

# 日立ポータブルロボット

## Hitachi Portable Robots

多種少量生産の大形構造物や箱形構造物の内部を対象とした作業の自動化は、従来の据置形ロボットでは困難である。日立製作所では、早くからこれらの用途に適用できるロボットに着目し、研究開発に着手してきたが、社団法人日本造船研究協会からの要請に応じて共同で開発を進め、可搬性を備えた日立ポータブルロボットを製品化した。

このロボットは小形、軽量の三つのユニットから構成され、その組合せにより3種類の機構を構成できる。また、可搬形の特徴を生かすための設置誤差補正機能をはじめ、タッチセンサ、アークセンサ、多層溶接などの新機能を付加し、操作性、生産性の向上を図った。

ここでは、これらロボットの機構、制御機能などの特徴を中心に紹介する。

三宅徳久\* *Norihisa Miyake*

高橋一郎\*\* *Ichirō Takahashi*

藤原紀六\* *Osamu Fujiwara*

### 1 緒言

産業用ロボットは、自動化による生産工程の効率向上、品質の均一化による信頼性向上などを目的として、生産現場に本格的に普及しつつある。しかし、従来の産業用ロボットは主として少品種多量生産工程を対象としたものであり、特に中小物製品の生産自動化に用途が集中していた。

近年、ロボットの普及が本格化するに伴い、ロボットに対する要求も多様化しつつある。この中でも、移動することの困難な大形構造物あるいは箱形構造物の内部などを対象とした作業の自動化に対する要求が高まってきている。

日立ポータブルロボットは、このような背景のもとに、従来の据置形ロボットとは全く発想を異にしたロボットとして開発したものである。このロボットは、人力によって容易に移動できる可搬形のロボットであり、生産ラインのレイアウトに対するフレキシビリティを備えている。

### 2 ロボットの概要

#### 2.1 作業対象

日立ポータブルロボットは、大形構造物の溶接、塗装、シーリングなどを主な作業対象としている。図1にその代表的な応用例として、箱形構造物の内部にロボットを持ち込み、ロボットを移動させながら作業を行なう場合の状況を示す。

このような用途にロボットを適用するためには、

- (1) 狭い搬出入口を通過できる小形機構
  - (2) 人力により運搬できる軽量機構
  - (3) 大形構造物に対応できる広可動範囲機構
- などの特徴を合わせ備えた機構が必要となる。

#### 2.2 ロボット機構

日立ポータブルロボットでは、以下に示す方法により上記の各特徴の具体化を図っている。

##### (1) 小形機構

ロボット本体は、図2に示すように、(a)多関節アームユニット(アーム長250mm+250mm)、(b)旋回ユニット、(c)走行ユニットの三つに分割し、適用作業内容に応じて3種類のロボット機構を任意に構成できるよう考慮した。このため、用途、作業内容に応じて最適な機構の選択が可能である。例え

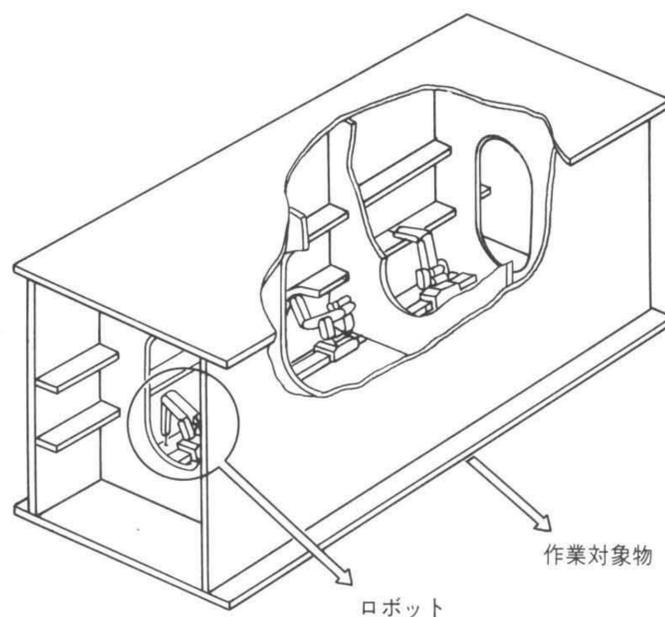


図1 日立ポータブルロボットの作業対象例 大形の箱形構造物の内部にロボットを持ち込み、ロボットを移動させながら作業を行なう例である。

ば、長尺部材の溶接作業には走行形ロボットを、箱形部材の加工作業には旋回形ロボットをそれぞれ適用すればよい。

また、各軸駆動用の電動機は、タイミングベルトを用いてベース部の内側及び第1アーム上部に配置し、機構のスリム化を図った。これにより、各ユニットは350mm×500mmのスペースを通過可能である。

##### (2) 軽量機構

ロボットを可搬形とするためには、人力で運搬できる重量の機構としなくてはならない。このため、機構の軽量化が大きな技術課題となる。

本ロボットでは、まず構造上の工夫として手首駆動用電動機を第1アームの後部に配置し、カウンタウェイト効果による静負荷の低減を図るとともに、第2アーム駆動用電動機をベース部に配置し、チェーンを介して動力伝達を行なうこととした。これにより、アーム部の軽量化及びチェーンの平行リンク効果による動負荷の低減を図った。

これらの構造上の工夫に加えて、有限要素法によるアーム、

\* 日立製作所機械研究所 \*\* 日立製作所習志野工場

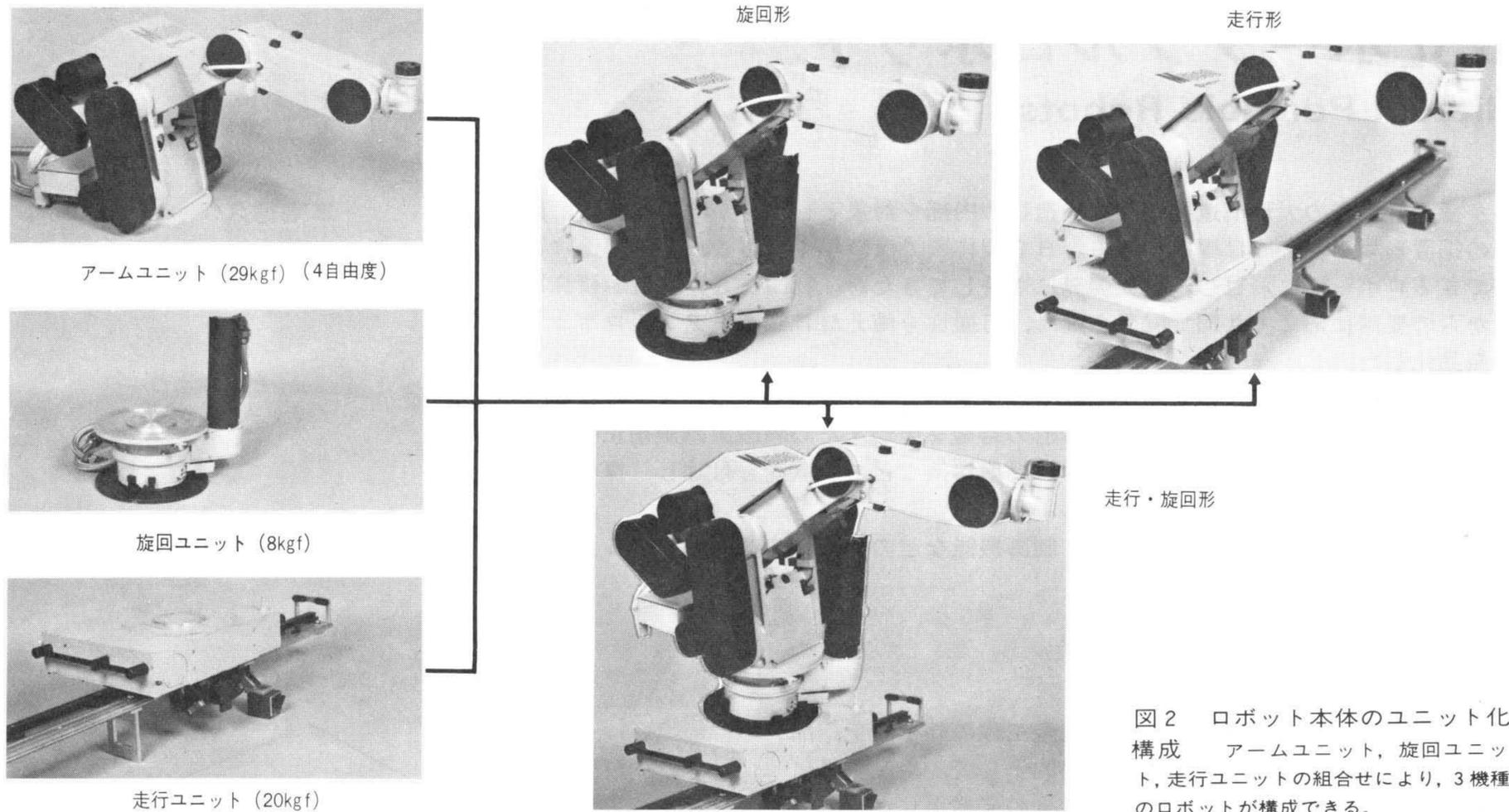


図2 ロボット本体のユニット化構成 アームユニット, 旋回ユニット, 走行ユニットの組合せにより, 3機種  
のロボットが構成できる。

ベースなどの構造強度の検討, 高力アルミニウム合金の採用などにより, 部材の薄肉化を図った。この結果, 各ユニットの重量はいずれも人力で運搬可能な30kgf未満とすることができた。

一例として旋回形5軸ロボットについて見ると, 全自重(37kgf)に対する可搬重量の比は約7%であり, 従来の据置形ロボットの場合の約3%に比較しておよそ2.5倍の能力を実現している。

(3) 広可動範囲機構

本ロボットでは, 従来の日立プロセスロボットなどに比較

して第2アームの可動角度を広くとり, 第2アームが第1アームの延長上より下方にくる「下向き腕」に加えて, この逆の「上向き腕」の姿勢もとれるような構造としている。このため, 可動範囲は図3に示すように極めて広く, 全姿勢での作業が可能である。

また, 手首機構についても, 図4に示すように作業対象物との干渉が少なく, 手先の作業工具(溶接トーチなど)の姿勢の広範囲な制御が可能な, 曲げ(Bend)軸と振り(Swivel)軸とを組み合わせた新形手首機構を採用している。なお, 特に狭い部分での作業用として, 作業工具の姿勢を手動変更するための

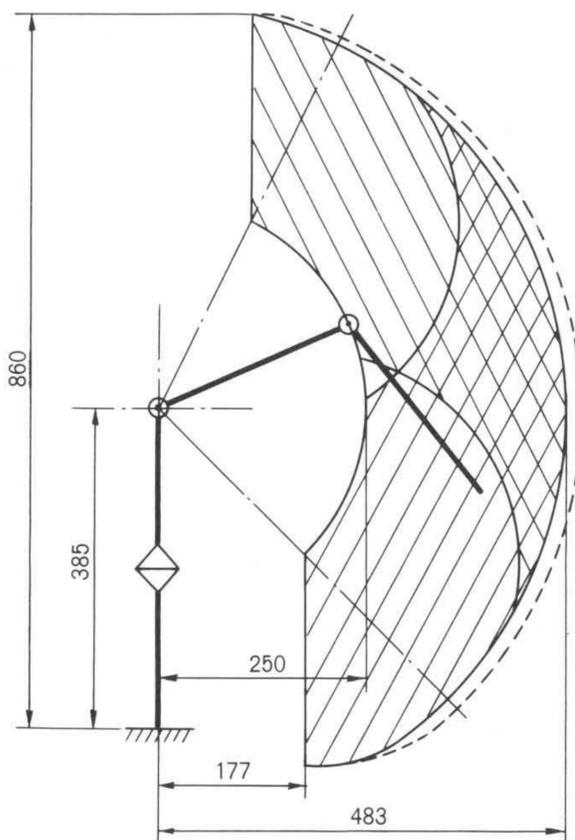


図3 ロボットの可動範囲 「下向き腕」, 「上向き腕」の両姿勢がとれるため, 小形でありながら広い可動範囲をカバーできる。

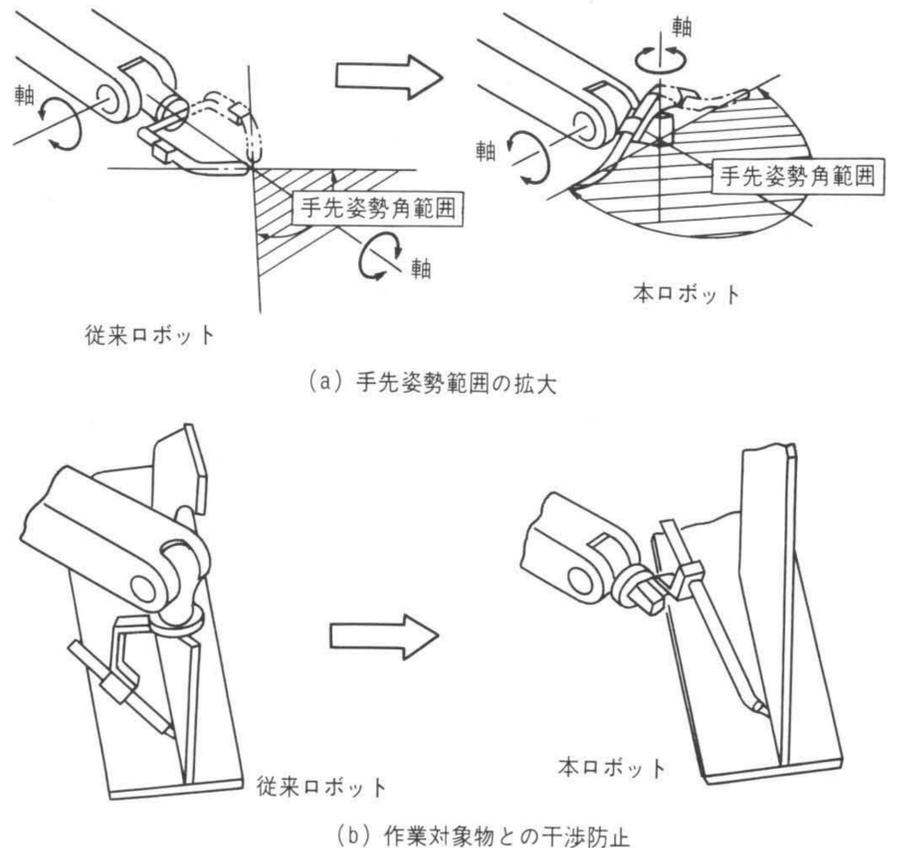


図4 新形手首機構 手先姿勢のとれる範囲が拡大されるとともに, 作業対象物との干渉も少なくなった。

補助ひねり軸を上記手首機構に更に追加することができる。

### 2.3 制御装置

日立ポータブルロボットの制御装置は、16ビットのマイクロプロセッサを複数個使用したマルチプロセッサ構成とし、制御装置の小形・高集積化、高性能化を実現した。

制御装置本体は据置形とし、ロボット本体との間は最大30mまで延長可能である。制御装置本体のコンソール面には、9inのCRT(Cathode Ray Tube)を標準装備し、各種データの表示、ロボット言語の入力などを容易に行なえるように考慮した。また、ティーチング操作時及びプレイバック作業時に必要な機能については、すべてティーチングボックスに集約させ、作業箇所での操作が容易に行なえるように考慮した。なお、コンソール機能を制御装置本体から独立させた分離形コンソールも、オプションとして用意されている。

表1に本ロボットの主な仕様をまとめて示す。

表1 主な仕様 製品の主な仕様を示す。仕様に幅があるのは、3機種それぞれで相違があるためである。

項目	仕様
構造	多関節形
動作自由度	5～6軸
可搬重量	2.5kgf
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
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	500～2,000ポイント
補間機能	直線補間、円弧補間
シフト機能	平行シフト方式
ウィーピング機能	ソフトウェアウィーピング方式
外部同期信号	入力16点、出力16点
電源	三相AC200/226V±10%、50/60Hz

### 3 機能の特長

日立ポータブルロボットは、制御方式の基本としてティーチングプレイバック方式を採用しており、新形日立プロセスロボットのもつ豊富な機能をすべて備えている<sup>1)</sup>。

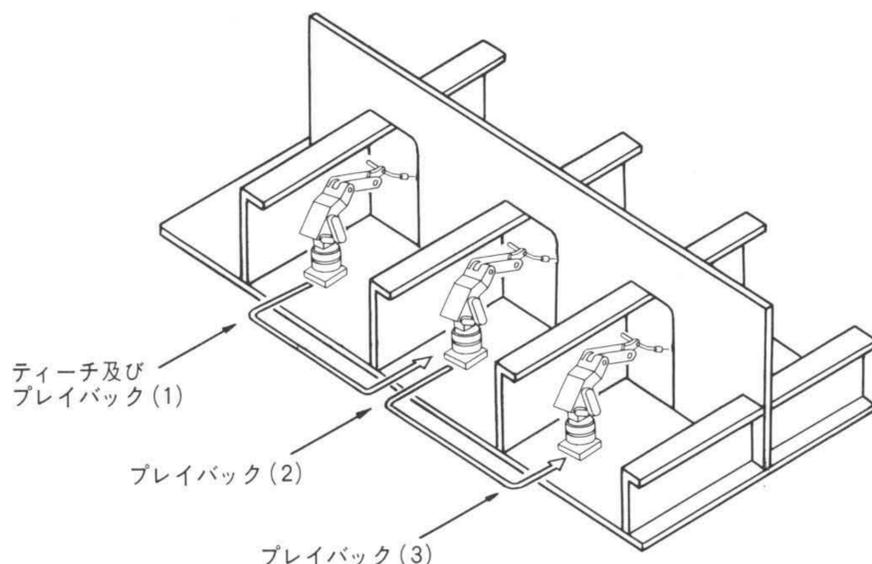


図5 日立ポータブルロボットでの繰返し作業 大形構造物では、同一形状の作業箇所が複数個ある場合が多い。

更にそれらに加えて、下記に示す新機能を付加し、操作性、生産性の向上を図っている。

#### 3.1 設置誤差補正機能

ティーチングプレイバック方式のロボットは、複数個の同一形状ワークに対して同一の作業を繰り返して行なう場合に、その効果を最大限に発揮する。しかし、可搬形のロボットでは、各作業箇所にロボットを運搬、設置して作業を行なうため、図5に示すように同一形状の作業箇所が連続している場合であっても、ロボットと作業箇所の相対位置関係を、常に同一に保ってロボットを設置することは困難である。作業箇所の形状が同一であっても、ロボットと作業箇所の位置関係が異なれば、ロボットの行なうべき動作は異なったものとなる。

このため、本ロボットではティーチングされた動作経路をロボットの設置位置に応じて補正する機能を付加した。具体的には、ティーチング時及びプレイバック時に作業対象物上の代表点をそれぞれ2点ずつティーチングすることにより、ロボットと作業対象物の位置関係を求め、これからプレイバック時の設置位置での動作経路を座標変換演算により求めている<sup>2)</sup>。この機能によって、図6に示すようにロボットの3次元的位置、設置面内での回転角などの設置誤差を補正しながら作業を行なうことが可能である。したがって、各設置位置ごとに作業のティーチングを繰り返す必要はなく、大幅な工数低減が可能となる。

#### 3.2 センシング機能

ロボットの作業対象物が同一形状であっても、個々の作業箇所ごとに加工誤差、組立誤差などの個別誤差は免れない。このため、次に述べる2種のセンシング機能を用意した。

##### (1) タッチセンサセンシング

タッチセンサセンシングは、溶接ワイヤと作業対象物を接触させることによって、ロボットがワークの位置を見付け出すセンシング方法である。この機能を用いることによって、ティーチングをラフに行なっても、ロボット自身が作業対象物の正確な位置を探索、チェックし、ティーチ点を実際の作業対象物の形状に応じて修正して作業を行なうことができる。

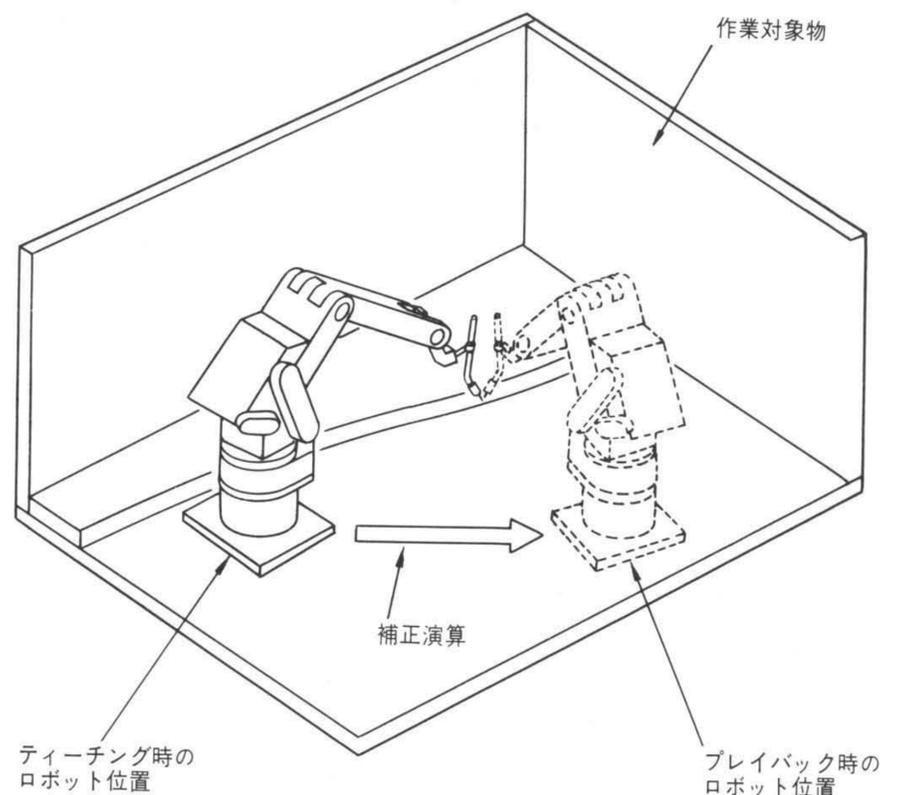


図6 設置誤差補正機能 本機能により、ティーチング時とプレイバック時のロボット位置に誤差があっても、正確な作業が可能である。

(2) アークセンサセンシング<sup>3)</sup>

アークセンサセンシングは、溶接中にトーチを揺動させながら溶接電流の変化を監視し、これにより溶接ワイヤと被溶接部材の距離の変化を検出して、適正な溶接位置、すなわち溶接線の位置にトーチを制御するセンシング方法である。

本ロボットのアークセンサセンシング機能は、全姿勢溶接に対応可能であり、この機能を用いることによって溶接部の加工精度、組立精度にばらつきがあっても、実時間で誤差を修正しながら溶接を行なえるため、作業品質の向上を図ることができる。

3.3 多層溶接機能

可搬形ロボットは、前述のようにその性格上大形構造物を作業対象とすることが多い。したがって、アーク溶接への適用を考えた場合、その作業は厚板部材を対象とした多層溶接作業となる。この場合、各溶接パスの動作経路を逐一ティーチングすることは非能率的であるため、あらかじめ各溶接パスの溶接条件及びトーチ位置を数値データとしてファイル化しておき、多層溶接動作経路を自動的に演算する機能を付加した。また、水平隅肉継手及び下向きV開先継手については、溶接部の形状パラメータ及び基準溶接条件を数値入力するだけで、上記のデータファイルを図7に示すように自動生成する積層アルゴリズムを組み込むことが可能である<sup>2)</sup>。

4 適用例

日立ポータブルロボットの適用の一例として、旋回形ロボット(補助ひねり軸付)による溶接作業の状況を図8に示す。上記の新機能に加えて、従来の新形日立プロセスロボットのもつジョブ機能、ウィービング機能などを同時に用いることによって、効率的な作業を行なうことが可能である。

本ロボットは主として大形構造物、箱形構造物の内部などを対象とした作業への適用を考慮したものであることは先にも述べたとおりであるが、図8に示すように小物部品を対象とする場合でもロボットを容易に移動可能なため、十分にその効果を発揮させることができる。

5 結 言

従来の据置形ロボットとは全く発想を異にするロボットとして、可搬性を備えた日立ポータブルロボットを開発した。

本ロボットは、小形・軽量の三つのユニットから構成されており、設置誤差補正、各種センシング、多層溶接などの新機能を備えて操作性、生産性の向上を図っている。

今後、更に使いやすい信頼されるロボットとなるように、いっそうの努力を続けてゆく考えである。関係各位の御指導、御協力を切望する次第である。

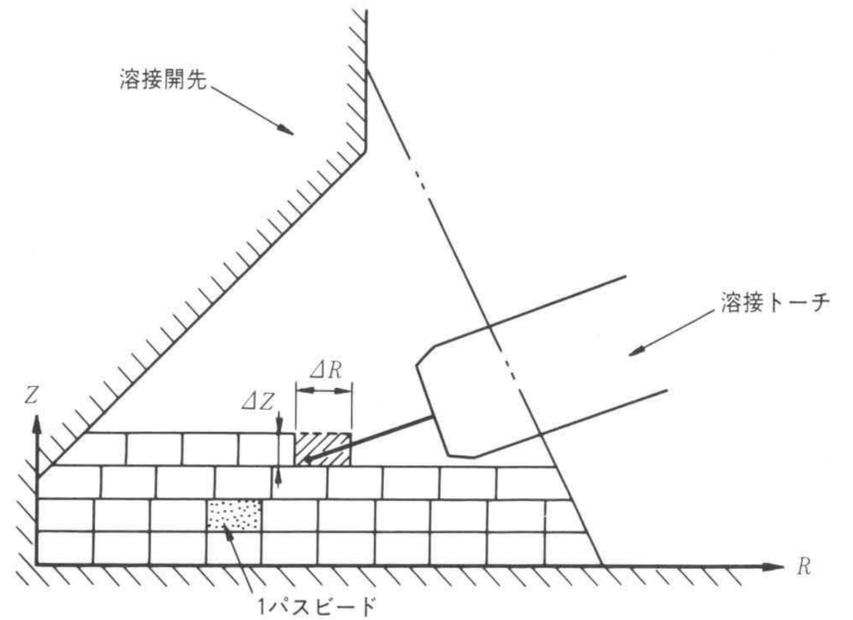


図7 多層溶接機能 溶接部の形状と基準溶接条件を入力することによって、多層溶接の積層条件を求めることができる。

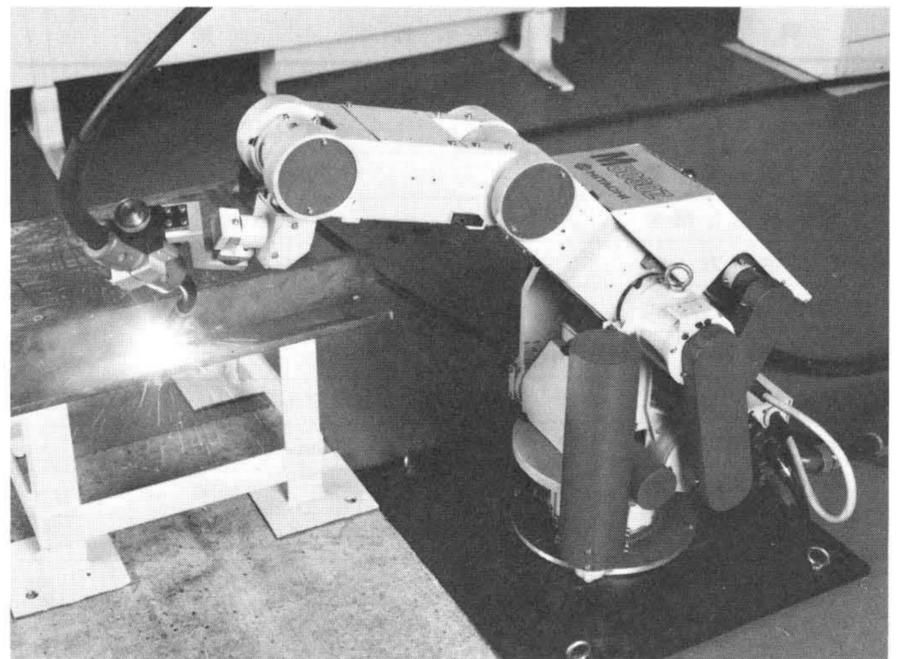


図8 日立ポータブルロボットの適用例 各種新機能に加えて、従来の日立プロセスロボットの機能を同時に用いることにより、効率的に作業を行なうことができる。

参考文献

- 1) 井田, 外: 新形日立プロセスロボット, 日立評論, 64, 12, 871~876(昭57-12)
- 2) 三宅, 外: ポータブルロボットの開発, 日本ロボット学会第1回学術講演会予稿集, 111~116(昭58-12)
- 3) 辻, 外: ロボット用アーク溶接センサ, 日立評論, 66, 10, 741~744(昭59-10)