



人間とロボットの共生をめざす 最先端ロボット技術

盲導犬ロボット“MELDOG MARK IV”

日本が進んでいたのは 古い世代のロボットの實用化技術

ここ1, 2, 年続いた列島あげてのロボットフィーバーも、ここへきてようやく沈静し、現在のあるがままの姿、そして将来のあるべき姿を冷静にみることができるようになってきた。日本が世界に冠たるロボット王国であるという、積年の鬱憤を一挙に晴らしてくれる心地よい魔法の言葉も、どうも非常に狭い側面をみているにすぎず、その甘い言葉に浸りきってはいられないということが分ってきた。米国をその急先鋒としてフランスや英国などのヨーロッパ諸国において新しいロボットへ向

けての研究開発が活発化してきたためである。

そのような状況の中で醒めた眼で見直すと、実はわが国が進んでいるというのは、いろいろなロボットのうち、比較的古い世代のロボットの實用化という面であるということがはっきりしてくる。新しい世代のロボットに関する研究開発あるいは實用化は、これからの問題であって各国のこれからの研究開発の成果により、5年後あるいは10年後にその答がでるという図式が浮かびあがってくる。例えて言えば、「うさぎ」が

眼をさました現在、「かめ」が勝利の美酒に酔いしれている状況ではもはやなくなっているのである。むしろ「かめ」は歩き続けてこそ「かめ」であって、ここ数年「うさぎ」であるかのような錯覚をしてしまい一休みしてしまったことこそ反省されるように思われる。

ロボットが何でもできるのではないかという過大な期待や、その裏返しとしての人間が職場を奪われてしまうのではないかという過剰な不安や防衛本能も、もう少し客観的に現状を見直すならば、今の問題というよりは、むしろ将来の重要問題であって、次世代ロボットというものを計画し、研究開発して、それを實用化してゆく際に、ロボットを単なる技術の問題として捉えず、人間社会

の中におけるロボットとして、換言すれば人間とロボットの共生の立場から考えてゆかなければならぬという警鐘であったと位置づけられよう。

いずれにしても、歩きながら考えざるを得ないと思う。盲目的に突っ走って、技術的には素晴らしいものが

出来ても、それが人間との関係で社会に害を及ぼしてしまっただけは何にもならない。かといって、技術開発をないがしろにして議論に興じていれば、技術進歩からとり残され、われわれの社会の存続さえ危うくなるであろう。

いう自動化技術の大きな流れとが結集された成果であったと位置づけられよう。

その技術の本質は、姿勢角や、位置、速度、力といった、いわゆる内界情報の検出技術（内界センサー技術）とそれらを用いて系を制御するサーボ技術である。そして内界センサーとサーボ技術は1950年代に進展をとげ、60年代の産業用ロボット実用化の基礎となった。その産業用ロボットは1980年になって、財政投融資によるリース制度をはじめとする4つの政府助成措置がとられることになり、需要の急成長が見込めるいわゆる普及時代に入ったのである。1980年を「産業用ロボット普及元年」という所似でもある。

しかし、普及時代に入った第1世代ロボットを技術的にみると、仕事を始める前のティーチングというプロセスで、あらかじめ教え込まれた自分の位置や姿勢を繰返し再生（プレイバック）する繰返し機械であって、その利用範囲はおのずから制限される。それらが最も有効に利用できるのは第2次産業の製造業、その中でも特にマテリアルハンドリング、塗装、スポット溶接などである。

製造業におけるその他の作業、例

第3世代ロボットをめざして

現在のロボット技術を単にロボットという言葉で片づけるには、ロボットという言葉はあまりにも多様化しすぎている。あえて極端に言うならば、各人各様にロボットを捉えていると言ってもよい。しかし、各人各様の捉え方に何か共通のルートを見い出せないであろうか。共通点を探る時、例えば、時代的にその特徴を追って分類し整理してみることが一助となりそうである。ちょうど、コンピュータを世代分けして考えるようにロボットを世代分けして捉えてみよう。

その場合、ロボットだけではなく一般の機械に言えることであるが、ある機械である機能が実現された、あるいは「できた」といった場合の「できる」の意味をレベルに分けて理解する必要がある。つまり「原理的にそのようなことが可能であることを示す」研究室レベル、その原理を技術的にさらに追求して「現場で利用することが技術的に可能となる」実用レベル、そのような機械を現場で利用することが技術的に可能だけでなく、現場に導入することが「経済的にも引き合う」普及レベルの三つのレベルである。

そのようなレベルを縦軸にとって、横軸に年代を入れて、その座標の中にいくつかの世代のロボットを位置づけてみたのが図1である。

第1世代のロボットは、いままでは空想の産物でしかなかったロボットを、もちろん極めて限られた機能ではあるが、ともかく実際に作業する機械として製品化することに成功したものであって、その点に極めて重要な意味をもつものである。具体的には、1962年に初めて製品化された1967年からわが国にも導入されたパーサトランやユニメートがこれにあたる。

歴史的にみれば、これは戦後、原子炉のホットセルにおける使用済核燃料のハンドリング用として研究開発された操縦型のメカニカルハンド（いわゆるマジックハンド）の研究開発の流れと、やはり戦後のサイバネティクスの興隆に伴うオートメーション機器やNC工作機械などと

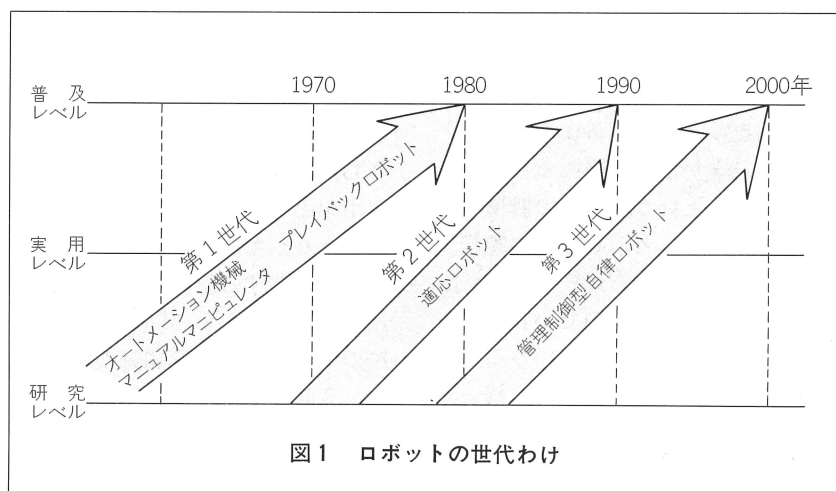
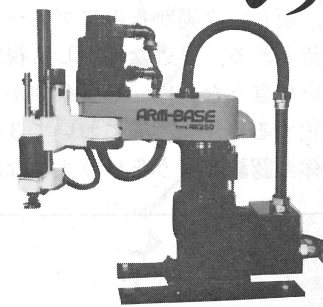


図1 ロボットの世代わけ

新時代の 鼓動が 聞えるか



テクノロジーとヒューマンイズムの接点を求め、
絶えざる技術革新に挑む平田機工。
その高度な技術がいまメカトロニクスの世界で
大きく花開こうとしている。

“フリーダムシステム”に代表される
数々の生産ラインの開発、
産業用ロボットの実用化を終て、
さらに超精密ロボット、視覚ロボット、
レーザー光線ロボットの開発へ。

FAの未来にける意欲は
とどまるところを知らない。

設計技術者 募集!!

省力自動化生産設備ラインプラント
および自動化の
機械・電気設計技術者、管理職

- 資 格：35才迄の実務経験者
- 勤 務 地：
関東工場、関西工場（いずれも社宅完備）
東京本社
- 待 遇：当社給与規定により優遇
昇給年1回
賞与年2回（57年実績6ヵ月）
- 応募方法：履歴書を関東工場総務課宛にお送
り下さい。面接日を通知します。
（応募の秘密厳守します。）

設立／昭和26年12月 資本金／3億6000万円
代表者／代表取締役社長 平田耕也 売上高
／163億円（57年度実績） 従業員数／650名
生産品目／産業用ロボット、各種自動化シス
テム、各種組立ライン、各種省力機器、各種
搬送システム、各種マニピュレータ、自動ネ
ジ締機、アシーコリフト

Hirata
平田機工株式会社

本社／〒142 東京都品川区戸越3-9-20 ☎(03)786-1226(代)
ファクシミリ 03-786-1264 テレックス 762532HIRATAJ

関東工場／〒320 栃木県宇都宮市平出工業団地10-2
☎(0286)61-3333(代)

関西工場／〒520-23 滋賀県野洲郡野洲町大字小堤500
☎(0775)87-2266(代)

大阪工場／熊本工場
営業所／宇都宮、大阪、名古屋、仙台、広島
駐在所／HCA(米国)、ロンドン、ソウル

表1 ロボットの世代の特徴と課題

		第1世代	第2世代	第3世代
技術の本質		内界センサー ＋ サーボ技術	外界センサー ＋ マイクロ プロセッサ技術	?
大脳機能 (小脳)	知能 知識	先天的 (プレイバック) データ	適応・順応 データベース	後天的 (学習・推論・問題解決) 知識ベース
感覚認識機	内界情報 外界情報 コミュニケーション	あり なしあるいは点 一方向 (ティーチング、 NCテープ)	あり 1次元・2次元 整った環境 インタラクティブ (ロボット用言語)	あり 3次元 自然環境 双方向コミュニケーション (管理制御、テレレジスタンス、 ロボット間コミュニケーション、 自然言語理解)
作業機能	マニピュ レーション 移動	静的位置制御 1次元・軌道	動的位置制御 2次元・無軌道	動的力制御 3次元
応用範囲		第2次産業製造業の一部 (マテリアルハンド リング、塗装、ス ポット溶接)	第2次産業製造業 (アーク溶接、組立)	第2次産業非製造業 第1次産業 第3次産業

例えばアーク溶接や組立てなどへの利用では、第1世代で利用した内界情報のみではなく、センサーを用いて環境や対象物の情報、すなわち外界情報を知りそれによって行動を変更させる必要が生じてくる。外界センサーを付加して、その状況に応じてマイクロプロセッサなどに載せたプログラムで判断して、自分自身の行動を変化させ複雑な作業を遂行させる工夫が1970年代に始まり、いわゆる第2世代の感覚付適応ロボットとなって次第に実用から普及に向いつつある。

このように第2世代ロボットの技術面での中心は、外部環境の知覚と、それによる適切な行動の変更であって、これらの技術は、近年のセンサーとマイクロプロセッサの進展と呼応している。センサーのうち、特に中心となるのは視覚と触覚で、半導体のワイヤボンディング、エンジンのトランスミッションなどの組立て、プリント基板の傷や糖衣錠の欠損の検査、きゅうりや魚などの選別検査など多くの分野で実用化されている。

しかし、まだその有する外界センサーは、ごく限られたものであって、応用範囲も製造現場のきわめて限られた場所でのしか有効でない。特に視覚は作業にとって有用であるが、現在は視覚センサーの側を工夫するだけではなく外部環境の方も整えるという方法で実用的なものにしている。すなわち、照明条件をコントロールして、視覚パターンを平面パターンにし、さらに、それを2値化することにより処理の簡略化を図っている。第2次産業の製造業分野においては、工場環境を整えることは可能であり、工場の中でロボットが働くというアプローチだけでなく、工場全体をロボット化するというアプローチも一つの考え方であり、両者のコンプロマイズとして適当な設計法が最適なものとして追求されるであろう。

したがって第2次産業の製造業においては現在のような技術的なアプローチでよいのであるが、さらに分野を広げて、同じ第2次産業でも鉱業や建設業、ないしは農林水産といった第1次産業や、原子力、宇宙、

海洋，医療福祉，災害救助といった第3次産業での応用を考えた場合には，現状技術の延長線では解決できない多くの技術的な課題を抱えており，新しい立場からのアプローチが期待される．卑近な例として視覚について言うならば，照明条件が刻々変化する自然環境内において3次元物体の認識を行うという大きな課題

を抱えており，きたるべき第3世代あるいはそれ以降の一つの重要問題となっている．

第1世代，第2世代それぞれの特徴を，利用される技術と，それらの機能の面からまとめ，来るべき第3世代における課題を整理してみたのが表1である．

第3世代の技術の本質は，それが

まだその研究の緒についたばかりで明らかではない．脳の機能は，知能と知識とに分れるが，知能としては，いわゆる学習や推論といった高いレベルの機能が必要とされる．また，知識についても獲得した知識を追加していける高度なデータベースを必要としよう．感覚認識機能は，極めて重要で，その中でも中心はコミュ

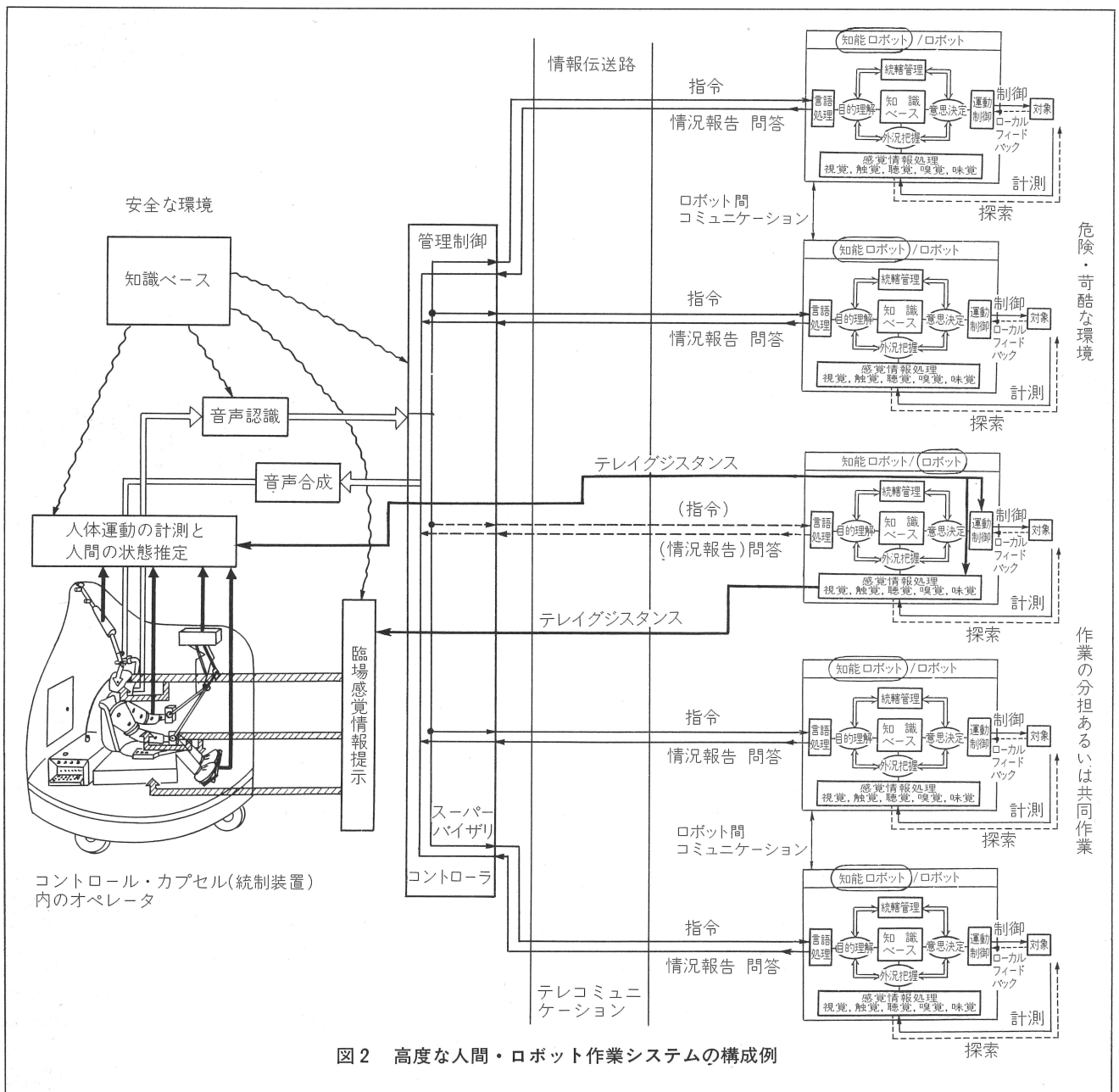


図2 高度な人間・ロボット作業システムの構成例

ニケーション機能に移ってくると思われる。言語によるロボットの指令や、ロボットとの対話技術が重要である。また、第3次産業での利用を考えた場合、何もすべてをロボットに自律的に行わせる必要がなく、人間も安全な遠隔から作業に参加すればよいわけで、その意味では従来の遠隔操作をこえた高度な遠隔制御の達成も重要な課題である。

図2は、そのような人間とロボットとの共同作業を考慮した人間・ロボットシステムの一構成例である。このようなシステムにおける人間とロボットとの関係は、人間社会における上司と部下との関係にたとえると理解しやすい。

部下であるロボットがある作業を行うにあたっては上司であるオペレータの作業指示を受ける。その時の命令は、オペレータにもロボットにも理解しやすく使いやすい言語でなされなければならない。そして、ロボットが命令の意味を理解できない場合には、一方的にオペレータが指令するのではなく、ロボットの方からもロボットが自分で納得のいくまで質問を行う必要がある（そのためのロボット言語や、それによる質疑応答システムが必要である）。

ロボットが命令を理解したならば、その作業を開始する。その仕事を遂行する際には、その仕事に関するすでに過去の経験者が得た知識やノウハウを綴ったマニュアルを用意しておいて、それを利用しながら行う（そのため知識ベースの構築とその活用技術が必要となる）。

その知識とロボット自体の持つ知識とを利用して作業を行うが、その途中で何かロボット自体では解決できないことが生じる場合がある。その場合には、ロボットは上司に相談をする（インタラクション）。

上司はロボットの状態を調べて、困難な状況を知り、その状況で最も適切な判断を下して、ロボットはそれに従う。

同じ様な状況はロボットからインタラクションがなくとも生じうる。上司たるオペレータは適宜ロボットの状況をモニターして、ロボットでは困難と思われる場合にはオペレータからもインタラクションをかけ適切な指示を与える。

もしも、部下であるロボットが、それ自体では解決できそうもないと上司が判断した場合には、上司が自らその問題の解決にあたる。人が直接その場に行き仕事ができる場合には人がそこに行き行えばよいわけではあるが、ロボットが遠隔地にいる場合や、特に人が行くには危険かつ過酷な環境でロボットが仕事をしている場合には別の手段を講じなければならない。そのような場合には、そのロボットの存在する場所に人も存在しているような遠隔臨場感を有してロボットを操作し、その難所を切りぬける（そのためには、そのような実時間臨場感を有して遠隔制御するテレグジスタンス技術が必要となる）。さらに、複数のロボットが共同作業する場合には、それらのロボットの仕事の分担、共同作業、ロボット間コミュニケーションなどが行われ、そのための技術が必要となろう。

その他にも、第3世代ロボットで解決すべき重要な課題は多く、ロボット自体が自らのエネルギー源を内蔵しある程度の知能を有して移動作業する Autonomous Independent Mobile Robot が実用化されると期待されている。

技術はビジョンだ

歴史の分岐点ごとに人は新しい技術を生みだしてきました。技術によって人は未知の世界に足を踏み入れ、不可能を可能に変えてきました。名古屋技術センターは、ソフトウェアエンジニアリングのあらゆる分野で活躍する1,800名の設計技術集団です。企業のベストパートナーとして、さまざまな技術をもって未来を開発していきます。

設計技術者募集!

電気・電子設計技術者

コンピュータソフトウェア技術者

機械設計技術者

各種設計見習者(25才位迄)

- 資格/工高卒以上30才位までの男子
- 勤務地/東京・神奈川・静岡・愛知・京都・大阪・広島・四国
- 待遇/給与当社規定に依り優遇・週休二日制・交通費全額支給・社会保険完備
- 応募方法/履歴書(写真貼付)・職務経歴書(私製可)を各事業所宛に郵送下さい。

《設計内容》 ■電気・電子分野/ICパターン設計、電気・電子回路、配管、受変電設備、配電盤、制御機器、一般産業電気機器、各種計測機器、通信用電子機器etc.

■コンピュータソフトウェア分野 ■機械分野

即戦力の設計技術集団——社員数1,800名

株式会社 **名古屋技術センター**

本社: 中部管理本部 ☎(052)241-2811(代)

〒460 名古屋市中区栄3-32-20(朝日生命矢場町ビル2階)

静岡営業所 ☎(0542)51-4891(代)

〒420 静岡市昭和町5-1(田原ビル4階)

浜松営業所 ☎(0534)55-2711(代)

〒430 浜松市田町246(住友生命田町ビル8階)

関西管理本部 ☎(06)345-3411(代)

〒530 大阪市北区梅田1-1-3(大阪駅前第3ビル31階)

関東管理本部 ☎(03)342-2251(代)

〒160 東京都新宿区西新宿2-1-1新宿三井ビル内私書箱312号

※ご希望の方は、会社案内をお届けします。
住所、氏名、年齢、学歴、専攻を明記の上、
資料請求券を貼ってお送りください。

資料請求券
1つ1つ

《開発時代》の最先端技術を売る

レーザ加工(CO₂) 電子ビーム溶接 委託加工



大出力 炭酸ガスレーザ加工機(3 KW)

我社のレーザ加工

- 大出力(3 KW)のため、薄板から厚板までの切断精密溶接、部分表面処理ができる。
- 微細孔明、微小除去。(スクライプ、マーキング、彫刻、製版)
- N/Cテーブル(500×600)、N/Cテープ作成装置(アプト)あり。
- パルス発生装置あり。(～1,000Hz)

東成エレクトロビーム(株)

本社・工場 東京都西多摩郡瑞穂町大字富士山栗原新田
〒190-12 ☎0425(56)0611(代)
レーザ工場 東京都西多摩郡瑞穂町高根高根新田651-6
〒190-12 ☎0425(56)2331(代)
東京営業所 東京都中央区日本橋箱崎町18-10
〒103 ☎03(668)0381(代)
FAX. 0425(56)0611

電子ビーム溶接

- 能力: スチール、アルミ、溶け込み深さMAX. 50mm
- 資格認定: MIL-W-46132 電子ビーム溶接
- 応用分野: 機械部品、自動車部品、産業車輛部品、工業計器、電子機器、超電導部品、原子力機器、航空・宇宙部品
- 試験、研究、開発、試作、量産いずれも可。



電子ビーム溶接機: 150KV 6 KW型 2台

最先端ロボット技術

ロボットを社会システムとして捉えて

いくための研究開発の課題と現状

ロボット分野で今後解決していかねばならない科学技術上の課題は数多い。表2に解決課題の一例を示す。これは解決課題の分類の試みというべき性格のもので、課題としては多くの抜けがある。むしろ、この分類の中でマトリクスを埋めたり付け足したりする作業の中で新たな課題が発見されることを期待しているものである。

縦軸にはロボットに必要な機能、すなわち計測にあたる感覚機能、制御にあたる移動作業機能、情報処理にあたる知情意の精神作用が重要である。さらに、そのような機能を果たす個体ないしは生命体を、一つの個

体として維持してゆく、生物の生命維持にあたる個体維持機能、また、人間とロボット、あるいはロボット間といった個体間のコミュニケーション機能がある。この流れは、将来的には、ロボットを社会システムとして捉えてゆくことにも発展していくと思われる。表3には、そのような将来のロボットの機能が、どのような分野にどのように利用されるかを示したものである。これについても、整理法の提案であって、抜けている重要な課題も数多くある。むしろ、それを発見することにより真に新しい課題が得られるであろう。

表2 ロボット技術の解決課題例

科学技術		構 成			
ロボットに必要な機能		解 析	構 成		
機 能	細 分	人間・生物・自然から学ぶ	ハードウェア	信号処理・制御	シ ス テ ム
感 覚	視覚(含、電波、赤外、紫外、X線)	立体視・パターン認識、状況認識	高密度高分解能センサ、画像メモリ、並列演算	マルチプロセッサ、並列処理技術	屋外における実時間シーンアナリシス
	聴覚(含、超音波・低周波振動)	言語理解	超小型高性能マイクロフォン、音声認識IC		言語理解システム
手(マニピュレーション)	触覚(含、温度)	皮膚構造と感覚器のメカニズム	高密度分布型触覚素子	分布形触覚における圧力状態の検出	触診システム
	嗅覚 味覚	"	"	"	"
足(移動)	人間型	神経パルスによる腕の制御メカニズム	人間腕に類似した機構、新材料、新しい駆動	神経系に類似した制御、多自由度系の制御、実時間動的制御	人間の意のままに動く義手、テレオペレータ
	動物型 非動物型	"	ソフトグリップ機構 多自由度汎用グリップ	"	多様なタスクへ適用可能な柔軟な腕(障害物回避)
頭	人間型(2足)	神経パルスによる2足歩行制御メカニズム	人間足に類似した機構	神経系に類似した制御、動的制御	人間の意のままに動く義足
	動物型(多足、無足)	多足歩行の協調制御	"	"	階段、不整地、壁面などの移動
コミュニケーション	非動物型(車輪、キャタピラetc.)	"	"	"	障害物回避、自然道標を利用するナビゲーション
	知 情 意	認識、記憶、学習、連想 感情 判断、意欲、創造	第5世代コンピュータ	非ノイマン型アーキテクチャ 感情の定量化 意思決定理論	高度な知的情報処理システム
個 体 の 維 持	人間-機械-人間	言語理解			自動サイマルインタプリタ
	人間-機械 機械-機械	人間の空間認知機構	人間・機械・環境シミュレータ	臨場感覚提示技術	テレグジスタンス
種 族 の 保 存	エネルギーの摂取 自己修復・保存	再生		自己修復の理論	自己修復機械
	生殖	DNA		増殖の理論	増殖機械

さて、ロボットのそれぞれの機能のうち代表的なものについて現状を概観してみよう。

(1) 感覚機能

感覚について現在の水準を端的に言えば、人間と同じような汎用性を有する感覚機能を持った、いわゆる人工感覚器は実現されておらず、極めて限られた機能を持つセンサー素子が利用されている。研究としても、一般的な情景認識を行おうとする研究は残念ながら実用化にはほど遠く、例えば文字の認識や医療画像の解析などのように目的に応じて適切なセンサーを用い、その信号を処理し識別する方式がかなり成果をあげており現在の技術の主流をなしている。

視覚は最も重要であるが、前者の方式としてはロバーツがMIT（マサチューセッツ工科大学）で1960年

代の前半に行った3次元認識に関する研究をその緒として、いわゆる人工知能の範疇で研究が進められている。心理学の分野との交流も盛んで、Psychology of Computer Visionという言葉なども使われており科学的な面での成果があがっている。

工学的な研究を考えた場合、これは、ロボットに限らずいつも議論となることであるが、人間や動物の機能を研究し参考とはするものの、その機能の実現にあたっては必ずしも同一の機構や方式をとらないで実用化がなされてきたという歴史的な事実への配慮が必要である。レオナルド・ダ・ヴィンチは鳥の動きを観察して飛行機を考えたが、工学的に実現されたものは必ずしも鳥と同一の機構ではなかったという有名な例を挙げるまでもなく、全く同一の機構

や方式を狙って成功した例はみあたらず、むしろ機能だけを狙い、機構や方式は機械に適した形でアプローチする方法で成功してきたのが技術の歴史であるともいえよう。そのような流れが、視覚についても生じている。

視覚の実用化の成功例として日立製作所が1970年代の前半に研究開発したトランジスタのワイヤボンディング装置や、富士電機製造が1970年代の後半に研究開発した錠剤チェッカーなどがあげられる。これらにおいては汎用的な視覚を狙わずに、①照明条件の工夫により機械が見やすい条件を作り出す、②中間階調をなくし白か黒かだけの画像にする2値化の手法をとり入れる、③2値化の演算について特殊なハードウェアを構成し高速化をはかる、の3項目を

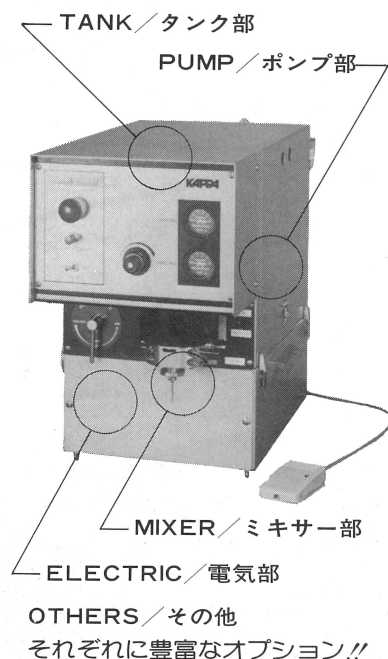
表3 ロボット技術の応用分野例

応用分野	第 1 次 産 業			第 2 次 産 業			第 3 次 産 業					
	農 業	林 業	漁 業 水産養殖業	鉱 業	建 設 業	製 造 業	卸 売 業 小 売 業	金融・保険 不動産業	運 通 信 業	電気・ガス 水 道・業	サ ー ビ ス 業 修 理・保 養・医 療・教 育	公 行 政 事 務
1. 感覚機能	視覚(含、電波、赤外、紫外、X線) 聴覚(含、超音波、低周波振動) 触覚(含、温度、平衡感覚…) 嗅覚 味覚	収穫量、収穫時期の予測 病害虫の発見	森林の状態の推定 漁群探知 集魚	鉱脈発見	構造物の検査	製品検査、保全、故障診断 プリント基板、ICマスク AE探傷 サーモグラフィー検査 ガスもれ探知 自動フレンド、等級の自動仕分け	商品受け入れ検査 商品管理			原子炉保守用ロボット 埋設物の検出 ガスもれ検知器	自動診断人工眼 人工耳	地震予知
2. マニピュレーションの機能	人間型 動物型 非動物型	除草、選別 羊毛がり			大工ロボット コンクリートの枠組	各種製品の製造工程 産業用ロボットのメンテナンスのボンド	自動正礼器 自動販売器			原子力用マニピュレータ	介助システム義手 外科手術用マニピュレータ あんまロボット	書類整理ロボット 消防ロボット
3. 移動の機能	人間型(2足) 動物型(多足、無足) 非動物型(車輪、キャタピラ…)	耕作、播種、除草 収穫、農業散布	木材の運搬	擬似餌	抗道移動機械	物品の搬送、機械の移動 工場内の搬送車、天井走行ロボット	店内ジョッピングカー、自動陳列機		無人自動車 無人タンカー		義足 病院内搬送車 清掃ロボット	
4. 頭脳の機能	知 情 意	農業用データベース	林業用データベース	漁業用データベース		制御用計算機、群管理、集中制御	かしこい自販器 購読意欲制御システム 在庫管理発注システム				自動教育機械 接待ロボット	戸籍ロボット
5. コミュニケーションの機能	人間-機械-人間(動物) 人間-機械 機械-機械		水中牧場		テレオペレータ	工場内の連絡装置 教示装置、警報装置、モニタ装置 各種情報伝達	自販器の音声入出力 自動預金支払いシステム		音声ファクシミリ 自動着陸装置	テレメータによる自動検針	案内ロボット ICU	災害警報システム
6. 個体維持	エネルギーの採取 自己修復、保存	植物プラント	自動養殖器 自動森林環境保存装置			自動エネルギー投入切断装置 自己診断・修復装置					自動調理装置 警備ロボット	警察ロボット
7. 種族保存	生殖	自動交配器	自動受精、孵化			自動工場、機械自動製造装置					人工子宮、保育器	

K4PP4-II

二液性液体の 混合から 定量吐出の自動化 豊富な オプション揃う！

各種液体計量吐出装置のエキスパート、ナカリキッド・コントロール。多様化するニーズを常に先取りし、実績誇るKAPPA-IIの性能の一段のアップを実現しました。詳しくは、資料をご請求下さい。



ALC 株式会社
ナカリキッドコントロール

本社/570 大阪府守口市大日町2丁目9-4番地
TEL 06-905-1391(代表) テレックス529-7276
東京営業所/152 東京都目黒区碑文谷5丁目12番11号
TEL 03-716-4371(代表)
名古屋営業所/460 名古屋市中区大井町4丁目21番地
TEL 052-322-4161(代表)

積極的に推進することで成功している(写真1)。

前記の3項目に加えて、④アクティブなスキャンをほどこす場合がある。人間の視覚では外部の光エネルギーを眼によって集めて利用するだけであるが、方式としては測定側から例えばレーザー光のようなものを照射して、その反射光を利用して調べる方式も有効である。自ら光を照射する方式は、エネルギー的にみれば一般的に不利ではあるが、外光条件が変化しても、あまりそれに左右されず情報が採取できる点や重要な情報を抽出する際の信号処理が容易になるなどのメリットを持つ。

例えば、アーク溶接作業においては、素材の加工精度が悪いことや、溶接時の熱変形で対象の位置が変わることから、通常のプレイバックでは応じきれず、何らかのセンサーで溶接部の位置情報を得てフィードバック制御を行う必要がある。その場合、溶接装置の出すアークが雑音と

して作用し、外部からの光だけを利用する方式には限界があった。例えば三菱電機(写真2)などでは1980年代の前半に、目じるしのついた光を投影して雑音と分離しながら、開先部の位置を計測することに成功している。

このように、工場内の定められた作業については費用の問題を別にすれば、①～④に基づいた方式で解決しうる状態となってきた。

しかし、第2次産業のなかでも鉋業、建設業などの非製造業分野、さらには第2次産業や第3次産業での応用を考えた時には、従来の方式では問題の解決は果たせず、次のステップへの飛躍のための視覚技術のブレークスルーが期待されている。

(2) マニピュレーション機能

従来のマニピュレーション技術は、定められた腕の姿勢のシーケンスを再現するというもので、したがって、腕の姿勢角を保つための位置サーボ技術が主体となっていた。

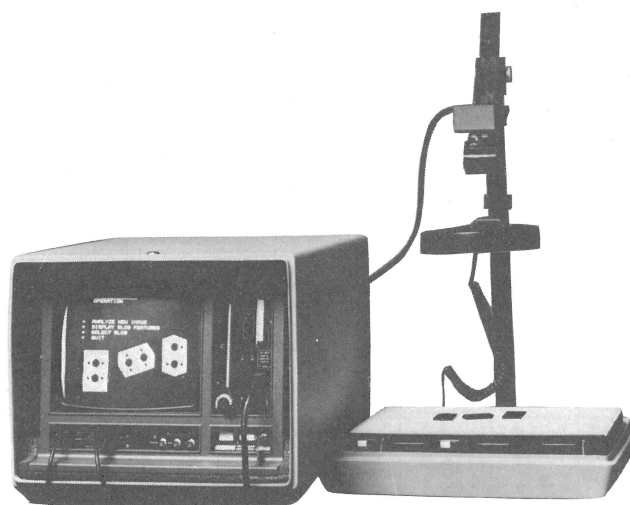
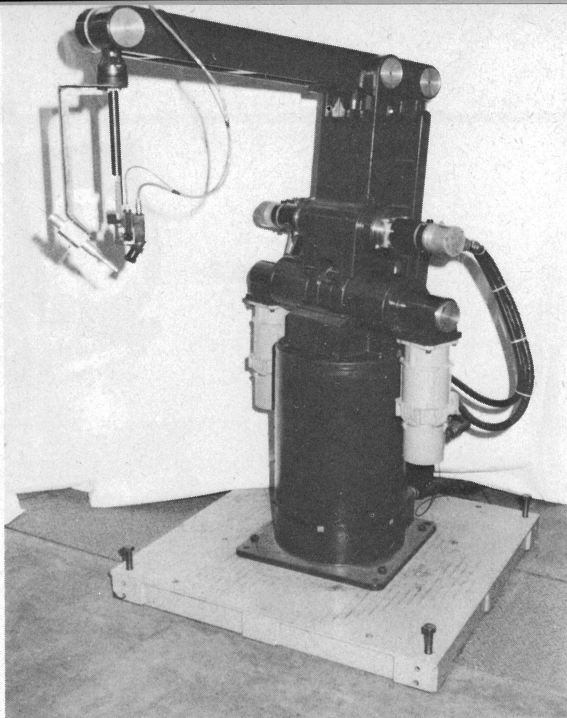


写真1 2値化パターンに対して行われる種々の処理をまとめて、ある程度の汎用性を逆に狙った視覚装置で、原理的にはSRIインターナショナルの技術をその基礎としている。マシンインテリジェンス社が製品化(写真提供:日本マシンインテリジェンス社)

写真2 三菱電機が開発したアーク溶接ロボット。LEDの点滅する光を対象に照射し、アーク光の直流成分と区別することで雑音を除去し、PSD (Position Sensitive Detector) で位置の情報を得ている (写真提供：三菱電機)



空間内の離散的な場所ごとに腕の位置を定めるだけでなく、その間を滑らかに補間して動こうとすると、点と点の間を滑らかな曲線で結び、そのような軌跡を再現するための腕の各関節間の協調制御法が必要となってくる。

その時の協調制御としては、ダイナミクスまでは考慮せず、各関節間の幾何学的な関係のみを問題とする運動学的協調のみが従来は用いられていたが、最近の傾向として、マニピュレータの慣性モーメント、遠心力、コリオリ力などの力学的要因までも考慮して、ダイナミックに軌道を決定する制御法が主流になりつつある。このようにダイナミクスを考慮することによってマニピュレータの高速な制御が可能になってきている。

さて、人の手の動作を考えてみると、その動きは必ずしも位置のみを正確に定めているのではなく、とくに対象に加わる力を加減しながら柔軟かつ器用な動作を実現している。力を制御する場合には、何らかの方法で関節に加わる力を測定できることが必要である。その場合対象面からの反力を、モータの入力側から計測できると都合がよい。そのような目的には、各関節の回転を減速器を

使わず直接モータで制御するダイレクトドライブのトルクモータを用いる方式が合っており、米国のCMU (カーネギーメロン大学) で、希土類磁石を用いたトルクモータを用いたマニピュレータ (写真3) が1980年の始めに試作された。わが国でも電子技術総合研究所などで同様の研

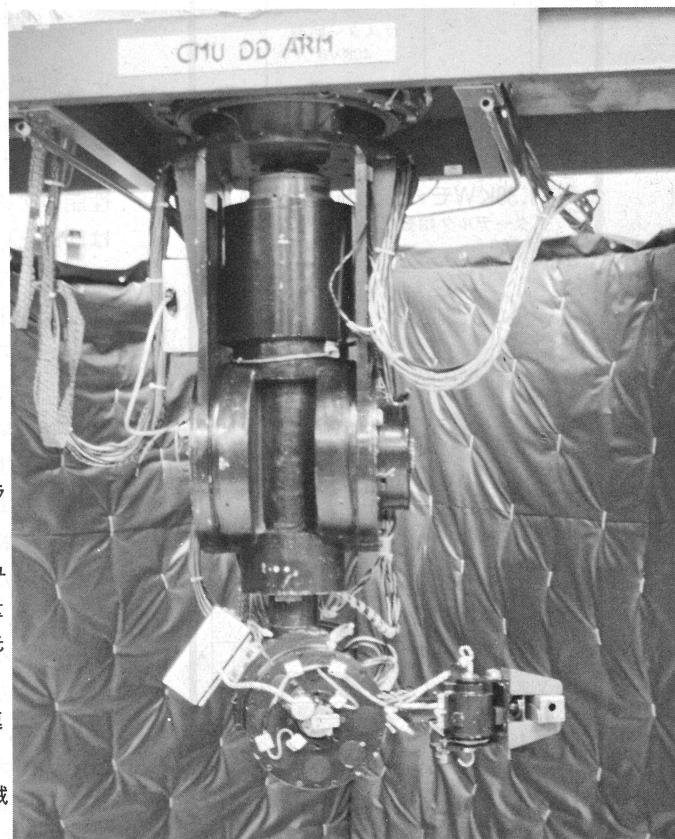
究が行われている。

さて、従来のマニピュレータは、独立して制御できる回転軸や直動軸 (自由度とよぶ) が6つ以下のものが多かった。実際に6自由度という数は、腕先の位置 (X, Y, Z) と、その空間での姿勢角 (α , β , γ) を定めるのにちょうど必要でかつ十分な数である。しかし、人はそれ以上の冗長な自由度を持って、その分だけ柔軟な動作が可能のようにしている。冗長度をもつ腕の制御はまだ完成されておらず今後の課題として残されている。

指先に関しては3指等の試みはあったが、腕と協調して作業をするような指を持った腕の研究例はなかった。

早稲田大学の加藤一郎研究室では7自由度の腕と14自由度を持つマニピュレータの腕と指とを協調動作さ

写真3 CMUで試作されたダイレクトドライブトルクモータを用いたマニピュレータ。腕の重量は約130kgで手先の最大速度4 m/sという高速を実現している (写真提供：機械技術研究所)

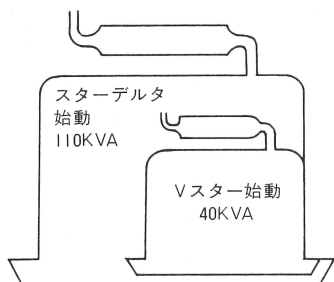


省エネ時代に献げる V スター 可変電圧始動器

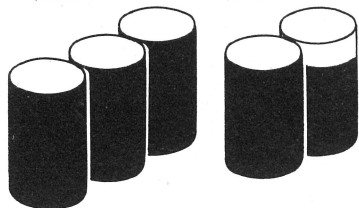
●内閣総理大臣賞受賞
●日欧米5ヶ国特許

Vスターで始動すると

- 発電機は極度に小さくなる
例.30KWモータ用発電機大きさ



- 燃料は大巾に節約される
例.30KWモータを200時間稼動
スターデルタ始動 約3000ℓ Vスター始動 約1800ℓ



- 確実安全な始動ができる
始動トルクが大きいから短時間に円滑な回転上昇

始動法	始動トルク大きさ
スターデルタ	33%
コンドルファ	42%
Vスター	49%

—たしかな技術と伝統—

電光工業株式会社

〒116 東京都荒川区東尾久2-41-5

TEL03-892-4121(代)

CABLE VARIABSTAR TOKYO

資料請求番号84

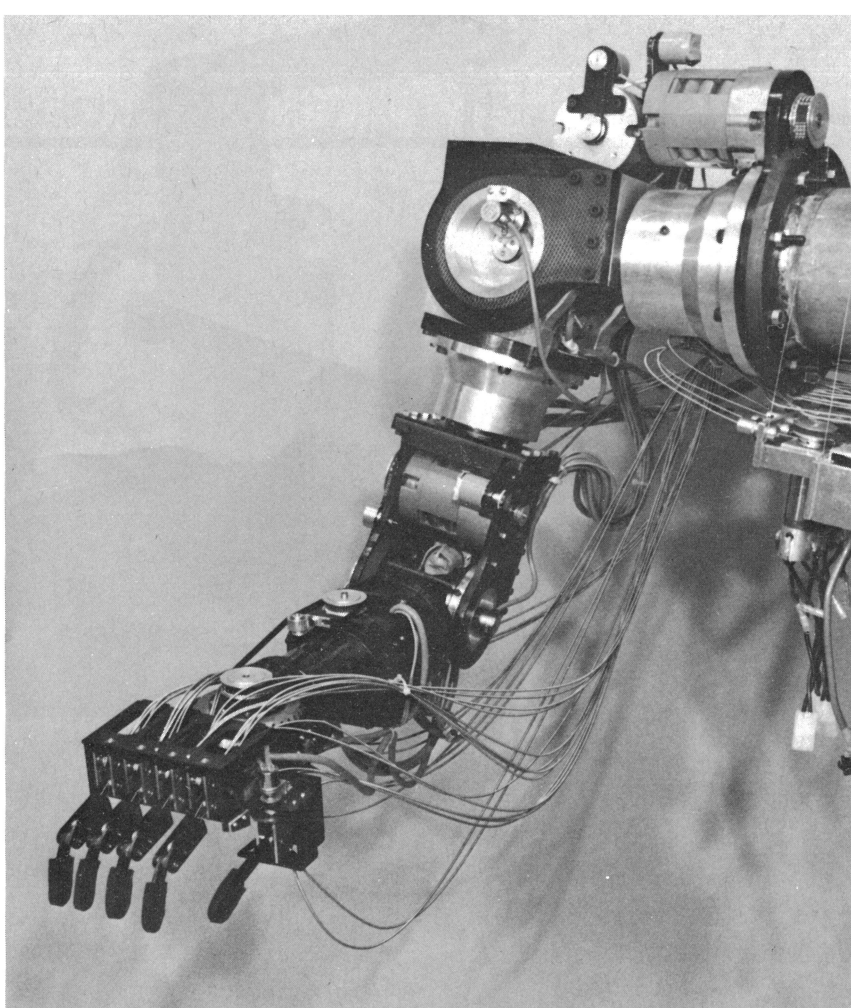


写真4 バイエル簡単なピアノ曲を腕と指との協調動作により演奏させるデモンストレーションを行い成功した早稲田大学加藤研究室のマニピュレータ(早稲田大学加藤一郎教授の御好意による)。

せる研究を行っている(写真4)。

マニピュレータを、さらに良いものとするために必須の要素として高性能のアクチュエータがある。人間は筋肉という優れたアクチュエータを利用しているが、それに匹敵するような人工アクチュエータは得られないであろうか。そのための一つの試みとして形状記憶合金の利用が検討されている。

形状記憶合金の長所は、例えば出力比が約100W/kgと高いこと、起動トルク特性が良いこと、摩耗や音の発生がないことである。逆に短所としては、電気-機械変換のエネルギー効率の低いことや、制御、特に冷却過程の制御がしにくいことがあげられる。

早稲田大学三輪敬之研究室では、電気抵抗値を計測しながら電気パルスで形状記憶合金そのものに通電す

ることによりフィードバック制御を行う新しい方式を提案し、それを応用してマイクロロボットを構成し研究をすすめている(写真5)。

その他にも、メカノケミカルシステムの利用も将来的に有効であろう。現在の段階は純粋な基礎研究の段階であるが、例えば、MITの物理学科ではアクリルアミドの物理的基礎特性を研究しており注目される。

(3) 移動機能

従来の産業用ロボットは、工場内に設置され固定された状態で利用されていた。例えばスポット溶接ロボットを例にとれば自動車などの溶接対象がラインを流れてきてロボットの作業場所までくる。コンベヤの他にも例えば工場内物品搬送車などが物品を運んでいるが、ロボット自体が移動し作業することはない。これは、製造業の工場は、いわば工場全

体を一つのロボットシステムとして捉えていることによる。システムの効率化は工場内の一つ一つの機器に対して行うだけではなく、システム全体として考えられており、その要素のみを見た場合は汎用化よりも専用化している場合も数多い。むしろ、そのように分業することにより最大の効果が得られているわけである。

しかし、ロボットが工場内を出たその時から状況は全く異ってしまう。つまり、ロボットを、農林水産業、鉱業、建設業、ないしは第3次産業で使おうとする場合には、その作業を行う範囲が極めて広いため、自から移動機能を持って、その範囲を移動し作業を行う必要が生じてくる

(写真6)。

たとえロボットが別の移動手段(例えばトラック)を利用するにしても、そのトラックにロボットが乗りこむといった意味での最低限の移動機能は要求される。

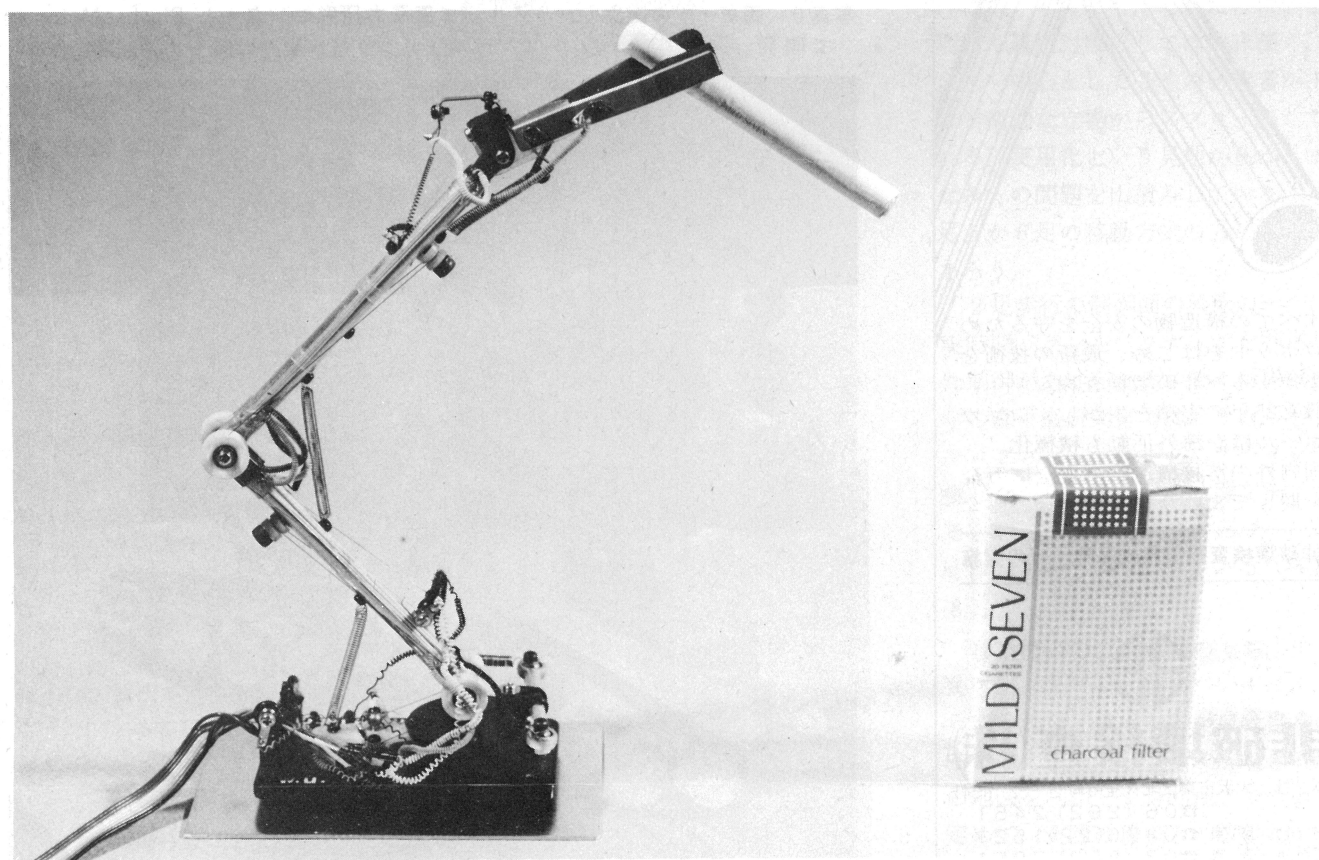
しかも、その広大な移動環境は、工場内のように整備された環境ではなく、荒野や沼地があったり、また都市内でも階段や隘路にあふれたコンクリートジャングルである。また、そこを歩く人や車や放置物などの障害物が満ちている。そのような環境を自由に移動できる移動機能は極めて重要な研究対象であり世界の各国で研究が活発化してきている。

そのような移動の研究上のポイント

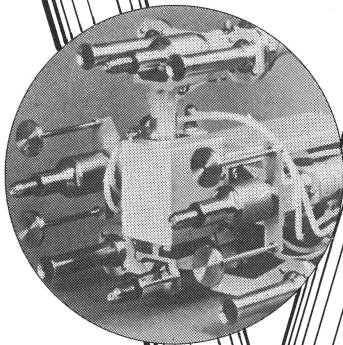
トは大別して二つある。一つは不整地や段差を自由に移動するための移動メカニズムとその歩行制御の問題であり、他は、出発地と目的地が与えられた時、目的地までの径路を定め途中の障害物を回避しながら目的地まで到達するためのナビゲーションの問題である。

前者に関しては、近年のマイクロプロセッサ技術の進展に伴って従来は非現実的なものとされていた複雑な機構の制御が容易になってきたため急速に進展している。具体的には、脚機構による移動で、2足、3足、4足、5足、6足、それ以上で、ほとんどすべての可能性についての検討や試みがみられる。従来は、制御

写真5 形状記憶合金のアクチュエータを使った多関節型ロボット。チタン・ニッケル(Ti-Ni)合金線と、この原理を組み合わせるアクチュエータを構成している。5自由度を有し、15gの物体のハンドリングが可能(早稲田大学三輪敬之助教授の御好意による)



国内外で 安全を提供！



蒸気発生器の細管探傷用ロボット(PR形)

すべての構造物の安全を守るため
ロボットをはじめ、最新の技術を
駆使する一非破壊検査(株)。
設立25年の実績を生かし、シンガ
ポールほか海外活動も積極化。
国内外の溶接構造物の安全に万全
を期してまいります。

非破壊検査賠償責任保険制度の実施



非破壊検査(株)

本 社／大阪市東区北久宝寺町2-32 〒541
☎06(262)2451
支 社／関 東 ☎0436(22)1521
営業所／東 京 ☎03(553)7051
ほか全国13カ所

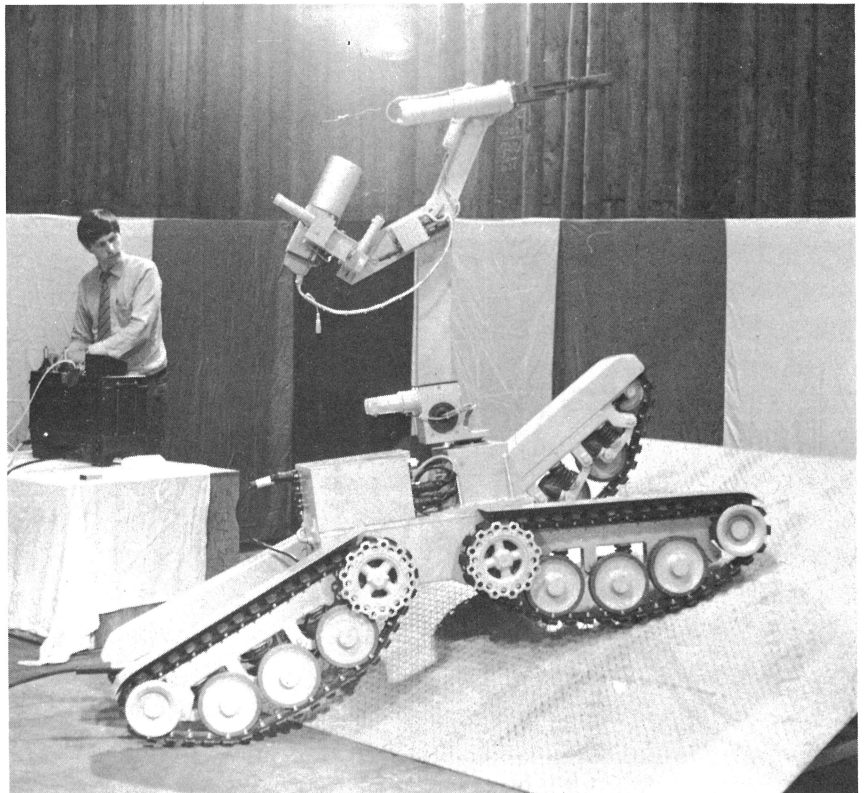
を容易にするということが必要であ
ったため、機械式のリンク機構が多
用され、そのため、脚の特徴である
環境への対応性が発揮できなかった。

マイクロプロセッサを多用して制
御するという立場に立てば、冗長
すぎるぐらいの自由度を各足に与え
て、それらを適当に結んで協調させ
ながら制御すればよく、例えば4足
のそれぞれに3自由度、合計12自
由度を与えるような設計が多くなさ
れる。しかし、実際に歩行を行う過
程を詳細に検討すると、実は歩行に
必要な最低限の自由度というもの
が存在することがわかる。ちょうど、
マニピュレータが6自由度もてば空
間でどのような姿勢でもとれるの
と同じような関係である。そのよう
な歩行に必要な最低自由度が決定さ
れれば、それ以外の自由度は一般に

不必要で、それはマイクロプロセッ
サで協調制御する場合には、決して
表れない協調パターンということに
なる。そのような決して表れない自
由度の組み合わせ動作を除去して、
エッセンシャルな自由度に変換する
ことを、リンク機構を使って行う設
計は、アクチュエータの減少という
経済効果や、可動部分の低減による
強度の向上など実用的な利点を持つ。

機械技術研究所では、そのような
立場からの解析を行い、それにもと
づいた最適移動機構の研究開発をす
めている。例えば、移動の効率を
考えた時、仕事は重力ポテンシャル
に対してなされるのであるから、重
心はできる限り一定の高さに保って
移動を行いたい。すなわち、移動す
る際に自動的に重心の高さが一定と
なるように機構が組み込まれている

写真6 西ドイツの国立カールスルーエ原子力研究センターと Blocher Motor 社
で開発、わが国では東レ・エンジニアリング社が販売の原子力用遠隔操作車



と都合がよい、その最も簡単な例として、1自由度のみで重心を水平に保ちつつ移動する機構を実現し、そのような考え方の妥当性をデモンストレーションしている（写真7）。

さて、移動機構は、移動の必要性の本質論にもどれば、当然エネルギー的にも独立した自立機構となっていることが望ましい。自立機構で、ある程度の速度を持って移動し作業ができるような移動ロボットとして最近発表されたOdetics社のODEX-1がある。これは従来は研究室レベルでしか行われていなかった脚型移動機械をメーカーが取りあ

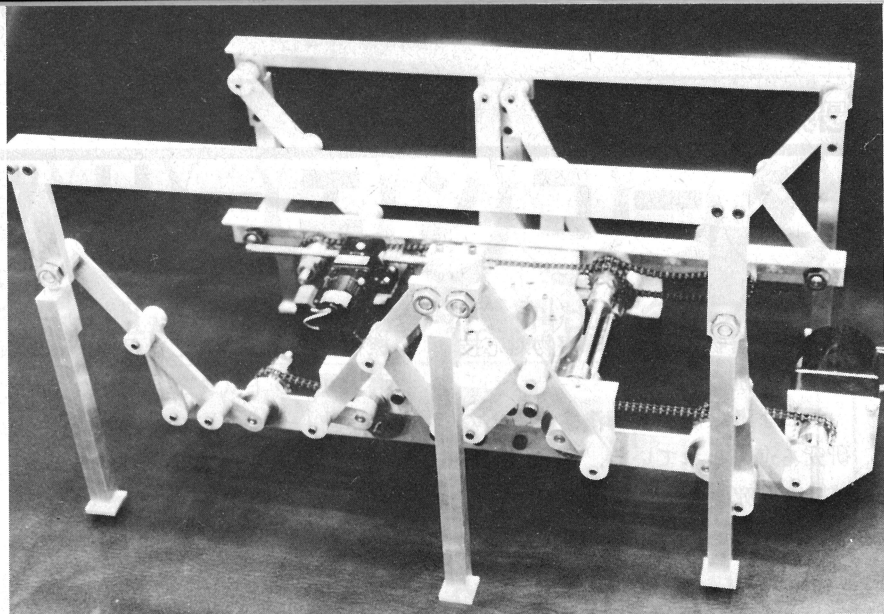


写真7 機械技術研究所で研究中の6足移動機構。チェビシェフ型の四節リンク機構を利用して1自由度で重心を一定高に保つ移動を行う（写真提供：機械技術研究所）

げ作りあげたところにも大きな意義がある。すなわち、脚による移動が実用化へ向けての研究開発段階に入

ったという位置づけができる点である。

2足歩行は、都市や家庭内など主に人間むきに設計された環境内を移動するのには最適であることは疑いがなく、しかし、この系は本質的には多自由度の倒立振り子であって、極めて不安定な系であり制御が容易ではない。もっとも、それだけに制御理論の適用対象としては興味深く、日本を中心として多くの研究者が主に学術的な立場からアプローチしている。実用化という見地からは、まだ多くの問題を山積みしており、4足とか6足の移動方式の方が本命であろう。

2足歩行の制御面の興味の一つに実時間パラレルプロセッサを利用した制御があげられる。例えば東京大学の森下巖研究室では、6台のマイクロプロセッサが相互にデータを交換しながら、次の足の状態を決定するといった制御形式にもとづく、2足歩行の研究を行っている（写真8）。

移動技術の二大課題のうち、ナビゲーションの問題については、さらにそれを、ロボットが自分自身の中に蓄えたロボットの理解できる形の地図を利用して目的地までの道を定めて、実際の環境との誤差をキャンセルしながら移動する誘導技術と、

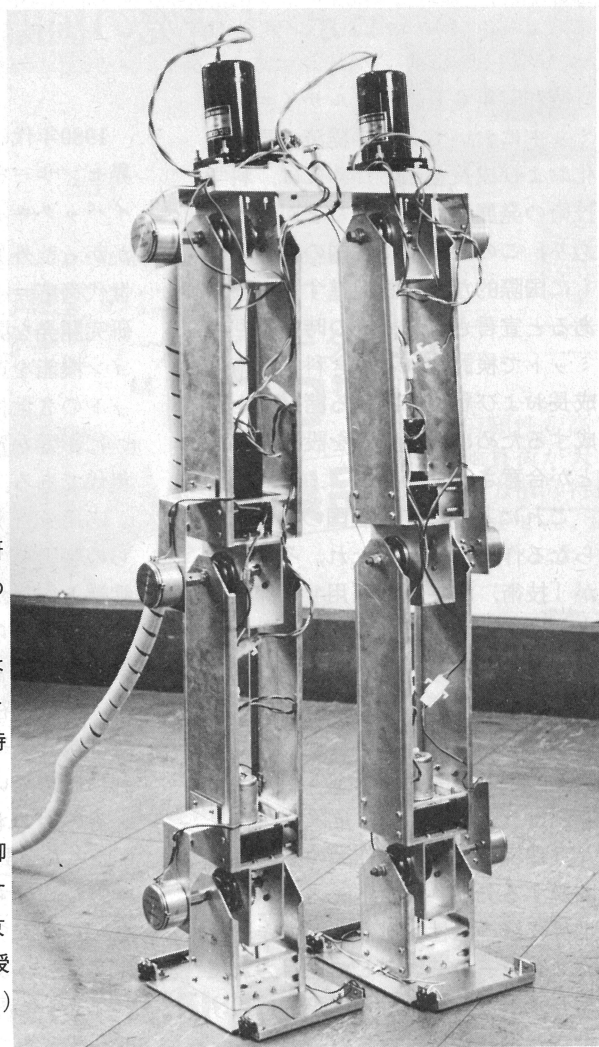


写真8 東京大学森下研究室で研究中の2足歩行機構。当研究室でやはり研究中的のアーキテクチャを持つパラレルプロセッサで6軸を協調させて制御する実験をすすめている（東京大学森下巖教授の御好意による）

路上の障害物に対する障害物対応技術に大別される。

そのような課題を解決するための研究も進められている。例えば、機械技術研究所では、盲導犬の機能を

機械で実現することを目標とした盲導犬ロボット（タイトルバックおよび本誌6ページ）の研究を行っており、その中で上記の二問題にとりくんでいる。

生物体の作業メカニズムへの工学的挑戦——極限作業ロボットの研究開発

現代社会の安全と繁栄の重要な一端は、危険かつ過酷な労働により支えられている。なかでも、原子力、海洋などの分野、あるいは災害などにおいて、例えば、放射線下の複雑な緊急作業、高水圧下での各種作業、高温下の人命探索・救助・消火の作業に対するニーズが増加している。

これらの人間にとって厳しい環境下での作業でありながら、現状では人間に頼らざるを得ないような高度な作業を、人間にかわって行うロボットシステムの開発が望まれている。

ロボットに、このような極限作業を行わせることは、人間など生物体の作業メカニズムへの工学的挑戦とも言え、機械・電子・電気・通信・計測・制御・生体・耐環境・材料等の多岐にわたる工学分野における先端要素技術の開発とその高度な複合化が不可欠であるが、それらの基礎となる技術は現状では極めてプリミティブな段階にあり、その開発には多大な技術的リスクが伴う。また、想定される将来の用途も多量な需要が見込まれる分野ではなく、経済的リスクも大きい。

通産省工業技術院では、昭和58年度から8年計画で、極限作業における人間作業を代行し得る高度作業システムすなわち極限作業ロボットに必要な技術の研究開発を開始する。それにより労働災害の回避、社会施

設等の安全強化、さらに資源エネルギーの安定供給に資することを目的としているという。

ロボット研究の国際化

昭和57年6月のヴェルサイユ・サミットにおいて、世界経済の再活性化および成長を図るためには、科学技術の発展を活用することが重要であり、このためには各国の努力とともに国際的な協力を促進する必要があると宣言された。その時に次回サミットで検討されるべき科学技術、成長および雇用に関する諸提案を作成するために作業都会を設置することが合意された。

これに基づいて、各国の専門家からなる作業部会がもたれ、その結果が「技術、成長及び雇用」の報告書としてまとめられ、昭和58年5月に米国ウィリアムズバーグで開かれた先進国首脳会議（サミット）で決議された。

その中で、先端ロボット技術、とりわけ、困難あるいは危険な条件または環境下での人間作業の必要性を回避する先端ロボットシステムは、世界経済の活性化をうながすキーテクノロジーの一つとして注目されており、とりわけ日本の国際的に果たす役割が期待されている。

工技院の大型プロジェクトで研究開発を計画しているシステムは、環境適応性が高く機動作業性を有し、かつ安全な遠隔から確実に制御し得る人間・ロボットシステムであり、その開発のために必要な、移動、マニピュレーション、センサー、動力の各構成機構技術と、それをシステムとして捉え制御する自律制御、テレグジスタンス、アドバンスドテレオペレーションの各制御技術の研究を行う計画であり成果が期待される。

☆

1980年代は、普及時代を迎えた内界センサーを主とした第1世代プレイバックロボット、実用時代にさしかかった外界センサーを有する第2世代適応ロボット、実用化にむけて研究開発を開始したコミュニケーション機能を重要視する第3世代ロボットの3世代が渾然一体となり、互いに影響を及ぼしあっている複雑な年代である。

応用分野も従来の第2次産業のうちの製造業中心から、建設、土木、鉱業といった他の分野への応用が検討され、さらには農林水産といった第1次産業や、輸送、流通、サービス、医療福祉関連、原子力といった第3次産業への応用も真剣に考えられはじめています。

その中でも、原子力、海洋、災害といった分野で活躍するロボットシステムに対するニーズは増大しつつありそのような分野での国際的な研究協力への要請といったわれわれをとりまく世界情勢の中で、次世代ロボット技術の進展が期待されている。