

特集②

ロボット技術の研究開発動向 —生活支援ロボット実用化促進に向けて—



情報通信ユニット 小松 裕司

1. はじめに

1-1

アトム誕生の年

今年、漫画の中で「鉄腕アトム」が“誕生”したとされる4月7日に合わせて、日本各地でさまざまなイベントが開催された。世界最大級のパートナーロボットの博覧会である「ROBODEX (ロボデックス; Robot Dream Exposition)」¹⁾においても、人と共生する事を目指した約80種のロボットが展示され、4日間で7万人近くの一般来場者が訪れた。今回が第3回目となるこの博覧会では、回を重ねる毎に出展数も民間企業や大学からを中心に順調に伸びている(図表1)。

今年のROBODEXでは、ヒューマノイド型2足歩行ロボット

が前後左右の各方向からの外力によりバランスを失って転倒する場合、受け身を取って衝撃を和らげながら転び、その後自力で起き上がる等の機能が実演された。また、人の輪郭や10人程度までの人の顔を覚え、人物の検出および認識、異常時の通報等を含めた留守番機能を持つロボットについても紹介された。

1-2

ロボット技術に対する期待と不安

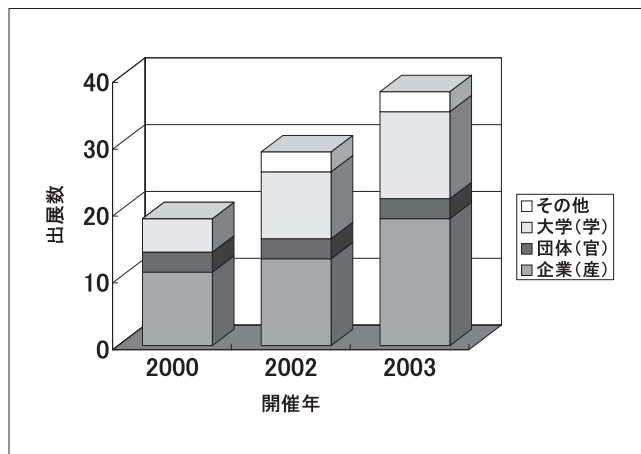
現在の日本のロボット生産額は、製造業向けのロボットを中心に1990年代以降、約5000億円前後を推移している²⁾。この殆どは自動車産業や電機産業の用途を中

心とした産業用ロボットであり、非製造業分野での利用はこれまで極めて少なかった。ところが一般家庭向けとして、1999年に4足歩行犬型ペットロボットのAIBO (アイボ)³⁾が発売され、人気を集めてからは、このパーソナル・ロボット市場が注目を集める事になる。その後この領域へ複数の民間企業が参入し、一般家庭向けロボットは現在年間50億円程度の市場を形成している。

日本ロボット工業会が行なった長期的なロボット市場の予測⁴⁾を図表2に示す。今後は特に生活分野におけるロボット市場が拡大し、2010年に1.5兆円、2025年には4.1兆円もの規模になると予測されている。

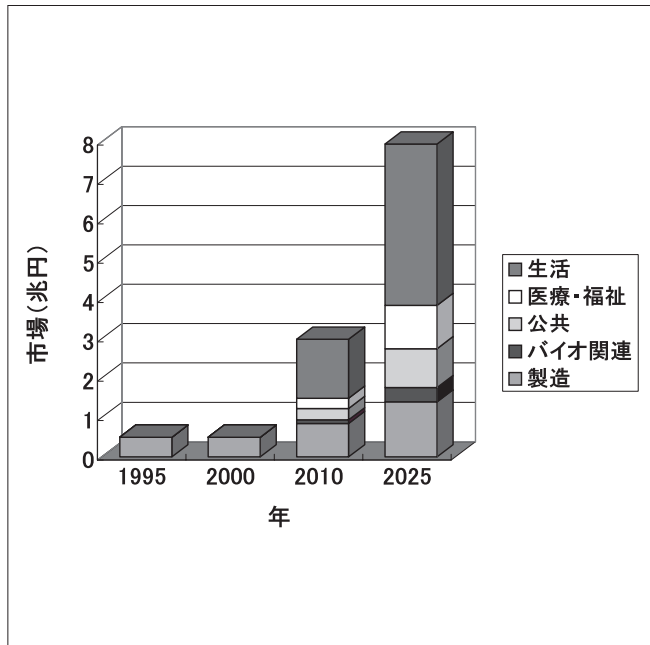
日本は今世紀、他国に先駆けて少子・高齢化が急速に進行するのが現実となっている。この将来の日本の社会に向けて、特に高齢者の健康管理や生活を支援する家庭用ロボットに対する期待が高まっている。また、かつては世界のどの国よりも安全と言われた日本においても日常生活の安全・安心に対する懸念が高まり、例えば留守宅の監視を目的としたロボットの応用も注目を浴びている。一方で、ロボットを発達した次世代の情報端末機器ととらえ、キーボード等よりも使い易いヒューマン・インタフェースとして、情報弱者を支援する機能も期待されている。

図表1 ロボット博覧会 ROBODEX における出展者数の推移



ROBODEX 公式ホームページ¹⁾ を元に科学技術動向研究センターにて作成

図表2 将来のロボットの市場規模予測



分類	活躍場所	主な用途
生活	家庭、生活空間	家事支援、セキュリティ、ペット、エンターテインメント、コミュニケーション、教育、セラピー
医療・福祉	病院	診断、手術支援、リハビリ支援、介護・自立支援
公共	公共施設	一般公共サービス、消防・防災、災害救助、原子力・宇宙
バイオ関連	バイオ関連施設	製薬、自動分析技術、自動合成装置
製造	工場	自動車、電気、鉄鋼、精密、光学機器、半導体等の産業

「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」⁴⁾を元に科学技術動向研究センターにて作成

また、ロボットが新たな産業を創出するという考えから、近畿や岐阜、九州等の地域において地域振興プロジェクトを立ち上げる例も見られる^{5~7)}。

この様なロボットに関する近年の動向から、日本において産業用ロボットが普及した1980年代初め以来のロボット・ブームが現在到

来していると言える。加えて、一般的には日本の技術競争力が圧倒的に強いと考えられているこ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、このブームの一方で特に専門家の間では、日本のロボット技術の将来性に疑問を抱く意見も聞かれる。一般の人々がロボットに

対して抱く期待とロボット技術の持つ表面的な先進性とは裏腹に、革新的な技術発展がみられない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。

本特集では、人と共生する生活支援ロボットを中心にロボット技術の研究開発動向について述べ、その課題を探る。

2. ロボットについて

2-1

基本構成要素

現在は、玩具を含めてロボット^(注1)と呼ばれる様々な機械が作製されている。この様子は、生物の進化になぞらえて“カンブリア大爆発”とも表現されている。この様にロボットは現在多様化が進行中であり、『ロボット』そのものの定義も現時点では確立されていない。

図表3は本稿が対象とするロボットの基本構成要素を人間と対比させて示したものである。ここでは、何らかの入力情報に対して、この情報を処理する為のCPU等のコンピュータ、および出力とし

て機械的な駆動系を有しているものをロボットと呼ぶ^(注2)。

近年の進んだコンピュータには、音声や画像等の入力機能を有するものもある。ロボットが、これらのコンピュータと異なる点は、何らかの機械的な駆動系の出力を有する点である。また、従来

のメカトロニクスと、頭脳としてのコンピュータや入力器官としてのセンサ類が融合したものがロボットととらえる事も出来る。

図表4は、ロボットの入力器官としてのセンサの有無や動作環境およびこれら2つをベースとしたロボット自身の行動決定の為の情

(注1) カレル・チャペック (Karel Capek; チェコ 1890-1938) が、戯曲『ロッサム万能ロボット会社 (R.U.R.; Rossum's Universal Robots)』(1920年)で初めて、ロボット (robot) という言葉を使用した。これは、“強制されて働く”という意味をもつチェコ語の“robota”、もしくはスロバキア語で“労働者”を意味する“robotnik”からの造語であり、この言葉には“奴隷機械”という意味が込められている。

(注2) 最近では、インターネット上の仮想空間で活動する「バーチャルロボット」も存在するが、ここでは実在型のみを対象とする。

報処理方法によって、ロボットを世代毎に分類したものである。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すロボットを示す。第2世代のロボットになると何らかのセンサを有し、このセンサの入力情報を基にあらかじめ決められた範囲内で自らの動作を修正する機能を有する。第3世代以降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、もしくは環境の変化を判断して次の行動を自ら決定する等の機能を有する。第2世代までのロボットは、自動化工場の様に全ての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世代以降のロボットは、構造化されていない環境下で利用される事になり、非人工的な物を含めて、ロボット自身がその周辺環境を理解・認識する能力が、自らの行動を決定する上で必要となる。このような世代分けでは、新しい世代のシステムが登場した場合、それ以前のシステムは淘汰される場合も多い。しかし、第1世代のロボットであるマニピュレータの技術開発が、今なお行なわれている事⁸⁾からしても、ロボットの分野では必ずしも新世代のシステムが旧世代のそれを駆逐するものではない

図表3 人間と対比させたロボットの基本構成要素

	入力	情報処理	出力
人間	五感	脳、神経	運動系
	視覚、触覚等		腕、脚、筋肉等
ロボット	教示、センサ情報等	コンピュータ	駆動系
	プログラム、ビジョン、圧力等		アーム、移動機構、アクチュエータ等

「ロボットハンドブック」²⁾を元に科学技術動向研究センターにて作成

と言える。

2-2

開発の歴史

図表5にこれまでのロボットの研究開発上の主な出来事を示す。ロボット研究の源は、1947年に米国で開始された原子力施設用のマニピュレータの研究にまで遡る事が出来る。これは、壁を介して外側のマスター側を操作し、放射線環境下の内側のスレーブ側ハンドで作業を行なうマスター・スレーブ型マニピュレータの研究であった。その後、米国では、コンピュータを用いてマニピュレータを制御する研究が行なわれる。1960年代後半になるとMIT等で主にロボットハンドや車輪型移動ロボットが開発され、多くは人工知能の理論を実証する為の実験用として開発が進む事になる。

一方、当時の日本ではコンピュータが米国程は発展しなかった為、シーケンス制御によって指の工学

的研究が行なわれていた。産業用ロボットとしては、米国で特許が成立し実用化され、1960年代後半に日本に輸入されたのを契機にして、日本でも独自にロボットの開発が開始される。これが後に日本における産業用ロボットの発展および普及につながる事になる。

1970年代に入ってから、各種のセンサ技術とともに第2世代のロボットの研究が進み、1980年代に入って第3世代の知能ロボットの研究が開始される事になる。

最近では、本田技研が1996年に世界で始めてヒューマノイド型自律2足歩行^(注3)ロボットのP2を発表し、注目を集めた。このP2は、高さ1.8m、重量210kgとなっているが、P2後継機の一

(注3) 身体の重心が足の裏のどこかに常に存在するとは限らない歩行。重心が常に着地した足の裏のどこかに存在する歩行は静歩行と呼ぶ。

図表4 ロボットの行動決定方法による世代分類

	センサ	動作環境	行動決定方法	種類	例
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	スポット溶接、マニピュレータ
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	アーク溶接、ワイヤボンダー、スカラ型
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。	学習制御ロボット、知能ロボット、複数協調制御ロボット	ペット、掃除、ヒューマノイド型自律ロボット

参考資料⁹⁾等を元に科学技術動向研究センターにて作成

図表5 ロボットの研究開発の主な歴史

年代	年	世代分類	主な技術開発	関連事項
1940	47	第1世代	マニピュレータの研究開始 (米国)	
1950	54 58		産業用ロボットの特許が成立 (米国) (注1) 産業用ロボットのプロトタイプ開発 (米国) (注2)	
1960	61 62 67 68		コンピュータによるマニピュレータの制御 (米国) プレイバック型ロボット (米国) (注3) ユニメーション社と技術提携 (川崎重工)	米国から産業ロボットの輸入、 この頃から日本での開発が活発化する
1970	70 73	第2世代	視覚によるコンピュータ制御 (日立製作所) WABOT-1 (早稲田大学; 最初のヒューマノイド、 2足静歩行)	
1980	80 83 85		スカラ (SCARA (注4)) 型ロボット	ロボット元年 (日本で産業ロボットが普及) ロボット学会発足 筑波博でロボットが一般向けに披露
1990	96 99	第3世代	P2 (ヒューマノイド型自律2足動歩行; 本田技研) ペット型 AIBO 発売 (ソニー)	
2000	01		家庭用掃除ロボット発売 (アイロボット社; 米国)	

注1：特許出願者は、デボル氏 (G.C. Devol; 米国)
 注2：コンソリデイトッド・コントロール社 (米国)
 注3：ユニメーション社と AMF 社 (ともに米国)
 注4：SCARA; Selective Compliance Assembly Robot Arm (水平多関節)

参考資料¹⁰⁾を元に科学技術動向研究センターにて作成

つである ASIMO (アシモ)¹¹⁾では、高さ 1.2m、重量 43kg と小型・軽量化がなされている。これには、ロボットに使用する材料の軽量化、アクチュエータとしてのモ

ータの小型・高性能化、LSI を含む制御システムの小型・低消費電力化の寄与する所が大きい。しかし、この様に小型化が行なわれた ASIMO の場合でも、バッテリー

寿命が約 30 分しか持たず、動力源の問題は ASIMO に限らず、移動型ロボット共通の課題となっている。

3. 生活支援ロボットとは

3 - 1

用途別分類と生活支援ロボットの開発例

ロボットをその用途によって分類したものを図表6に示す。また、図表7はロボットを大きな2つの機能である制御方法と移動の有無とで分類した場合、それぞれに対応する応用分野を平面的に示したものである。

生活支援ロボットは、家事、食事やリハビリ等の自立、介護等を支援するものや、セキュリティ、コミュニケーション、セラピー、教育、エンターテイメント等を目的とするものも含み、何らかの形で人の生活を支援するもの全てを指す。この生活支援ロボットは、

生活分野と呼ばれ、個人が一般家庭で使用するのが多いが、電動車椅子や RT (Robot Technology; ロボット技術) ベッド、もしくは住居や施設全体をロボット化した RT ハウス、RT 病室等の医療・福祉や公共施設で使用される場合もある。従来型の製造業用ロボットは、自動化工場の様な構造化された環境下で、あらかじめ決められた作業を行なうものである。これに対して、生活支援ロボットは活動する空間を人と共有し、人との関わりにおいて多様なサービスを提供するものとなる。

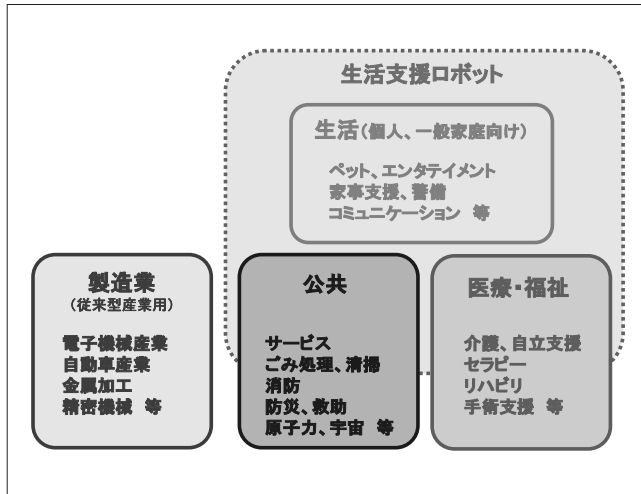
図表8に生活支援ロボットの用途とそれぞれに対するロボットの例や開発状況等をまとめた。

3 - 2

生活支援分野に必要なとされる技術

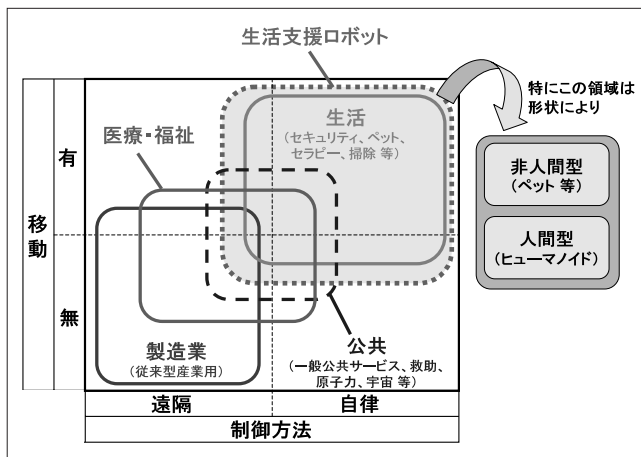
図表7で示した2つの機能で考えた場合、生活支援ロボットには、従来型の産業ロボットとは大きく異なる能力が求められる事になる。製造業用ロボットには、無人搬送システム等の様に空間を移動するものもあるが、これは工場内の決められた範囲内での移動である。また、センサの入力信号に基づいて、自らの行動修正を行なう第2世代のロボットも製造業用ロボットに含まれる。この場合もロボットが判断する内容や判断に基づくロボットの次の行動の選択肢は比較的単純であり、人があらか

図表6 用途によるロボットの分類



総合科学技術会議配布資料¹²⁾等を参考に科学技術動向研究センターにて作成

図表7 主な機能に対するロボットの応用分野



科学技術動向研究センターにて作成

図表8 生活支援ロボットの開発例

用途	内容	例		
		ロボット	開発主体	開発状況
介護作業支援	病室（患者の見守り等）	RT病室	東京大大学院	開発中
自立支援	食事介助	マイスプーン	セコム	発売済み
	視覚障害者支援	盲導犬ロボ	山梨大	開発中
	電動車椅子	WATSON 2号	奈良先端大	開発中
	歩行訓練、リハビリ	歩行訓練・支援機	日立製作所	開発中
	在宅健康管理	ホピス	三洋電機	'05年発売予定
セラピー	アニマル・セラピー	パロ	産業技術総合研究所	開発済み
家事支援	掃除	Roomba	iRobot（米）	発売済み
セキュリティ	警備	BANRYU	テムザック	発売済み
ヒューマン・インタフェース	コミュニケーション	Wakamaru	三菱重工	'04年発売予定
	情報インタフェース支援	PaPeRo	NEC	発売済み
エンターテインメント	ペット型飼育ロボット	AIBO	ソニー	発売済み
	受付・案内等のサービス	ASIMO	本田技研	レンタル開始

科学技術動向研究センターにて作成

じめプログラムする事はそう複雑では無い。この様に製造業用ロボットによりなされる作業は基本的には単機能であり、この単機能においては作業速度、精度等で人間の能力を遥かに越えるものとなっている。この従来型の産業用ロボットは、それぞれの作業に最も適した形状となっている事も特徴である。

一方、生活支援ロボットには、活動空間を人と共有する事が求められる。これは、労働安全衛生上作業空間を人のそれと完全に分離しなければならない事が規定^(注4)されている従来型産業用ロボットとは大きく異なる点である。人の移動に伴い、ロボットにも自ら移動する事が求められる。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。自動化工場とは異なり、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移動に伴う変化を含めて、自らの周囲の環境の認識・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

産業用ロボットは基本的に特定の作業のみを効率良く実行する単機能のロボットであるのに対して、生活支援ロボットには、その活動空間も含めて、多様な機能が要求される。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。人に対する安全性はもちろんの事、ロボット自身が人に支援される事の無い様な高度の信頼性がシステムに求められるのは言うまでも無い。

(注4) 労働安全衛生法第150条の規定による。

4. 生活支援ロボットの近年の動向

海外では2001年から、日本においては2002年の後半に、一般家庭向けに掃除ロボットの販売が開始されている。これは、ペット型に次いで一般家庭に入る2種目の自律移動型生活支援ロボットとなる。今年に入って日本の複数の家電メーカーも、この市場への参入を表明している。図表9にこれら自律移動型掃除ロボットの実用化状況をまとめた。

掃除と言う単機能のロボットであれば、形状や移動機構は比較的単純で良く、自律移動型であっても、一般家庭にもロボットが進出しつつある事が分かる。製品により、機能や価格にばらつきはあるが、現時点でも比較的消費者が手の届く価格設定となっている。20万円もする掃除機が売れるのかと

の疑問も一部にはある。しかし、高齢者等で掃除が身体的に大きな負担となる場合や家事の時間を短縮したい共働きの夫婦等の間ではニーズが高い可能性がある。ここへ来て日本においても複数の家電メーカーが、続いて製品化の発表を行っている事からも、今後発展する市場として、注目しているのである。既に最初のタイプを発売済みの企業も次の高機能型タイプの開発を行なっているところであり、一般への普及とともに低価格化が進めば、市場は急速に広がると考えられる。

ペットロボットにはAIBOの限定発売開始時に見られた、物珍しさや希少性からくる流行がある。逆に玩具的な要素が強い為に売れ行きがこの流行に大きく左右される

性格を有している。掃除ロボットには“役に立つ”事を期待するものなので、社会に受け入れられれば、着実に普及していくであろう。

ペット型や掃除ロボット以外で既に一般家庭向けに市販を開始もしくは予定しているロボットとしては、留守番・警備ロボット（総合警備保障、三菱重工業、テムザック）、音声・画像認識や電子メールの読み上げ等の生活サポートロボット（NEC、東芝）がある。留守番ロボットに関しては、異常発見時に通報するのみで無く、音や光による警報の発信に加えて、遠隔操作により携行する消火器で初期消火を行なう等のロボットならではの物理的なサービスを提供するものも試作されている¹³⁾。

図表9 家庭用掃除ロボットの実用化状況

ロボット名	開発主体	開発状況	価格	サイズ (cm)	重量 (kg)	概要
Roomba	iRobot (US)	発売済み	約200ドル (日本では通信販売で約4万円)	直径34	2.7	ランダム走行、タッチセンサー、充電式
Trilobite	Electrolux (スウェーデン)	発売済み	1500ユーロ (日本での実売価格29万円)	直径35	5	障害物検出、衝突回避、自動充電、日本では東芝が販売
Robo Cleaner RC3000	KARCHER (ドイツ)	発売済み	1100ユーロ (約15万円)	直径28	2	ランダム走行、触覚で衝突回避、自動充電、自動ゴミ捨て
未定	日立製作所	開発中	20万円 (予定)	直径25	4	部屋の隅専用ノズル、自動充電、自動ゴミ捨て、2~3年後に発売予定
N-ROBO	松下電器	開発中	10万円台 (目標)	37×30	9.8	クロスパターン走行、四角形状、2~3年後に発売予定

(価格は'03年7月の値)

科学技術動向研究センターにて作成

5. 研究開発の現状と課題

5 - 1

技術競争力

日本は、1960年代の終わり頃からロボットの製品や技術を米国から輸入し、同時に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、産業用ロボットの分野では、技術開発や生産量、生産工場への応用とも世界をリードしてきた。製造現場へのロボット導入により、日本の製造業の国際競争力が支えられてきたと言っても良い。現在でも世界の産業用ロボットの生産量シェアは、日本が6割程占めており、少なくともこの領域での日本のロボット生産量から見た技術の優位性は確固たるものとなっている。

しかしながら、これらの産業用ロボットに用いられている技術の多くは第2世代までのロボット技術であり、基本的には1960年代

から1980年代前半までに開発された技術である事は、注意を要する。ロボット技術に関する将来的な国際競争力は、今後市場が大きく伸びると予測されている生活支援分野の第3世代のロボット技術で議論すべきである。ところが、主に国家プロジェクトにより、ロボット開発が進められている欧米では、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、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⁵⁾。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。また、要素技術についても、図表10に示す様に日本は脚や車輪を用いた移動技術や視覚認識・センサ技術については競争力があるとしているが、対米国

比で見ると、日本がリードしているのは車輪を用いた移動技術のみとなっている。

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。視覚認識やセンサ技術がシステムの中核を形成していたセンサベース型の第2世代のロボット開発では、日本はかつて世界をリードしてきた。しかしながら、今後の技術競争力を論じる上で重要な第3世代のロボットに必要とされるヒューマンインタフェースやネットワーク、メディア、ソフトウェアの各技術では、日本は既に米国にリードされている。

日本が圧倒的に競争優位であると一般的には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。

5 - 2

研究開発の課題

図表11にこれまでのロボット開発に関する主な国家プロジェクトを示す。これまでに行なわれた開発プロジェクトは、開発の対象が要素技術中心となっており、最終的なシステムの目標が最初から与えられていた訳では無い。それぞれのロボットの要素技術開発プロジェクトも1つ1つが細分化されていて、相互の連携も少ない。プロジェクト開始時の状況として、要素技術開発が重要である事は確かである。しかし、最終的なシス

図表10 ロボットの先端的要素技術の国際競争力比較

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

「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」⁴⁾から転記

テムのイメージとその具体的な目標を与えて、課題を各要素技術に分解する事により、達成レベルと期限とを明確にしながら系統的に開発を進める事も必要であろう。

図表 11 で示した過去のプロジェクトを含め、日本における現在のロボット開発の課題の1つにロボットの開発目的やシステムとしての目標が曖昧である点が挙げられる。これにはもちろん、プロジェクト開始時の技術レベルやプロジェクトの設計上やむを得ない面もある。しかし、以前よりは技術的に見通しがつけ易い今後のプロジェクトにおいては、システムとしての目標を明確にすべきである。

要素技術は、何か1つのシステムを組み上げる為のもので無ければならない。しかしながらこれまで行なわれた国家プロジェクトや現在も多数行なわれている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場合が少ない。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等の問題がある。

実証試験まで含めたシステムの開発を目指す場合、期間や予算的にも比較的大きなプロジェクトとなろう。この場合、やはりロボット開発の目的が重要となる。日本における高齢化社会の到来に対する社会的なニーズ、技術の波及効果等を考えると、まずは介護作業支援や自立支援等の一般公共サービスへの応用にむけたロボットの実用化を目的とするべきと考えられる。

日本のロボット技術の研究開発のもう1つの課題は、産と学との研究開発内容の乖離にある。これまで産業用ロボットに代表される日本のロボット技術の開発は、主として民間企業によって行なわれ

図表 11 ロボット技術開発のこれまでの主な国家プロジェクト

年	プロジェクト	予算(億円)	主な開発項目
'82 - 89	極限作業ロボット	180	多関節・多指マニピュレータ、知的・高臨場感遠隔操作
'91 - 00	マイクロマシン	250	管内自走認識システム(微小ロボット、機能集積化)、センサカテゴリー、マイクロファクトリ技術
'98 - 02	人間協調・共存型ロボットシステム	50	人間型2足歩行ロボットプラットフォーム(動作シミュレータ、遠隔操作コックピット、高機能ハンド等)

〔ロボットハンドブック〕²⁾を元に科学技術動向研究センターにて作成

て来た。これは産業用ロボットの普及が進んだ1985年にはピークの250社を超える企業が、また現在でも150社を超える企業が存在し、ロボットやその部品を生産し続けている事を考えると当然にも思える。ところが、民間企業が国際競争の激化に伴って、研究開発の内容を近視眼的に利益の見込める分野に絞り込んでいるのが現状であり、本田技研のヒューマノイドロボットの開発はむしろ少数派である。一方、大学を中心とした研究は主に第3世代の中でも自律移動型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場合が多い。大学では学術論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見られなくなっている。

日本においてロボット研究は各種のロボット・コンテスト^(注5)¹⁴⁾の影響もあるせいか学生の人気も高く、大学のロボット関連の研究室も100程存在する^(注6)¹⁵⁾。これらの研究室が個々に学術的に新規なものを追求し続ける事は、研究内容が分散・小規模化してしまう。共通のゴールを設定し、研究

開発内容が分散するのを防止すべきである。

公共向けの生活支援ロボットは、個人向けの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く、また実用化にあたっては安全基準等を整備しなければならない事等から民間企業が単独で開発を進める事は難しい。このような領域は、国や地方公共団体がシステムを調達、もしくは補助金により取得を推進する事により、ロボット開発の活性化を狙うべきである。民間企業等から公共機関に例えば、ある決められた仕様のロボットを何台かまとまった数量、決められた期限までに納入させ、納入後も何年間かは、保守等を行なわせながら市場での課題を抽出させると良い。1社でシステムの全てを調達出来なければ、必然的に他の企業や大学との提携も進むであろう。この提携については、全体システムを組み上げる企業が主体性を持って行なえば良く、結果的に開発力のある研究室同士が自然と結びつく様になるであろう。

上記の様な調達以外に国が行な

(注5) 参考資料¹²⁾では、2003年度の国内開催だけでも6月までに既に10大会が開催済みで、年末までに25大会が開催予定となっている(2003年7月11日現在)。

(注6) 参考資料¹³⁾で、日本のロボット研究として大学研究室のウェブサイトへのリンクが張られている数をカウントした数。正確には、2003年7月時点で、38大学96研究室。

うべき事としては、ロボット技術に関する安全基準等の整備が挙げられる。産業用ロボットに対しては、安全基準が整備されているが、

これは基本的には人とロボットとの作業空間の隔離であり、生活支援ロボットに対して当てはめる事は出来ない。この様な安全基準や

法律の整備に加えて、ロボット技術の標準化に関しても国が主導して行なうべきものであろう。

6. 今後のロボット開発に向けて

コンピュータは、四則演算ではスピードや精度において人の能力を遥かに超える性能を有していた。その為、今では低価格化と共に一般にも普及し、生活上も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同様の理由から、特定の領域ではあるが、人間が行っていた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警備での終日監視等では、ロボットの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。ただ、従来の監視カメラに対して、移動可能なロボットの利点を享受する為には、ロボットの低消費電力化やバッテリーの高性能化または周囲の状況を認識する為の人工知能等の情報処理能力でさらなる技術の発展が必要である。

一般の人々や場合によっては開発者自身もが、ロボットに対して寄せる思いとして、最先端の技術

が使用されているとか、もしくは夢を追い求めるもの等、何か特別な感情のある場合が多い。しかし現在のロボットに使用されている技術は、基本的には身近に存在するビデオカメラ等の家電製品と同様のものである。センサやアクチュエータの数、単位重量当たりの消費電力等をシステムで考えても自動現金取引装置(ATM)や洗濯機等と大きくは変わらない。ロボットには、電子部品や機械部品が共に使用されていて、融合領域の技術であるとは言える。しかし、1つ1つの技術は他の純電氣的なシステムや純機械的なシステムで使用されている技術と同様である。この様にロボット技術は、決してハイテクや特別のものでは無いとの認識で要素技術やシステムとしての性能を含めて、着実な進歩を目指すべきである。

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¹⁶⁾。この様な状況で、人と生活空間を共有する上では2足歩行が最も優れているとの理由だけでは、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。他の技術とのバランスが悪すぎるのである。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。

ロボット・ブームにより、大学を中心とした研究人口もブームを迎えている今こそ着実に役に立つ現実の物としてのロボットを実現していかないと社会の注目をも裏切る事になり、逆に失望を与えかねない。これはロボット研究者全員に課せられた課題でもある。

7. まとめ

生活支援ロボットは、これまで日本の産業を支えてきた製造業用のロボットとは必要とされる技術、システムとしての機能、ロボットの活動場所等において、大きく異なるものである。技術的には、入力信号としての各種センサやセンサ情報に基づく情報処理の高性能化、出力としての駆動系の小型・高性能化が一層求められる。

これまでの製造業用のロボット生産シェアから、日本はロボット分野で競争優位と一般には思われている。ところが、先端分野のロボット技術では、既に要素技術でさえもそうはなっていない。

現在の日本のロボット研究の問題点として、開発の目的やシステムとしての目標が曖昧である事、民間と大学とで開発内容の大き

な乖離が見られる事の2点を挙げた。これまで日本のロボットの実用化を主に支えてきた民間企業が、ビジネスを前提としてしか開発を継続しなくなりつつある一方で、大学では学術論文の書ける新規機能の開発に終始する場合が多い。ロボット・コンテスト等で学生の人気が高く研究人口も多い大学の技術開発力が少なくとも実用化と言う観点では生か

されていない。

急速に高齢化社会に向かう日本においては、生活支援分野のロボットに対するニーズは将来に渡って確実に存在すると考えられる。ところが公共向けの生活支援ロボットは、個人向けのロボットの普及を牽引すると期待されるにもかかわらず、市場が比較的小さい為に、採算上の理由から民間企業が積極的に参入出来ていない。このような領域は、国や地方公共団体がまとまった数量のシステムを調達する、もしくは補助金により取得を推進する事により、ロボット開発の活性化を狙うべきである。

謝 辞

本稿は、科学技術政策研究所での調査結果と同研究所において2003年7月17日に行なわれた日本ロボット学会前会長江尻正員氏による講演会「ロボティクス推進のための課題と展望」とを参考にまとめたものである。氏には本稿をまとめるにあたり、関連資料をご提供頂きました。文末にはなりますが、ここに深甚な感謝の意を表します。

参考文献

- 1) ROBODEX ホームページ
<http://www.robodex.org/>
- 2) 「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
- 3) ソニー(株)ウェブサイト
<http://www.sony.net/Products/aibo/aiboflash.html>
- 4) 「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
- 5) 「近畿地方における次世代ロボットに関する調査報告書」近畿経済産業局
<http://www.city.kobe.jp/cityoffice/27/kogyo/rt/index.htm>
- 6) ギフ・ロボット・プロジェクト21 (GPR21) のウェブサイト
<http://www.stp.pref.gifu.jp/htmlstpc/grp21/>
- 7) 九州経済産業局 次世代産業・製造産業に関するウェブサイト
<http://www.kyushu.meti.go.jp/seisaku/seizo/frame.htm>
- 8) 奥和田；「外科手術支援ロボットの導入と開発の動向」科学技術動向 2003年8月号
<http://www.nistep.go.jp/index-j.html>
- 9) 岐阜大学工学部川崎研究室ウェブサイト
<http://robo.mech.gifu-u.ac.jp/index.html>
- 10) 木下、江尻；「横断型基幹科学技術としてのロボティクス」計測と制御 (計測自動制御学会誌) 第42巻第3号 pp.209-214 2003年3月号
- 11) 本田技研工業(株)ウェブサイト
<http://www.honda.co.jp/robot/>
- 12) 第24回 (平成15年1月28日開催) 総合科学技術会議 配布資料5-1
<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihu24/siryo5-1.pdf>
- 13) テムザック(株)ウェブサイト
http://www.tmsuk.co.jp/jap/s_agent/index.html
- 14) オーム社(株)ロボコンマガジンのウェブサイト
<http://www.ohmsha.co.jp/robocon/>
- 15) 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科ロボティクス講座 日本のロボット研究リンク
<http://robotics.aist-nara.ac.jp/jrobres/index-j.html>
- 16) 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>

