

○小松裕司, 立野公男, 桑原輝隆 (文科省・科学技術政策研)

1. はじめに

日本のロボット生産額は、1990年代以降、約5000億円前後を推移している[1]。この殆どは産業用であり、非製造業分野での利用はこれまで極めて少なかった。ところが家庭向けに、1999年に4足歩行犬型ペットロボットのアIBO(アイボ)[2]が発売され、人気を集めてからは、この家庭向けロボットの市場が注目を集める事になる。

日本ロボット工業会が行なった予測[3](図1)では、生活分野のロボット市場が、今後拡大するとされている。

少子・高齢化が急速に進行する日本の将来に向けて、高齢者の生活を支援する家庭用ロボットに対する期待が高まっている。また、ロボットが新たな産業を創出するという考えから、各地で地域振興プロジェクトを立ち上げる例も見られる。

このような動向は、日本で産業用ロボットが普及した1980年代初め以来のロボット・ブームが到来している事を示すものである。技術競争力が圧倒的に強いと一般には考えられている日本のロボット分野の将来に大きな期待が寄せられるのも無理は無い。ところが、一方で、これに対して疑問を抱く意見も聞かれる。一般の人々がロボットに

対して抱く期待やロボットの表面的な先進性とは裏腹に、ロボット技術に対する閉塞感も特に産業界を中心に存在する。

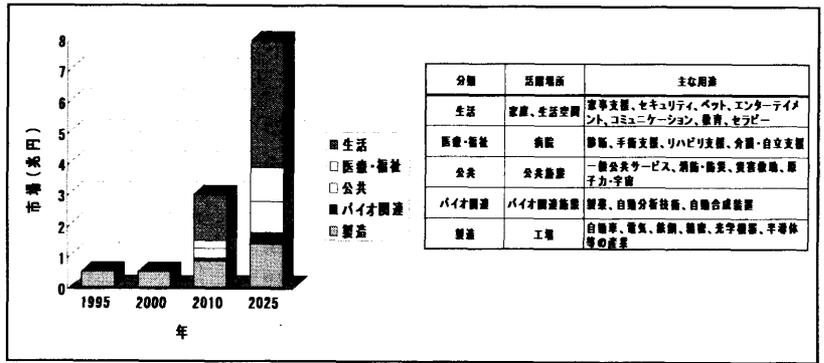


図1 ロボットの市場規模予測

本研究では、ロボット技術の研究開発において、産学の連携を中心にその課題を探る。

2. ロボットについて

2-1. 基本構成要素

ここでは入力情報に対して、これをCPU等のコンピュータで処理し、機械的な出力駆動系に伝えるものをロボットと呼ぶ。ロボットは何らかの機械的な駆動系の出力を有する点で音声入力機能等を有するコンピュータとは異なる。

表1は行動決定方法によって、ロボットを世代分類したものである。

表 1 ロボットの世代分類

第1世代 (プレイバック型)	無し	自動化された工場等	人が直接操縦、または順序・位置などの情報を教示または数値言語等で示す。	シーケンス制御ロボット、プレイバックロボット、数値制御ロボット
第2世代 (センサベース型)	有り		センサを有し、このセンサへの入力情報を元に予め決められた範囲内で動作を自ら修正する。	感覚制御ロボット、適応制御ロボット
第3世代 (学習、知能型)			人工配置物以外を含む一般環境	作業経験を蓄積・学習し、次の行動に反映させる。環境の変化に応じて、次の行動を決定する。

第1世代のロボットは、プレイバック（教示再生もしくは記憶再生）ロボットに代表されるあらかじめ定められた通りの動作を繰り返し行なうロボットを示す。第2世代になるとロボットは、何らかのセンサを有し、このセンサの入力情報を基に自らの動作を修正する機能を有する。第3世代になるとロボットは、作業経験を学習し、次の行動に反映させる機能を有する。第2世代までのロボットは、自動化工場の様に物が人工的に配置された環境（構造化された環境）下で動作する。ところが第3世代のロボットは、一般環境下で利用される事になり、ロボット自身に周辺環境を理解・認識する能力が求められる。

## 2-2. 生活支援ロボットについて

生活支援ロボットは、家事、食事、介護等の支援、セキュリティ、コミュニケーション、エンターテイメント等、何らかの形で人の生活を支援するものを指す。これは、個人が一般家庭で使用する以外にも、電動車椅子やRT（Robot Technology）ベッド等の医療・福祉や公共施設で使用される場合もある。製造業用ロボットが、工場等の構造化された環境下で、決められた作業を行なうのに対して、生活支援

ロボットは活動空間を人と共有し、多様なサービスを提供する。

製造業用ロボットよりなされる作業は基本的には単機能で、ロボットが判断する内容や行動の選択肢は比較

的単純である。一方、活動空間を人と共有する生活支援ロボットは、産業用ロボットとは大きく異なる。人の生活空間での活動は、ロボットに対して自らの環境を認識する事を非常に複雑にする。工場とは異なり、人の生活環境は多種多様でロボットが認識・判断しなければならない事も飛躍的に増大するからである。また、人との相互作用において、ロボットの外見が有する役割は大きく、ペットや人間の形である場合もある。つまり、生活支援ロボットには、以下の製造業用には無い機能が求められる。

- (1) 人の生活空間（構造化されていない環境）の移動
- (2) 周囲の環境の認識・理解
- (3) 周囲の環境に基づいて判断し、自ら次の行動を決定する能力
- (4) 人を傷つけない安全性、人の助けを要しない信頼性

このロボットでは、入力器官としてのセンサのみならず、入力情報を処理して判断する高度な人工知能が要求されるようになる。

## 3. 研究開発の現状と課題

### 3-1. 技術競争力

日本は、1960年代末頃からロボットの製品や技術を米国から輸入し、自らも独自に開発を始めた。そして1970年代初めからの第2世代ロボットの開発と相まって、産業用ロボットでは、技術開発や生産量、工場への応用とも世界をリードしてきた。

しかしながら、これらの多くは、基本的には1980年代前半までに開発された第2世代までのロボット技術である事は、注意を要する。将来の国際競争力を左右する宇宙開発や原子力用途、災害対応等の極限環境用の先端的なロボットの分野では、欧米の方が日本よりも優れた競争力を有していると報告されている[3]。日本ロボット工業会等の報告では、日本が競争力の高い応用分野としては、製造業用および建設用ロボットを挙げているが、逆に米国や欧州が強い応用分野として、原子力、宇宙、海洋、探査、福祉等の分野のロボットを挙げている(表2)。

産業用ロボットの現時点での生産量シェアとは逆に先進的ロボット技術では、米国に大きくリードされようとしているのが現状である。

表2 ロボット要素技術の  
国際競争力比較[3]

応用分野	日本	米国	欧州
マニピュレーション	△	○	△
移動技術(脚)	○	○	△
移動技術(クローラ)	△	△	○
移動技術(車輪)	○	△	△
多指ハンド	△	○	△
遠隔操作機構・制御	△	○	○
マイクロ・ナノ	△	△	△
シミュレーション	△	○	○
ヒューマンインタフェース	△	○	△
知的制御技術	△	△	△
センサ技術	○	○	△
視覚認識技術	○	○	△
ネットワーク技術	△	○	△
メディア技術	△	○	△
ソフトウェア技術	△	○	○

○:競争力あり  
△:平均レベル  
×:競争力弱い

日本が圧倒的に競争優位であるとして

般に考えられているロボット技術で、それが産業用ロボットの生産量を基にした判断である事、今後市場の伸びが期待されている生活支援分野のロボットにはこれとは異なる技術が必要とされる事等を考えると、このままでは日本が今後も長期にわたりロボット技術の競争力を維持出来るかは、疑わしい。

### 3-2. 産学連携における課題

日本におけるロボット開発の課題の一つに、産と学との研究開発内容の乖離がある。産業用ロボットに代表される日本のロボット開発は、これまで主に民間企業によって行なわれて来た。ところが、民間は競争の激化に伴い、研究開発の内容を利益の見込める分野に絞り込んでいるのが現状で、本田技研の開発例はむしろ少数派である。一方、大学の研究は主に第3世代の自律移動型のロボット開発が中心となっており、新規な機能の追及に終始するケースが多い。大学では学术论文の書ける新規手法や概念を追い求め、両者の研究内容につながりが少なくなっている。

また、日本の大学を中心とするロボット技術は、開発目的やシステムとしての目標が曖昧な場合が多い。大学でのロボット研究の多くは要素技術の開発にのみ留まっており、具体的なシステムを組み上げるケースは少ない。また、たとえ組み上げても実証実験に重点が置かれていない為、システムのロバストネス(堅牢性)や信頼性等まで含めた課題の抽出が十分に行なわれていない。もちろん、研究開始時の技術レベルや研究計画の設計上やむを得ない面もある。しかし、かつてよりは技術的に見通しがつけ易い今後の研究開発においては、システムとしての目標

を明確にすべきである。

生活支援ロボットの開発は、個人向けロボットの普及を牽引するものであるにも関わらず、現時点での市場が比較的小さい。また実用化にあたっては基礎から応用まで技術的な開発項目も多い事等から国際競争が激化する中で民間企業が単独で開発を進める事は難しい。この様な領域で、適切に役割を分担した有効な産学連携による研究開発が望まれる。

#### 4. 今後のロボット開発に向けて

四則演算で人の能力を遥かに超える性能を有していたコンピュータは、低価格化と共に一般にも普及し、今では不可欠のものとなっている。製造業用のロボットについても、人間が行っていた特定の作業の置き換えが急速に進んだ。生活支援分野のロボットは、基本的には人が行なえる機能の代行であるが、この場合も人にはなかなか出来ない機能や性能を目指すべきであろう。患者の常時見守りや終日監視の警備等では、作業の精度が向上すれば、疲れを知らない点でロボットは人の能力を超える可能性がある。

カーネギーメロン大学のハンス・モラベック (Hans Moravec) によると、現在の、単位コスト当たりのコンピュータの計算能力は 1000 ドル当たり 1000MIPS で、生物ならトカゲもしくは下等な魚類程度の視覚処理能力であり、人間に対して 5 桁程低い能力となっている [4]。この様な状況では、他の技術とのバランスが悪く、少なくとも生活支援分野でヒューマノイド型ロボットを優先的に研究する理由にはならないであろう。むしろ掃除ロボット

がそうである様に特定の作業に最適な形状から、多機能化とともに形状も少しずつ進化させて行けば良いであろう。ロボットの開発が、最終的な使用者にとって役に立つものを実現する事を目的とするならば、具体的に一般ユーザを想定したシステムを系統的に開発して行く事が重要であり、生活支援分野の技術開発では最も大切な事である。

#### 謝辞

本稿をまとめるにあたり、日本ロボット学会前会長江尻正員氏にご指導頂くと共に関連資料をご提供頂きました。ここに深甚な感謝の意を表します。

#### 参考文献

- [1] 「ロボットハンドブック」 (社) 日本ロボット工業会 2001年3月発行
- [2] ソニー(株) ウェブサイト  
<http://www.sony.net/Products/aibo/aiboflash.html>
- [3] 「21世紀におけるロボット社会創造のための技術戦略調査報告書」  
日本機械工業連合会、日本ロボット工業会、平成12年度  
[http://www.jara.jp/jp/07\\_books/Rt.pdf](http://www.jara.jp/jp/07_books/Rt.pdf)
- [4] カーネギーメロン大学  
Field Robotics Center ウェブサイト  
<http://www.frc.ri.cmu.edu/~hpm/talks/revo.slides/2030.html>