

コミュニケーションなど)

タイプ② (接触度中) :

特定の人間の近くで動作し、人間に対して直接物理的作業を行うロボット (介護など)

タイプ③ (接触度大) :

不特定の人間の安全を確保しながら動作するロボット (汎用ヒューマノイドなど)

このように支援ロボットの最大の特徴の一つは人体への接触度であり、市販化の困難さも概して接触度が大きくなればなるほど増大する傾向にある。

日常生活を送る上で不自由な経験をしたことが無いという人は、恐らく皆無だろう。それ故に、ロボットに対して力学的なサポートや心理的なサポートなどを求めることはかなり昔からあった。しかし、現在の社会システムでは残念ながら充分に対応しているとはいえない。そこで、食事を口に運ぶ動作の補助や歩行の補助など身体の不自由となった機能を補うためのロボットなど、非常に多くの支援ロボットが日本をはじめ世界で開発研究されている。

それらに共通されていることは、まずその目的として不自由となった機能や環境の再現、或いは補助の役目をするということである。日常生活を送る上で、なるべく介助されずに自分の意思通りの行動を実現するためにロボットを利用する。そのことは、同時に介護者の負担を軽減するとともに介助を受ける側にとっても、心理的な負担の軽減を可能にし、自分の筋肉などの生理的な機能を活動させることにもなる。

近年、特に目立つのがインターネットや携帯電話などの通信機能の発達に伴う「ネットワークロボット」の開発である。例えば、遠隔地から自宅に設置されたカメラや移動型のロボットに取り付けられたカメラなどから部屋の状況を確認し、料理を作ったり、洗濯したり、掃除したりすることも可能である。それは、自分の意思で作業したり、ロボットに自動で作業させたりすることもできる。つまりユーザの多種多様な要求に対して、通信回線を通して応じることができる必要がある。

他には、日常生活におけるコミュニケーションのパートナー役を果たす、いわゆる癒し系のロボットなどがある。

そこで、本報告では、支援ロボットの定義を以下のように考える。すなわち、「環境の変化に応じて、人間との安全な接触 (通信手段も含む) を保ちながら、目的の作業を補助或いは代行することによって、使用者の身体的・心理的な負荷を軽減する安全装置を持ったロボット」とする。

また、医療機器や福祉機器が家電などの一般機器と大きく違う点として、中間ユーザの存在が挙げられる。医療機器も福祉機器も患者や被介護者などの末端ユーザの他に、機器を操作する医者や看護婦、ヘルパーなどの中間ユーザが存在する。

医療機器の場合は、機器を操作する医者・看護婦などの医療従事者である中間ユーザと、医療行為を受ける側の患者の末端ユーザから成立している。しかしながら、福祉機器の場合は、機器を操作するヘルパーなどの介護者である中間ユーザと、被介護者である末端ユーザのほか、機器の所有者やアドバイザーといった実質的に機器の選択権を握る福祉施設の経営者やケアマネージャといったもう1つの中間ユーザが存在する。

以上の条件から誰でも認知できるくらいマニュアルを整備する必要があり、そのためにも可能な限り統一された規格が望ましい。これは支援ロボットにも同様のことが言える。

2. 支援ロボットの分類

2.1. ロボットの分類

ロボットの分類の方法は多く存在する。例えば、シーケンスロボット、数値制御ロボット、感覚制御ロボットなど主に制御方式で分類する方法がある。また、直角座標ロボット、関節ロボットなど主に機械構造形式で分類する方法もある¹⁾。

本研究報告は支援ロボットがテーマであるので、主に用途を指標にしての分類を試みる。図1に社団法人日本ロボット工業会によるパーソナルロボットの説明のためのロボットの概念図を紹介する¹¹⁾。まず、用途によって大きく分けられる。すなわち、隔離環境で動作する産業用ロボットと人間共存型のパーソナルロボットである。産業用ロボットは製造業用ロボットと非製造業用ロボットに更に分けられる。その他、用途毎にも様々な分野に分けられている。だがこれらは、全てきれいに分けられるわけではなく、各所でダブっている部分が出てくる。

非製造業の分野においてもそのニーズ・形態は多種多様であるが、主として、表1のようにまとめられる¹¹⁾。

以下にロボットの一分類の支援ロボットをさらに分類する。その分け方によって様々であるが、用途目的別では機能代替、訓練用、就労支援など、使用者別ではエンドユーザ、中間ユーザなど、形状別では車いす搭載、卓上型、装着型など、自律・操作別ではマニピュレータ型、自律型などが挙げられる。

支援ロボットは、その代表的なものに生活支援と福祉支援を挙げることが出来る。以下にその分類の一例を紹介する。すなわち、支援場面で大別し、生活支援と福祉支援の2つに大別する。

生活支援：家庭などのロボット操作の専門家が存在しない環境で使用。

- ・生活作業支援ロボット：
要介護者の見守りや物を取ってくるなどの単純生活作業支援
- ・介護動作支援ロボット：
主に入浴、排泄の際に介護者を抱き上げる作業にかかる力支援
- ・自律移動支援ロボット：
立ち上がりなどの人間動作に併せて支援するアクティブ伸縮杖や関節アシスト装具

福祉支援：施設などの主に福祉の専門家が存在する環境で使用する。相対的にロボット操作の習熟度が高いことが期待される。

- ・リハビリ支援ロボット：
人間の状態、動作に基づき多自由度に関節・筋肉のリハビリ動作を支援
 - ・離床支援ロボット：
患者の移し変え、床ずれ防止などにかかる作業を支援
- 上記以外にも建設現場などへの力支援や、家事（物品の運搬、片付けなど）の支援なども挙げられる。非常に多岐に渡る支援目的の項目等を統一するのは困難である。一例として、表2にロボットの支援別分類を示す。

2.2. 国際生活機能分類による支援ロボットの分類

前項でも記載したように非常に多岐に渡る支援目的の項目等を統一するのは困難である。一方、福祉分野では国際的な分類が存在する。その代表例が国際生活機能分類であり、これを利用して支援ロボットの分類を試みる。

国際生活機能分類 (ICF, International Classification of Functioning, Disability and Health) は、人間の生活機能と障害の分類法として、2001年5月、世界保健機関 (WHO) 総会において採択された。その特徴は、それまでのWHOの国際障害分類 (ICIDH) がマイナス面を分類するという考え方が中心であったのに対し、ICFでは、生活機能というプラス面からみるように視点を転換し、さらに環境因子等の観点を加えたことである。ICFでは、健康との関連について以下のように定義している¹²⁾。

- ・心身機能とは、身体系の生理的機能 (心理的機能を含む) である
- ・身体構造とは、器官・肢体とその構成部分などの、身体の解剖学的部分である
- ・機能障害 (構造障害を含む) とは、著しい変異や喪失などといった、心身機能又は身体構造上の問題である
- ・活動とは、課題や行為の個人による遂行のことである
- ・参加とは、生活・人生場面への関わりのことである
- ・活動制限とは、個人が活動を行うときに生じる難しさのことである
- ・参加制約とは、個人が何らかの生活・人生場面に関わるときに経験する難しさのことである
- ・環境因子とは、人々が生活し、人生を送っている物的な環境や社会的環境、人々の社会的な態度による環境を構成する因子のことである

これらのうち「活動と参加」の側面から、現在開発研究中あるいは市販されている国内外のロボットを分類する。その結果を表3および表4にそれぞれ示す。

3. 支援ロボットのニーズ概要と開発事例

3.1. ロボットのニーズ概要

九州経済産業局の調査¹³⁾では、今後のロボット産業の有望な活用分野として、非製造業、とりわけ医療・福祉 (介護) 分野が示されている。また、訪問介護時の作業での補助用具の使用・改善が強く求められているにもかかわらず、実際にロボットが使用されているとの回答は得られなかったとある。訪問介護という移動を伴う現場では、ロボットの活用が進んでいないことを示している。

一方、今後使用したいロボットの具体的要望・イメージについては、入浴支援ロボット、食事支援ロボット、移動支援ロボットといった介護分野で使用されるロボットに対するニーズが多かった。その理由としては、介護を受ける側の利便性の向上と介護を行う側の負担の軽減をあげる回答が目立っている¹³⁾。

3.2. 支援ロボットのニーズと開発事例

(1) リハビリ支援ロボット

表2に挙げたようにリハビリテーションを支援するロボットは比較的多数が研究開発されている。その中から脳卒中患者のリハビリにあたる理学療法士を補助する目的で設計されたインモーション2のロボット療法などもある¹⁴⁾。

このようなロボットを活用したリハビリテーションの大きな利点の1つとして、リハビリの治療中、人間の理学療法士が始終ついている必要がなくなることが挙げられる。

(2) 入浴支援ロボット

入浴における介護者の負担が大きいことから多くの福祉関係者に期待されている。ロボットには移動のみならず、洗浄まで行うことが要求されるため様々な研究が必要とされている。実現されれば、高齢者のみならず障害者の入浴にも適用され、お互いの心理的負担も軽減される¹³⁾。

(3) 食事支援ロボット

入浴支援ロボットと並んでニーズが高いのが、食事支援ロボットである。すでに国内ではセコムが「マイスプーン」を販売しており、身体のポジションさえ決めれば自分のペースで食べることができるようになっており、評判となっている¹³⁾。また、海外ではRehab Robotics社の「Handy1」などが知られており、現在発展中の分野である。

(4) 歩行支援ロボット

歩行困難となった障害者らにとって、再び自分の意思で歩行することは大変難しいことである。筑波大学の山海教授らは、わずかな神経末端から生体電位信号を計測し、本人の意思によって歩行を実現できる「ロボットスーツ HAL(Hybrid Assistive Limb)」を開発した¹⁵⁾。応用すれば、重量物の運搬などのサポートもできる。

(5) 移乗支援ロボット

国立機械技術研究所(現産業技術総合研究所)の介助ロボット「メルコング」¹⁶⁾は、抱き上げ機構には三次元パンタグラフ機構を用いたマニピュレータを用い、また、移動機構には4輪型全方向移動機構を開発した。このような介助ロボットは人間を取り扱うロボットとして世界で初めての試みであり、特に移動機構は最近開発が盛んに行われている全方向移動機構の先駆けとなるもので、工場内の無人搬送車や作業用三次元車椅子に応用されている。

(6) 排泄支援ロボット

末端ユーザから、数は少ないものの強い要望がある¹³⁾。

(7) 癒し系ロボット

主に高齢者や被介護者の癒し効果を目的とした支援ロボットである。被介護者とコミュニケーションができるロボットにより、介護者が自分の時間を確保することが可能となる。

ソニーの「AIBO」や東芝「ApriAlpha」などのようにロボットの仕草のみならず性格まで個性的なものとするロボットも開発されている。中には、歌ったり踊ったりしながらユーザに対していわゆる“癒し”のひとときを提供し、音声認識などにより会話で人とコミュニケーションするものもある。また、機能の追加を簡単に実現できるカスタマイズ性を有しているものもある。また、ブロードバンド環境の普及に伴い、今後は家庭内でも家電製品やパソコン、テレビ、ホームサーバなどがネットワーク化され、様々な機能やサービスを提供するホームネットワークの構築が進んでいくものと予想される。このような癒し系ロボットは誰でも違和感無く簡単にそれらの機器を操作できる「ヒューマンインタフェース」としても期待される¹³⁾。

その他、以下に海外での幾つかの成功例を紹介する。MANUS(オランダ)ではIRV(オランダリハビリテーション研究所)で研究開発が行われた。ここはリハビリテーションセンターの中に設置されており、臨床現場との距離が近く、福祉の現場とエンジニアとの連携が十分に確立されていた。臨床経験が長いので、ノウハウを蓄積することが出来た。身体状態が

個人によって大きく異なるため、購入者のための訓練合宿、プログラムを用意し、操作等のみっちり訓練した。以上によって、テクノロジトランスファ（技術移転）を成功し、IRVはExact Dynamics社が行うことによって、作業分担が確立されている。

4. 支援ロボットが抱える問題点や課題

支援ロボットが抱える問題点や課題は数多く存在する。本節ではその中でも大きな4つ、すなわち、価格、安全性、操作性、教育（訓練と認知）の各問題に関して以下に纏める。

4.1. 価格の問題

支援ロボットの導入に際しては、第1にコスト問題が考えられる。

・食事動作のみ

Handy1（80万円～100万円程度）、マイスプーン（40万円程度）

・汎用ロボット（できる動作はかなり限定）

Helping Hand（120万円程度）やMANUS（250万円～）などのように、ユーザにとってその金額が妥当なのかどうか判断する材料がない。また、需要の少ない物は割高にならざるを得ない。

これらを解決する1つの方法は施設で共用することである。前述のマサチューセッツ工科大学のインモーション2を例として取り上げる。ロボットの価格は1体約70,000ドルであるが、長期的に見れば、リハビリ療法はロボットを使うほうが安くできる。理学療法1回当たりの平均治療費は約150ドルであり、脳卒中患者は、週3回のリハビリ治療を半年ほどは続けることになるのが一般的である。つまり治療費は、患者1人に対して半年で11,700ドルになる。ロボットが1日6人の患者を担当し、週6日間稼動したとすれば最初の13週間で、もとがとれるはずである¹⁷⁾。

実際の運用時を含んでイニシャルコストとランニングコストを合わせたトータルコストとしてみた場合、運営サイドでは導入に対する利点がある。しかし、ユーザ側の視点に立ったときは、話は別である。国や公共機関なども含んで各コストの最善値を検討する必要がある¹⁷⁾。

また、なるべく同じ部品を使用して多用途多品種のロボットを構成するモジュール化を進めれば、大量生産となりコストの圧縮につながる。更には、ロボットの様々な機能をアタッチメント化し、業界の統一された規格の元で共有の部品・モジュールで構成されれば、コストのみならず、サポート面でも充実し、ユーザが使用しやすくなる。つまり、常にバージョンアップ程度ですみ、多用途に応用できる。

一方では、公的機関による補助や地域のサポート体制が必要である。コスト問題は様々な視点から熟考し、国を挙げてバックアップすべき問題であり、少子高齢化社会へのカウントダウンが始まった今では、支援ロボットの開発はそれだけの価値のある重要なプロジェクトである^{9) 10)}。

4.2. 安全性の問題

次に安全性の問題に言及する。

産業用ロボットの場合：

- ・ロボットと人間を隔離（作業区画）
- ・使用者が専門家

介護ロボットの場合：

- ・人と接触，近距離で作業
- ・使用者は素人（高齢者，身体障害者，介護者，理学療法士，etc.）

等々、安全確保の方法論は海外市販ロボットでも同様に未確立であり、ロボットの制御方式や材質などを十分に検討する必要がある。

支援ロボットの安全性に関する考え方の一つとしてリスクアセスメント、リスクマネジメントの考え方がある⁸⁾。リスクを確率として捉え、可能な限りのリスクの低減を行う方法である。経済産業省の委託を受け、社団法人日本ロボット工業会は、平成14年度から16年度の3年間にわたり、支援ロボットの安全性に関する報告書を纏めている¹⁸⁾。詳細はそれらの報告書を参考にされたい。

4.3. 操作性の問題

第3に操作性の問題に言及する。操作者が素人であるため、直感的に分かる操作方法（掃除機など）が必要である。しかし、現実には直感的なインタフェースで支援ロボットを操作するのは困難である。

また、エンドユーザが身体障害者、高齢者であるため、残存身体機能が限られる。そのため、一層に効率の良い操作方式の確保が困難である場合も多い。

4.4. 教育（訓練と認知）の問題

購入者及び使用者に対する教育プログラムは必要不可欠である。例えば、MANUSの場合、購入者に対する訓練合宿が行われており、8名の障害者で臨床実験（スウェーデン）を行ったら7名が不適格と答えた。その理由としては、操作が難しい、重い、軽い物しか持てないなどであった。よって、現場との強い連携が求められることになる。また、世間一般にも認知を広める必要がある。

5. 支援ロボットの将来展望と市場⁹⁾¹⁰⁾

ロボット先進国といわれる日本の市場は、近年、約5,000億円前後で推移しており、その大半を産業用ロボット（加工組立ロボット等）が占めている。自動車産業を始め、様々な分野でその機能を存分に発揮してきたといえる。工場のオートメーション化はロボットの存在なくしてはありえなかった。産業用以外のロボットについては、一部にエンターテイメント用ロボットの市場が存在するが、その市場規模は約70億円程度に止まっており、今すぐに大きな市場の伸びが期待できるとは言い難いのが現状である。加えて、非産業用ロボットは、産業用ロボットとは異なり、人の生活環境内で人と共存しながら作業することが想定され、その普及のためには安全確保や事故対応などに係る制度整備も技術開発に併せて進めていくことが極めて重要である。

他方、ロボットは、機械技術、エレクトロニクス技術、材料技術、情報通信技術等、幅広い技術の統合システムであり、技術も市場も十分に成熟していない現時点では、個々の製品ごとに技術の擦り合わせを要する典型的な垂直連携型産業である。従って、ロボット産業が発展するためには、関連する要素技術の進歩が必要不可欠であり、その発展は、中堅・中小企業などの裾野産業に対して大きな波及効果をもたらすことが期待される。

さて、非産業用ロボットを発展させていくには、ロボットによる人間の支援・機能代替が見込まれる用途を発掘し、モデル開発を行って人間生活環境下における利用実績を積み上げるとともに、技術開発課題並びにロボットが一般社会で共存できるような制度面での課題を抽出し、ロボットの実用化に向けた環境整備を図る必要がある。

海外では大学・研究機関の成果はベンチャー企業を興すことによって市場の開拓がなされてきたが、日本ではつい最近まではベンチャーを興すにも市場規模が不透明なことから、産業としては手を出し辛い傾向があった。しかし、資金1円による株式会社設立に始まり、今度は商法改正により2006年4月に新会社法が施行される予定であり、この改正によって株式会社を設立しやすくなる。また、自治体によるベンチャー企業支援制度や発掘施策が積極的に行われている。つまり、将来有望な研究開発から生産に移行する際の資金を工面しやすくなった。さらに、少子高齢化に加え、2010年前後には団塊の世代の退職ラッシュが予想され、あらゆる産業は労働力確保に頭を悩まされることだろう。これらのことにより、数年のうちに支援ロボットの研究開発は著しい発展を遂げ、市場のニーズに応えるべく世界でそのシェアを競うことになるだろう。

市場のニーズが求める時期と研究開発及び生産販売の時期がマッチするためには、国や公共機関が仲介となって民間企業の横の繋がりや臨床現場の提供及びユーザとの関係をサポートする必要があるだろう。ロボットの構成要素は非常に多いため、企業間の特許権に関する問題や、ユーザが使用しやすい環境の構築（各種保険制度、助成制度、リース制度、住宅環境など）などを早急に整備する必要がある。

D. 考察

これまでの調査結果をもとに支援ロボットの抱える問題点や課題について考察する。

支援ロボットの定義に関する調査から、支援ロボットと同様あるいは類似の用途・目的のロボットを指す用語が数多く存在することが分かる。その一方で、特にわが国では支援ロボットを含めた上位の概念である用語「パーソナルロボット」で色々なアプローチがなされていることが判明した。

また、支援ロボットの分類の結果、支援分野として「リハビリテーション」「動作補助」「食事支援」「介護支援」「移動」が多いことが分かる（表2）。また、国際生活機能分類によるロボットの研究開発状況の調査結果より（表3、4）、わが国ではコミュニケーション関係の支援ロボットの関連研究が特に多いことが判明した。

確かに支援ロボットが抱える問題点や課題は山積している。しかし、将来展望と市場の調査結果から、ニーズ面、社会的あるいは経済的にも、今後の成長が大変期待されている分野であることを確認した。

E. 結論

支援ロボット開発の現状を俯瞰的に捉えるため、国内外の動向に関する文献等を調査した。

具体的には、支援ロボットの定義と産業用ロボットとの相違点に関して調査結果を纏める。次に支援ロボットの分類に関して国際生活機能分類等を用いて行い、ニーズとも絡めつつ開発事例の調査と紹介を行った。加えて、支援ロボットの問題点や将来展望に関して調査を行った。その結果、支援ロボットの定義や分類に関する知見が得られた。また、抱える問題点や課題は山積しているが、ニーズ面、社会的あるいは経済的にも、今後の成長が大変期待さ

れている分野であることを確認した。以上、今後支援ロボット開発を行う際の参考となれば幸いである。

なお、本研究を進めるにあたり、大いに協力を頂いた国立身体障害者リハビリテーションセンター学院義肢装具学科3年の平松典子氏、1年の中村友紀氏と吉葉和史氏に深く感謝する。

F. 健康危険情報

本研究は調査研究であり、特に健康に関連する危険は存在しない。

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

参考文献

1. 日本ロボット学会編：ロボット工学ハンドブック、コロナ社、3、1990
2. アイザック・アシモフ著、小野芙佐訳：我はロボット、早川書房、1983
3. 日本規格協会：産業用ロボット—用語、B0134-1993.
4. ISO 8373: Manipulating industrial robots – Vocabulary, 1994
5. Geoff Simons 著、岡田弓子訳：人間はロボットか—知的機械の人間学—、8、オーム社、1988
6. 大阪府：大阪圏におけるロボット振興指針、available from
<<http://www.pref.osaka.jp/kikaku/kagakujyoho/publickekka/kekka/shishinhonbun.pdf>> (accessed 2005-03-06)
7. 菅野重樹：家庭におけるパーソナルロボットの役割、ロボット、128、8-11、1999
8. 日本ロボット工業会：パーソナルロボットの標準化に関する成果報告書、1999
9. 経済産業省：新産業創出のためのアクションプログラム available from
<<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g50128b82j.pdf>>
(accessed 2005-03-06)
10. 次世代ロボットビジョン懇談会：2025年の人間とロボットが共存する社会に向けて「次世代ロボットビジョン懇談会」報告書、2004
11. 九州経済産業局：ロボット産業等創出可能性調査報告書(2001年6月) available from
<<http://www.kyushu.meti.go.jp/hokoku/robotto/1shou.pdf>> (accessed 2005-03-06)
12. 障害者福祉研究会：ICF 国際生活機能分類-国際障害分類改訂版-、中央法規、2002
13. 九州経済産業局：九州における医療・福祉用の補助用具及びロボットに係るニーズ調査 available from
<http://www.kyushu.meti.go.jp/seisaku/seizo/jisedai/robot/13fy_needs_chosa/yousi.pdf> (accessed 2005-03-06)
14. NTT レゾナント株式会社: Hotwired Japan, 脳卒中のリハビリ補助にロボット療法士(上) available from

- <<http://hotwired.goo.ne.jp/news/technology/story/20020227305.html>> (accessed 2005-03-06)
15. サイバーダイネ株式会社：ロボットスーツ HAL (Hybrid Assistive Limb) available from
<<http://www.cyberdyne.jp/hal.html>> (accessed 2005-03-06)
16. 国立機械技術研究所(現産業技術総合研究所)：介助ロボット「メルコング」 available from
<http://www.techno-qanda.net/dsweb/Get/Document-3531/hashino_satoshi1.doc>
(accessed 2005-03-06)
17. NTT レゾナント株式会社：Hotwired Japan, 脳卒中のリハビリ補助にロボット療法士(下) available from
<<http://hotwired.goo.ne.jp/news/news/technology/story/20020228307.html>>
(accessed 2005-03-06)
18. 日本ロボット工業会：高齢者等福祉用ロボットの標準化に関する調査研究成果報告書、2002-2004

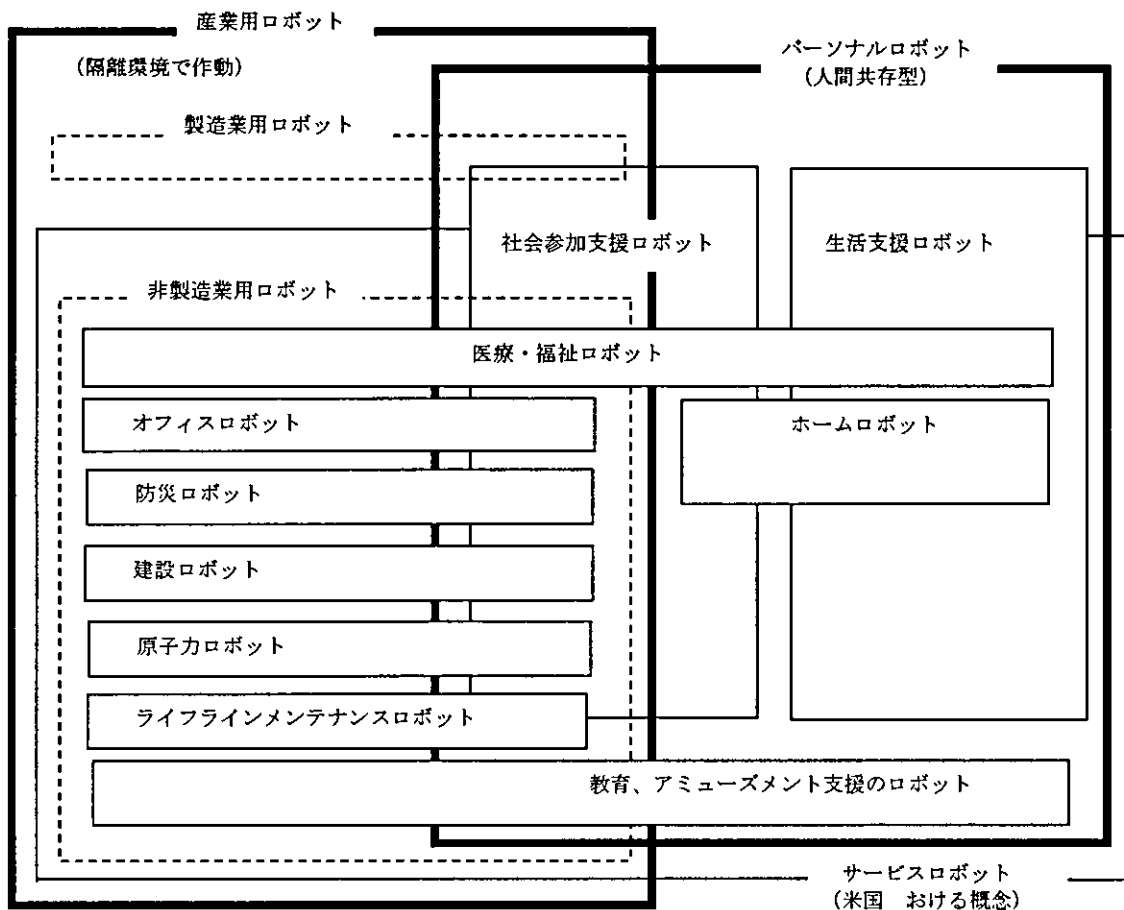


図1 ロボットの概念図 (参考文献(11)の図表1をもとに作成)

表1 非製造業におけるロボット技術活用事例（参考文献(11)の図表1-14をもとに作成）

分野	事例
医療分野	体内検査・治療マイクロマシン、(脳)外科手術ロボット、遠隔地医療、リハビリ支援ロボット、マイクロサージェリ、病人介抱
福祉分野	遠隔看視ロボット、知的車椅子、盲導犬ロボット、配膳ロボット、部屋の知能化、食事支援ロボット
バイオテクノロジー分野	創薬研究ロボット、鞣作りロボット、遺伝子切出し・組み込み、遺伝子チップ製造
アミューズメント・教育分野	ペットロボット、ロボットキット
災害救援分野	警備ロボット、消化ロボット、救助、火災時避難誘導作業、海上流出油防災
宇宙・海洋分野	宇宙構造物の組立・点検・補修、衛星・フリーフライヤーの自動回収作業、宇宙工場作業ロボット、宇宙検査、惑星探査ローバ、資源採取、海底調査(地盤・地形)用ロボット、採鉱、海底構築物建設・保全作業、水中捨石ならしロボット
メンテナンス分野	排水タンク掃除水中作業ロボット、配線活線作業ロボット、変電所巡視ロボット、水圧鉄管検査ロボット、火力用防水路点検・清掃ロボット、送電線工事用鉄塔昇降ロボット、原子炉格納容器内保守点検ロボット、原子炉解体ロボット、放射性廃棄物処理ロボット、埋設管検査・修理ロボット、タンク検査・補修・塗装ロボット
輸送搬送分野	鉄道架線検査ロボット、荷役作業ロボット、包装ロボット、オーダーピッキング
農林・水産・畜産分野	野菜果実収穫ロボット、農作物選別自動化、田植・施肥作業ロボット、育苗ロボット、農薬散布ロボット、挿し木作業ロボット、ロボットトラクタ、田植ロボット、接ぎ木ロボット、鉢上げロボット、枝打・間伐・伐採作業ロボット、魚肉解体・選別・箱詰ロボット、羊の毛刈りロボット、搾乳ロボット、自動給餌、蓄舎内清掃作業ロボット
土木・建築・鉱業分野	橋梁塗装自動化、土質・地質調査自動化システム、小口径管・電線地中敷設作業、トンネル内コンクリート吹付けロボット、トンネル工事用セグメント自動組立、コンクリートブロック据付作業、地中構造物解体ロボット鉄骨組立作業自動化、鉄骨組立ロボット、鉄骨配筋用ロボット、耐火材被覆吹付けロボット、コンクリート打設ロボット、コンクリート床仕上げロボット、外壁取付ロボット、天井など内装作業ロボット、窓拭きロボット、クリーンルーム・クリーン度検査ロボット、鉄骨コンクリート構造物老朽化診断、採鉱・採炭自動化
その他	二足歩行ヒューマノイドロボット、外骨格型動作支援ロボット(エグゾスケルトン)、家事支援ロボット

表2 ロボットの支援別分類

目的	製品名	開発
リハビリ・歩行介助	歩行介助ロボット (Walk-Mate)	東京工業大学 総合理工学研究 科 知能システム科学専攻 三 宅研究室
リハビリ・動作支援	人間協調型ロボットシステム	岡山大学工学部 システム工学 科 システム制御学研究室
リハビリ・移動(電動車椅子)	健康増進機能を有する知能電 動車椅子	高知工科大学 知能機械システ ム工学科
リハビリ・移動	人体支持移動装置	高浦製作所
リハビリ	拘縮リハビリ支援ロボット	桐蔭横浜大学 箱木研究室
	ベッドサイド型下肢運動療法 装置 TEMPLX2	株式会社 安川電機
	AID-1	山梨医科大学 整形外科
	Robot-Assisted Upper Limb Neuro-Rehabilitation	VA Palo Alto
	Virtual Prototyping of Rehabilitation Aids	芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科
	InMotion2	マサチューセッツ工科大学
	上肢動作訓練支援システム	旭化成 旭エンジニアリング(東 京・港、宮崎光暉社長)、大阪大 学大学院 工学研究科 電子制 御機械工学専攻 古荘研究室
	上肢リハビリテーションロボ ット	豊橋技術科学大学
	転倒防止できる、全方向移動 機能を持つ歩行訓練機	高知工科大学 知能機械システ ム工学科
	手首部リハビリ支援装置	岡山大学工学部 システム工学 科 システム制御学研究室
	歩行訓練オートリフト AID-1-M	ジャパン・イー・エム株式会社
	脳卒中者の腕・手首・指・足・ 腰リハビリロボット	マサチューセッツ工科大学(MIT)
	歩行補助装置	芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科
	拘縮除去装置	芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科
	装着型生活支援装置	芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科
	上肢機能回復のための訓練・ 評価装置	芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科
	歩行支援装置	九州産業大学
	関節可動域リハビリ訓練 (CPM) 装置	北海道大学 電子科学研究所 電子情報処理部門 感覚情報研 究分野
義手	電動義手	広島県立東部工業技術セン

歩行・義足	義足・歩行支援システム	大阪大学大学院 工学研究科 電子制御機械工学専攻 古荘研究室
日常生活支援	モビルロボット	McGill Univ.
動作補助	空気圧ゴム人工筋を用いたウェアラブルパワーアシストロボット	岡山大学 工学部 システム工学科 システム制御学研究室
	補助ロボット	関西大学 工学部 計測システム研究室
	RECS コンセプトによる福祉ロボットの開発ー洗濯物の仕分けー	関西大学 工学部 システムマネジメント工学科
	RECS コンセプトによる福祉ロボット	関西大学 工学部 システムマネジメント工学科
	マッスルスーツ	東京理科大学 工学部 小林宏
	バイラテラルサーボによる上肢動力装具	株式会社 本田技術研究所 東京電機大学 富山県立大学
食事支援	Handy1	Rehab Robotics 社
	食事支援ロボット マイスプーン	セコム
	食事支援ロボット	神奈川工科大学 システムデザイン工学科 高橋研究室
	自立支援型食事介護インタフェース	神奈川工科大学 システムデザイン工学科 高橋研究室
	食事支援システム	九州大学 生体工学リサーチ
	柔軟ホース・ワイヤ駆動システムを用いた食事支援ロボット	福岡工業大学 工学部 知能機械工学科
作業	MANUS	Exact Dynamics 社
	トヨタ・パートナーロボット(二足歩行型)	トヨタ
	ロボット装具	立命館大学 ロボティクス学科
	タッチパネル型教示システム Uちゃん	岐阜県生産情報技術研究所
介護支援	介護支援ロボット「Regina レジーナ」	有限会社 日本ロジックマシン
	空気圧ソフトメカニズムを用いた人間親和型ロボット	岡山大学 工学部 システム工学科 システム制御学研究室
	多関節(オフセット回転関節)ロボット	コーナン電子
	ベッドロボット	高浦製作所
	トイレ&イスロボット	高浦製作所
	介護用ロボットアーム	明治大学 理工学部 機械情報工学科 メカトロニクス(小山紀)研究室

	介助用モビルロボットシステム	芝浦工業大学 システム工学部 機械制御システム学科
	抱き上げ介助ロボット「メル コング」	国立機械技術研究所(現産業技術 総合研究所)
	「介護用サービスロボット」	東北大学 工学研究科 牧野研、 大見研、岩手大学、石巻専修大学
オムツ交換	オムツの取り替えを助けるロ ボット	東京電機大学 理工学部 メカ トロニクス研究室
排泄	自立排泄支援を目的とする座 椅子型移乗支援ロボットシス テム	神奈川工科大学 システムデザ イン工学科 高橋研究室
通信(福祉支援情報通信 システム)	ペットロボット	パナソニック
運搬・リハビリ	介護用床走行リフト	旭エンジニアリング
運搬	AFMASTER	AFMA-ROBOTICS
	天井吊り下げ型室内小物運搬 ロボット	神奈川工科大学 システムデザ イン工学科 高橋研究室
	ソフトロボットアーム	岡山大学 工学部 システム工 学科 システム制御学研究室
移動・リハビリ	ペダルこぎ式電動カー	ジャパン・イー・エム株式会社
移動・運搬(室内)	天井走行ロボット	東京大学 先端治療福祉工学研 究室
移動・運搬	介護用天井走行リフト	旭エンジニアリング
移動(電動車椅子)	階段昇降できる電動車椅子 Freedom	玉川大学 機械制御研究室、有限 会社 トモ
	段差解消リフト付き電動車椅 子 Free Chair 「セリナ」	有限会社 日本ロジックマシン
移動(乗り物の一種)	歩行支援ロボット	日立製作所
移動(昇降機)	階段昇降機	旭エンジニアリング
移動(リフター)	自立移動支援ロボット(リフ ター)	セコム ロボット研究室
移動(歩行ガイド)	盲導犬ロボット	山梨大学 工学部
	試作盲導犬 (MELDOG Mark)	独立行政法人 産業技術総合研 究所
移動(歩行いす)	バリアフリーな電動脚歩行い す	新潟大学 工学部 福祉人間工 学科
移動(歩行)	トヨタ・パートナーロボット (搭乗歩行型)	トヨタ
	2足歩行ロボット	早稲田大学 理工学部 高西淳 夫研究室、株式会社 テムザック
	階段昇降支援ロボット	神奈川工科大学 システムデザ イン工学科 高橋研究室
	歩行・階段昇降支援ロボット (杖型)	神奈川工科大学 システムデザ イン工学科 高橋研究室
	歩行・階段昇降支援ロボット (2足歩行型) (1/2モデル)	神奈川工科大学 システムデザ イン工学科 高橋研究室
	サドル付き歩行補助車	玉川大学 福祉機器研究室

	パワーアシストロボットスーツ HAL	筑波大学、三井物産(株)、ナノテック研究開発会社 XNRI グループ(財) 大田区産業振興協会
	歩行支援システム	明治大学 工学部 機械情報工学科 メカトロニクス(小山紀)研究室
	坐骨による体重免荷装置をもつ歩行支援ロボット	早稲田大学 工学部 機械工学科、国立身体障害者リハビリテーションセンター、(株)日立製作所
移動(電動車椅子)	全方向移動電動車椅子	九州大学 生体工学リサーチコア
	全方向電動車椅子	旭エンジニアリング
	ギヤードモータを使った電動車椅子	東北電子専門学校 教務部 コンピューター制御エンジニア
	Robotically controlled wheelchair	Applied AI Systems Inc.
移動(車椅子)	自律車椅子開発用知的車椅子ベース TAO-7	(株) AAI ジャパン
	ALL TERRAIN WHEEL CHAIRS	Univ. Pennsylvania
	全方向移動車いす	玉川大学 福祉機器研究室
	車椅子型移動ロボット	慶應義塾大学 工学部 システムデザイン工学科
	視線操縦型インテリジェント車いす	奈良先端科学技術大学院大学 ロボティクス講座
	車椅子型自律移動ロボット	鳥取大学 工学部 電気電子工学科
	片漕ぎ型パワーアシスト車いす	茨木大学
移動(階段昇降)	脚型階段昇降装置	新潟大学 工学部 福祉人間工学科
	階段昇降可能な車椅子	関西大学 工学部 計測システム研究室
移動(移乗)	自立支援移乗動作補助機	立命館大学 ロボティクス学科
伝達(視覚障害者対象)	fingerspelling hand	VA Palo Alto

表3 国際生活機能分類によるロボットの研究開発状況（国内）

研究機関 企業名	名 称	用 途・特 徴
コミュニケーション		
SONY	新型 AIBO「ラッテ」と「マカロン」	介在活動やセラピー活動。性格が設定されており、年齢と共に行動が変化する。オーナー登録が可能で、なつくといった機能も備えている。
東芝	ApriAlpha (アプリアルファ)	コミュニケーション機能、通信機能、運動機能。将来的には家事の支援や介護、軽作業を行う機能を付加し、高齢者や家族の生活のサポートを目指す。
早稲田大学 小林哲則研究室	ロビタ	人と機械のコミュニケーション研究のためのロボット。話をしている人の顔や動作を認識する機能を搭載し、複数の人間との対話を目指す（1999年）。
早稲田大学 高西淳夫研究室	人間型頭部ロボット “WE-3RII”	研究用として開発。明るいほうを見る習性があるが、明るすぎると目を閉じたり、顔をしかめたりする。また、怒った顔などが6つの表情をあらわすことができる（1999年）。
早稲田大学 菅野重樹研究室	WAMOEB A-2	感情を持つロボットの研究開発用。自らのハードの状態をウォッチしながら、動作を決定するプログラムが搭載されている。すなわち、感情を持たせたことに意義がある（1999年）。
安川電機	SmartPal(スマートパ ル)	人と共存して自律的に作業をするために必要な腕部・移動部・コミュニケーション機能・環境認識機能・通信機能を持った、車輪移動型ロボット。
運動・移動		
AAI ジャパン	TA07	知的自律車いす研究開発用のベース。
筑波大学 山海研究室	ロボットスーツ HAL(Hybrid Assistive Limb)	二足歩行や立ち座り動作等下肢の動作をパワーアシストする事を目標に開発されたロボット装置。
TOYOTA	「トヨタ・パートナー ロボット」：搭乗歩行型	人を乗せてどこにでも移動できる形態とし、胴体を安定化する新たな制御技術を開発。
東京大学 先端治療福祉工 学研究室	天井走行ロボット	室内の移動・運搬を行う。運搬ユニットにより、介助者が患者まで食べ物を届けたり、歩行を補助するユニットも取付けられる。
九州大学医学部 附属病院 安川電機	下肢運動療法装置 TEM LX1	(1)脳卒中、脊髄損傷など麻痺性患者の下肢機能回復訓練、(2)整形疾患患者の手術後の関節拘縮予防、(3)脳神経科、循環器系科などの研究用。
九州大学医学部 附属病院 安川電機	下肢運動療法装置 TEM LX2	(1)脳血管疾患患者、及び人工関節の置換手術患者など整形疾患患者を対象とした、急性期における早期リハビリテーション、(2)高齢者

		などの運動機能回復、維持のためのリハビリテーション。急性期患者の股・膝・足の各関節を同時に、かつ長時間の他動運動を可能にし、関節拘縮予防や浮腫の軽減、ICUでの意識障害患者の意識レベル改善等が期待されることにより、早期回復・離床、早期社会復帰に貢献する。リハビリの専門家による治療パターンを専門外の医療スタッフが簡単な操作で選択でき、しかも安心して使用できる。
セルフケア（健康管理、飲食、身体を洗う、排泄、更衣など）		
セコム	食事支援ロボット マイ Spoon	手の不自由な方が身体の一部を動かすだけで、自分で食事ができるようにするロボット。ご飯やおかず、お菓子などほとんどのものが食べられる。
東京電機大学	おむつ交換支援ロボット	大人の脚は10Kg以上、このロボットにより小さな力で脚を上げることができる。電動ハイブリッド自転車と同じような仕組みなので、ロボットが勝手に持ち上がることもなく、安全である。
家庭生活（整理、その他の家事）		
東芝 Electrolux 社	本格的な家庭用自走式 クリーナー「ECL-TRI (R) (愛称：トリロバイト)	フロア掃除。
産業技術総合研究所	TAG project (仮) : IC タグを用いた「知識分散 型ロボット制御システム」	煩雑にテーブルの上に置かれた複数のコップやサラなどをあと片付け用ワゴンプレートに搬送する作業が可能となった(2003年)。
一般的な課題と要求（日課の遂行、ストレスや危険への対処）		
三菱重工業	Wakamaru	留守番・見守り・異常時の通報・健康管理（服薬・睡眠・食事）。多機能携帯電話が内臓。オーナーに問題が起きた場合、自動的に指定の連絡先に通報する仕組み。内臓のウェブカメラによって、医師・家族はいつでも様子を把握できる。また、音声認識ソフトウェアと備え付けの辞書をもとに、人間との会話も可能。男女いずれの声も出せる。薬の服用時間を教えたり、オーナーに変化や異常が起きたと判断した場合に医師を呼ぶプログラムもある。自身の生活リズムを持ち、バッテリーが減ると自分で充電する。充電中もコミュニケーションでき、365日一緒に生活できる。
三洋電機 株式会社 新コスモス電機 金沢工業大学 南戸研究室	家庭用ユーティリティ ロボット「番竜」	留守番ロボット、家の異常察知、子供への言伝、病人への声掛けや見守り、遠方からの家族団らんへの参加など。
看護・介護（ICF分類以外）		

日本ロジックマ シン	介護支援ロボット 「Regina レジーナ J II	患者・高齢者をベッドからお風呂に入れたり 車いすに移乗させる、介護者のための介護支 援ロボット。
日本ロジックマ シン	ホーム介護ロボット「百 合菜（ユリナ）」	レジーナ JII をベースに、特に木造住宅の床 や畳を配慮しつつ、機能面でホームロボット としてのさまざまな機能の向上を目指す。

※ほとんどのロボットは複数の項目に該当する。

表 4 国際生活機能分類によるロボットの研究開発状況 (海外)

国名	研究機関 企業名	名称	用途・特徴
コミュニケーション			
アメリカ	The George Washington University	The Handy Glove Translator	手話を通訳する(手話の指の動きだけでなく、表情に伴って上肢でよく行うジェスチャーや腕の動きも読み取る)
運動・移動			
アメリカ	Yobotics, Inc.,	the RoboWalker	歩行
アメリカ	DEKA	The iBot	車椅子での階段の昇降や平地でない地面での走行
アメリカ	Haptica Ltd	the Haptica smart walker	盲導犬的役割
セルフケア (健康管理、飲食、身体を洗う、排泄、更衣など)			
イギリス	Rehab Robotics 社	Handy1/Handy2	食事介助
ドイツ	University of Bremen	MANUS	ロボットアーム(PC制御:IBMの標準PCを使用)。人間の動きのデモをプログラミングすることで同じ動きを再現できる。車椅子に搭載の7軸+グリッパーのロボット。簡単な音声による操作が可能。
ドイツ	the Institute of Automation, University of Bremen	FRIEND (Manus)	MANUSと同様。音声操作ができる。
オランダ	Exact Dynamics	The Assistive Robot service Manipulator	飲食、食事や飲み物の準備、電子レンジ・コーヒーマーカーの操作、薬を持ってくる、痒い部分をかいてくれる、衛生面(髭剃り、歯磨き)、家事(皿洗い、掃除、植木の水遣り)、簡単なスイッチ操作、PCにディスクを挿入するなどの事務作業、遊び(本をめくる、チェスをする、絵を描く)、棚や床から物を取り上げる、ドアやクローゼットの開け閉め、屋外での活動(買い物、お酒を飲みに行く、図書館で本を借りる)、ことがこのARMで可能。
アメリカ	School of computer science	Flo	健康管理(薬)、ロボットについている画面で会話ができる(TV番組の照会など)。
アメリカ	a group of engineers at the Nutfield Orthopedic Center in	MAGPIE	飲食、ページをめくる、タイピング、その他必要に応じて対応できる。車椅子に搭載し、飲食

	Oxford		用にロボットアームにはスプーンがついている。
アメリカ	Mila Medical Company, California	M I L A	飲食のアシストロボット。スプーンとトレーが回転し、いろいろな位置の食べ物をすくって口へ運ぶ。頭や体のほかの部位で操作する。
アメリカ	Maddak Inc.	The Eatery feeding device	飲食のアシストロボット。首が不自由な患者さん以外使用できる。(脊髄損傷、手を失った人などは使用できない)。
家庭生活 (調理・その他の家事など)			
アメリカ	Kinetic Rehabilitation Instruments (KRI)	the Helping Hand	電動車椅子に搭載のロボットアーム、自由度5、PCが搭載されていないのでコスト的には下がっている。
イタリア	Scuola Superiore Sant' Anna, ARTS	GIVING-A-HAND system	物をとってきたり、運んだりする。
ドイツ	Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation (IPA)	Schraft (Care-o-Bot)	家事全般。物をとってきたり、運んだりする。簡単な食事を用意する。
イギリス	The Shadow Robot Company	The Smart Award Hand	物をとってきたり、運んだりする。お茶を入れる。
フランス	University Pierre & Marie Curie	ロボットアームを使用するときのマンマシーンインタフェース	the MANUS II arm robot (オランダ・ネザールランド) を基礎として研究。MANUS I と比べ、デザイン、ハードウェア、ソフトウェアの改良がなされている。利用しやすく、適応しやすいインタフェースの研究。
スウェーデン	The Graduate School for Human-Machine Interaction(HMI)	Fetch-and-Carry Robot (HOBen Knut)	小さなロボット。物を持ってきたり運んだりする。
主要な生活領域 (学校、仕事と雇用、経済生活)			
アメリカ	Advanced Rehabilitation Technologies	The Raptor	車椅子に取付けて使用するロボットアームで、日常生活動作を補助する。ジョイスティックやキーパッドなどの操作方法を選択できる。
アメリカ	The Applied Science and Engineering Laboratories	MUSIIC	言葉とジェスチャーによる操作ができるコントロールシステム。
一般的な課題と要求 (日課の遂行、ストレスや危険への対処)			
アメリカ	The University of Southern California	A Hands-Off Physical Therapy Assistance	自動物理療法アシスタントロボット。長時間に及ぶリハビリ