

○関根重幸, 大井健太 (産総研)

1. はじめに

ホンダの ASIMO など代表されるロボットの2足歩行技術では、日本の技術が世界の最先端と言われている。産業技術総合研究所(AIST)でも、統合前の機械技術研究所(機械研)、電子技術総合研究所(電総研)などの時代から、複数の研究者、研究グループが2足歩行の技術開発に係わってきた。1980年代になると、ナショナルプロジェクトにも2足歩行技術は取り上げられ、その成果は2005年に愛・地球博でも紹介された。ここでは、2足歩行技術のこれまでの研究開発経緯を概観する。そして、技術動向分析の結果として、現在のところアプリケーションが十分に見えていない2足歩行技術では、用途の発明が最重要課題であると結論した。

2. 技術の概要

これまでのロボット技術開発の流れを概観する。文献1にも特許分析に基づく技術開発の解説がある。

2.1 ロボットの分類

本論文で取り扱う2足歩行技術の位置づけの理解のために、まず、用途別のロボットの分類を図1に示す。まず、産業用途を目的とした産業用ロボットと、人間と共存し人間に対し様々なサービスを提供するパーソナルロボットに大別できる。さらに、産業用ロボットは、工場などで稼働する製造業用ロボットと、ビルや屋外などで活躍する非製造業用ロボットに分けられる。

2足歩行技術は、産業用ロボット、パーソナルロボットのいずれにおいても、従来の車輪型や多足型の移動機構をもつロボットにはない特徴をいかした応用の可能性をもっている。現在、2足歩行技術の研究開発者の多くが人間型(ヒューマノイド型)のロボットを目指していると考えられる。

2.2 ロボット研究開発の歴史

ロボットの実用化研究の最初は、1954年に米 George C. Devol が出願した産業用ロボットに関する特許(米国特許

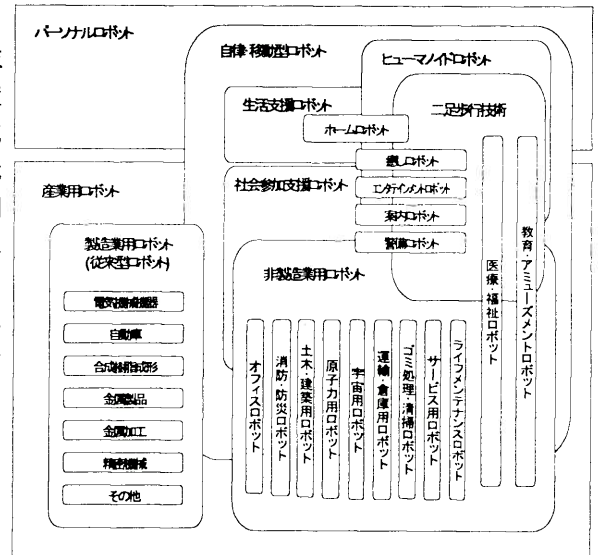


図1 ロボットの用途別分類

2,988,237)に遡ることができる。この特許は教示と再生により物を置いたり、掴んだりしたりする機械として、ティーチング・プレイバックの概念を提示したものであった。その後、1958年に米国コンソリデーティッド社がデジタル制御による世界初の産業用ロボットのプロトタイプを完成し、1962年には米国ユニメーション社(Devol が創設)が「ユニメート」を、AMF社が「パーサトラン」をティーチング・プレイバックの第1号機として実用化した。

1970年代になるとティーチング・プレイバック型ロボットから知覚判断型ロボットに発展し、作業状況に応じて作業内容を変更する溶接用ロボットなどが開発された。

日本の産業用ロボットの第1号は、川崎重工業がユニメーション社から技術提供を受け開発した。日本企業の本格的な産業用ロボットへの参入は1970年代からであり、ファナックや富士電機グループ、安川電機が相次いで参入した。1972年には日本産業用ロボット工業会(現、日本ロボット工業会)が設立された。

通産省が1980年を「ロボット普及元年」と位置付け、ロボ

ット普及に乗り出し1983年には社団法人日本ロボット工業 1970年に画像認識装置を備えた六自由度マニピュレータ
会(JARA)が設立され、日本のロボット産業が大きく成長し「ETL Mk1」を開発した。

た。1986年には、日本製ロボットが世界のロボットの6割を 1980年代には、産業用以外の用途を行うロボットの研究
占めた。産業用ロボットは1980年代には国内で爆発的に 開発が行われた。1983年に社団法人日本ロボット学会が
普及し生産台数世界一になった。2001年の国連報告書 設立された。1985年の科学万博つくば'85では、前記早稲
(欧州経済委員会)によると、世界のロボットの設置台数は 田大学の WABOT-2 がエレクトーンを演奏するデモンスト
およそ75万台、そのうち半数が日本に設置されている。2 レーションや、松下電器グループの似顔絵ロボット、ファナ
位が欧州で、19万8千台、3位が米国で、9万台(JARAの ック社の200kgのバーベルを持ち上げるFANUC MAN、日
推計では11万台)が稼働している。 立グループの氷彫刻ロボットなど非産業用のロボットが展
示された。

2.3 日本の2足歩行ロボット開発

1983年から通産省の「極限作業ロボット」プロジェクト(~
日本における2足歩行技術の開発は、義足研究から人 1990)が開始され、人間の活動条件の限界を超えた極限
間の歩行メカニズムの研究を経て、1970年に早稲田大学 環境下(原子力、海洋、災害)で活躍するロボットのプロト
の加藤研究室がヒトに近づくロボットの開発を目標に研究 タイプを目指した。1980年代半ばより2足歩行制御の基礎
室横断のプロジェクトをスタートさせ、静的2足歩行制御に となる技術の確立が進み、1990年代には、上半身を含む
関する研究が始まった。1971年には、その後の2足歩行 人間型の2足歩行ロボットが実現された。早稲田大学では、
研究で注目される機械研に、ロボット工学課ができた。「自 1992年に「早稲田ヒューマノイドプロジェクト」を発足させ、
動工作機械の研究」を主眼に置いたマニピュレータや四足、2足歩行ロボットの研究開発が本格化した。
六足のロボットの研究が進められた。同じく電総研では、

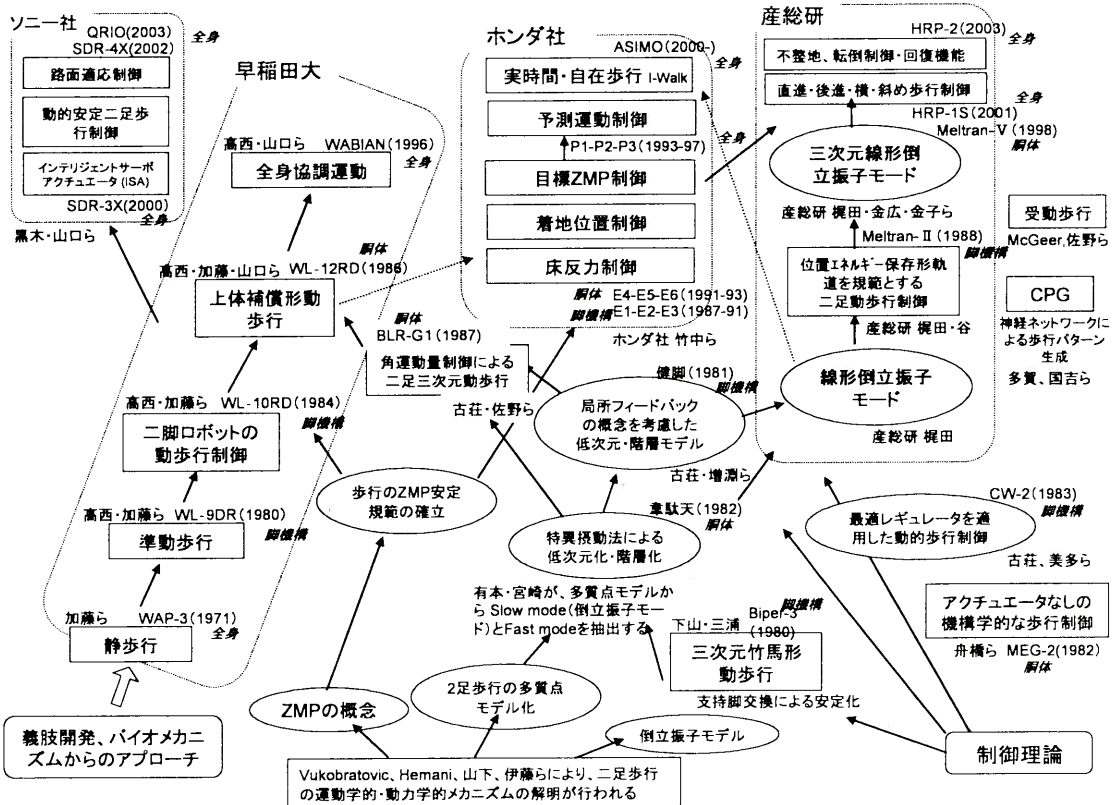


図2 2足歩行ロボットの技術的な系譜

その後、Hondaは1993年にP1を開発し、1996年には、早稲田大学がWABIANを、HondaがP2を公開した。Hondaは1997年にP3を完成し、同年ソニーは、2足歩行ロボットの開発を開始する。ソニーは、1999年に犬型ロボットAIBOを販売、2000年に2足歩行小型ロボットSDR-3Xを発表。同年、HondaがP3の発展型であるASIMOを発表した。複数企業からの相次ぐ2足歩行ロボットの発表により、エンタテインメント分野、パーソナル分野でのロボット認知度が一気に高まり、ロボットブームが訪れた。一方、2005年9月、ソニーの開発縮小が発表された。

・B25J5/00F(2足歩行ロボット)
→ 2足歩行ロボット全般
・3C007WA13(自律・自走型ロボット:2足)
→ 自律・自走型ロボットで2足を移動形式とするもの
分析を行った2005年2月現在で、対象特許は623件であった。出願数の推移と特記事項を図3に示す。1992年の特徴的なピークはHondaによるものである。出願特許の詳細な分析は文献1および3にある。図2は、本分析結果も反映している。紙面の都合で、具体的な特許を書き込んだ知財系譜図は省略する。(文献4参照)

3. 2足歩行技術の系譜

図2には、我々の調査を通して整理した、2足歩行ロボットの研究開発初期からヒューマノイド型のロボットとして実用化されるまでの技術的な系譜をまとめた。ここでは、専門用語等の説明は省略する。2足歩行のほぼ全ての技術が日本独自に開発されていることがわかった。海外の2足歩行技術については文献2に詳しい。

4. 2足歩行ロボット技術の特許分析

本調査では、特許の引用関係などから、技術開発の系譜を明らかにすることも試みた。対象となる2足歩行ロボットに関わる特許集合を、次のように設定した。

5. 産総研の研究

産総研による発明では、引用分析から、図3にも示した梶田の特許(1986)が目目される。倒立振りモードが解析的に解けることを示し、歩行時に必要な数値計算量を大幅に削減した。

6. 2足歩行ロボット開発の目的と課題

2足歩行ロボットは脚式の移動制御技術の一つであるが、研究開発の初期の段階から、ヒューマノイドロボットを実現することが研究の主要な動機とされてきた。我々は、ヒューマノイドロボットという観点から、2足歩行ロボットの開発目的を以下に示す5つに整理した。

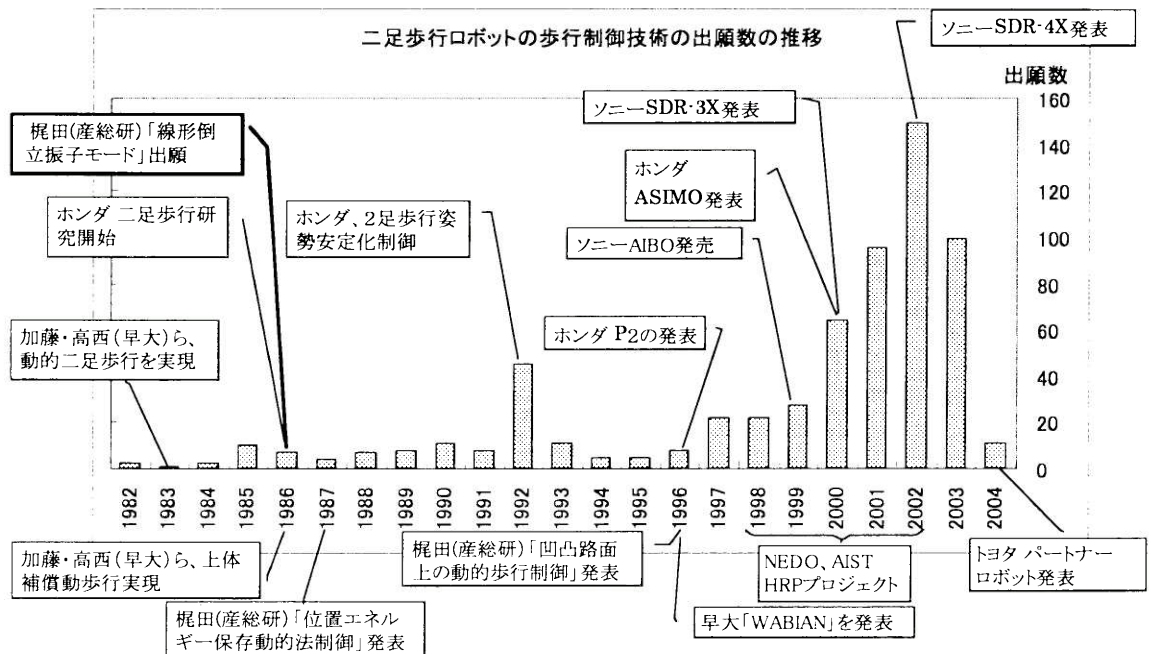


図3 2足歩行ロボット関連の特許出願数の推移

1) 人間工学的分析の発展

人体の科学的分析の視点から、人間の上肢または下肢に似た構造のロボットを製作し、その制御方法を考案することで人間の歩行をシミュレートし、歩行をはじめとする人間の動作メカニズムを工学的に解明し、人間工学やリハビリテーション工学、スポーツ科学等の発展に寄与することを目的とする。

2) 人間の活動環境に適応した生活支援ロボットの実現

人間のパートナーとして生活し、住環境その他の日常生活の様々な場面で人間活動を支援することを目的とする。なるべく人間に近い機能・動作特徴を有し、人間の生活環境に適応していくものであることが必要である。例えば、踏んではならない障害物を避けながら部屋を通り抜ける場合など、人間の行動様式に合わせて形成された住環境に適応できるよう、人間と同じ形態をしたロボットを実現することが求められる。

3) 難作業、危険作業を伴う人間活動の代替

原子力発電所や火力発電プラント等のメンテナンス、製造工場における部品の搬送、組立作業、高層ビルの清掃、災害現場における救助といった、難作業、危険作業を伴う人間活動の代替作業を目的とする。ただし、特定の目的に特化した作業を行わせる場合、機能特化型のロボットの設計・製作が重要となるため、必ずしも人間そのものの姿・形をしている必要はない。兵器としてのヒューマノイドロボットの可能性は、この範囲と考えられる。

4) 癒し効果など人間に対しメンタル面で作用するロボットの実現

2足型のロボットは、人間と同じ環境で活動が可能なため、生活密着型のロボットを実現することで、パートナーロボットとして常時人と関わりをもち、メンタル面で人にコミットできるロボットの実現を目指すことができる。ヒトやサルなどの2足直立型の動作をモデル化することで、より自然な振る舞いを実現し、人にある種の癒し効果を与えることができる。

5) エンタテインメントロボットの実現

2足型のロボットが、下肢・上肢を含む全身協調型の動作を忠実に再現することで、その表現力や行動自在性を存分に活かし、ヒトを模したエンタテインメントロボットが実現される。これにより、ロボットを活用した新しいエンタテインメントの創作や、様々なパフォーマンスを表現できる。

7. 政策動向

ロボットの技術開発では、経済省による政策の影響が大きい。通産省時代から実施されてきたナショナルプロジェクトでは、HRP-2 を発表した。そして、2005 年9月には産総研から発展型の HRP-3P が発表された。

2004 年に経済省で策定された「新産業創造戦略」では、主に産業ロボットの技術開発のためであるが、「ロボット」を重点7分野の1つとしている。

同じく経済省が、2005 年3月に公表した「技術戦略マップ」でも、ロボット技術の開発シナリオなどが示され、今後とも、日本の産業の一環を担うものとしてロボット技術は注目されている。しかし、いずれにおいても、2足歩行技術アプリケーションの広がりには、はっきりとは見えない。

8. まとめ

2足歩行ロボットは、その本格的な実用化に中長期的な視野の中での研究開発が必要とされるものの、高度で先進的な技術への取組みとしてロボット技術の象徴である。その研究開発と実用化は幅広い技術分野に波及効果をもたらすと考えられる。本調査研究では、独自に開発目的を5項目に分類・整理した。さらに明確なアプリケーションを設定していくことがこの分野における日本の国際競争力の源泉となると考えられる。

謝辞

本調査にあたって、詳細な情報提供をいただいた早稲田大学理工学部機械工学科高西淳夫教授ならびに産総研知能システム研究部門梶田秀司主任研究員に感謝いたします。

参考文献

- 1) 特許流通支援チャート、H14機械6、自律歩行技術、独立工業所有権情報・研修館。
- 2) 梶田、産総研、
<http://staff.aist.go.jp/s.kajita/bipedsite.html>
- 3) 特許出願技術動向調査分析報告書「ロボット」H14.3、特許庁
- 4) 本調査の詳細報告書は取り纏め。出来次第、以下のページから入手可能である。
<http://unit.aist.go.jp/techinfo/index.htm>