

# ロボットの動向と将来展望

## Recent Trends and Future of Hitachi Robots

ロボットの応用は、ハンドリングや移載などの単純な作業から、ロボットの機能向上とともに溶接、塗装、組立、検査調整などの高度な作業へと用途が拡大した。また、第二次産業の製造業分野に加えて、非製造業用ロボットの台頭も著しい。

日立製作所は、ロボットはFAなどあらゆる自動化の高機能端末機と考えているので、ロボット単体の機能向上とともに、上位コンピュータや他の装置との結合が容易な通信機能をもたせるなど、システム対応機能の増強にも努めている。

また、ロボットに関する要素技術からシステム技術まで、そのレベルアップに不断の努力を重ねており、それらから生まれる安全でより使いやすいロボット及びロボットシステムの供給を通じユーザーの期待にこたえてゆきたい。

福地 文夫\* *Fumio Fukuchi*

栗根 洋\*\* *Hiroshi Awane*

### 1 緒言

ロボット普及元年といわれる1980年を契機として、ロボットの応用は着実に拡大しつつある。ロボット導入初期の段階には、ロボットに対する過大の期待もあり、時流に乗り遅れまいとして、とにかく試みに導入してみようというケースも見受けられた。しかし、そのような前向きな姿勢がノウハウの蓄積などの良い結果をもたらした。ハンドリングや移載など単純な作業から始まったロボットの応用も、ロボットの機能向上とともにしだいに高度な作業、すなわち溶接や塗装作業へ、そしてばり取り、シーリング、組立、検査調整作業などへと急速な用途の拡大を見た。

上述のような状況の下で産業用ロボットの導入は順調に進行し、今や国内での設置台数は20万台に及ぼうとしている。ロボットの定義や範囲の違いもあるが、我が国は世界の産業用ロボットの約60%を保有していると言われている。そして、国内の隆盛をバックに、我が国のロボットメーカーの海外市場への進出も目覚ましく、OEM (Original Equipment Manufacturer) 供給や技術提携など話題に事欠かない。日立製作所もまたその例外ではない。

欧米諸国の中でも特に米国では、ロボットそのものは我が国などの有力ロボットメーカーから購入し、システム化や新規アプリケーションの開発に力点を置いている傾向が見受けられるのも注目すべきことである。

我が国の今日の経済的繁栄はロボットをはじめとする先端技術による自動化、省力化などの生産技術水準の高さによるところが大である。ロボットの導入は、単に人間の行なう作業を代替するだけにとどまらず、製品の均一化や不良率の低下をもたらした。また製品ニーズの多様化にとって不可欠の柔軟な生産設備の一翼を担うなど、今やFA (Factory Automation) に欠くことのできない高機能端末機となった。

現状では、第二次産業でもとりわけ製造業用がほとんどであるが、その他の分野への応用研究も盛んで、一部では既に導入が試みられつつある。そして、人間にはできない作業分野への挑戦として、原子炉周辺の点検修理、宇宙開発、海洋開発、災害時の救助などに適用可能なロボット技術を開発するため、通商産業省の工業技術院大型プロジェクトとして、極限作業用ロボットの研究開発が昭和58年からスタートし

た。日立製作所も本プロジェクトの中で原子力関連分野のロボット開発グループに参画しており、社内関連部門の総力を結集して、その責任を全うする考えである。

以下、日立製作所が手がけているロボット全般について、その動向と将来展望について述べる。

### 2 ロボットの現状

現在、第二次産業の製造業の分野で用いられている産業用ロボットは、19世紀の産業革命以来営々として築き上げてきた自動化技術の先端をゆくものであって、それらから遊離独立した全く別の概念ではない。換言するならば、産業用ロボットはオートメーションなど自動化装置の共通的な部分のユニット化を図ったものと考えたほうがむしろよいとさえ考えている。したがって、語源が意味する人造人間的に何でもできるようなものではなく、用途ごとにより専用のであり、一般的には周辺装置と組み合わせないとほとんどの場合に用をなさない。そのため、その設備を計画し運用する生産技術者のエンジニアリング能力により、システムの出来映えが決まる。

#### 2.1 対象範囲

産業用ロボットの需要動向は、通商産業省及び産業用ロボット工業会の統計<sup>1)</sup>を要約すると次のようになる。ロボットの種類では、JIS B0134-1979の入力情報、教示からの分類によるプレイバックロボット以上の比較的高機能ロボットの伸びが大である。分野別には第二次産業の全製造業分野に広まっており、主な需要分野は電気機械製造業、自動車工業などである。また、用途としては樹脂成形関連に代わって、組立、アーク溶接作業用が大幅な伸びを示している。

総合的には、軽薄短小分野、特に活況を示しているエレクトロニクス関連分野に適合するロボット、すなわち小物品組立分野の伸長が著しい。

最近の傾向としては、現在の第二次産業の製造業分野に加えて、非製造業用ロボットの台頭が著しく、今後の伸びが予想されている(図1, 2)。特に原子力産業では、放射線の被ばくの危険があり、保守、点検、修理作業の多くはロボット化が絶対に必要であろう。

日立製作所の実績もおおむね同じ傾向にある。図3に示す

\* 日立製作所商品事業本部 \*\* 日立製作所機電事業本部

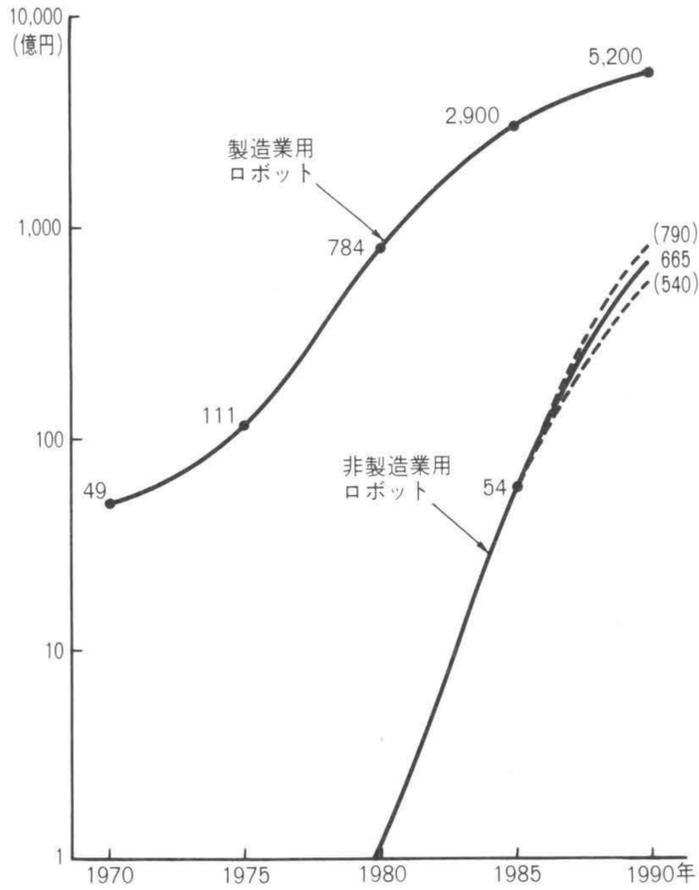


図1 ロボット市場の動向(生産額ベース) 1980年ごろには、まだ零需要であった非製造業用ロボットの市場は、1990年ごろには製造業用ロボットの約10%強の市場に成長すると予想されている。  
出典 日本産業用ロボット工業会

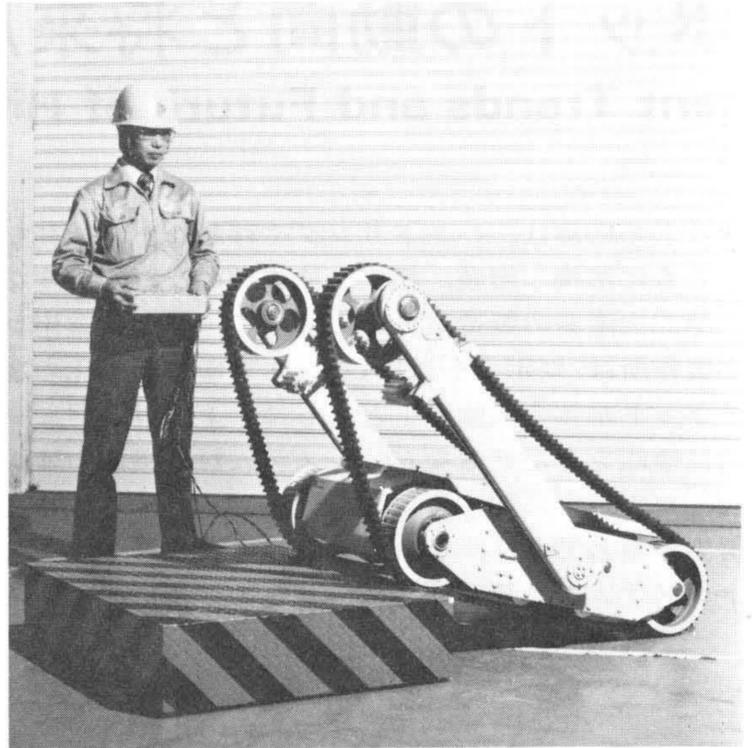


図4 可変クローラ式走行装置 階段の昇降や障害物の回避あるいは乗り越えができる可変クローラ式走行装置を示す。

ように、豊富な品ぞろえ、長年にわたり積み重ねてきたノウハウ、関連する日立製作所各部門の総合技術力によって、スタンドアロンから大規模システムまで、広い範囲で自動化、合理化に寄与している。

特に最近では、機種種の拡大とともに、ばり取り、シーリング、調整、検査など新しい用途の開発にも力を入れており、ロボットの適用範囲の拡大に努めている。

原子力関連分野でも、既に自動燃料取替機<sup>2)</sup>、自動ISI(In-service Inspection)装置<sup>3)</sup>など専用のロボットの实用化を図っており、近年では5足歩行形<sup>4)</sup>、可変クローラ式(図4)の移動装置や、バイラテラル制御方式のマニピュレータなどの開発に積極的に取り組んでいる。

### 2.2 機能向上

最近の産業用ロボットは、エレクトロニクスなど先端技術を駆使して、非常に高機能となり、多機能となった。表1にその一端を示す。実用に供されているロボットの中には、高度で複雑な作業を楽々とこなしているものもある。また、一部の作業では、人間に優る働きをしているロボットもある。しかし、日立製作所はオペレータがその作業内容を教示する

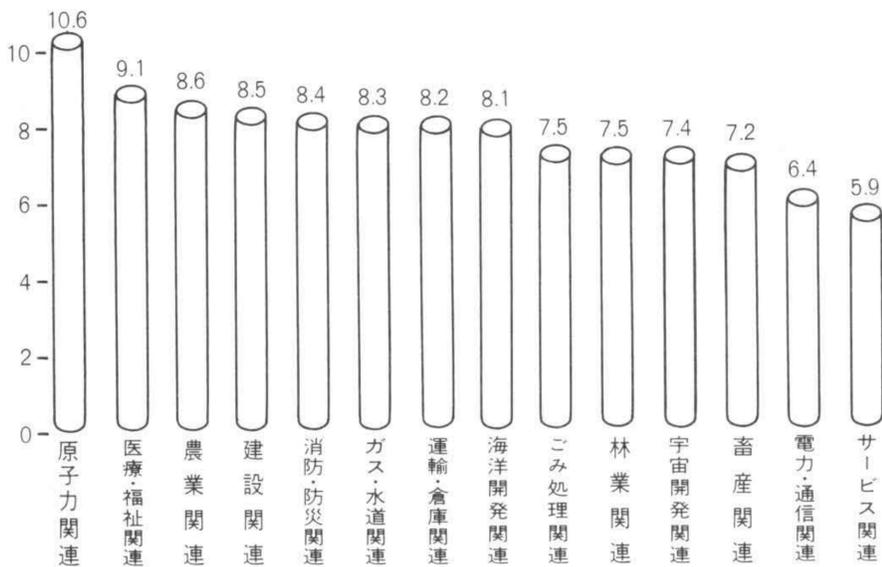


図2 非製造業用ロボット開発の重要度 重要度は開発の必要度、実用化の開始時期、5年後の需要に関する評点を統合化したものである。  
出典 日本産業用ロボット工業会

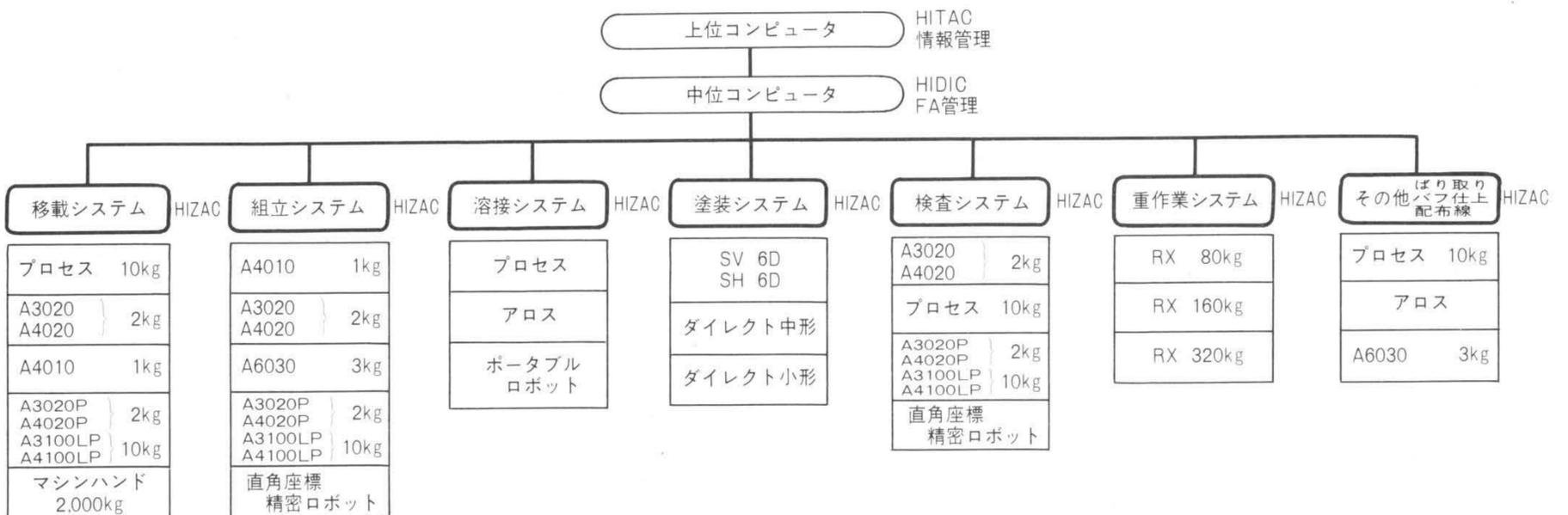
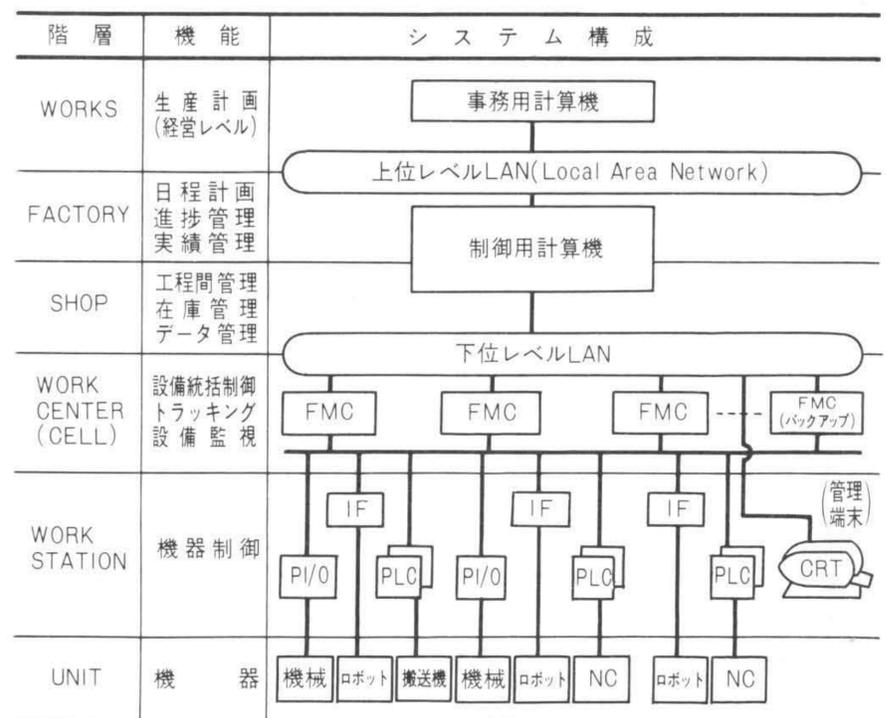


図3 ロボットの品ぞろえ 各種用途に対応できる豊富な品ぞろえと、制御装置が統一され上位コンピュータやセンサとの接続が可能でFAへの拡張性に優れている(原子力関係を除く)。

表1 最近の産業用ロボットの制御機能 すべてを網羅していないが、最近のロボットの制御機能の主なものを示す。

制御機能	内容
直線補間機能	指定された2点間を結ぶ直線上を動くように、補間演算制御する機能。
円弧補間機能	指定された3点間を円弧に描きながら動くように補間演算制御する機能。
座標変換機能	ある座標系のロボットを、あたかも異なった座標系のロボットのように動かすように演算制御する機能。
手首補正機能	手首の各軸を動かしてもツールのねらい位置が動かないように、ロボット本体の位置決め軸を制御する機能。
シフト機能	教示された軌跡に対し、指定距離だけシフト動作するよう制御する機能。
コンベヤ同期機能	教示作業はワークを停止させて行ない、プレイバック時はコンベヤ側から信号を受け、ロボットがワークとの相対関係を保ちながら移動ワークに追従して動作する機能。
パス選択機能	基本動作軌跡が同一で一部分が異なる場合に、異なる部分の動作軌跡だけを自由に選択してロボットを動かせる機能。
コピー機能	同じパターンを繰り返して連続的な軌跡を作る場合、一つのパターンの軌跡を教示し、あとは連続的にコピーさせる機能。
プログラム編集機能	プログラムをいくつかのブロックに分割し、各ブロックを自由に組み合わせ編集することにより、いろいろと異なった動作を可能にする機能。
センサ機能	ロボットがあらかじめ教えられた軌跡を自分で修正しながら動作することができるように、感覚機能、認識機能を備えること。
ウィーピング機能	アーク溶接ロボットで手首軸あるいは位置決め軸により、ジグザグに動作させること。



注：略語説明  
 FMC(Flexible Manufacturing Cell Controller) NC(数値制御機械)  
 PI/O(プロセス入出力機器) PLC(Programmable Logic Controller)  
 IF(インタフェース装置) CRT(Cathode Ray Tube)

図5 FAトータルシステムの構成 FAシステムを図のように6階層に分け、各階層の必要機能を明確にし、各機能に適した計算機、ネットワーク、コントローラを準備している。

のは大変な仕事であることも知っている。教示作業の簡易化は重要な課題であると認識しており、力を入れている技術分野の一つであり、今後ロボットの導入が順調に推移するか否かのかぎを握っていると考えている。

プレイバックロボットでは、高機能、多機能であれば、それだけ入力キーが増加し、操作手順が複雑になるのはやむを得ない面がある。産業用ロボットは先駆をなしている工作機械と比較して、基本的には同じであるが、制御軸数(自由度)が多く、動作範囲が広い上に、剛性が低く、したがって絶対的精度が劣るので、プレイバックという優れた方法で今日のレベルまで来た。しかし、プレイバック方式であるがために、今後これ以上の機能向上を図る上で、操作の複雑さは大きな障害となろう。ユーザーにとっても今の程度が限界ではないかと考えている。

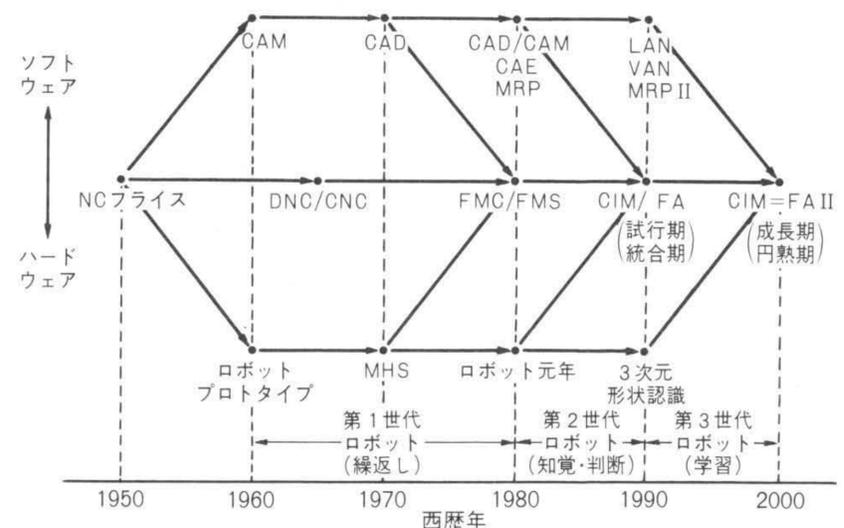
この問題を解決するための方策として、ロボット自身の絶対的精度の向上、それをカバーするためのセンサ技術、そして、できるだけマクロな命令で入力可能なロボット言語やCAD/CAM/CAT(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Testing)技術などの開発を強力に推進している。

また一方では、逆にプレイバック方式を肯定した上で、素人でも扱いやすいダイレクトティーチ化を指向する動きもある。この場合、今後も本流と考えられる電動式ロボットでは、減速機が不要で、人力による操作が容易になるダイレクトドライブ駆動が渴望されている。

### 2.3 システム化

社会のニーズは、より多品種少量生産<sup>5)</sup>を必要とする方向へ向かっており、FMS(Flexible Manufacturing System)やCIM(Computer-Integrated Manufacturing)などFAをいっそう推進せざるを得ない状況にある。

インテリジェント端末機としてのロボットの重要性がますます大きくなり、LAN(Local Area Network)などを介して、上位のコンピュータ、その他の要素との結合(図5)が容易になるような通信機能の拡充など、知能化がいっそう求められ



注：略語説明  
 CAM(Computer Aided Manufacturing)  
 CAD(Computer Aided Design)  
 LAN(Local Area Network)  
 DNC(Direct Numerical Control)  
 CNC(Computer Numerical Control)  
 CAE(Computer Aided Engineering)  
 MRP(Manufacturing Resource Planning)  
 FMC(Flexible Manufacturing Cell)  
 FMS(Flexible Manufacturing System)  
 CIM(Computer Integrated Manufacturing)  
 MHS(Material Handling System)

図6 FA技術の発展過程 第2世代ロボット技術、CAD・CAMリンク、FMS技術によりFA基本形が生まれ、更に第3世代ロボット技術、LAN・VANによりFAの円熟期を迎える。

出典 多品種少量生産システム(第2版) 日刊工業新聞社

ている。

日立グループ29社は、1982年からFAへの本格的な取り組みを開始した。産業用ロボットをはじめとする各種端末機器から全体を制御する大形コンピュータ、光ネットワーク、自律分散制御技術まであらゆる分野を網羅しており、各種分野のエンジニアリング部門を擁し、組立性評価法やCAE技術の蓄積もあり、規模の大小を問わず各種システムに対応できる体制が確立している。これらFA技術の発展過程を示すと図6のようになる。

もちろん、良いシステムを創造するにはユーザーの協力なくしては不可能である。その作業についての長年蓄積されたノウハウは貴重なものであり、それらを提供してもらうことは良いシステム作りの絶対条件であると考えている。また、自動化に先立って、ライン全体の把握、製品設計の見直し、標準化、基準の整備など「自動化のための前提条件作り」が重要である。

## 2.4 安全

ロボットは危険作業、有害作業、ダーク作業、高温作業など悪環境下での作業を代替できるので、災害から完全に人間を隔離することが可能で、その効果は非常に大きい。

しかし、産業用ロボットについて1982年7月に労働省が実施した実態調査<sup>6)</sup>によれば、事故の発生率は低いが、産業用ロボットを操作する上で、従来の機械など生産設備とは異なる危険性を含んでいると推察され、1983年6月20日に労働安全衛生規則の一部が改正になった。

メーカーとしては、JIS B8433-1983産業用ロボットの安全通則に則り、ロボットそのものの信頼性を高め、フェールセーフ機能を充実させるなど安全性の向上を図ることが責務であることは言うまでもないが、ロボットの教示、検査などの作業に従事する人は、ロボットをよく知った上で使ってもらうことがより安全であるとの考え方から、ロボットについての特別教育を受けることになった。

もちろん、日立製作所のロボットは労働安全衛生規則を満足していることは言うまでもないが、前述の産業用ロボットの安全通則、労働省の産業用ロボットの使用などの安全基準に関する技術上の指針をもクリヤしている。その上に幾重にも安全対策を施してある。安全は何物にも替えがたく最重要課題と考えており、これからも安全を確保するための技術上の改良には努力を惜しまない。

## 3 要素技術

振り返って見ると、ロボット及びロボットシステムについては、ここ十数年間余り進歩していないように思われる。日立製作所が1970年秋の日立技術展に発表した、組立図を見て積木を組み立てるロボット(積木ロボット<sup>7)</sup>)は、その考え方で今でも余り古臭さを感じず、現在、実用化しようとしているほとんどの機能を含んでいた。ただし、実現手段としての要素技術、手法などでは隔世の感がある。当時大形コンピュータを駆使して、なおかつスローモーション的動作しかできなかったことを思い起こせば、同様の動作がマイクロコンピュータのレベルで苦もなくやっけてのける現状は驚きに値する。特にマイクロエレクトロニクス分野の進歩は著しく、ロボットの制御もその恩恵にあずかるところが大きい。

### 3.1 機構部・サーボ

1978年にSCARAロボットが発表されて以来、マニピュレータについては、これと比べて特筆すべきものがなかった。変わり種としては、多関節で軟体動物のように自由自在に曲がる腕をもつユニークなロボットが発表されているが、当面特殊用途に限られよう。

ただ、軽量化については新材料の開発、合理的設計など並ならぬ努力が払われ、可搬重量/自重には改善の跡が見られる。日立製作所で発表した水平多関節形組立ロボットA4010シリーズはアームにFRP(Fiber Reinforced Plastic: ガラス繊維強化プラスチック)を使用し、軽量化とともに量産構造化を実現した。

このような状況の中で、1983年に発表したポータブルロボ

ットは、今までのロボットと異なり、移動困難な大形ワークや入口の小さな箱形構造物の内側など、ロボットを移動することにより、広範囲にわたって繰り返しアーク溶接作業を行なわせるもので、今までにはない新しいジャンルを開拓したと言えよう。本ロボットの出現により、今まで自動化を考えにくかった橋りょうや船体など大形構造物のロボット化が可能となり、ロボットの適用範囲の大幅拡大をもたらした。

ロボットにとって、機構部を駆動するアクチュエータやサーボ系は重要な部分を占めている。プレイバックロボット以上の高機能ロボットでは、可搬重量100kg程度以下はほとんどのものがメリットの多い電動機駆動となった。DCサーボモータが圧倒的に多いが、一部ACサーボモータに代わり始めた。DCサーボモータはブラシの摩耗が原因で定期的なメンテナンスを必要とするが、材質の改良とロボットの動きからブラシを流れる平均電流が思いのほか小さいので、現実には結果的に長寿命が確保されている。したがって、まだ比較的高価なACサーボモータへの移行は、緩やかなものとなっているが、小形・軽量でパワーレートの高い点などが買われ、サーボアンプ部のコストダウンとともに、今後急速な展開が予想される。しかし当面は、耐環境性構造化が容易な特長を生かした使われ方が先行すると思われる。

将来の理想的な駆動機と考えられている低速大トルクのダイレクトドライブモータは、実用化レベルに近づきつつある。早期実用化を期待しているが、ロボットの機構部にもかなりの影響を与えることになろう。

サーボ制御技術の面では、現代制御理論など、ロボットの動きを高速、高精度かつ安定化する努力は、かなりの成果をもたらすであろう。サーボ系にマイクロコンピュータが導入されたことで、適応制御など画期的な進展も予想される。

今までのロボットは、人間の腕・手に似た機能をもつマニピュレータを機構部とするものが主であったが、近年は人間の足・脚に似た機能、すなわち移動機能の研究も盛んである。ロボットの世界が拡張され、保守、点検、調整作業などの無人化にはなくてはならない機能である。

### 3.2 制御部

産業用ロボットの制御装置にマイクロコンピュータが使われ始めて久しい。日立製作所が1975年に発表したアーク溶接専用ロボット「ミスターアロス<sup>8)</sup>」などパイオニアではなかったかと思う。当時は8ビットのマイクロコンピュータを用いたが、その後の高機能化、多機能化のニーズにより、高速演算が必要となり、現在では16ビットが多く用いられている。中には数個並列的に用いたマルチプロセッサ方式をとっているロボットもある。日立製作所もその方式を採用しており、高精度、高機能、多機能を実現している。

日立製作所は、産業用ロボットとして溶接用、塗装用、組立用、汎用と多くの機種を擁しているが、主要機種については制御装置とソフトウェアに関し思想の統一を図っており、ハードウェアのユニットレベルやソフトウェアのモジュールレベルで、その主要部分を共通化している。したがって、スペアパーツの共用化が図れるばかりでなく、FAなどシステムを構成する場合、考え方がシンプル化され、構築が容易となる非常に大きなメリットがある。

ロボットの高機能化とともに、制御装置の中心となるマイクロコンピュータのビットサイズも大形化してきており、群制御用など特殊用途向けには32ビット化の波も近い。しかし一方では、システム化との兼合いもあり、基本的機能に限定して小形化を徹底し、その他の機能は上位のコンピュータに

任せる考え方もある。

また、ロボットがFAの端末機器としての重要性が増すに従って、その不稼働時間の短縮は重要な課題である。そのために教示時の誤操作防止機能や教示データについてのシミュレーション機能などによるトラブルの未然防止に加えて、事故診断機能の増強など回復時間短縮への努力がなされている。システムの大形化とともに重要性の増す機能である。将来は光回線などの利用により、遠方からの監視やメンテナンスの指示も可能となろう。

### 3.3 ソフトウェアと言語

FAのベースとして大きな合理化効果を期待されているロボット化FMSやFMC(Flexible Manufacturing Cell)もソフトウェア開発の工数や期間が大きいのがネックになっている。メーカーだけでなくシステムハウスやユーザーのエンジニアにも楽に使いこなせるソフトウェア体系や簡易言語がメーカー側に求められ始めている。日立製作所ではこれらのニーズに合わせて一つは知識工学を応用し、視覚的な分かりやすさを追求したグラフ記述型シーケンスプログラムソフトウェアSCR(Station Controller)やルール記述型制御用ソフトウェアSCD(Station Coordinator)と、他はロボットを利用した組立制御を対象に記述する基本言語FA-BASICを開発した。

前者については、HIDIC-FMCコントローラがあり、多様化、短ライフ化してゆく製品環境・段階的なシステム構築・全体システムの信頼性の確保など、FAシステムのトータル効率を最大に維持するため、作業動作の順序を制御する順序制御POLと物流系を制御するための作業条件を定義する知識工学を応用し、if……then型ルール表現を用いた条件制御型POLのソフトウェア言語から成り立っている。

一方、組立セル制御用統一言語FA-BASICは、高度な組立に不可欠なロボット～画像処理～コントローラ間を同一言語で記述することができ、また強力な問題向き言語を備えており、プログラムの作成工数、期間を大幅に削減でき、かつ高度な組立セルを作ることができる。1995年ごろには、96%のロボットが知能的でプログラマブルなものになるという予測があり、CAD～CAM～FMS間のデータ結合が今後重要な課題となり、基本的技術としてFA-BASICに期待するところが大きい。

### 4 センサ

日立製作所が1975年に発表したアーク溶接専用の有視覚ロボット「ミスターアロス」は、手首の先端に非接触式センサをもち、教示の容易化やワークの製缶誤差と治具への設置誤差を修正して、正確な溶接作業を実行し、当時実用レベルの知能ロボットとして脚光を浴びた。

ロボット自身の精度向上への挑戦は怠らないが、価格のアップを伴いがちである。またワーク側にも、寸法誤差やセッティング誤差があり、ロボットだけの精度が向上しても解決できない問題もある。そこで、これらの誤差を総合的に補償するものとして、センサの活用が有効であることから、センサ及びその応用技術の開発競争が活発に展開されている。

アーク溶接用タッチセンサやACC(Arc Current Control)センサもその一つである。前者は溶接ワイヤの先端がワークに接触したことで位置を計測し、後者はワイヤービング溶接中のアーク電流の変化で溶接中心位置を割り出すものである。共に「ミスターアロス」に用いた非接触式センサ<sup>9)</sup>の機械的な制約条件を伴う欠点をカバーするものとして開発され、実用化されたものである。

表2 産業用ロボットの能力 日立製作所の産業用ロボットの能力を、基本的な項目について示す。

項目	能力
可搬重量	可搬重量/ロボットの自重 = $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{40}$
速度	1,000~2,000m/s
位置決め精度	繰返し位置決め精度 ±0.01~0.2mm
自由度	同時6軸
記憶容量	2,000ポイント
プログラム数	255
座標変換	直角, 円筒, 関節
インタフェース	入力: 16, 出力: 16 CPUリンケージ センサリンケージ

最近、これらに加えて赤外線やレーザ光を使ったならい装置が実用化されつつあるが、今のところアーク溶接用センサとして、すべてに万能のものはなく、これからの研究に期待がかけられている。

組立作業では、複雑な作業や難しい作業があり、形状、位置、姿勢などの検出を必要とする場合が多い。そのための視覚装置が既に多数市販されているが、光学系の汚れ対策、しきい値の設定の容易化、照明や陽光による明るさの変化に対する安定化などもう一步で、まだ必ずしも満足できるレベルに達していない。

視覚装置は人間の視覚に比べ、まだ極めて幼稚なレベルにあり、前述のように2次元の認識が一応できる程度で、3次元認識、シーンアナリシスなど鋭意研究開発中である。

制御装置の中心はコンピュータであるが、内界、外界の状態を把握するには感覚機能が不可欠であり、以上のほか各種センシング技術<sup>9)</sup>の開発に力を入れている。

### 5 将来展望

日立製作所の汎用的なロボットの基本性能を表2に示す。個々の項目だけを見ると必ずしも最高レベルの値ではないが、総合的には比較的高いレベルのロボットと考えている。持続性(同表には示していない。)以外はまだ人間に優るものはないが、人間の能力に対する挑戦は限りなく続けられよう。創造性を除けば第5世代のコンピュータ技術の導入などにより、いずれクリヤされるであろう。

しかし、そのために解決しなければならない課題は余りにも多い。当面の課題だけでも枚挙にいとまがない。

- (1) ダイレクトドライブモータ
- (2) オフラインティーチング
- (3) シミュレーション技術
- (4) 組立性を評価できるCAD
- (5) 汎用ロボット言語

(以下省略)

これらの課題を解決してゆくには、マイクロエレクトロニクス技術の支援なしには不可能であるが、ロボットは総合技術製品であり、構造材料、アクチュエータ、制御理論、センサ技術、超精密加工技術など広い範囲の技術を必要としている。

いずれにしても、実用化のためには高いコストパフォーマンスの追求を必要とする。幸い我が国の生産技術は高いレベルにあるので、前述の諸問題を解決してゆく上で、大きな推進力となるであろう。

昭和58年スタートした通商産業省工業技術院の大型プロジェクト極限作業用ロボットの研究開発(図7)も、未来ロボットのための要素技術の開発が目的である。多自由度のマニピュレータ、移動装置、それを駆動する新しいアクチュエータ、

高速演算可能な高機能制御装置、各種センサ、トレイグジスタンス技術を含む通信技術など多岐にわたる革新的な技術の開発が計画されている。本件が刺激となって、ロボットに関する技術開発においっそうの拍車がかかると考えられる。

## 6 結 言

本稿では範囲を産業用ロボットに限定することをせず、ロボット全般についてその動向と将来について述べた。

日立製作所では、ロボットをFA, OA (Office Automa-

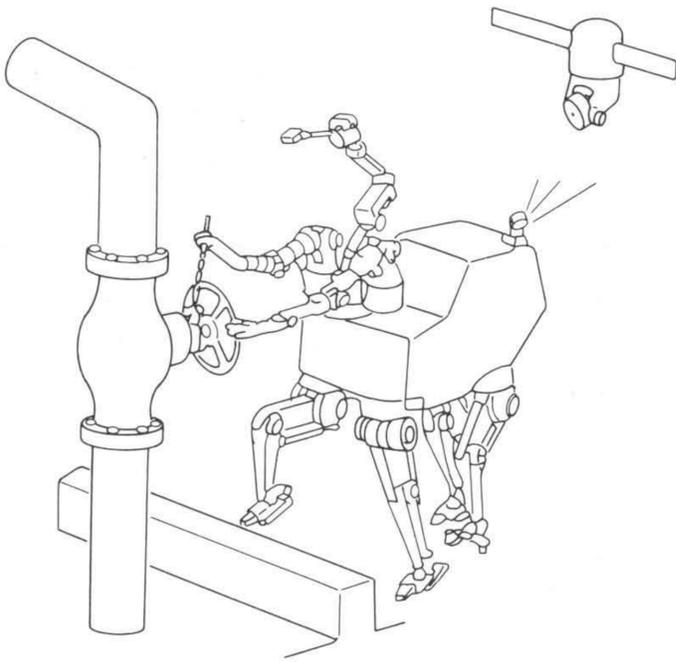


図7 極限作業ロボットのイメージ 原子力関連作業用ロボットで、四つの脚による移動が可能で、ある程度周囲の状況を認識して臨機応変に自律的に対応できるロボットである。

tion), LA (Laboratory Automation), HA (Home Automation) などあらゆる自動化の高機能端末機と考えている。例えばFAにしても、関連29社が一丸となって取り組んでいるので、それらの事例から生のニーズを探り、常にロボットはいかにあるべきかを考え、総合メーカーとしてのもてる力を十分に発揮し、有効かつ安全なロボット及びロボットシステムの供給を通して、ユーザーの要望にこたえてゆきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) JIRA: 産業用ロボットに関する企業実態調査報告書, 昭和59年10月
- 2) 佐々木, 外: 原子力発電設備点検保守の遠隔自動化, 日立評論, 66, 4, p.301~304(昭59-4)
- 3) 成瀬, 外: 原子力発電所供用期間中検査用遠隔自動半自動超音波探傷装置, 日立評論, 65, 9, p.633~638(昭58-9)
- 4) Y. Ichikawa, et al.: A Hybrid Locomotion Vehicle for Nuclear Power Plants. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics. Vol. SMC-13 No. 6/November~December 1983
- 5) 長谷川幸男編: 多品種少量生産システム(第二版)日刊工業
- 6) 労働省安全衛生部安全課編: 労働安全衛生規則の解説p. 12~23
- 7) M. Ejiri, et al.: A Prototype Intelligent Robot That Assembles Objects from Plan Drawings, IEEE Trans. on Computers C-21(1972)
- 8) 高野, 外: アーク溶接ロボット「ミスターアロス」日立評論, 57, 10, 825~830(昭50-10)
- 9) 奥村昌之編: コンピュータ・エイデッド・テクノロジー, 59-7, ーロボット・CAD/CAM・FMSー, 共立出版(58-4)

## 論文抄録

# FAを支えるロボット技術

日立製作所 磯田賢一

日本機械学会誌 86-779, 1173~1179(昭58-10)

FAは、工場自動化のための技術や設備を商品として他社に販売する事業活動の呼称として、最近クローズアップされてきた。工場自動化の向かう方向はフレキシブル生産システムFMSであるが、このFMSが必要な理由は、顧客の要求仕様の多様化に対処するため、生産者側では同じ生産システムを用いて多品種の製品を順次切り替えて生産する必要があること、また次々とする新製品の多世代にわたって同じ生産システムをできるだけ長期間使用できることが、生産者にとって望ましいこと、などからである。

機械部品加工ではNC工作機などフレキシブルな自動機が実現されているし、電子部品加工の分野ではそれぞれ専門メーカーが量産を行なっている。そこで今後のFMSの最大課題は、製品組立のフレキシブルな自動化システムの実現にある。ロボットはこのような自動組立システムの中心となるフレキシブルな自動組立機として注目され、この方面の応用が急速に拡大している。

ロボットの形態は円筒座標ロボット、極座標ロボット、直角座標ロボット、多関節ロボットなどがある。このうち多関節ロボットは、動作範囲が広い利点からマテリアルハンドリングや溶接用として広く用いられてきた。しかし、精度の必要な精密組立用には直角座標ロボットが今後広く活用されるであろう。SCARA形ロボットは、多関節ロボットと直角座標ロボットの利点を兼ね備えたものとして、牧野教授らにより開発され、簡易組立に有効で多数社で製品化されている。

ロボットが組立作業を行なうとき用いるハンドには、作業内容により様々な形式があるが、これらとロボット本体との接続構造を標準化しておくことと実用上便利である。

ロボットの形態や動作内容の程度は様々で、ただ1種の制御装置では対応できない。そこで制御装置をモジュール化し、各モジュールの選択構成で簡易形から高級形までの制御装置を作るのが今後の方向であり、ロボット制御装置のメーカーと機構部メーカーと

は分離独立して相互に協力していくであろう。

ロボットの知能化に必要なセンサのうち、テレビジョンカメラと画像処理装置を利用する視覚センサシステムは、実用化されるほどに発達しているが、触覚センサはほとんど発達していない。力センサは、電動式ロボットの手先を人が押し動かして直接教示を行なうなどの用途に今後用いられるであろう。

量産品マテリアルハンドリング用の時代のロボットへの動作教示法は、あらかじめロボットを実際に動くべき軌跡上の点へ次々に動かして、点の順序と座標とを記憶させる方式であったが、今後FMSの中でロボットを活用するには、ロボット言語による動作指示が必要で、そのため各種のロボット言語が開発されており、またその世界的な標準化も図られている。

FAでの組立ロボットの典型的応用例としては、組立評価法により組立容易化設計をしたVTR機構部の自動組立システムや、ロボットとバランサを組み合わせたエレベーター巻上機組立システムなどがある。