



技術解説

先端ロボットの開発と 国際協力の現況

鷲 沢 忍*

1. ま え が き

産業用ロボットの普及はめざましく、今やそのシステム化(ファクトリーオートメーション)や知能化の時代すなわち第二世代に入った。一方、より高度な、汎用目的に柔軟に対応できる第三世代の胎動が始まった。すなわち先端ロボット(Advanced Robot)の開発である。

先端ロボットの開発では、関連する重要技術が多く、また長期間かつ、ぼう大な投資を必要とする。かかる研究開発は国家規模でのプロジェクト更にその国際協力が望まれる。

本文は、先端ロボットの研究開発における各国の国家プロジェクトとその国際協力の現状について述べる。

2. ロボット世代論

産業用ロボットの分類の例として JIS B 0134 を表 1 に示すが、これと一般に認められているロボットの世代別とを対比してみる。

第一世代

マニプレータ、固定シーケンスロボット等を含む数値制御ロボットまで、(但しマニプレータや固定シーケンスロボットは外国ではオートメーション機器とみなされている。)

第二世代 知能ロボット、

現在の産業用ロボットは第二世代のものであるといわれているが、知能ロボットの定義である「感覚機能と認識機能によって行動決定できる」を満足するためには図 1 (文献 1) のように思考機能を備え、更に 3 機能の総合システム化が必須である。このようなロボットは研究が始ったばかりであり熟成には時間が必要であ

る。

第三世代 知識ロボット

(SF ロボットに代表されるような) 人間と同等の機能と知識を有するロボット

をかつては考えていた。しかしロボットの研究が進むにつれて強い反省がなされた。すなわち、「人間と同程度の能力を実現することは、ある特定の能力では可能である。しかしどのような状況下でも人間と同等とすることは不可能である。」という認識である。そして柿倉等¹⁾は人間と機械の夫々の得意な所をたがいに協調した知的システム(知識ロボット)が次世代ロボットの現実的姿であると決論している。

そして

○人間が行う作業は

状況判断や経験、熟練度の必要な作業。機械に対する指示、教示(マン・マシン・インタラクション、テレオペレーション)

○機械の行う作業は

単純だが一連の長い作業の計画と実施、多量のデータの処理と評価、知識ベースの探索等(機械の機能の有機的結合、意思決定の支援)

このようなマン・マシンの有機的な協調によって、非製造用ロボットに代表される次世代ロボットが部分的に不明なタスクや環境に対応して移動を含む柔軟な動作が可能となるとみられる。

3. 先端ロボットのイメージ

産業用ロボットの成功に刺激されて、その活動範囲を拡げて社会生活の改善や安全に役立つロボットの出現が望まれている。

すなわち

○人間が生存できないような厳しい環境下での作業からの人間の解放(放射線、高水圧、高温、宇宙等での作業用ロボット)

* 鷲沢 忍 (Shinobu SAGISAWA), (株)富士電機総合研究所, 製造技術研究所, 所長, 工学士, 機械

入力情報・教示からの分類 表1 産業用ロボットの種類 (JIS B 0134-1979)

番号	用語	読み方	意味	対応英語(参考)
1101	マニプレータ		人間の上し(肢)の機能に類似した機能を持ち、対象物を空間的に移動させるもの。	manipulator
1102	マニュアル・マニプレータ		人間が操作するマニプレータ。	manual manipulator
1103	シーケンス・ロボット		あらかじめ設定された順序と条件及び位置に従って動作の各段階を逐次進めていくマニプレータ。	sequence robot
1104	固定シーケンス・ロボット	こていし-けんす・ろぼっと	あらかじめ設定された順序と条件及び位置に従って動作の各段階を逐次進めていくマニプレータで、設定情報の変更が容易にできないもの。	fixed sequence robot
1105	可変シーケンス・ロボット	かへんし-けんす・ろぼっと	あらかじめ設定された順序と条件及び位置に従って動作の各段階を逐次進めていくマニプレータで、設定情報の変更が容易にできるもの。	variable sequence robot
1106	プレイバック・ロボット		あらかじめ人間がマニプレーターを動かして教示することにより、その作業の順序、位置及びその他の情報を記憶させ、それを必要に応じて読み出すことにより、その作業を行えるマニプレータ。	playback robot
1107	数値制御ロボット	すうちせいぎょろぼっと	順序、位置及びその他の情報を、数値により指令された作業を行えるマニプレータ。例：せん孔紙テープ、カードやデジタルスイッチなどによるもの。	N.C. robot
1108	知能ロボット	ちのうろぼっと	感覚機能及び認識機能によって行動決定のできるロボット。	intelligent robot

注) JIS B134-1986では別の分類となっている。

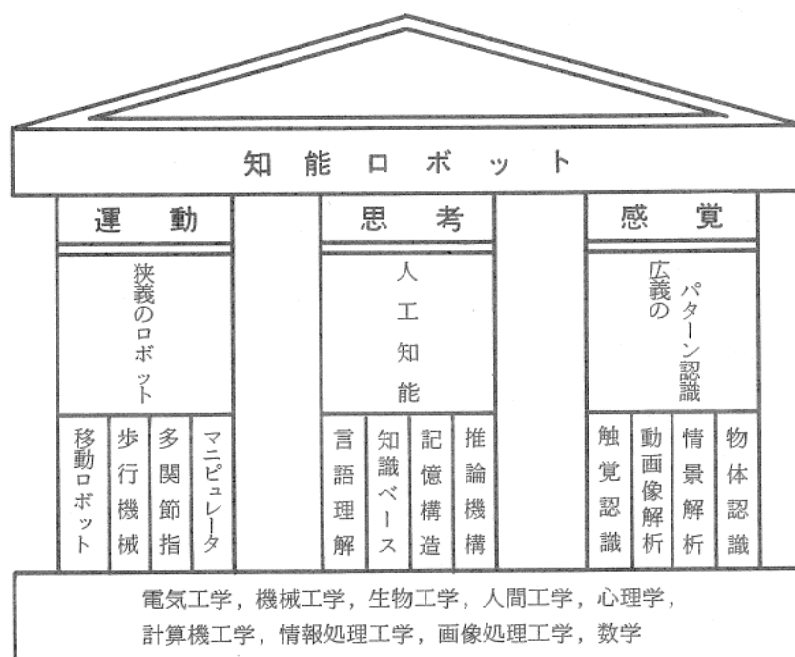


図1 知能ロボットに必要な機能とそれを支える分野 (文献1より)

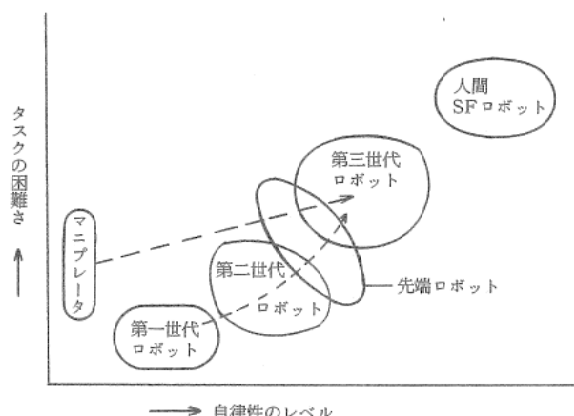


図2 ロボットの世代と機能の高さ

- 重労働や単調作業からの解放による人間性の復活(鉱山作業、農業用ロボット)
- 人体機能の障害等の代替(医用、介護用ロボット)

しかしロボット技術の現状はこれらの機能をクリアしてはいない。第三世代ロボットの実現が現想的ではあるが、近い将来の実用化を目指した先端ロボットでは夫々の分野に合わせた機能を実現することが現実的な目標となる。このようなロボットは第二世代から第三世代にかけてのロボットといえるだろう。(図2)

4. 先端ロボットの開発

社会的要望の高まった先端ロボットを開発するについての問題点は

- 実用化されたロボットに比べると、図1に示したように多くの要素技術の開発を長期的、且有機的に行う必要がある。
- 産業用ロボットと異なって投資額がばう大になる上にその回収が容易でない。

かかるテーマの開発研究は、国家的援助と官・学・産の共同開発が適切であるとみられる。そして、テーマが具体的であり、且産業界の要望の高い²⁾、厳しい環境下で点検、保全、救援等の作業を行う先端ロボットの開発を、通産省大形プロジェクト制度により発足させた。その詳細については後に述べる。

5. 先端ロボットの開発に関する国際協力

世界経済の活性化と成長を図るためには科学技術の発展を活用することが必要であり、そのためには国際協力を推進することが重要であるとの認識の下に、57年先進国首脳会議(ベルサイユサミット)にて国際協力の推進が決議された。それを受けた作業部会の検討による18のテーマが58年ウィリアムズサミットにて承認された。先端ロボットプロジェクト(ARP)もその一つでありその後の経過もふまえたプロジェクト(後にプログラムと改称)の内容は次の通りである。

1) ARPの目的

- 過酷、重負荷、危険な作業条件や環境下で人間に代って作業を行うロボットシステムを開発する。

- 研究開発は国際的な分担をする。

- 各国は共通の目標に対する工業界と政府の努力を統合して効果を上げる。

具体的な協力は次のような形で弾力的、且段階的(Phase 0~2)に進められる。すなわち参加各国の専門家(コンタクトパーソン)による合同調整会議(JCF, Joint Coordinating Forum)において検討と調整を行う。

(効果的な国際協力、知的財産の適切な保護、各分野での可能な技術移転等)

Phase 0 ; 協力の内容作り。

Phase 1 (技術交流); データ、情報、研究者、調査団の交換

Phase 2 ; 規格の共通化(評価のための基準の共通化等)の推進、現地共同調査や共同実験の実施

現在は Phase 1 の後半といえる。

2) 参加国とその窓口(表2)

3) ARPの手がける分野と参加国

さらにこれらの応用分野を念頭に置いた場合の要素技術として次の7テーマについても、例えばワークショップ(研究討論会)等の協力活動を行う。

Sensor, Actuator, Manipulation, Locomotion, Intelligence, Man-Machine System,

表2 ARP 参加国とその窓口

リ ー ド 国	国 名	窓 口	備 考
	日 本	通産省工業技術院	研究開発官室
メ ン バ ー 国	フ ラ ン ス	科学技術庁(CESTA)	
	米 国	国立科学財団(NSF)	
	英 国	産業省(Department of Industry)	
	西 独	カールスルーエ 原子力研究所	
	イ タ リ ヤ	アンサルド (ANSALD.SPA)	
	カ ナ ダ	国立研究審議会 (NRC)	
	オーストリア	ウィーン工大	85年オブザー バ国から昇格
オ ブ ザ ー バ 国	E C	EC(ベルギー)	メンバー国へ の昇格申請中
	ノルウェー	科学工業研究審議会 (NTNF)	
	オ ラ ン ダ	デルフト工大	

SystemArchitecture

4) 活動状況

合同調整会議の開催状況を表4に、ワークショップ開催状況を表5に、調査団の派遣状況を表6に示す。また共同研究について組織的な受入として表7のような各国の提案があった。

なお米国では NSF が先端技術開発の共同研究施設を計画中である。

6. 各国の先端ロボット開発プロジェクト

各国の国家プロジェクトの現状を述べる。

1), 米国

高度先端技術として、コンピュータ、産業用ロボット、新材料、バイオテクノロジー等を定めているが1984年度より、先端ロボットを重要分野に選定した。国家プロジェクトの形でなく、国立科学財団(NSF)を中心として大学、民間研究機関の共同研究の形である。なお、軍用や原子力用の知能ロボットの開発が先端ロボットの研究機関へ並行して委託されている。また、大学への NSF よりの資金援助の形で6研究センターの設立が計画されている。

主な研究機関には

フロリダ大学、知能機械ロボティックスセン

表3 ARP の手がける分野と参加国 (◎印幹事国)

参 加 国	カ ナ ダ	フ ラ ン ス	西 独	イ タ リ ー	日 本	英 国	米 国
応用分野							
Nuclear	○	◎	○	○	◎	○	○
Underwater	○	◎	○	○	◎	○	○
Fire-Fighting & Resque- Operation	○	○	○	○	◎	○	◎
Mining & Tunnelling	○	◎	○		○	◎	○
Civil Engineering	○	○	◎	○	○	○	◎
Agriculture	○	◎	○	○	○	○	
Space	○	○	○	◎	○	○	
Service & Domestic		◎		◎		○	
Plant Operations		◎	○	◎	○		
Medical & Health Cares	○	○			○	◎	○

表4 先端ロボットプログラム合同調整会議（ARP-JCF）の開催状況

回	開催月	開催地	主 内 容
1	58.9	日本(東京)	各国の研究開発状況報告. フレームワークの決定. 各国開発希望分野と協力形態の調査とまとめを次回までに.
2	59.1	フランス(パリ)	オーストリア参加承認. 研究開発の最近の進捗状況報告. 応用分野と要素技術テーマの討論と選定.
3	59.9	イタリア(コモ)	ノルウエー, オランダ参加承認 各国施策と協力計画の見直し討議. 今後1年間はワークショップと調査団を中心とする. ワークショップ計画作製.
4	60.5	英 (ロンドン)	オーストリアをメンバー国に昇格. 研究開発進捗状況報告. ワークショップ, 調査団の希望と調査. 共同研究について討論, 仏が案を作る.
5	61.4	米 (ハワイ)	研究開発進捗状況報告. ワークショップ開催計画見直し, 各国の共同研究受入表明.
6	62.5	西独(スツットガルト)	予 定
7	63.春	カナダ	予 定

表5 ワークショップ開催状況と予定

分 野	開催日	場 所	参 加 国	備 考
防 災	59.8	日 本	日, 米, 仏	
要 素 技 術	59.9	伊	日, 米, 英, 独, 加, 伊, オース リア, オランダ, ノルウエー, EC.	システムアーキテクチャー 人工知能, マン・マシン
鉱 業	60.5	仏	同 上	
原 子 力	60.9	日 本	日, 仏, 米, 独, ノルウエー, EC	
移 動 ロボット	61.4	米	日, 米, 英, 独, 加, 伊, オース トリア, EC	センシングとコントロール
海 洋	61.9	ノルウエー		
プラント運転, 保守	61.11	伊		
要 素 技 術	62.5	独		移 動
原 子 力	62.6	英		
宇 宙	62.8	伊		
海 洋	62.9	日 本		
農 業	62.秋	オランダ		
未 定	63.秋	加		

表6 調査団派遣状況

派遣月	派遣国	訪問国	分野	(参加者)
59. 11	日本	ヨーロッパ(独,仏,伊,英)	原子力	(11名)
60. 3	日本	米	海 洋	(8名)
60. 5	仏	日本	海 洋	
60. 9	仏	日本	原子力	
60. 10	日本	米, 加	原子力	(13名)
60. 11	日本	ヨーロッパ(ノルウェー, 英, 仏, 独)	海 洋	(8名)
61. 4	日本	ヨーロッパ(英, 仏, 独, 伊)	防 災	(10名)
61. 9	独	日本	原子力	(21名)
計 画 中	英	仏, 独	原子力	
	英	ノルウェー, 仏, 日本	海 洋	
	英	日本	防 災	
	英	米	建築, 土木	

表7 共同研究受入れ提案内容

受 入 国	機 関 ・ 場 所	テ ー マ	備 考
仏	L'Aumanu(ムラン)	鉱業ロボット	
仏	CEA(サクレイ)	原子力ロボット	
独	IPA(スツットガルト)	鉱業用マニプレータ (その他希望特定テーマ)	3人まで
伊	ENEA(ローマ郊外)	プラント運転, 保守用シミュレーション, ビジョン	20人まで

ター (CIMAR)

NSF, 軍, エネルギー省より援助

カーネギメロン大学, ロボット研究所

NSF より援助

パーデュ大学, コンピュータ利用設計製造自動化センター (CIDMAC)

NSF, スポンサー企業より援助

ミシガン大学, ロボットと複合生産センター (CRIM)

NSF, 州, 産業界, 軍より援助

ミシガン工業技術研究所 (ITI)

州, 民間企業より援助

その他スタンフォード大, ドレーパ研究所,
MIT, オハイオ州立大等の有名なロボット研
究所に対しても NSF の資金援助がなされてい
る。

2) フランス

日本と同様に国家プロジェクトを持ち, 研究
開発の先進国であると共に, サミット国際協力
の幹事国として積極的な国際協力の推進国であ
る。国家プロジェクトには ARA 計画
(Advanced Robotics and Automation Project)
とその発展した RAM 計画 (Robots Autonomes
Multiservice) がある。ARA 計画はロボットの
基本となるノウハウの確立を目指したもので,
RAM 計画はその応用で機械装置の実現を目指
したものである。

○ ARA 計画 1980年～1985年

9 研究機関と20社以上の企業が参加

目的 基礎研究

FA における人工知能の導入促進

訓練された技術者の産業界への提供

表8 RAM計画の内容

分野	目的 (ロボット名称)	中心機関と協力機関の数
原子力	多目的移動形自動ロボット (SINRAM)	CEA 11
工場内サービス	工場自動化用多目的ロボット (RAMA)	I & L 6
清掃	車輻、バス、地下通路の 清掃自動ロボット	MIDI-ROBOT 6
鉱業	採鉱、運搬、支柱作業用	CERCHAR 4
海洋	自律潜水体とダイバー補助	COMEX 6
農業	森林産業での技払い、下生え除去等 (RAFU)	CONTRAITANC AQUITAINE GIE 8
公共	家庭用多目的 (RAMED)	RENAULT-Automation 10

先端ロボット技術の現状評価

○RAM計画 1984年～ (5年計画)

第8表に示す応用分野毎の研究開発が進められている。

なお昨年のつくば博フランス館は先端ロボットをテーマとしてくわしい計画や模形を示していた。

3), 西ドイツ

2つの国家プロジェクト

○労働における人間性回復に関する研究開発 (1974年スタート)

○製造技術 (1978年スタート)

の一部として産業用ロボットの開発を支援して来たが、新たに先端ロボットプロジェクトを1986年よりスタートさせた。初年度の予算は約10億円である。その中心はフラウンフォーハ財団自動化研究所 (IPA) で今下に原子力ロボットの実用化で有名なカールスルーエ原子力研究所もある。具体的計画はこれからだが、約3年でプロトタイプシステムを開発する予定である。

4) 英国

産業省 (DTI) が産業用ロボットの研究開発に補助を行って来たが、新たに1986年より、原子力、海洋、防災、建設、土木の分野における先端ロボットの国家プロジェクトをスタートさせる。約7.5億円、19社、25大学、研究所で研究開発を進める。

5) イタリア

原子力エネルギー委員会 (ENEA) が1960年代より悪環境下のロボティックスの利用技術の開発を始め、融通性の高い、力反射形の有名なリモートハンドシステム (MASCOT) を各国の研究機関に供給して、国際協力の走りであった。しかし、その後の展開では遅れをとった感がある。

1985年からの5年計画で総計約5000万ドルの国家プロジェクト AVERS (自律で融通性が高く拡張可能なロボットシステム) を発足させた。また、マン・マシンシステムを含む先端ロボットシステムの機能評価試験のための施設を設立し、各国の利用を呼びかけている。

6) カナダ

情報収集と整理を終えたものの、国家プロジェクトへの具体化には未着手である。

7) 日本

産業用ロボットの普及はめざましくロボット大国となったが、更に次世代ロボットの開発を加速すべきと考えて、通産省産業機械課および同工業技術院の機械技術研究所、電子技術総合研究所、研究開発官室がその構想を56年より検討し始めた。その努力が実って、58年より大形プロジェクト「極限作業ロボット」を発足することができた。タイミング良く先端ロボットの国際協力の始まった年である。

研究開発の内容は文献3等で詳細に述べられているのでここでは概要だけ述べる。

a) 開発期間 8年間 (昭和58年より65年まで)

生産と技術

b) 開発費用 約200億円

c) 開発目的 原子力、海洋、防災の3分野で、放射線、高水圧、高温等、人間が立入れない環境下で点検、保守、消火、救援等の多様複雑な作業を行う汎用ロボットを開発する。その目標を表9に示す。そしてその構想図が図3、4である。

d) 開発のスケジュール 表10に示すように、前半に要素技術（共通の基盤技術および各ロボットの固有技術）を追求した後に中間評価を行う。

後半では各ロボットのトータルシステムの試作、試験を行い、その後に総合評価を行う。

e) 参加メンバーと研究項目 表11に示す。

各国の先端ロボットの研究開発の進展度合としては日本、フランスが強力に国家プロジェクトを推進しており、サミット国際協力の幹事を引き受けた実力がうかがえる。一方米国はその開発体制が独自の形ではあるが、その質は日仏を超えるものがある。ドイツ、英国、イタリアでは最近になって国家プロジェクトを発足させたが、いずれも原子力、海洋等の分野においての大きな開発潜在力を持っているのでその成果に注目し、合せて国際協力の効果を期待する。

7. ま と め

先端ロボットの開発における国家プロジェクトおよび国際協力について述べた。

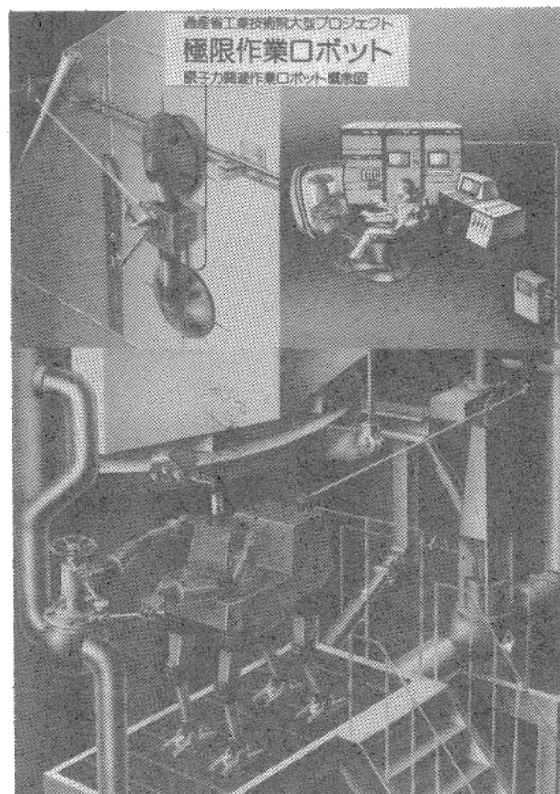


図3

原子力用、床面移動用ロボット（下）と壁面移動ロボット（左上）の構想図

先端ロボット技術は、世界をリードしている工業先進国ひいては全世界の未来の形成に強い影響を及ぼすものである。研究開発の質と量、人的資源の確保、波及効果を考える時、国際協

表9 研究開発基本計画

項 目	目 標
原子力関連作業ロボット	原子力発電所等の原子力関連施設において、遠隔のオペレータの指示に従い、機器設備の保守、点検、修理等の高度な作業を行うロボットを開発する。
海底石油開発支援ロボット (海洋ロボット)	海底石油開発関連施設において、遠隔のオペレータの指示に従い、機器設備の保守、点検、修理等の高度な作業を行うロボットを開発する。
石油生産施設防災ロボット (防災ロボット)	産業施設、社会施設等において災害が生じた際に、遠隔のオペレータの指示に従い、災害の拡大防止、救援等の高度な作業を行うロボットを開発する。

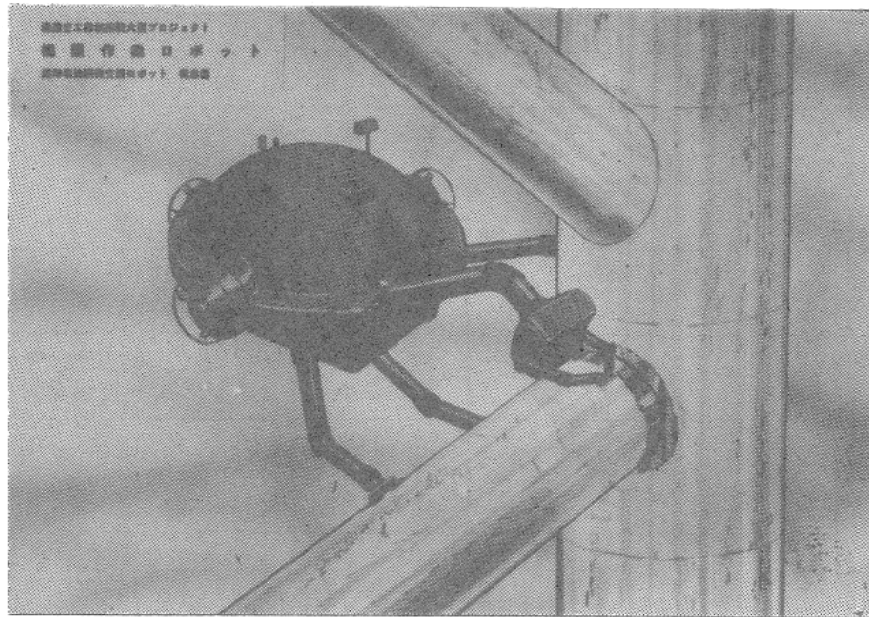


図4 海洋ロボットの構想図

表10 研究開発スケジュール

研究項目		年度	58	59	60	61	62	63	64	65
原子力ロボット	固有要素技術			概念・基本設計		試作及び実験				
	トータルシステム				概念構想	概念設計		詳細設計	製作及び実験	
海洋ロボット	固有要素技術			概念・基本設計		試作及び実験				
	トータルシステム					概念設計		詳細設計	製作及び実験	
防災ロボット	固有要素技術			概念・基本設計		試作及び実験				
	トータルシステム					概念設計		詳細設計	製作及び実験	
基盤技術					基本技術の開発			技術の確立		
研究開発予算(百万円)		40	784	1,896	2,405					

5,125 百万円

力を必要とする典型的な領域である。国境を越えた人類の利益を考える時、今後の着実な進展を切に望むものである。

8. あとがき

我国の先端ロボットプロジェクトである極限作業ロボットについて述べるつもりであったが

すでにいろいろな機会にその内容が発表されており³⁾、何番煎じにもなる。そこで、通産省工業技術院研究開発官室の資料提供の御好意によって先端ロボットの国際協力的一面を述べさせて貰った。浅学の故に、各所に誤りや抜け落ちがあるにちがいないと冷汁をかいている所である。

表11 極限化学ロボット開発の研究分担一覧表

研 究 項 目		研 究 担 当 機 関		略 称
基 盤 技 術	機 構 技 術	機 械 技 術 研 究 所 電 子 技 術 総 合 研 究 所 富 士 電 機 製 作 所		
	制 御 技 術	機 械 技 術 総 合 研 究 所 電 子 技 術 総 合 研 究 所		
	支 援 技 術	電 子 技 術 総 合 研 究 所 国 際 ロ ボ ッ ト ・ エ フ ・ エ ー 技 術 セ ン タ ー		
原 子 力 関 連 作 業 ロ ボ ッ ト	高 信 頼 性 技 術	三 菱 電 機 機 業 会 三 菱 電 設 備 技 術 検 査 協 会		
	耐 放 射 線 技 術	日 立 製 作 所 電 設 備 技 術 検 査 協 会		原 子 力 ロ ボ ッ ト
	移 動 技 術	日 立 製 作 所 電 設 備 技 術 検 査 協 会		原 子 力 ロ ボ ッ ト
	マ ニ ピ ュ レ ー シ ョ ン 技 術	三 菱 重 工 業 会 フ ァ ー 電 設 備 技 術 検 査 協 会 富 士 電 機 製 作 所		原 子 力 ロ ボ ッ ト
	遠 隔 操 作 技 術	三 菱 電 機		原 子 力 ロ ボ ッ ト
海 底 石 油 生 産 支 援 ロ ボ ッ ト	海 底 石 油 開 発 支 援 ロ ボ ッ ト	海 中 走 行 位 置 保 持 技 術	三 井 重 造 工 業 船 業 業 所	海 洋 ロ ボ ッ ト
		海 中 視 覚 技 術	沖 電 気 工 業 船 業 業 所	
		海 中 マ ニ ピ ュ レ ー シ ョ ン 技 術	川 崎 重 製 工 業 船 業 業 所	
		管 理 制 御 技 術	沖 電 気 工 業 船 業 業 所	
	防 災 石 油 生 産 支 援 ロ ボ ッ ト	耐 性 技 術	石 川 島 播 磨 重 工 業 船 業 業 所	防 災 ロ ボ ッ ト
		探 索 技 術	松 下 電 機 研 究 所	
		対 処 作 業 技 術	石 川 島 播 磨 重 工 業 船 業 業 所 国 際 ロ ボ ッ ト ・ エ フ ・ エ ー 技 術 セ ン タ ー	

我国の先端ロボットの研究は極めてレベルが高い。極限作業ロボットのプロジェクトに直接関係している研究所や企業以外の公立研究所、大学、企業で、むしろ立派な成果を上げておられる。(ちなみに昨年の国際先端ロボット技術

会議(ICAR)での発表論文70件の中、日本の発表は43件であった。)それらについて全く触れないのは片手落ちのそしりをまぬがれないが、今回は国家プロジェクト、それも国際協力の一面だけに限らせて頂いた。

また、原子力や海洋開発に関する先端ロボットの各国の開発状況を、極限作業ロボット研究組合の調査団が詳細に報告している。今回はそれも利用させて頂こうかと考えたが紙面の都合で断念した。いずれ機会を得て適任者が公表するのを期待する。

終りに当り、種々の資料の提供と助言を頂いた工業技術院、極限作業ロボット研究組合、日本産業用ロボット工業会に対し感謝の意を表したい。

文 献

- 1) 柿倉正義：知能ロボットから知識ロボットへ，
オーム，68巻9号（S56. 8）
- 2) 科学技術庁，2010年までの未来技術予測（1982年）

3) 極限作業ロボット計画

全体概要

- a) 小林：極限作業ロボットの研究開発，ロボット，42号（S59. 4）
- b) 榎本：極限作業ロボット研究開発の現状，
機械振興 18巻8号（S60. 8）

内容について

- a) 藤井他：59年度極限作業ロボット研究成果
発表会報告書，極限作業ロボット技術研究組合
- b) 三宅：極限作業ロボット(1)～(13)，日刊工
業新聞連載記事，ホロニックイノベーション
(61年5月1日～61年5月22日)
- c) 工業技術院大形プロジェクト成果発表会予
稿集，P319～，(財)日本産業技術振興協会，

