

産業用ロボットの開発と未来

早稲田大学システム科学研究所教授 長谷川 幸 男

この数ヵ月間に筆者が知っているだけでも、欧米先進諸国から40組以上の日本産業視察団が訪れている。そして生産技術面において、彼らが最も知りたがっているのは、ロボットやNC工作機などをシステムとしてまとめたフレキシブル生産システムのノウハウである。わが国の工場で、数多くのロボットが積極的に上手に用いられているのに驚き、日本の経済力が低賃金と長時間労働のお蔭だと誤解していたのを訂正したあと、それぞれの国へ帰ってゆく。

わが国では、1980年末現在で約6万台以上のロボットが産業用に用いられ、1980年には約1万5千台以上が生産されるであろうといわれている。この数字は、生産と保有の双方にわたり、わが国を除く全部の西側先進国の合計よりも多く、わが国が産業用ロボットの分野では世界のトップの立場にあることは疑問の余地がない。

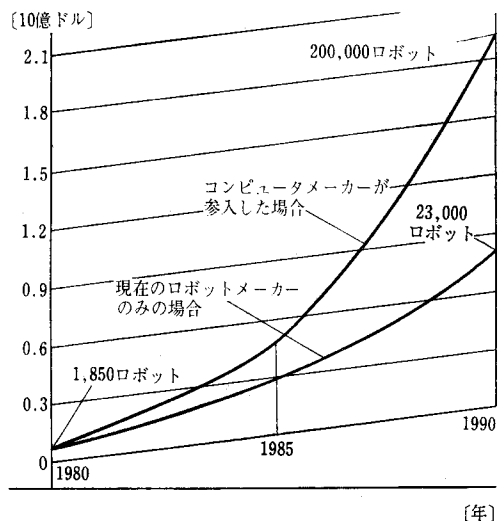
先般のビジネスウィーク誌のロボット特集号の中で、米国SRIインターナショナルのW.T. Park氏は、「偉大なロボットのレースがまさに進められつつある (Great Robot

Race is going on)」と述べている。その米国におけるロボットの需要予測は、図1に示すように今後10年間に幾何級数的な増大を予告しており、トップメーカーである Unimation 社の、同じく2大メーカーの1つである Cincinnati Milacron 社への吸収合併や、巨大企業である IBM 社や Texas Instrument 社などのこの分野への参入の可能性を示唆している。米国のロボット産業が

熱気を帯びつつあるといえよう。

ヨーロッパにおいても、Benz 社 (西ドイツ)、Renault 社 (フランス)、Fiat 社 (イタリア) などの自動車メーカーがロボットの大量導入に踏み切り、Volvo 社 (スウェーデン) が Cincinnati Milacron 社に対して100台のロボットの大量発注を行なった。日・米に引続き、ロボット化への動きが各所で始まってきていることができる。

図1 米国におけるロボットの需要予測 (Business Week, June 9号より)



ロボット産業の特色は、高度な技術開発を伴うエンジニアリング産業であるといえよう。ロボットは、メカニクスとエレクトロニクスを結合した典型的なメカトロニクス産業であって、両者の分野における積極的な技術開発の先行投資を欠いては、繁栄を図ることができない。本稿では、各国におけるロボット技術開発の現状について考察を加えてみることにしよう。

1. ロボット技術に必要とされる研究領域

図2は、ロボットの基礎技術の対象分野と相互関連を図示したものである。これらの諸分野の技術が有機的に総合化されることにより、優れたロボット化システムの実現が可能となる。これらの技術の内容をさらに具体的に列挙してみると、下記のようなになる。

- ① 基礎技術
- ② 形態ならびに材料に関する技術
 - (i) 動作機能
 - (ii) 走行機能
 - (iii) 構成材料
- ③ 駆動制御技術
 - (i) 駆動制御機能
 - (ii) 駆動力源
- ④ 情報処理技術
 - (i) 制御情報
 - (ii) 情報処理
 - (iii) 遠隔制御

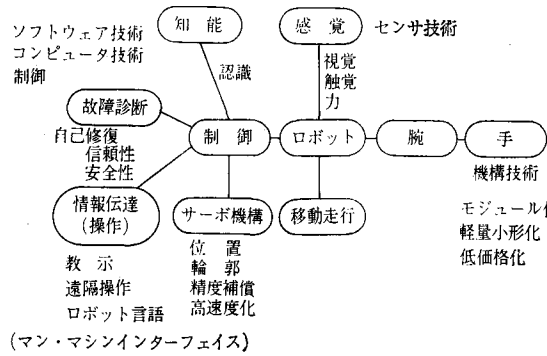


図2 ロボットの基礎技術の対象分野（「機械産業80年代のビジョン」より）

- ⑤ 知覚認識技術
 - (i) センサ
 - (ii) 知覚認識
 - (iii) 情報伝達
- ⑥ ロボットによるシステム化技術
 - (i) ロボット化作業システム
 - (ii) ロボット化製造ライン
 - (iii) ロボットによるCAD/CAM
- ⑦ 故障診断・修復技術
 - (i) 異常時の緊急停止機能
 - (ii) 自己修復機能

これらの諸技術課題をみても、ロボットの技術開発の分野が多岐にわたり、多くの分野の専門家の緊密な協力が必要とすることが理解される。このような全領域にわたり技術開発の状況を把握することは至難に近いが、筆者なりに各国におけるロボット研究開発の現況について考察を加えてみよう。

2. 日本におけるロボット技術の開発

わが国のロボットに関する研究開発の諸活動は、大別して①国公立の大学・研究機関などにおける諸活動、②企業における諸活動、③公共的な資金による前記両者の協力研究活動——の3者により構成される。

わが国のロボットの生産および普及台数が、前記のようにずば抜けて多い背後には、研究開発の水準の高さが裏付けとなっているものと理解されるが、それらを個々に眺める

表1 学校、研究機関の54年度研究費および研究者数（含補助者）

研究予算 〔千円〕	学 校	97,560 (94,880)
	研究機関	225,744 (209,729)
研究者数 〔人〕	学 校	277
	研究機関	80

注：（ ）内は53年度

と、今後なお改善を要する問題点も浮び上ってくる。

(1) 国公立の大学・研究機関などにおける研究開発動向

(社)日本産業用ロボット工業会が昭和55年度に行なったアンケート調査の集計によると、回答のあったロボット関連研究室の合計は88ヵ所で、昭和53年度の調査結果の76ヵ所に比べて若干の増加を示している。研究者数および研究予算の合計は表1に示す通りで、学校では研究者数は多いが研究予算の不足に悩み（1人当り年間平均35.2万円）、逆に研究機関では予算は潤沢（1人当り年間平均282.2万円）であるが、研究者数が公務員などの定員制限のために厳しく制限されているというのが実情である。

研究課題はこの過去3年間ほど同一傾向を示しており、動作機能では腕、動作制御機能では経路制御、位置決め制御、速度制御が多く取上げられている。計測機能では位置計測方式が、そして認識機能では視覚、触覚に関するテーマが比較的多い。

個別の研究テーマでは、腕関係では多関節腕の研究が多く取上げられ、動的制御、冗長自由度、および動作の高速化の研究が行なわれている。ロボットの操作形態としては、自律形と操縦形の双方が取上げられている。

ロボットハンドの関係では、組立の自動化や触覚による物体認識を目的としたものが多いが、手作業その

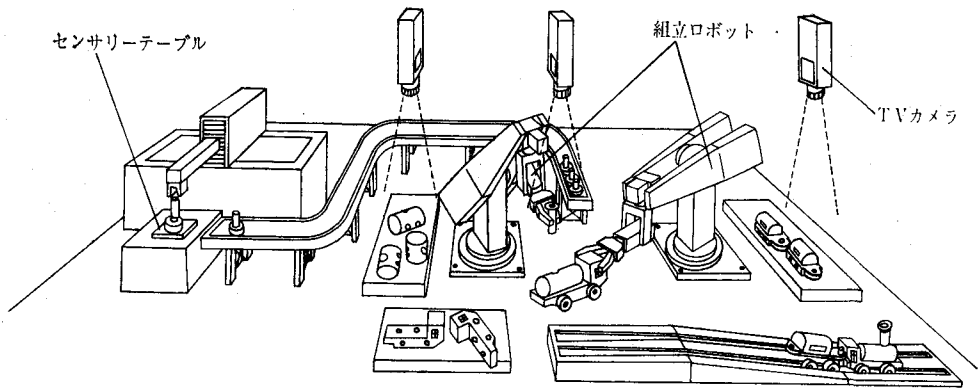


図3 インテリジェント組立ロボットシステムの例（「1980日立技術展ガイドブック」より）

ものの解析研究も行なわれている。移動機能では、車輪形、6足・4足・2足歩行などが研究されている。感覚関係では、視覚、触覚、聴覚の研究が知能ロボットの開発を目指して行なわれており、また人工音声の開発を手掛けている研究室もある。

一方、ロボットの制御プログラム、適用技術、機能測定技術などのソフトウェア面の研究も一部では行なわれており、また国立研究機関の中には、たとえば工業技術院の超高性能レーザ応用複合生産システム開発プロジェクトのサブテーマとして、ロボット研究の課題を分担しているところもある。

わが国の大学、高専などの学校における研究の問題点としては、米国のMIT付属のCSD研究所、スタンフォード大付属のSRIやドイツのシュツットガルト大付属のIPAなどのように、多人数の高度な研究員と巨額な予算を基に大規模で組織的な研究を行なっている機関がないことで、文部省の研究助成体制の強化とともに、これからの公的なロボットの研究開発の展開の面で検討が必要であろう。

(2) 企業における研究開発動向
企業における研究開発の諸活動は、大別して下記の諸領域により構成されている。

① ロボットメーカーとしての新

表2 公共的な資金による研究プロジェクトの一例

項	目	期 間	スポンサー機関	備考
1	産業用ロボット標準化プロジェクト	1974~78	工業技術院	
2	組立作業ロボット化研究プロジェクト	1976~78	日本小型自動車振興会	
3	コンピュータアシステッド・ロボットシステム・エンジニアリングのシステムデザイン研究プロジェクト	1976~	日本機械工業連合会	
4	中高層建築内外装組立自動化システム策定研究プロジェクト	1978	//	
5	病人介護援護システム策定研究プロジェクト	1980	日本小型自動車振興会	
6	産業用ロボットに関するテクノロジアセスメント	1980	日本産業技術振興協会	
7	鋳造上作業ロボット化研究プロジェクト	1978~83	中小企業事業団	
8	超高性能レーザ応用複合生産システム開発研究プロジェクト	1977~83	工業技術院	

製品開発に関する諸研究活動

② ロボットを社内用に開発し、活用するための諸研究活動

③ ロボットのユーザーとして、ロボットメーカーが開発製造したロボットを活用するための研究活動

これらのうち、①のロボットメーカーの新製品開発に関する諸研究活動は、いずれ新製品という形態を整えて公表されることになるが、それに比べて②、③の諸活動は、成果の公表される機会が割合に少ないように思われる。

しかし最近では、企業内で生産技術関連研究所、自動化設備関連研究所などが連合して、ロボットを活用した新しい製造システムの開発に取り組む例がみられるようになり、先進

的な企業において、近い将来高度な製造システム開発の成果が期待できる情勢になりつつある。図3は、先般公表された(株)日立製作所のインテリジェント組立ロボットのデモンストラクションモデルの例である。

また、川崎重工業(株)とUnimation社のセンサ開発共同研究プロジェクトのように、技術提携先との国際的な協力関係の強化も、ロボット研究における新しい動きとして注目される。

(3) 公共的な資金による協力研究活動

通産省ならびにその下部機関である工業技術院、および中小企業事業団、日本機械工業連合会、関連工業会などがスポンサーとなって、わが国では学界と産業界の緊密な協力

の基に、数多くの研究プロジェクトが進められてきた。これらの多くは、いわゆる機電法や機情法などによる国の施策に基づくものであるが、その成果は世界の注目を集め、わが国のロボット技術発展の大きな挺子の役割を果たしている。

これらの研究プロジェクトの実行にあたり、(社)日本産業用ロボット工業会が事務局として果たした役割はかなり大きいということができよう。また、このような研究プロジェクトの実行を通じて、ロボットのライバルメーカー同士、メーカーとユーザー、メーカーと大学や研究機関などが仲良く協力している状況は、わが国ロボット産業の基盤の強さを示すものとして、海外のロボット関係者からも高く評価されている。

表2はそれらの主なテーマをまとめたものである。ただしテーマの種類によっては、このようなプロジェクト形式では研究遂行能力の限界に達しているものもあり、さらに本格的なロボット研究組織の設置を望む声も出始めている。

3. 米国におけるロボット技術の開発

この国のロボット研究のかんりの部分は、MID の CSD 研究所および人工知能研究所、Stanford 大の AI 研究所や SRI などの大規模な大学付属研究所、および Rhode Island 大、Carnegie Melon 大、Perdue 大などに設置されたプロジェクトチームや、ICAM (Integrated Computer Aided Mfg.)プロジェクトのメンバーである企業群と軍機関などによって遂行されている。

これらの公的な研究には、日本の通産省予算に対応するものとして National Science Foundation が年間約100万ドル、また National Bureau of Standards が150万ドル程度を支出し、また SRI や CSD

研究所のようにマルチクライアントプロジェクトに対して国が助成措置を講じているものもある。そのほか Westing House 社のように、自社内の小形モータ組立研究プロジェクトに対して、NSF から資金的な援助を受けているものもある。

これらの中で、現在最も明らかな進展をみせているのは CSD 研究所の組立ロボット化研究プロジェクトで、約20名の研究スタッフを抱えて、写真1に見られるような、ロボットの精度不足を補うための応従アタッチメント (Remote Center Compliance) を開発して、ほかへの供給も行なっている。SRI では、視覚と聴覚の研究が Flexible Manufacturing System 研究の一環として行なわれている。

表面にはあまり出ていないが、米国で注意を要するのは宇宙・原子力開発や軍事予算によるロボット研究で、1980年10月には第1回の軍用ロボットシンポジウムがワシントンで開催されている。このような研究は、予算の桁が異なるので、研究成果の波及効果を考えると無視することができない。

ロボットメーカーの研究としては、Cincinnati Milacron 社、Unimation 社、Automax 社などにおける視覚の研究が盛んであり、また未だ市販段階には達していないものの、IBM 社やTexas Instrument 社において組立を目差し、視覚を伴うロボットの研究も盛んに行なわれている。いずれの場合にも、数年後にはセンサを装着したロボットが主流になると見越しての動きといっていよう。

変わったところでは、航空機の機体組立をロボット化するための研究プロジェクトが開始されたとのことであり、米国では技術的、経済的な見通しを得て、大企業がようやくロボット研究に本腰を入れ始めた。

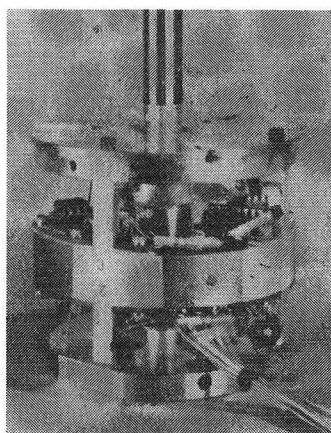


写真1 CSD 研究所が開発した Remote Center Compliance (組立の際にロボットの精度不足を補うアタッチメント)

4. ソ連におけるロボット技術の開発

国家秘密のペールに阻まれてソ連の動向は明らかでないが、労働福祉の向上とソ連の特殊事情による省力化の必要性に迫られて、ロボット技術の開発や普及への努力には並々ならぬものがある。1980年3月にイタリアのミラノで行なわれた国際産業用ロボットシンポジウムに彼らが積極的に参加したのも、その表われといっていよう。

ソ連では、たとえばシベリアのような未開地に工場建設をする場合に、人間の代わりにロボットをもってゆけば、住宅、医療、教育、レクリエーションなどの厚生施設への投資を抑えることができるので、ロボットのメリットは大きい。現在、ソ連では世界中からロボットを収集して機能・性能の調査解析を行なっている模様であり、発表論文でみる限り応用技術の分野でもかなりしっかりした研究が行なわれているように推察される。いずれコモン域内においても、研究やロボット製造面での協力体制が作られることになるであろう。

5. ヨーロッパにおけるロボット技術の開発

ヨーロッパ域内においては、グローバルな国際産業用ロボットシンポジウムと並行して、毎年ロボットの研究開発と普及のためのシンポジウムを開催することが軌道に乗り、情報交換や国際協力の促進が図られるようになってきた。

(1) 英国

Nottingham 大, Edinbarough 大, Warwick 大, Birmingham 大など、かなり多くの大学を中心に視覚・触覚センサや、フレキシブルな自動組立システム、鍛造や鋳造上用ロボットなどの研究開発が行なわれている。しかし、資金的には相当苦しいようである。Nottingham 大にいた Prof. Hegiubotham が生産技術研究協会 (PERA) の研究所長に転出し、最近になってロボットの研究を開始した。

(2) 西ドイツ

ドイツのロボット研究は、フラウンホーファー協会という資金供給機関の傘下に大学付属その他の公共的な研究機関があり、それを中心に行なわれている。たとえば、Stuttgart 大付属の自動化技術研究所 (IPA) では、既存のロボットに視覚や触覚センサを装着してフレキシブルオートメーションシステムの開発を指向している。総員二百数十名中、二十数名がロボットの研究に従事しており、相当な規模で研究が進められている。

ほかに Berlin 大, Aachen 大で、主として生産システムの立場から研究が行なわれている。企業では Messerschmidt 社, Siemens 社, Volkswagen 社, Daimler Benz 社などでロボットの開発、および導入の研究が行なわれている。

(3) フランス

大学や研究機関を中心に国家的な長期計画を組んで、ロボットの制

御、言語、パターン認識、センサなどを中心に、かなり熱心に研究が進められている。その実施機関としては、Lille 大, Valenciennes and Hainaut 大, Grenoble 大, Montpellier 大, Paris XII 大や, LIMSI 研究所, LAAS 研究所, INSERM 研究所, 原子力研究所などがある。

企業の関係では、Renault 社が60名からなるロボット開発のプロジェクトチームを編成して、塗装、溶接、ハンドリングなどの独自のロボット開発に熱心に取り組んでいる。

(4) イタリア

Rome 大, Milano 工大, Torino 工大, Bologna 大などが協力して、パターン認識やロボット言語、グリップなどの研究を熱心に行なっている。中でも Olivetti 社が開発した Sigma ロボットと、Fiat 社が開発した COMAU ロボットの言語を共通に、これらの企業と協力して大学が研究開発していることで、いわゆる産学協同の新しいあり方として注目される。

イタリアではすでに10社以上がロボットの製造に取り組んでおり、Fiat 社では将来のフレキシブルな生産システムを研究する20名ほどのプロジェクトチームを発足させた。

(5) 北欧諸国

スウェーデンでは、ASEA や MHU などの特色のあるロボットを開発して市販しているが、国立生産技術研究所 (IVF) が中心となって鋳造上げ、塗装などの苦渋作業用ロボットの開発に取り組んでいる。

デンマークやフィンランドでは、国立技術研究所においてロボットの研究が始められている。またノルウェーでは、Tralga 社の塗装用ロボットの開発のほかに、ロボットの応用技術やフレキシブル生産システムの研究も行なわれている。

(6) スイス

ローザンヌ工科大学の精密工学研

究所を中心に、小形精密機械組立用ロボットの開発が進められている。

(7) 東欧諸国

チェコスロバキア、ポーランド、ブルガリア、ユーゴスラビア、ハンガリーなどでは、それぞれ国立研究所や大学を中心にロボットの研究開発が進められているが、西側諸国と異なるところは、これらの研究機関が研究成果を基に、実用的なロボットの製造までも引受けていることである。

☆

☆

以上概観を述べたように、各国におけるロボットの研究は迫りくるメカトロニクス時代の産業革命を目前に、いよいよ熱気を帯びてきている。これまでのわが国のロボットの成功は、研究者、メーカー、ユーザーの間の日本的なチームワークのメリットに負うところが大きかったが、今後とも国際的な地位を確保してゆくためには、この辺で研究体制の再検討を考える時期にもきているように思われる。

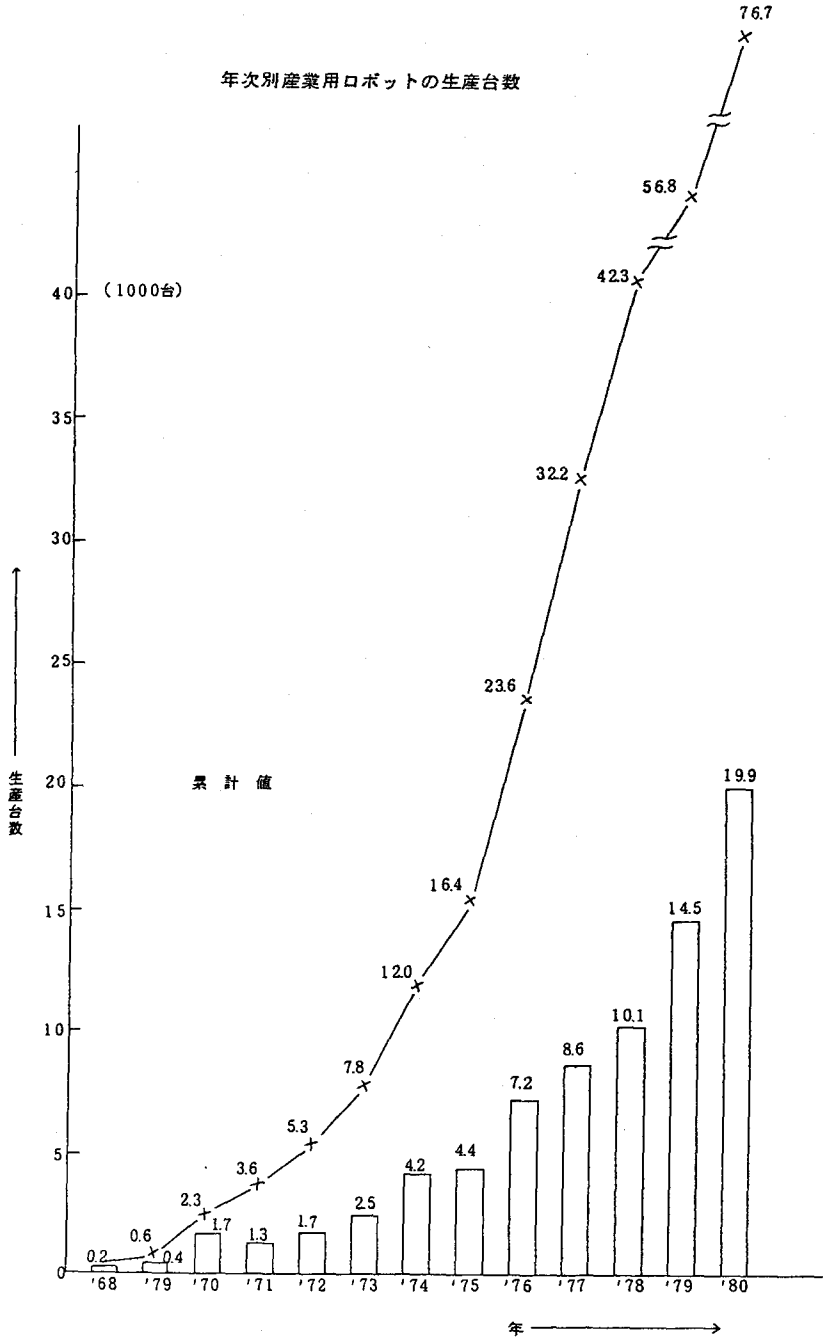
参考文献

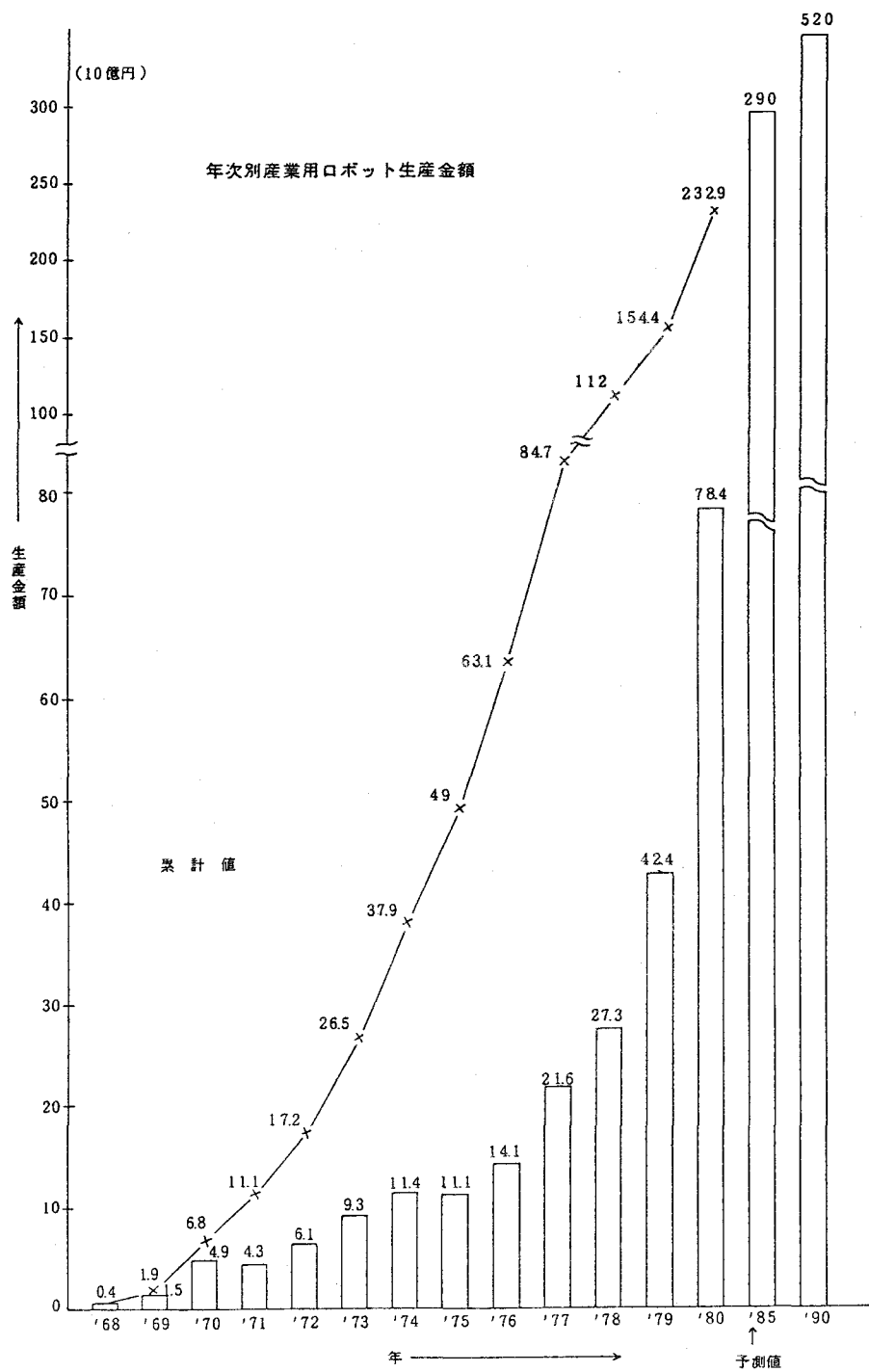
- (1) ロボット, No.22~28, (社)日本産業用ロボット工業会
- (2) 産業機械工業'80年代ビジョン 研究会編: 機械産業の1980年代ビジョン, 日刊工業新聞社, 1980
- (3) 1980日立技術展ガイドブック
- (4) (社)日本産業用ロボット工業会: 産業用ロボットの研究開発動向に関する調査報告書, 1980
- (5) Proc. 10th ISIR and 5th CIRT, 1980
- (6) Robots Join The Labor Force, Business Week, June 9, 1980
- (7) The Industrial Robot, Vol. 7, 1~3, 1980
- (8) Industrial Robot International, Vol. 1, No. 1~8, 1980
- (9) Technology Rules in Japan's Factories, New Scientist, Oct. 30, 1980

(早稲田大学 システム科学研究所 教授
東京都新宿区西大久保 3-4-1
TEL (03) 209-3211 〒160)

(自動化技術 第13巻第1号掲載)

年次別産業用ロボットの生産台数





需要部門別出荷割合比（金額ベース）

