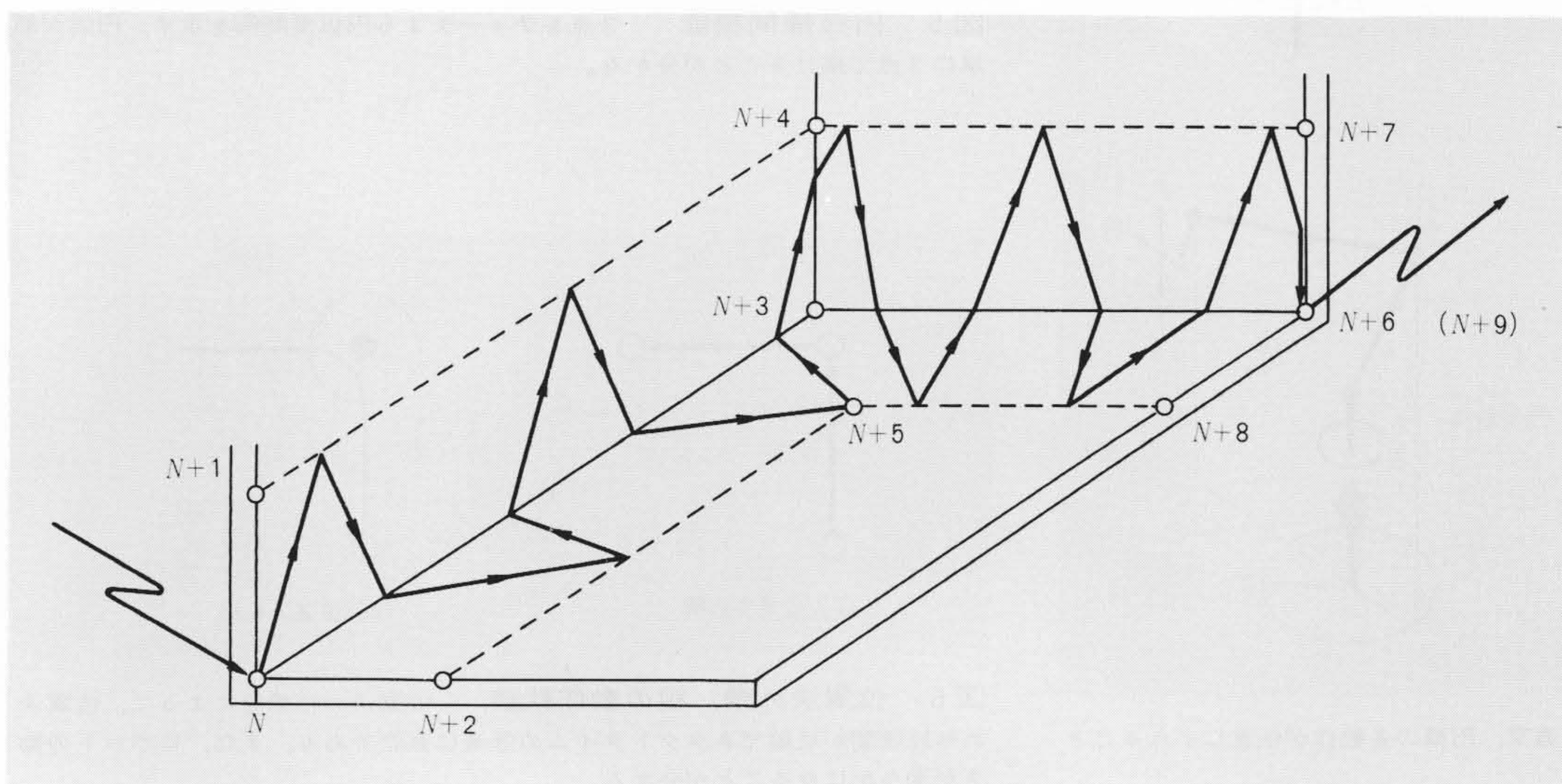


図8 コーナーのあるソフトウェアウィービング 溶接で難しいとされるコーナーのあるウィービング作業を、数少ないティーチングポイントで実施できることが分かる。

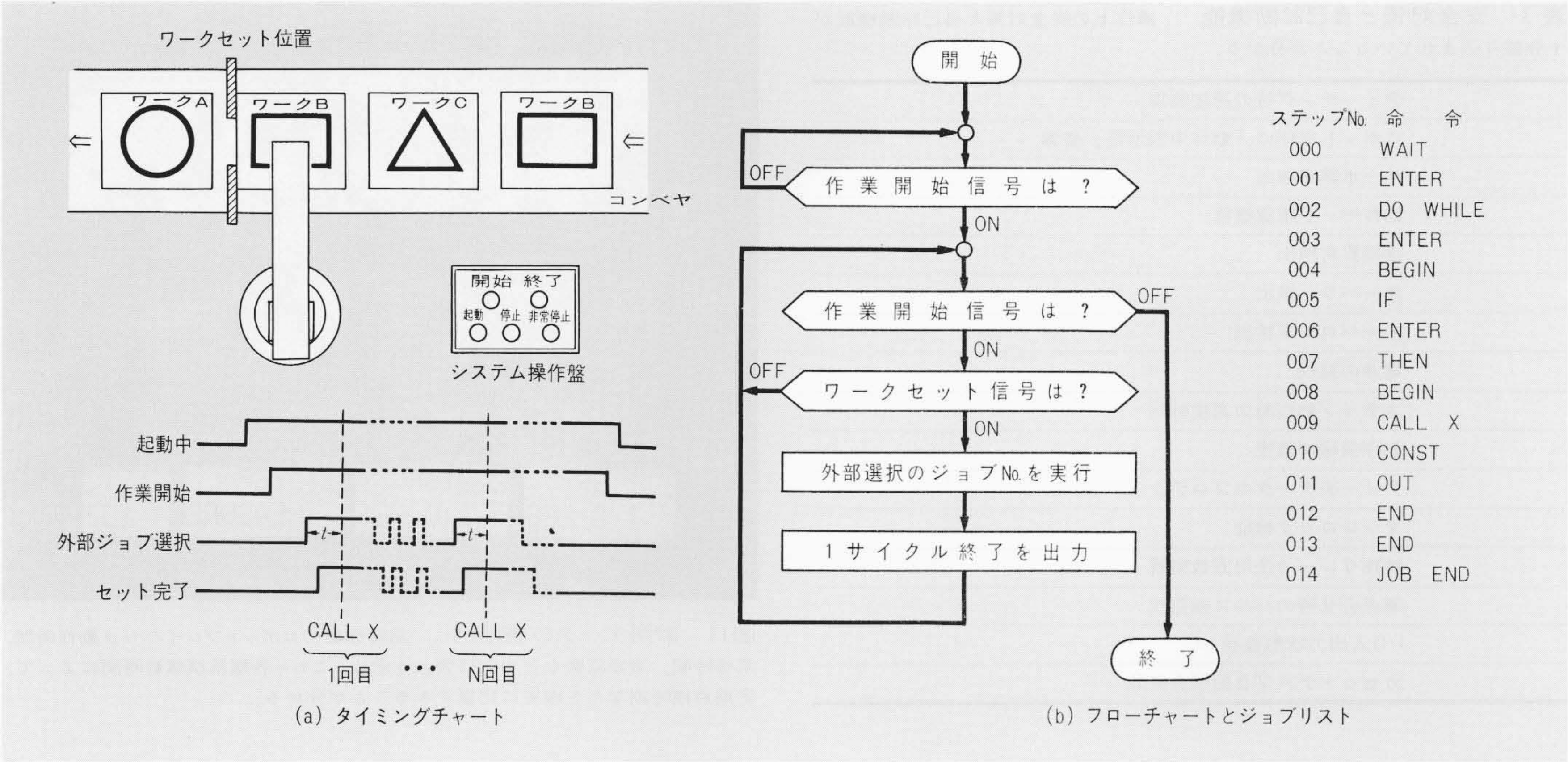


図9 外部選択ジョブの繰返し運転例 (a)は、外部選択ジョブの繰返し運転例の構成概念とそのタイミングチャートを示す。システムの煩雑な信号授受が簡単な操作で実施できることが分かる。また、(b)は、外部選択ジョブの繰返し運転例のフローチャートとジョブリストを示す。システムの煩雑な信号授受が簡単な操作で実施できることが分かる。

方式とし、更に、画面对話方式によって操作順序を気にする必要がなくミス操作を極力減らすことができる。

図9は外部選択ジョブの繰返し運転の構成概念例を示すもので、そのタイミングチャート、フローチャート、ジョブリストも合わせて示している。起動中のジョブ中で、作業開始信号が入るのを待ってワークのセット、あるいは位置決め完了信号をチェックし、信号が入っているときは外部ジョブ選択信号で指示されるジョブNo.を実行する。信号が入っていないときは、再度完了信号のチェックを行なう。以上の過程を作業開始信号が入っている間繰り返す。

28個で構成されるロボット言語の代表的なものを表2に示す。これらの簡易ロボット言語は理解しやすく、使いやすい点を重視して開発したもので、ロボットを使おうとする初心者にも十分適合できる。

4.2 集中操作

起動、停止、ジョブ選択、原点復帰などを外部の操作盤で集中操作できるように専用入出力があり、更によりシステム性を拡張できるように外部同期信号も入出力16点に増設している。またこの入出力は、メンテナンスキーボードによってパターンコード化した信号授受を可能にしているため、実質的な信号点数は大幅な増加が可能であり、その結果、より複雑なシステムにも十分適合できる。

5 安全性・信頼性

システムの中心となるロボットにとって、高い信頼性、安全性及び安定した作業、動作を維持することが重要である。ロボット自体の異常チェック、操作ミスのチェック、データの合理性チェックの3段階に分けた処理をCRT画面に表示する自己診断機能とその対話方式によって、高信頼化と安全性の向上に努めている。

以下、代表的なものを表3に示す。
異常が発生した場合には、上述の自己診断機能が働いて自

動的にロボットが停止し、その診断内容をエラーメッセージとしてジョブティーチ、プログラムティーチ、プレイバック、編集モードなどに大別した形でCRT画面に表示する。その数は87である。

6 保全性

製造ラインシステムでは万一のトラブル発生時にダウンタイムを最小限に抑えることが重要である。このトラブルを事前に防ぐための日常点検を含める定期点検が比較的簡単に、

表2 ジョブの命令語 28個で構成されるジョブの命令語の一部を示す。簡易ロボット言語により編集などの高度なプログラミングを容易化していることが分かる。

命 令			内 容
キー表示	略 称	デー タ	
CALL n	CALL n	n	ジョブNon(1~99)を呼び出し、実行する。
CALL X	CALL X	—	外部信号で選択されたジョブNoX(1~15)を呼び出し実行する。
DO n	DO n	n	次に続く処理をn(0~255)回繰返す。ただし、n=0のとき256回となる。
DO while	DO WHILE	—	論理式の結果が「真」の間、次に続く処理を繰返す。
PFM n	PERFORM	n	プログラムNon(1~255)を呼び出し、実行する。
IF	IF		

表3 安全対策と自己診断機能 操作上の安全対策と自己診断機能が十分盛り込まれていることが分かる。

ティーチング時の速度制限
ロボット本体に「動作中表示灯」装備
サーボ異常検出
動作モード確認機能
接続異常検出
オーバラン検出
オーバロード検出
電源の監視
ステップ動作時の速度制限
動作領域の監視
ティーチデータのプロテクト
マシンロック機能
特殊リレーの使用回数監視
原点合せ時のパルス数監視
I/O入出力状態監視
カセットテープ自動照合機能

確実に実施できることが将来のメンテナンスフリー化への当面課題といえる。メインテナンスのための主な機能を次に紹介する。

6.1 自動チェック機能

自動チェックシステムの一つに、原点合せ時のパルス数カウント表示がある。原点調整は駆動モータに直結された増分式パルス発生器で位置検出を行っており、図10に示すようにパルス数を各軸別にCRT画面に表示し、不適正の場合には警告を発するようにしている。このように点検は簡単に確実に行なえ、常に対話方式が可能なのでメンテナンスを容易にしている。

6.2 マネージメント機能

マネージメント機能としてプレイバック中の経過時間、プログラム実行回数、ジョブ実行回数などの各種ロボット稼動データを累積値も含めて計測、表示できるようにしている。

一例としてアーク溶接の場合を図11に示す。プログラム中

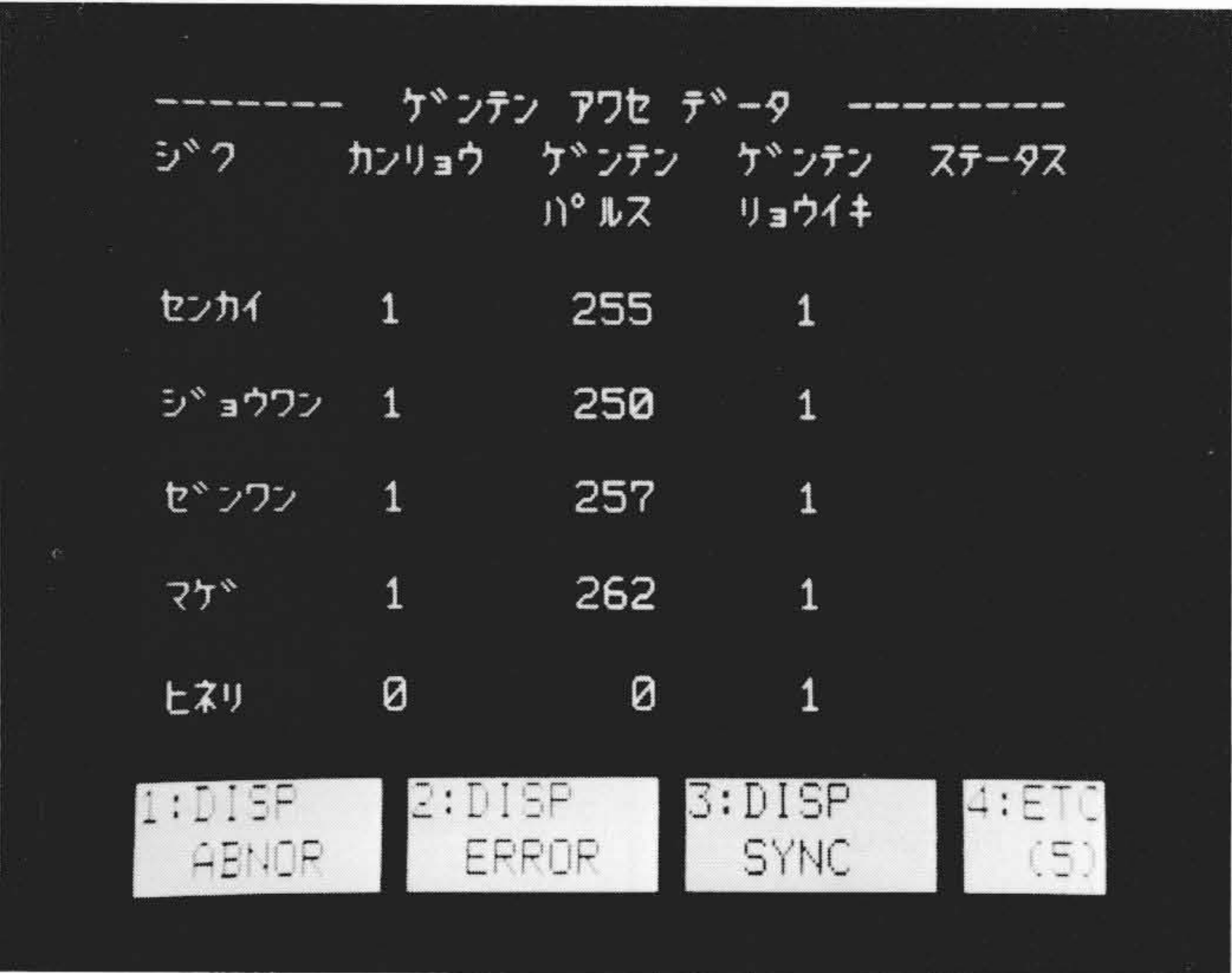


図10 原点合せの表示例 各軸別の原点合せパルス数を示す。CRTディスプレイで表示し、チェックシステムを容易にしていることが分かる。

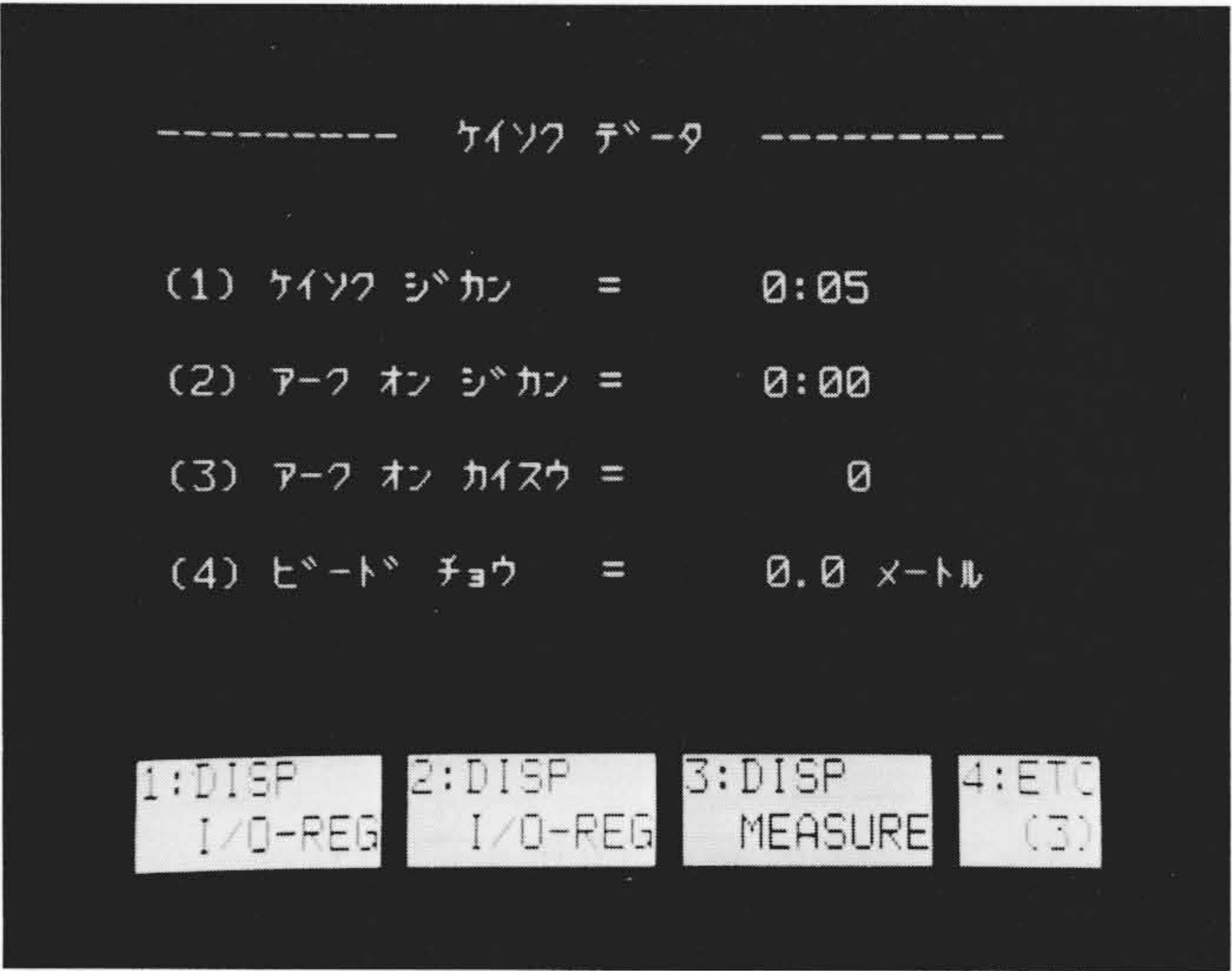


図11 計測データの表示例 溶接作業のロボットプレイバック動作時間、溶接時間、溶接回数などのCRT表示を示し、これら各種累積稼動時間によって、定期点検時期などを確実に把握できることが分かる。

のロボットプレイバック動作時間、溶接時間、溶接回数、ヒート長を計測してCRT表示する。

これら各種の累積稼動時間などにより定期点検時期を確実に把握でき、適切なメンテナンスが可能となる。

6.3 サーボ状態監視機能

オンラインでの指令値、現在値、偏差値、操作量などのサーボ制御データの状態を計測、表示して、トラブル要因の解明に要する時間の短縮を図っている。

6.4 外部入出力状態表示機能

システムが正常に稼動するためには、外部との信号授受を正常に行なうことが重要である。ロボット制御装置にある256個の入出力レジスタの内容を適宜CRT画面に表示して、対話方式によるミスのない、確実な操作を可能にしている。

7 結 言

新形日立プロセスロボットでは、円弧補間機能、平行シフト機能、座標変換機能、ウィービング機能などの高機能化と、ロボット言語を採用したジョブ機能などによる編集機能の充実、操作性、システム性の向上を図っている。これらを構成するメカニズム、ハードウェア、ソフトウェアは、いずれも現時点での最新技術の結集であると確信している。しかし、真の多目的作業ロボットとしての課題は依然として山積している。

多様な市場ニーズにこたえ、ユーザーにとって真の使いやすい、信頼できるロボットとなれるように今後もよりいっそう努力を続けていく考えである。

参考文献

1) 福地：日立プロセスロボットとその用途，ロボット，27，76～84(昭55-7)
2) 土橋，外：ミスターアロスとプロセスロボット，溶接技術，28，38～40(昭55-9)
3) 土橋：プロセスロボット，ミスターアロス，日立パーカ塗装ロボット，機械と工具，別冊産業用ロボット，155～164(昭56-10)
4) 伊藤：高機能多目的作業ロボット，“日立新形プロセスロボット”，ロボット，35，21～28(昭57-8)