

次世代ロボットの研究開発と産業化への展望

R&D of the Next Generation Robots and Perspective for their Industrialization

(独)産業技術総合研究所 知能システム研究部門 副部門長
Deputy Director, Intelligent Systems Institute, AIST

比留川 博久
Hirohisa HIRUKAWA



1. はじめに

1980年は産業用ロボット元年と言われ、1980年頃から産業用ロボットの市場は本格的に立ち上がった。ここで言う「産業用」とは第2次産業用ということであるが、当時からロボットの用途は第2次産業用以外にも拡大し、大きな市場が形成されていくものと期待されていたし、現在も期待は拡大している。ところが、その後四半世紀の間、ロボットの国内市場規模は景気変動に伴って年間4 000億円から6 000億円の間を推移し、基調が拡大することはなかった。図1に、最近5年間の国内のロボット出荷状況をまとめたものを示す。これを見ると、2005年には7 000億円規模に迫ってはいるが、出荷額が増加した主因は国内景気が回復しつつあることと、輸出が伸びていることであることが推測される。1980年の国内出荷額に占める輸出の割合は3%程度であったが、現在はほぼ50%を占める様になっている。また、1990年から15年の間に、ロボットの単価は60%程度下落している。総出荷額の基調は変わらないので、出荷台数は逆に1.5倍以上増えていることになる。さらに、この間、制御精度や負荷重量といった基本性能は2倍程度になっている。この意味では、ロボット産業界は健全な発展を遂げていると考えることもできる。

では、なぜロボット産業の市場規模は拡大しなかったのだろうか。様々な理由が挙げられているが、最も大きな理由は、ロボットにできる仕事の種類が増えなかったこと。つまり、できる仕事の種類が増える程に技術が発展しなかったことではないかと思われる。

本稿では、川田工業株式会社もその一翼を担っている次世代ロボットの研究開発動向について概観するとともに、今後の産業化への見通しについて私見に基づいて展望することとする。

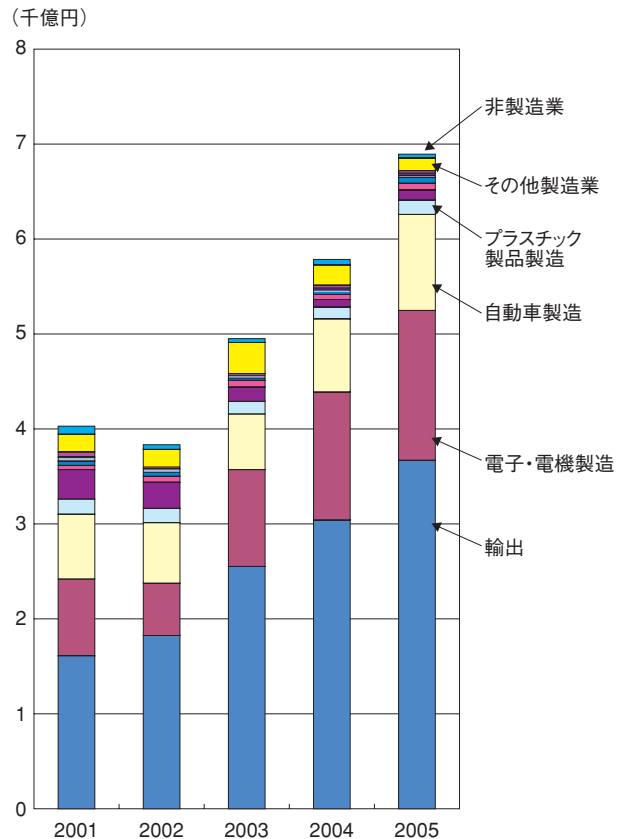


図1 国内ロボット総出荷額の推移
(資料提供：(社)日本ロボット工業会)

2. 次世代ロボットの研究開発動向

現在、ロボットの研究開発は非常に盛んである。経済産業省や総合科学技術会議も重要技術の一つとして位置づけ、多額の研究開発投資を行うとともに、技術ロードマップの策定、ロボットビジネス協議会の設立、各府省の施策の連携等の支援を実施してきている。また、各地域でも、大阪地域、福岡地域に続いて、茨城県、神奈川県、中部地域などが、ロボット産業を地域の新基幹産業

とすべく、振興策を行ってきている。2006年2月に北九州で開催されたロボット・関連産業マッチングフェアの出展者分布を図2に示す。

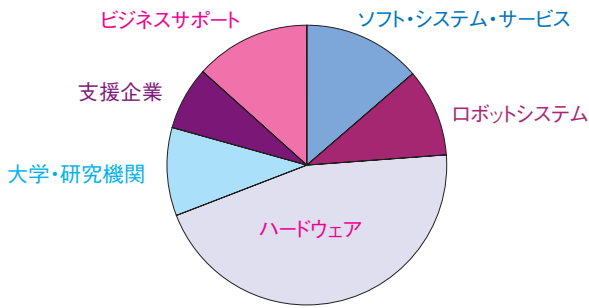


図2 ロボット・関連産業マッチングフェア出展者分布

このグラフで、ハードウェアと分類されている業者は、センサー・アクチュエータ・機械部品・電装系・加工技術・生産機器等を業務としている。全体の特徴は、ロボットシステムを事業にしている企業は全体の1割程度と少ないことである。残りの9割については、他企業がロボットを売ってくれるのなら要素技術や加工技術を提供したいとか、ソフトウェアを開発したいとか、何らかの支援をしたいと考えているようである。これでは新規産業の早期立ち上げは覚束ないであろうことは容易に想像される。

20世紀最大の産業は自動車産業であると思われるが、自動車は「遠くへ行きたい」、「運転すること自体が楽しい」という2大効用を提供したため、大きな商品となったのであろう。では、ロボットの効用は何であろうか。私は大きく次の3つに分類されると考えている。

- ・人間がやるよりロボットがやった方が良い仕事をする—例えば、過酷環境での作業、単純繰り返し作業、ロボットの方が人間よりコストが安い作業
- ・人間にはできなくてロボットにはできる仕事をする—例えば、正確な溶接作業、クリーンルームでの作業、重量物のハンドリング
- ・一緒にいると楽しい—例えば、ペットロボット、癒しロボット

このうち、既に第2次産業用ロボットによって実現されてきている効用は、単純繰り返し作業、正確な溶接作業、クリーンルームでの作業等である。ロボットが役に立ちそうな場面は、まだまだ山ほどある。これがロボットに対して大きな期待がかかっている理由であろう。問題は、現在の技術、あるいは近未来の技術によって実現可能な応用は何かという点である。この問題を考えるために、まず次世代ロボットを第2次産業用ロボット、第3次産業用ロボット、ロボット家電、ヒューマノイドに分類する。

2.1 第2次産業用ロボット

現状の第2次産業用の主な用途は、自動車産業におけ

る溶接と塗装、電子産業におけるパーツマウンタ・液晶パネルハンドリングなどである。これらの応用で利用されているセンシング技術は、レーザスリットを使った位置決め補正や、真上から見た画像を使った2次元視覚といった比較的単純なものである。また、自律走行車（AGV）も2000億円くらいの市場規模で使われているということであるが、これは所管する工業会が違うという理由で図1の統計には含まれていない。

これに対して、現在研究開発の対象となっているのは、3次元視覚を用いたハンドリングをするロボット、人間と空間を共有して動作するロボット、ガイドが不要な自律走行ロボットなどである。ハンドリングについては、特に柔軟物のハンドリングがハーネス等を対象として需要があり、経済産業省のプロジェクトでも本年度から取り上げられている。また、人間共存ロボットについては、近年生産の主流となりつつあるセル生産を対象として、今後大きな需要が見込まれる。普及を促進するためには、労働安全衛生規則の例外規定を定めた労働省告示において「80ワット未満のアクチュエータを持つロボットについては隔離しなくて良い」としている規定についての見直しが必要であり、現在ISOにおいて検討が開始されている。

以上のことをまとめたものを図3に示す。このグラフの横軸は時間、縦軸は製品の単価である。縦軸は対数目盛を使っているので、 10^2 が10万円、 10^3 が100万円、 10^4 が1000万円である。第2次産業用ロボットの単価は現在200万円程度で、今後も単価が下がり、性能が上がり、出荷台数が増えていくという傾向が継続するものと思われる。

2.2 第3次産業用ロボット

現在最も多くの研究開発投資が行われているのがこのカテゴリーであろう。既に、富士重工株式会社の業務用清掃ロボットは事業化されて数億円規模のビジネスになっている。主なところでは、六本木ヒルズやセントレアで活躍しているそうである。この事業が成功しつつある主な理由は、ロボットを売るのではなくサービスを売ることにした点である。広い場所はロボットに、狭い場所は人間に掃除させることにし、清掃サービスを安いコストで提供した点がポイントである。今後も、この事業は伸びていくものと期待される。

この後どういう応用が続くかは誰にも分らない。幾つか挙げるとしたら、物流の自動化、介助サービス、事業所内の自動搬送などであろうか。警備ロボットもALSOKなどにより盛んに研究開発が行われているが、未だ事業化への道筋は見えていない。このカテゴリーの応用は、「人間がやるよりロボットがやった方が良い仕事」に分類されるものが多い。これに加えて、例えばパ

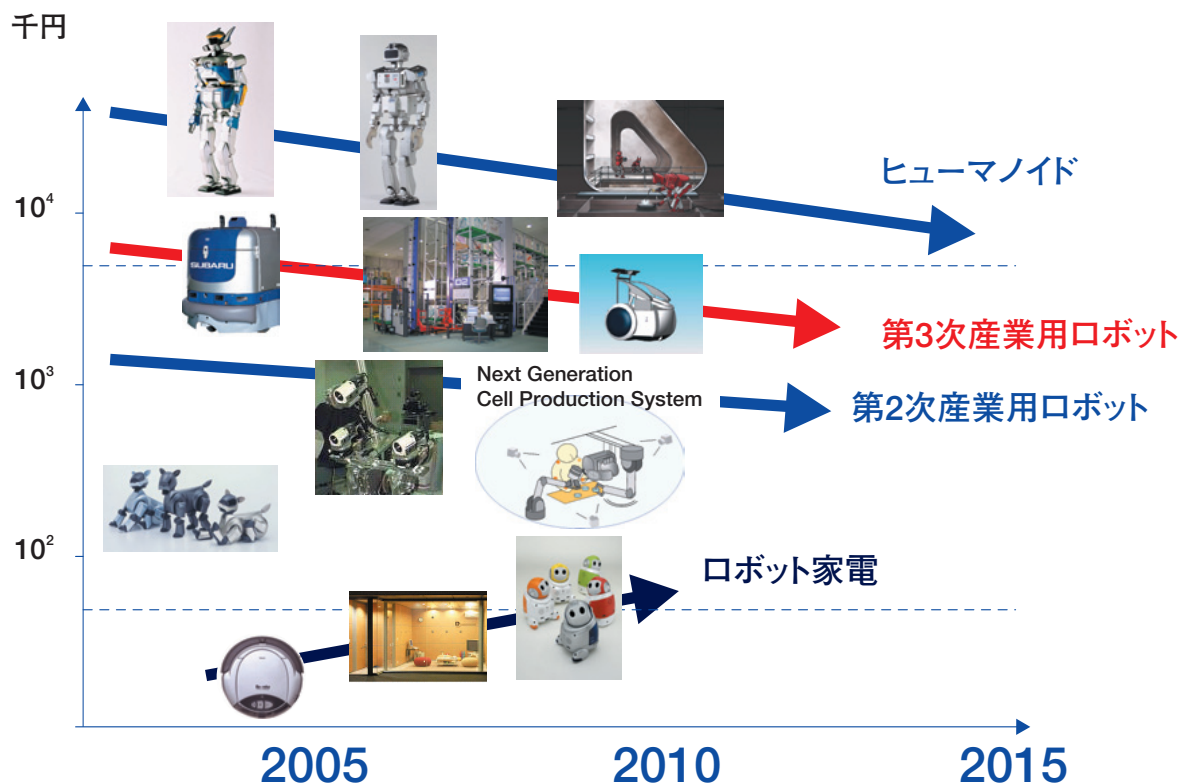


図3 次世代ロボットの産業化予測

ートナーロボットを介護施設で利用する等、「一緒にいると楽しい」応用も広がっていくものと期待される。

以上をまとめたものを同様に図3に示す。現在の業務用清掃ロボットの単価は500万円程度であり、これが業務用ロボットの上限の目安であろう。今後は、ここから単価が下がっていき、普及台数は反比例して増加していくものと期待される。

2.3 ロボット家電

現在に至るまで、単一商品で年間売上高が100億円を超えたロボットは2つしかない。一つはソニーのエンターテインメントロボットAIBO、もう一つはiRobot社の家庭用掃除ロボットRoombaである。AIBOは単価が高かったこともあってその後の売上は減少し、昨年度ついに生産が中止された。Roombaについては、米国での販売単価が\$250からと比較的安価であることと、掃除という誰もが嫌がる仕事をやってくれることからコストと効用のバランスが取れており、現在も年間100万台程度売れ続けている。iRobot社は株式を上場し、創業者達は随分とお金持ちになったそうである。ちなみに、Roombaは日本でも販売されているがこれまではそんなに売れていない。理由は色々あるが、最初を選んだデストリビューターが必ずしも適切でなかったこと、日本での販売価格を7万円と高く設定したこと、畳・上履き・狭いという欧米とは異なる日本の住宅事情などが考えられる。

この他、留守宅の警備や独居高齢者の安否確認を行うといったセキュリティ関係のニーズは高く、幾つかの製

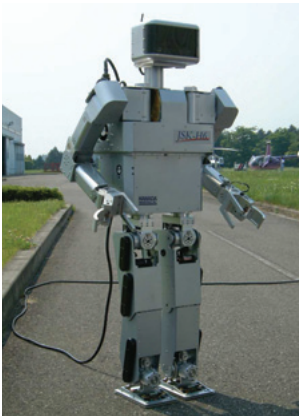
品も既に投入されている。また、エンターテインメント応用も有望な市場である。AIBOは単価が高かったが、数万円で面白いロボットが作れば、数十万台規模の需要は十分に見込めることと思う。

以上をまとめたものを図3に示す。現状では単価の上限の目安は5万円で、ロボット家電に関しては機能が向上していけば単価の上昇も期待できるであろう。このグラフを見ると、AIBOが特異点であったことがよく理解されると思う。

2.4 ヒューマノイド

本田技研、ソニー、川田工業、トヨタを始めとする多くの民間企業、経済産業省などの公的機関が多額の投資をしているのがヒューマノイドである。1996年の本田技研のP2の発表に端を発したヒューマノイドの開発競争は熾烈を極め、我が国はヒューマノイドの研究開発ではダントツの世界一になった。近年、韓国、ドイツ、フランス、中国などで研究開発は盛んになりつつあるが、まだまだ日本は大きく他国をリードしている。川田工業も航空機械事業で培った軽量高剛性メカニズムの設計技術などを活かし、世界最先端のグループの一員として研究開発を行ってきている。図4にこれまで川田工業が開発したH6, HRP-2, 恐竜ロボット, HRP-3Pを示す。

このうち、HRP-2はその試作機を用いて、人間大のヒューマノイドとして世界初の成果となる寝転び・起上り・受身動作を実現した。これらの動作は、現在に至るまで他のロボットでは実現されていない。また、二足歩



H6



HRP-2



恐竜ロボット



HRP-3P

図4 川田工業が開発した主な2足歩行ロボット

行型恐竜ロボットは、昨年開催された愛・地球博において185日間の運用に成功し、技術の高い信頼性を証明した。

ヒューマノイドは究極のロボットであり、最終的にはロボットの多くがこの形に収斂していくものと考えられるが、それまでにはかなりの時間がかかる。そこで、研究開発の順序を精査し、事業化できる応用から事業化していくことが重要となる。

最初の応用となったのが研究開発用プラットフォームである。HRP-2も10台以上出荷されているし、富士通が開発したHOAPシリーズは、単価は一桁安いが100台以上出荷されている。次に続いたのがホビー・教育応用で、近藤科学のKHR-1は4 000台以上販売された。以上の応用は、それぞれ数億円の市場規模になっている。これは決して大きな数字ではないが、市場の立ち上げ期としては悪くないものと思われる。

次に有望なのはエンターテインメント応用である。愛・地球博では200万人以上の人々が恐竜ロボットを見に訪れた。全国行脚でも多大な人気を博している。単価を現在の半額程度に下げることができれば、累計世界需要で100台程度の市場はあることと思う。研究開発プラットフォーム応用も、単価を半分から1/4程度に下げることが出来れば100台規模の需要はあるであろう。

1 000台規模の出荷を実現するためには、「人間がやるよりロボットがやった方が良い仕事」ができる必要がある。候補としては、高所・高温・夜間などの過酷で危険な環境での作業が考えられる。実際に導入するためには、作業能力の向上・信頼性・安全性・コストなどの問題を

解決しなければならない。そのための不断の努力が求められる。以上をまとめたものを図3に示す。現在の単価は数千万円であるが、これを100万円を目指して低減していく必要がある。

もう一つの方向として、歩行障害者を対象とした歩行補助機械の開発が挙げられる。これを実現するためには、多様な路面上を踏破可能な安定した2足歩行技術が必要であるが、潜在需要は極めて大きく、社会貢献にもなるものである。

3. 産業化への展望

我が国は現在、国を挙げてロボット産業の立ち上げに取り組んでいる。過去四半世紀において、ロボット産業の発展を阻んできたのは技術の発展が十分でなかったことである。近年、計算機の飛躍的な発展にも助けられて、様々なロボット技術が実用化の時期を迎えた。移動ロボットのナビゲーション技術、3次元視覚技術、動作プランニング技術、2足歩行技術などが典型的な例である。

今後は、個々の応用を着実に事業にしていける努力が求められる。次世代ロボットの出荷台数が増えるに従って、関連部品の単価も下がっていくので、ロボットの単価も下げられて出荷台数が増えるという好循環を形成することができる。問題は誰がどうやってこのループを始動するかである。第3次産業用では富士重工業、ロボット家電ではiRobot、ヒューマノイドでは川田工業が先鞭をつけている。これらに続く一桁規模の大きい市場の創出が現在の急務であるが、一般に大企業では年間100億円未満の事業を認めないことが大きな障害になっている。「立ち上げは年間10億円規模でよしとする」ことが次世代ロボットの産業化の鍵である。これによって、上述した好循環ループが始動できることであろう。

21世紀はロボットの世紀、になることを祈って、本稿のまとめとしたい。