

人との共存環境を目指すロボット技術

Robot Technologies Aiming for Coexistence with Social Environment

松日楽 信人

小川 秀樹

■ MATSUHIRA Nobuto

■ OGAWA Hideki

2005年の愛知万博以降、サービスロボットの開発が一段と進み、各機関から実用化につながる開発の成果も少しずつ出てきた。また、ロボットの開発を加速するインフラとして、共通基盤技術、ネットワーク技術、及び環境側のインテリジェント化などの基礎がここ5年ででき上がってきた。公共の場での実証実験が行われることも多くなり、周囲環境からの外乱に左右されずに、よりロバストで確実に作業を行うことへ開発の視点が移りつつある。これと並行して、実用にあつての制度上の問題や安全性に関する議論も具体的に始まった。

東芝は、このような状況のなかで、人と共存する環境で動作するロボットの要素技術やシステム開発に取り組んでいる。

Since the exhibition of prototype robots at the Aichi Expo in 2005, service robots have been further developed and have gradually been realized as commercial products. The basic infrastructure for robot development has been established over the past five years, such as basic common technologies, network-robot technologies, and an intelligently structured environment for the acceleration of robot development. Due to the increasing number of field experiments in public areas, robots are required to have more reliability and robustness. Concrete discussions are also taking place on issues related to social systems and safety when robots are applied.

With these trends as a background, Toshiba has been developing robot technologies and systems with an emphasis on human safety and robustness toward the surrounding environment.

ロボットを取り巻く環境

最近の統計では2007年に初めて労働人口が減少し、2008年には65歳以上の高齢者の割合が22%を超え、2015年には4人に1人が高齢者となり、まさに少子高齢社会を迎える。これに加えて、労働力の減少により、自動化はますます重要となり、ロボット化のニーズも増えていくものと考えられる。流通や飲食業では深夜労働など労働力の確保が困難になっている。

本来これらの作業環境は、人の働く環境であり、必ずしもロボット用に整備されているわけではない。空間や時間で人とロボットの作業を分けることは可能であるが、環境条件まで変えられるわけではない。このためロボットには、環境変化の影響を受けずに目的動作を行うことや、対象物の取扱い範囲を広げるといった、よりロバストで確実に作業を実施できる技術が要求される。いわば、環境適応性に優れたロボット技術が求

められている。また、ロボット自身の要素技術の高度化に加えて、ネットワークを応用した技術により、環境側から提供される情報を利用することで、それらの課題にも対応できると考えられる。

2004年にロボット特集号⁽¹⁾をまとめたが、ここではその後の技術の進展について述べ、今後の方向性に関して見直す。特に、人と共存するロボットを実現するための安全技術と周囲環境に対しロバスト性を向上させるロボット技術を中心に述べる。

最近のロボット市場

(社)日本ロボット工業会(JARA: Japan Robot Association)の市場調査では2005年に6,565億円だった産業用ロボット生産額が、2007年には7,300億円と増加した。更に、2010年には産業用ロボットで約1兆円、非製造業用のサー

ビスロボットも市場が形成されると期待されている(ロボットの定義は**囲み記事参照**)。特に、産業用ロボットはディスプレイ産業の発展で市場が伸びた。また、困難と言われていたセル生産^(注1)へのロボット応用も少しずつ広がり始めている。

一方、RT(Robot Technology)応用の調査⁽²⁾や、これまで統計に含まれていなかった自動搬送機や関連ジグ、ソフトウェアを含めたロボット総合市場調査も2007年に実施され、先に挙げた生産実績額6,565億円に対して、2005年度で約1兆円という調査報告もある⁽³⁾。ロボット機器として取り扱う範囲が異なっているものの、ロボット化自体は着実に浸透しつつある。最近では、専用機器や自動機器は結局、ロボットの形態ととらえられ、国際競争力をつけるためにはロボット技術が重要と再度見直されている⁽⁴⁾。

(注1) ひとり、又は少数の作業者チームで製品を組み立てる生産方式で、多品種少量生産に向き、生産変動に対応しやすい。

ロボットの定義と安全性

■ロボットの定義

ロボットの定義はいろいろあるが、経済産業省ではロボット政策研究会で定めた、“センサ”、“知能・制御系”、及び“駆動系”の三つの技術要素があるものを“ロボット”と広く定義している。また、その要素技術をRTと称し、ロボット技術の普及を念頭においてより広い意味で用いている。

一方、総務省のプロジェクト“ネットワークロボット”では、ビジブル型、アンコンシャス型、及びバーチャル型の三つのタイプをロボットと定義しており、省庁の違いによる分類も興味深い。

市場性は後者のほうがより広いが、RT同様にどこまでをロボットとしてとらえるかで、その規模を示す数字は変わる。ここではリアリティのあるものとそれを支えるソフトウェアくらいまでをロボットとしたほうが実態を表していると考ええる。

更に経済産業省では、“次世代ロボット”に関して、人との共存作業まで含めた“次世代産業用ロボット”と、人と共存しつつサービスを提供する“サービスロボット”の二つを定義している。後者には、清掃、警備、福祉、生活支援、及びアミューズメン

トなどの用途が含まれる。

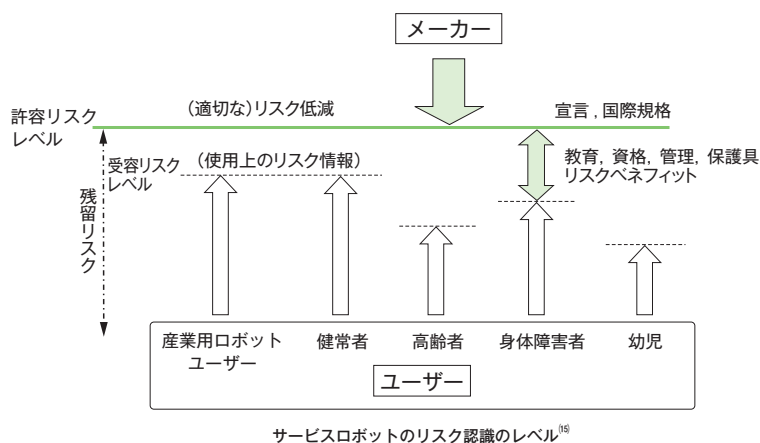
■サービスロボットの安全性

サービスロボットの応用分野では、人との距離が問題となってくる。JARAのサービスロボットの安全性に関する調査研究委員会では、次のように議論されている¹⁵⁾。

産業用ロボットのように使用環境や条件(ユーザーの特定)を限定することは難しく、図に示すように対象ユーザーごとの受容リスクレベルも異なる。メーカーが宣言した残留リスクのレベル(図では許容リスクレベル)と、個々の受容リスクレベルとの差は、メーカー若しくはユーザーが解消する

必要があり、そのための方策として次のことが考えられる。

- (1) 操作方法の教育と訓練(メーカーがユーザーに対して実施)
- (2) 資格や免許による使用者と操作範囲の限定(上記(1)の結果として)
- (3) 管理による使用者と操作範囲の限定(ユーザー側)
- (4) 保護具などの利用(ユーザー側)
- (5) 便益とのトレードオフ(ユーザーによるリスク緩和、場合によりメーカーとの契約)



国際ロボット連盟(IFR: International Federation of Robotics)の報告⁵⁾によると国際市場における日本のロボット生産台数は2007年で約40%と世界一であるが、ドイツや韓国も台数を伸ばしている。ドイツでは国際見本市AUTOMATICAにおいて日本以上の規模でロボットの展示が行われ盛況である。また、ドイツは食品応用分野へのロボット導入台数が世界一⁵⁾である。まだまだ多くの産業分野において、ロボットの応用先は拡大していくと考えられる。

一方、ロボットのロードマップ作成もここ数年継続して行われており、経済産業省のロードマップだけでなく、学会でもアカデミックロードマップとして更に長期のロードマップ作成を、(社)日本ロ

ボット学会、(社)人工知能学会、及び(社)日本人間工学会の3学会協力の下で実施した⁶⁾。企業からの参加も多く、ロボット技術に関する主なキーワードはほぼ出そろってきたと言える。

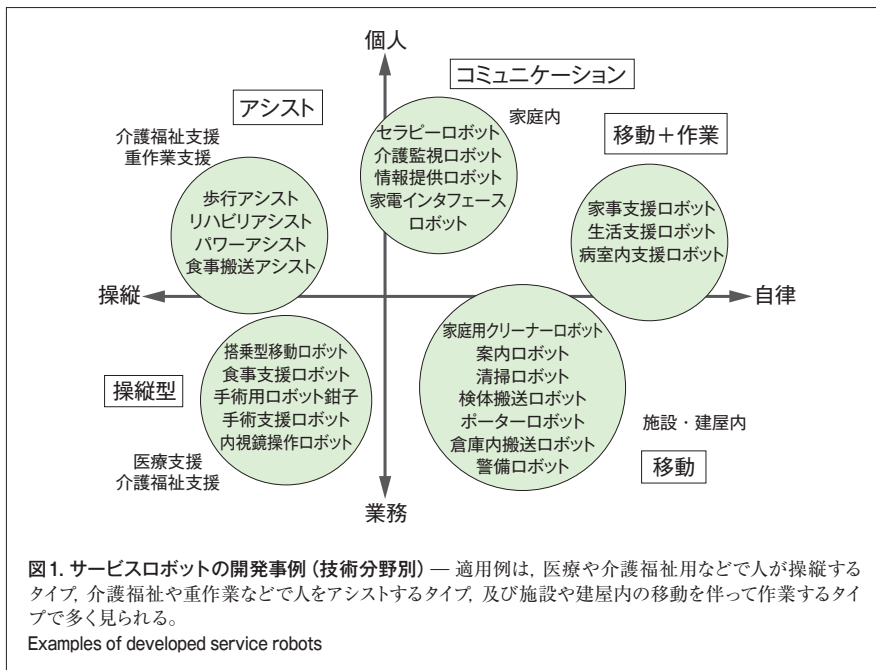
■サービス分野への展開

サービス分野では、2005年の愛知万博でたくさんのプロトタイプが開発され、現在ではその成果が見られるようになってきた。ここ数年のサービスロボットの開発事例を技術分野別にまとめた(図1)。事例の特徴としては、人が操縦する、あるいは人をアシストするタイプと、移動を伴って作業するタイプが多く見られる。

プロフェッショナルユース(業務用)と

しての清掃ロボットや搬送ロボットへの応用が顕著である。しかし、まだこれらは市場を形成するには至っていないが、少しずつサービス分野への実用化は始まっている。

一方、パーソナルユース(個人用)に関しては、安全性やコストの問題などがあり、なかなか実用化が進んでいないが、その研究開発は活発である。このほか、自動車メーカーでもカー・ロボティクス⁷⁾、歩行アシスト、パワーアシストなど多方面にわたって研究開発が進んできたことも大きな特徴である。愛知万博を契機としてサービスロボットは、自動車産業も含め幅広く実現に向けて技術開発に取り組まれるようになった。



■ロボットのネットワーク利用

2001年のJARAの調査から、ロボットをロボット技術を活用したシステムとして広くとらえ、その技術の総称をRTと呼ぶようになった⁽⁸⁾。その後、IT (Information Technology) を利用してネットワークを活用したロボットの開発が増えた。従来ロボット分野では、ネットワークロボティクスや通信回線を利用したテレロボティクスが中心であった⁽⁹⁾。しかし、ここにきてネットワーク技術との融合が進み、ネットワーク系の開発者が増えたことで、サービスをするためのネットワーク利用という位置づけがはっきりした。これは、今までのロボット開発者だけの議論よりずっと実用的な議論が進んだ結果と言える。ただし、ロボットは実体となるハードウェアが中心であるため、実際のサービスをこなせるだけのハードウェアや知識がいまだ十分でなく、実現には至っていない。このため、運動として人とインタラクション(相互作用)を伴わない情報系のインタフェースロボットについては、非常に可能性を広げたと考えられる。この場合、ハードウェアは単純なものでもよく、むしろ、これを使って何をするか、インターネットの出口のようなものであるから、いろいろなアイデア

が考えられる。

また、サービスが共通の枠組みで利用できるようなになれば用途も広がることからRSi (Robot Service Initiative)⁽¹⁰⁾といった活動も進んでいる。方向性として、今後はサービスコンテンツそのものの開発に発展していくことが考えられる。

これに対して実環境下での物理的なインタラクションを伴う作業に関しては、安全性の議論とともに、確実に作業を行うための実証実験に注力されている。これに合わせて、ソフトウェアの共通化、モジュール化、あるいはハードウェアのプラットフォーム化も進んでいる。

■共存型ロボット実現への取組み

人と共存する環境でのロボットを実現するための標準化活動と、既に開発されているいくつかのロボット事例及び適用指針について述べる。

■標準化活動の現状

各種仕様の標準化や共通化に関して国やコンソーシアムで活動が進んでおり、東芝も将来の市場を考えながら各活動に協力している。

実用化を促進するために、経済産業省及びロボットビジネス推進協議会では、サービスロボットの安全性ガイドラインやロボットのエレベーターへの搭乗に関する検討、保険の問題などについて議論が進んでいる⁽¹¹⁾。ロボットの応用が増えればより現実味を帯びてくものと考えられる。

また、総務省のネットワークロボットでは異種ロボット間のネットワーク化やサービス提供の仕組みが作られた⁽¹²⁾。内閣府でも次世代ロボットに向けた共通プラットフォーム技術の研究開発に取り組み、開発環境や実験環境の構築、及び公開が進んだ⁽¹³⁾。現在、経済産業省のRTミドルウェア(RTM)のプロジェクト成果が基になり、ソフトウェアでは共通化及び標準化の活動が盛んになった。まだまだ課題はあるが、RTMを使うことで、ソフトウェアの共通化が可能となり始めている。

更に、これらの活動は連携して、国際標準化団体OMG (Object Management Group)へ規格化を働きかけるなど活動を進めている。その結果、RTMの仕様については、既にOMGで標準仕様として認定された⁽¹⁴⁾。国際的には米国のほか、クリーナーロボットで市場ができつつある韓国が積極的に働きかけている。

このほかでは、RSiでもサービスロボットのための標準プロトコルを公開している。最終的には実用可能なロボットが実現されなければ意味がないが、産業用ロボットで影響力の強いISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構)に関しては、その動向に注意が必要である。

現在、ISOでは、サービスロボットに対しRobots in Personal Careとして、ISO/TC184/SC2P2で議論がされており、日本ではJARAを中心に対応している。現状では、産業用ロボットの安全に関する項目(モータ出力、動作速度など)がベースとなってサービスロボットへの適用が議論されている⁽¹⁵⁾。

更に経済産業省では、次世代ロボット

の知能化技術開発としてソフトウェアのモジュール化をより強く推進している¹⁶⁾。既にコンポーネントレベルではその効果が出ており、センサやアクチュエータがRTM準拠でコンポーネント化されたり、ロボットメーカーがRTMでシステム構築を始めている¹⁷⁾。ロボットメーカーに限らず、ロボットを作ることが容易になることで、市場の創出も現実味が増したと言える。

また、科学雑誌にホームロボットが以前のパソコンと同様に大きく広がるとの特集記事が生まれ、実際にロボット開発用ソフトウェアが公開された¹⁸⁾ことで、一般にも一時期話題となった。ただし、開発用ソフトウェアに普及性があるとしてもロボットはハードウェアがメインであるため、ハードウェアのモジュール化とソフトウェア開発の対応がしっかり取れていなければ、ロボットの開発はたやすくなるものではない。

■サービスロボットの事例と適用指針

次に、実際に人との共存環境で実用化されているロボットについて述べる。手術支援ロボットの中には、日本では認可されていないが、外国では認可され数百台が稼働しているものもある。人手ではできないような微細手術が可能であることや、外科医の負担軽減となることからロボット化のメリットは大きい。更に、ロボットの動作データが取れることから逆に安全性向上の技術にもなることは興味深い。放射線治療ロボットや人工関節置換手術用ロボットなど、精密性を追求した結果として専用器具に代わりロボットアームが適用されている事例もある。また、CT (Computed Tomography: コンピュータ断層撮影) 検査用にロボットアームを使って、検査機器とベッドを相対的に位置決めする装置も開発されている。

日本でも様々な人が行き交う病院の中を自律移動するロボットが数年間稼働している実績がある。更に、ドイツでは大型産業用ロボットを適用したエンター

テイメント遊具が実用化されている。外国では安全に対する考え方が日本と異なり、一定の条件さえ整えばすぐに導入される例とも言える。家庭用クリーナーロボットはヨーロッパや米国ではそれほど普及していないが、韓国では市場を作り出している。病院や施設で用いられているセラピーロボットも着実に効果に対する理解が定着しつつある。また、食事支援ロボットはこれまで自力で食事ができなかった人に受け入れられ、補助金制度の適用対象となったことで、更に普及している。

当社でも、手術支援用ロボット鉗子(かんし)の開発を行い¹⁹⁾、最終的に3mm径のものまで実現でき、外科の先生がたから高い評価を得ている。現在は専業メーカーに移管し製品化中である。ロボット情報家電のプラットフォームとして開発したApriAlpha™は、高齢者を対象として機能を特化したApriPoco™の開発へと引き継がれている²⁰⁾。技術レベルに見合ったコストや機能などのトレードオフが、実用化には必要である。

これらの事例からわかるように、すぐに大きな市場になるのは難しいと思われるが、それぞれサービスの内容をよく分析し、必要となる技術を開発し適用していくことが重要である。

一般に、人と共存する環境として生活分野を対象としているサービスロボット

では、作業が人との競合となるため、人と同じようなことができて実用化は困難である。逆に、人ができないことや、人がやりたくないこと、ないと困ることを目指す必要がある。すなわち、一連のサービス過程において、先に挙げたロボットならではの作業が含まれるようなビジネスモデルが望まれている。このことは、実用化されている例を見てもわかるとおりである。

これまでの適用例を整理すると、これから注力すべき分野は次のように考えられる。

- (1) 産業用ロボットでこれまで自動化ができていない分野
- (2) バックヤードなど人との直接的な接触が少ない分野
- (3) 不特定多数の人が扱うのではなく、専門性のある人が扱う分野
- (4) すべて自律的にロボットが判断するのではなく、最終判断は人ができる分野

また必要な技術としては、本質安全の設計技術と人がそばにいる際に安全を確保する技術がもっとも重要であると考える。

共存環境に向けた要素技術

人と共存する環境でロボットに要求される機能や性能は多様であり、必要とな

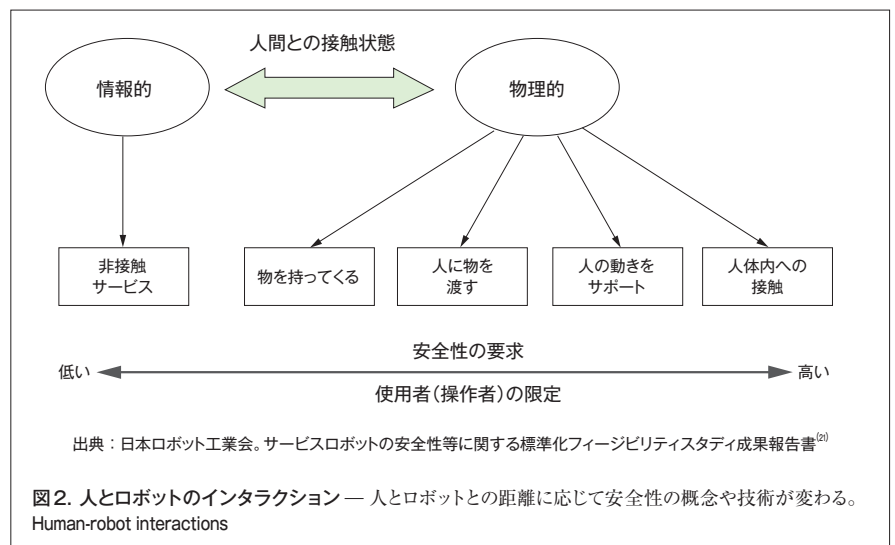


図2. 人とロボットのインタラクション — 人とロボットとの距離に応じて安全性の概念や技術が変わる。
Human-robot interactions

る要素技術も多岐にわたる。例えば、人とロボットとの距離を例にとっても、図2に示すような様々な動作が発生し、距離に応じた技術開発が必要となる²⁰⁾。以下では、人と共存する環境で特徴的となるロボットの要素技術の概要を述べる。

■環境知識利用技術

環境情報構造化と呼ばれる技術が注目されている²²⁾。これは、環境側にカメラやRFID (Radio Frequency Identification) タグを置き、ロボットの位置を計測したり、対象物に関する情報やロボットがいる場所の情報を持たせることで、ロボットが容易に自分の位置を認識し、対象物の取扱い方法や、ロボットの大局的な位置を把握することが可能になる技術である。すべてをロボットが処理する必要はなく、環境側と分担することで、環境や対象物の認識率を向上させ、確実性とロバスト性を高めるための仕組みと言える。

■ヒューマンインタフェース技術

セキュリティ機器などに対して画像認識や音声認識などは高認識率が要求される。ロボットにとっても同様であるが、視聴覚による認識率を要求どおり高めるのは容易ではない。このためロボット視覚だけでなく、ロボット聴覚の研究も最近盛んである。

また、ロボット特有の親和性を基に人とのインタフェースや認識率に対するアプローチも取られている。このようなコンセプトで開発したApriPoco™を用いた実験²³⁾では、認識プロセスにおいてすぐに結果を求める若者よりも、対話性を重視する高齢者のほうが誤認識しても好印象を与えるという結果が得られている。

■移動制御技術

人と共存する環境では、ロボット専用の工夫をすることはあまり許されない。環境にあるものをそのままランドマークとして利用する画像処理の技術や、運動制御と合わせてSLAM (Simultaneous

Localization and Mapping) と呼ばれる環境内での自己位置推定と地図生成を同時に行う技術が望まれている。

また、距離変化や回転に対して影響を受けにくいSIFT (Scale Invariant Feature Transform) と呼ぶ特徴量²⁴⁾を使った画像マッチング技術を利用した研究も増えている。これまでのように近接センサによる下位運動系での障害物回避だけでなく、画像ベースの運動制御により、大局的かつ戦略的な運動が可能になる。安価で高性能な距離センサLRF (Laser Range Finder) が開発されたことで、一気に応用研究が増えた。移動ロボットに対して、全方位カメラと小型LRFの開発は障害物回避など走行時の安全に大きく寄与している。

■アーム制御技術

ロボットアームは、必ずしも人のそばで動く必要はないが、従業員などと共存する環境や、資格を持った人が操作する場合には、万一、人に触れたり、周囲の環境に障害を与えないように接触力を制御する必要がある。ドイツでは、自動可搬質量比1:1という軽量アームで衝突力制御を行い、実際に十分な実験の後、人に衝突させて検証している。安全の評価に自動車の衝突安全を例にとって開発をしているところも増えている。

更に、安全性に関しては制御だけではなく、材料や軽量化機構設計、センシングなど、多重な検討が必要である。手術支援ロボットでは、接触部の慣性を小さくし、更にある接触力以上で動作するクラッチ機構も採用されている。また、ワイヤ駆動でしなやかな動作が可能な軽量アームも実用化されている。機械的コンプライアンスと制御を組み合わせ、共存型ロボットも研究用に販売されている。今後いっそう、センサ、機構、及び制御の最適化が求められる。

■画像・センシング技術

安全性を考慮した場合、人も含めて対象物との近接覚、触覚、力覚の取込

み、及び視覚による距離情報の取込みは必須である。これまでのようなアーム単体のインピーダンス制御だけでなく、いかに早く周囲の状況を検知し、それに応じた動作ができるかがロボットの性能を左右する。

移動ロボットは全方向カメラを使い、周囲の状況を把握したり、ステレオ視で距離や特徴がリアルタイムに検出できるようになった。SIFT技術が進み、かなりロバストに特定の対象物もトラッキングできる。逆に、画像から対象物そのものを特定する認識技術はまだ困難であるが、物の形状の切出しまでは可能になっている。

一方、ハンドリング動作において、多様なものを把持するには視覚だけでは確実性が低下する。このため、すばやい動作の実現には動的に把持状態をセンシングし、ダイナミックに制御する技術が要求される。当社でも2mm角ピッチの触覚センサを用いたハンドリング技術を開発している²⁴⁾。

■行動計画技術

動作プログラムに従って作業をこなす、ある程度の誤差に関してはセンサで修正するのが現在の産業用ロボットである。人と共存する環境下では、事前準備がされておらず、環境条件の微妙な違いや、環境内対象物の動的な変化、人と作用する場合の手順の変更などが生じる。ある程度の範囲で、これらの変化に自律的に対応することができなければ、作業がスムーズに実行できずロボット化は困難である。

ただし、最終的には人が指示したり、判断することができるような仕組みも必要となる。自律ですべての作業を行うよりも、むしろ、人の判断を取り込めるアーキテクチャが望ましい。これを実現するにはリアルタイムに行動計画を策定する技術が必要になる。

以上、述べたように人との共存環境への応用に際しては、必ずしもすべての要素技術がシステムインテグレーション

される必要はないが、ロバスト性を高めるには、複数の要素技術のインテグレーションが一つの解であると考えている。この特集はそのような観点で、当社における要素技術及びシステムへの取組みについて述べる。

次世代ロボットの実現に向けて

人との共存環境でのロボット応用は今後、着実に進むと考えられる。安全性の技術の確立と、これとあいまって社会的な制度の問題もある。

また、実用化には、ビジネスモデルとともに、RTとしての事業化も目指すべきである。特に事業化に関しては、様々な異業種異分野との融合により、いろいろな視点でとらえていく必要がある。これまで実現できなかった産業分野への応用や、施設や公共分野での応用実績から家庭への導入、そしてサービスロボットの技術が産業用ロボットでの応用へと循環していくようになれば、次世代ロボットの実用化も回り出したと言えるだろう。

今後、周囲の環境変化に対してロバスト性の高いロボット技術を開発していくことで、ロボットの実社会への応用を目指していきたい。

文献

(1) 松日楽 信人, ほか. 先端技術をリードするホームロボットの開発動向. 東芝レビュー. 59, 9, 2004, p.2-8.

(2) 日本ロボット工業会. RT (ロボットテクノロジー) による産業波及効果と市場分析. 機械工業経済研究報告書. H19-6-2A, 2008-03, 195p.

(3) 総合科学技術会議 科学技術連携施策群 次世代ロボット連携群, ロボット総合市場調査報告書 (2005年度実績), 2007, 70p.

(4) 特集: ロボットで反撃する日本工場. 日経ものづくり. 2008年5月号, p.50-85.

(5) Litzenberger, G. World robotics statistics and forecasts. IEEE-IFR Joint Industry Forum Robotics and Automation. Rome, 2007-04, IEEE and IFR.

(6) 経済産業省. 平成19年度技術戦略マップローリング事業, ロボット分野に関するアカデミック・ロードマップ報告書. <http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijyutsu_kakushin/kenkyu_kaihatsu/19fy-pj/19fypj.html>, (参照 2008-11-11).

(7) 永井正夫, ほか. オーガナイズ・セッション 1B2: カー・ロボティクス. 第26回日本ロボット学会学術講演会予稿集. 神戸, 2008-09, 日本ロボット学会.

(8) 日本機械工業連合会; 日本ロボット工業会. 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. 2001-05, 298p.

(9) 特集: テレロボティクスからネットワークロボティクスへ. 日本ロボット学会誌. 17, 4, 1999, p.1-33.

(10) 神田真司, ほか. オーガナイズ・セッション 3A1: ロボットサービスイニシアティブ (RSi) によるサービス. 第25回日本ロボット学会学術講演会予稿集. 千葉, 2007-09, 日本ロボット学会.

(11) 経済産業省製造産業局産業機械課. 経済産業省のロボット政策とサービスロボット市場創出支援事業. 日本ロボット工業会機関誌 ロボット. 183, 2008-07, p.2-9.

(12) 萩田紀博, ほか. ネットワークロボットと環境情報構造化. 日本ロボット学会誌. 25, 4, 2007, p.509-513.

(13) 佐藤知正, ほか. 次世代ロボット共通プラットフォーム技術の進展. 日本ロボット学会誌. 26, 5, 2008, p.394-398.

(14) 神徳徹雄, ほか. "RTミドルウェア標準化活動への誘い". ロボティクス・メカトロニクス講演会2008予稿集. 長野, 2008-06, 日本機械学会. 1P1-E23.

(15) 日本機械工業連合会; 日本ロボット工業会. サービスロボット運用時の安全確保のためのガイドライン策定に関する調査研究報告書. 2008-03, 69p.

(16) 佐藤知正, ほか. "次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト". 第26回日本ロボット学会学術講演会予稿集. 神戸, 2008-09, 日本ロボット学会. RSJ2008AC1F1-01.

(17) 産総研 (OpenRTM-aist project team, AIST). "OpenRTM-aist Official Web Site". <http://www.is.aist.go.jp/rt/OpenRTM-aist/html/index.html>. (accessed 2008-11-11).

(18) Gates, B. A Robot in Every Home. SCIENTIFIC AMERICAN. 2007-01, p.44-51.

(19) 富岡 慶, ほか. 人間工学を応用したロボット

鉗子新型操作部の開発. 東芝レビュー. 60, 8, 2005, p.36-39.

(20) 山本大介, ほか. "ユーザの音声指示を覚えるインタフェース-卓上インタフェースロボットへの適用". 情報処理学会第70回全国大会2D-3. つくば, 2008-03, 情報処理学会. p.2-67-2-68.

(21) サービスロボットの安全性等に関する標準化フェーズビリティスタディ成果報告書. 日本ロボット工業会. 2006-03, 62p.

(22) 森 武俊, ほか. 特集: 環境知能化. 日本ロボット学会誌. 25, 4, 2007, p.485-533.

(23) Lowe, D.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. International Journal of Computer Vision. 60, 2, 2004, p.91-110.

(24) 菅原 淳, ほか. "指先全周囲に装着した高感度触覚センサと画像処理を使った物体ハンドリング". 第8回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会SI2007予稿集. 広島, 2007-12, 計測自動制御学会. p.693-694.



松日楽 信人

MATSUHIRA Nobuto, D.Eng.

研究開発センター 機械・システムラボラトリー 技監, 博士(工学). 各種ロボットシステムの研究・開発に従事. 日本機械学会 (フェロー), 計測自動制御学会, 日本ロボット学会会員.

Mechanical Systems Lab.



小川 秀樹

OGAWA Hideki

研究開発センター 機械・システムラボラトリー 主任研究員. ロボットシステムの研究・開発に従事. 日本機械学会, 日本ロボット学会会員.

Mechanical Systems Lab.