

## 調査・研究報告書の要約

書名	平成22年度農業用ロボット等の技術ロードマップ構築に向けた調査研究報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・財団法人 製造科学技術センター				
発行年月	平成23年3月	頁数	315頁	判型	A4

## [目次]

序

はしがき

委員名簿

Summary

## 目次

## 第1章 諸論

- 1.1 成長戦略と第4期科学技術基本計画
- 1.2 ロボット技術と社会実装
- 1.3 ロボットの社会実装戦略
- 1.4 ロボットの実用化を阻む諸問題

## 第2章 ロボットの社会実装

- 2.1 ロボットの社会実装概要
- 2.2 ロボットの社会実装各論
- 2.3 2章のまとめ

## 第3章 社会ニーズに基づくロボット課題分野と技術

- 3.1 ライフ&グリーンイノベーションロボットの課題分野
- 3.2 ライフ&グリーンイノベーションロボット技術
- 3.3 ニーズ分野に基づく今後のライフ&グリーンイノベーションロボット技術開発

## 第4章 結論

### 4.1 まとめ

### 4.2 成果

#### [要約]

本報告は、ライフ&グリーンイノベーションロボットについて、その実用化、産業化の観点から調査研究した結果をとりまとめたものである。第1章では、我が国の成長戦略、第4期科学技術基本計画に提示されているライフ&グリーンイノベーションロボットを概観し、本調査研究のドメインを明確にした。ロボットの実用化においては、実現したロボットを社会に組み込んで持続性のある運用をしてみることで、これを育てることが重要である。本調査研究では、このような観点から、報告書の第2章を、ロボットの社会実装とし、社会実装にあたって考えねばならないこと、その実際例を提示した。第3章は、そのような社会実装すべきロボットの課題分野と、解決デザイン、それに求められる機能と要素、そしてその実現技術を示した。第4章はまとめで、課題領域において、ロボットを社会実装してみせ、これを持続的に利用することを通じて育て上げてゆける持続性のあるロボット活用コミュニティによる社会実装プロジェクトを新しく立ち上げることの提案と、具体的プロジェクトとその研究体制としての日本総合ロボット研究所を提案して、その結論としている。

## 第1章 緒論

本調査では今後の科学技術政策の課題であるライフ&グリーンイノベーションを実現するロボットテクノロジー (RT : Robot Technology)、ないしはロボットに焦点を当て、その実用化を系統だって推進するための戦略と戦術に関する調査を行った。本調査研究は、これまで実施されてきた技術の中核とした調査研究とは異なり、RT を社会に実装する側面を中心に、現場をふまえた意見と、これまでに蓄積された議論をふまえた意見に委員会形式による議論をつみ重ねることで、ロボットの実用化を阻んでいる課題を浮き彫りにして、それらに対抗できる方策を探った。

### 1.1 成長戦略と第4期科学技術基本計画

平成21年12月に閣議決定された成長戦略の詳細版として平成22年6月に出された新成長戦略～「元気な日本」復活のシナリオ～におけるライフ&グリーンイノベーションロボット分野を整理した。

## 1.2 ロボット技術と社会実装

ロボットおよびロボット技術の成果をいかに社会で活用していくかというシーズ側からの発想にとどまらず、社会の発展のためにロボット技術がどのように使えるのかというニーズ側からの視点、それも真の需要者を取り込んだ社会サービスとして実装していくという視点を示す。

## 1.3 ロボットの社会実装戦略

政府、総合科学技術会議の動向をふまえてライフ&グリーンイノベーションロボットの研究開発にとりくむ上で不可欠な連携戦略となるバリューチェーンアプローチとロボットソリューションアプローチを示す。

## 1.4 ロボットの実用化を阻む諸問題

本調査の根底にある問題意識は、なぜロボットの研究開発は盛んなのに、その成果がほとんど実用化されない、産業化されないのかという点にある。単に技術だけの問題ではなく、社会的な視点を持つことが重要である。つまりロボットおよびロボット技術の成果をいかに社会で活用していくかというシーズ側からの発想にとどまらず、社会の発展のためにロボット技術がどのように使えるのかというニーズ側からの視点、それも真の需要者を取り込んだ社会サービスとして実装していくという発想が必要である。ロボットの実用化を阻む諸問題について、生活支援ロボットを対象として検討を行った。それらは次のようなものである。

貧鉦問題：製品が市場を獲得し産業として続いて行けるためにはある程度の市場規模が必要である。生活支援ロボットは多種多様なロボットが必要とされるが、そのどれもが市場規模としては小さいため大量生産のメリットがなく、大企業が手を出しにくい。

パトロン不在問題：一つの技術が社会イノベーションをなしとげるためには、その技術の守り手（パトロン）が不可欠である。生活支援ロボットのユーザパトロンとして相応しいのは福祉の現場をもつ地方自治体であろうが、問題なのは、自動車会社と異なり市の福祉課は、“研究開発のためのお金および口出しのための知恵”を潤沢には持ち合わせていなかったり、現場対応にもてる時間と手間と資金をとられてしまっていることが多いことである。

ロボットプロジェクト設定の困難問題：シーズオリエンティッドプロジェクト、ミッションオリエンテッドプロジェクト、ユーザ巻き込みプロジェクトなど様々なロボットプロジェクトが、これまでに組み込まれてきたが、サービスロボットは、まだ実用化レベルに達したプロジェクトは存在しない。シーズオリエンティッドプロジェクトでは研究者の興味本位のものに偏り、実社会のニーズを満たすものにならない。ミッションオリエンテッドプロジェクトプロジェクトの場合、アポロ計画のように目標が明確かつ具体的でないとならぬ効果がない。”2015年までに福祉ロボットを実用化せよ”という目標ではどのようなロボットをつくればよいのかということすら明確にならない。

これらロボットの実用化を阻む問題点に対抗しつつ、社会実装を視野にいれつつライフ&グリーンイノベーションロボットの研究開発にとりくむ際に不可欠な連携戦略として、バリューチェーンアプローチとロボットソリューションアプローチに注目した。

バリューチェーンアプローチは、具体的な RT システムの社会実装にかかわるすべてのステークホルダーが何らかの価値創造を行えることを要求するものである。ライフ、グリーンイノベーションロボットの実用化、社会実装の推進には、地方自治体、ボランティアや NPO、中小企業、大企業、金融機関や商社、大学や国内外の研究機関、そして国が連携した総合展開が求められる。地方自治体は、ライフ関連つまり介護や福祉、そして市民生活関連では、その税金執行をふくめた現業領域であり、グリーン関連では、原発やエネルギーを消費する市民生活に最終的に責任をもつ業務領域である。最終的に地方自治体が参画しない活動は、社会的に認知、持続しない。また、人によっておかれた状況が多様な高齢者や市民に、きめ細かく広く対応するためには、病院や施設のみならず、ボランティアや NPO による活動支援が不可欠である。ボランティアや NPO の多様なサービスは、ベンチャーや地域の中小企業の支えにより強化され、そのサービスインフラ（例えば、高齢者データベース、クラウド環境やロボットのハードウェアおよびソフトウェアプラットフォーム）は大企業しか提供しえない。ロボットサービスを社会で機能させ広める際には、これまでになかったビジネスモデルが求められており、金融や流通セクタの果たす役割は大きい。法律や社会制度の改変も含めた強力な戦略的取り組みは、地方および国のイニシアティブ無しにありえない。大学や研究機関の技術のみならず、長期的展望に立った社会のありかたをふくめたエビデンスベーストな提案（グランドデザイン）とそれに基づいた地域との共創知が、社会との連携を視野にいれた新しい科学技術分野を創る。

ロボットソリューションアプローチは、人が生きることの全体像をふまえて、市民の生活の理想的なありかたを出発点とし、その実現に必要な様々な生活機能をシンセサイズして

ゆく（構成してゆく）という視点で技術の導入を行うものである。生活機能とは、人が生きる時に必要とする機能のことである。生活機能という概念は、21世紀初頭にWHOが出したICF(International Classification of Functioning 国際生活機能分類)の根底をなす概念であり、ICFにおいては、人の生きる機能である心身機能・構造、活動機能、そして参加機能に関して、そこに含まれるキーワードを、人が生きることの全体像を表現する共通言語として、網羅、分類して提示している、介護、福祉ロボット考える時に、高齢化によって欠如した機能を補うという視点ではなく、これらの人のもつ生きるための働き（Function）を機能させる（Functioning）という方向性が、その知見の完備性、市場の広がりを考えるうえで、重要である。具体的にいうと、心身機能・構造については、これまで医工連携の立場から追求されており、活動機能については、介護の観点から追求されてきた。これらを、不足した機能を補うという観点ではなく、生きるための機能化というポジティブな視点からの取り組みが、これからのロボティクスで求められる。さらに、参加機能に関しては、家族の崩壊が声高に叫ばれ、高齢者の社会参加の重要性が強く認識されている状況を踏まえての方向性と取り組みが、強く要請されている。

その一方で、生活機能を支えるインフラ分野においても、エネルギーや、環境問題を解決するソリューションとしてのロボットが重要となる。単にロボットを導入したら事足りりとするのではなく、ソリューションとしてのロボット技術の利用を目指すべきである。

## 第2章 ロボットの社会実装

本章では、ライフ&グリーンイノベーション RT（ロボット技術）の社会実装をやや詳細に論じている。

### 2.1 ロボットの社会実装概要

RTの社会実装が進んでいない理由のひとつに、人々がRT導入の姿を誤解していることがあげられる。単体のロボットが、自動車のように移動機能が実現されていれば、すぐにでも使われるという誤解である。ロボットに求められる機能は、後述するように社会基盤的であるし、仮に、特定の機能が求められる場合にも、経済合理性からロボット以外の代替手段のほうが有効であるという誤解につながりRT導入の妨げとなっている。既存のロボットに拘らず、産業や社会のシステムレベルで解決すべき課題を見据え、人とロボットの役割をきちんと考え、そこにRTがどのように使えるか社会変革とインテグレーションの発想が必要である。「ロボットが単にある機能を持った生活・社会を構成する部品」というだけでなく「ロボットが人間の基本的な機能を人間と協調・協働しながら担う存在と

して、人間を中心に組み立てられている従来の社会システムを置き換える基盤」であることを認識することが重要である。

これは産業化ロボットのサービス分野展開に重要な視点である。サービスプロセスのロボット化を機に従来と全く異なる新たなサービスプロセスに切り替えていくというアプローチが必要である。しかしサービス提供者側とロボット／RT 提供者側のビジネスモデルは全く異なっていることから、既存機器のロボット化と異なりかなり困難である。RT システムプロデューサーと呼ぶプレーヤが中核となってロボット化による新たな製品／サービス事業を興すようなことが求められる。RT システムプロデューサーは、対象となるサービス事業領域の知識と RT に関わる知識を持ち、それらを組み合わせた新たなサービスイノベーションによるビジネスモデルを構築できる企業／人材である。

社会システムにまで及ぶためには地域や自治体を巻き込んだ活動が RT の社会実装には必須である。1999 年から始まった最初の次世代ロボット産業化ブームの中で 2002 年に福岡市、大阪市といった大都市が次世代ロボット産業化に向けた施策展開を開始している。つづいて、北九州市、福岡県、神戸市、神奈川県、川崎市、岐阜県などが産業化に乗り出し、その後、富山県、つくば市、青梅市などもロボット産業創出を試みてきている。第 2 章にはこれらの詳細が紹介されている。

必ずしもこれらの事例のすべてが順調というわけではないが、これらの事例における経緯から得られることとして、地域におけるロボット／RT の社会実装のプロセスは以下のプロセスが望ましいと考えられる。

- ① 地域の強みを活かしたゴールイメージ（ターゲット）の策定、提示、共有
- ② ゴール達成のための戦略（仕組みとアプローチ）の立案
- ③ 首長のコミットと重要な行政施策としての位置づけ（予算化）
- ④ ゴール実現に関わる分野ごとの有力なプレーヤの発掘と巻き込み
- ⑤ 方向性に沿った新ビジネス創出の人材とベンチャー支援の仕組みの構築
- ⑥ 方向性に沿った連携構築の仕組みの構築
- ⑦ 実現に向けた法規制の見直しと特区活用による実証試験の推進
- ⑧ 市民（潜在ユーザー）に対する受容性向上と仮説検証

そして地域がロボット／RT の社会実装と産業化を成功させるために改善し、変えていかなければならないポイントとして以下のようなものがある。

- ① アーキテクトの役割の人材
- ② ロボット／RT の活用による新産業の重要性が認識されており、地域としてのゴール

イメージあるいはドメイン、戦略的なアプローチの検討が行われているか

- ③ 地域の首長がコミットしているか。有力なプレーヤーがそろっているか。またそれぞれがそれぞれの専門の立場で対等に参画しているか。それらの専門家が研究者やモノづくり企業に偏っていないか。
- ④ ビジネスモデルがイメージされているか
- ⑤ 法規制の強化／解除、導入助成や調達など社会的な受け入れ体制づくりに自治体側が取り組んでいるか

RT と社会の係りについて、より根源的なレベルからの議論も必要である。本報告ではこれを社会システムデザインと社会システム構築プロセスとして考察を行った。

社会システムとは、「消費者あるいは生活者に対して価値提供をする体系的仕組み」を指し、その基本的性格は縦割りに構成されている既存産業、およびそれに関わる既存省庁に横串を通したものである。代表的なものには、国防システム、金融システム、医療システム、教育システム、観光システム、交通システム、住宅供給システム、訴訟システム、産業廃棄物処理システムといったものがある。社会システムデザインとは、バラバラの性能要素とそれに応えるバラバラの構成要素を、全体と部分とがつじつまが合うようにまとめて価値提供の仕組みを構築することをいう。生活者の価値観の大きな変化、社会のインフラとなる技術の変化、規制緩和などにより社会システムの変革が必要とされ、またそれが動き出すことがある。

この社会システムのデザインのアプローチを特に高齢化対応の社会システムや低炭素社会システムといった日本が先頭を切って直面し、今後世界中の国々がその課題を抱えることになるテーマに対して、現在の対処療法的な課題解決のアプローチに対して、十分な説得力を持つ形で適用していく必要がある。

さらに、社会システムデザインを推進するためには、特に経済的合理性の評価の方法論を見直し、ボランタリー経済の金銭経済価値評価も重要となるのではないかと考えられる。ボランタリーな活動によって支えられるサービスにかかるコストがいくらで、それがどのくらいの経済的価値を生んでいるのかといったボランタリー経済の金銭経済価値の評価を正しく行い、客観性をもって RT 導入判断の指標とすべきである。上記のような社会システムデザインは、日本では具体的な事例さえ非常に少ないと考えられるため、こうしたアプローチを指向している海外の国との連携により、その方法論や推進のヒントを得たり、社会的課題ごとに共同で検討することも必要であろう。例えば、高齢化対応社会システムといったテーマに関しては介護ロボットの導入で先進的取り組みを進めているデンマーク

と連携するといったことが考えられる。

これまで述べてきたことを踏まえ、ロボットの社会実装とそれに伴う産業化を促進する具体的方策として以下のようなものが有効と思われる。

- (1) 社会システムデザイン推進機構の設置
- (2) 総合特区等活用による社会制度等の変革の下での、あるいは先進的社会制度の国家との連携を活用した新たな社会システム実証の推進
- (3) オールジャパン・ロボット／RT コミュニティシステム構築会社（日本ロボット事業推進機構）の設置
- (4) 社会実装に伴う産業化のための戦略的アプローチを指向
- (5) アーキテクト（社会システムデザイナー／ビジネスアーキテクト）の育成

## 2.2 ロボットの社会実装各論

ロボットの社会実装を実施している自治体と、メーカ・企業、医療福祉機関の取り組み事例を述べる。

関西次世代ロボット推進会議による都市再生プロジェクト、デンマークの試み、パナソニックの試み、岐阜県の試み、つくば市の試み、役に立つサービスロボット、セラピー用ロボット・パロの社会実装、健康分野、病院内サービスロボット、ロボット導入で病院搬送がどう変わるか、ロボット産業に於けるベンチャー企業の戦略、大阪におけるネットワークロボットの実証実験、サービスロボット普及に向け国や自治体に期待すること、スマートコミュニティ／ヘルスケア、「見守り医」を組み込んだ新たな医療サービスネットワークの提案とその実現へ向けての手順と問題点について、近距離移動体セグウェイによる新事業開拓などについて、また、社会実装の社会基盤として、ロボット社会のデザイン、サービスロボットの安全性に関わる標準化の取り組み、次世代ロボット産業の障害になり得る法的課題、対人安全性、損害保険、情報倫理（ライフログと個人情報保護）について、個別に担当者が執筆している。

## 2.3 2章のまとめ

本章のまとめを述べた。

## 第3章 社会ニーズに基づくロボット課題分野と技術



### 3.1 ライフ&グリーンロボットの課題分野

第3章では、社会ニーズに基づく RT の課題と技術に関する調査をまとめた。RT の課題の対象としたのは、環境分野、福祉分野、介護分野、環境モニタリング分野、医療分野、防災分野、原子力分野、住宅分野、建築・土木分野、農業分野、教育分野、製造業分野、運輸分野、研究開発分野である。技術に関しては、ライフログ技術、クラウドネットワークサービス技術、サービスコンテンツ技術、パーソナルモビリティ技術、エコロジー技術、マイクロ・ナノロボット技術、RT ミドルウェアを取り上げた。

ロボット技術のニーズは、多様な分野に存在する。これまで、ロボット技術開発においては、ロボット技術を様々な分野へ応用するという考え方で、多くの取り組みが行われてきた。経済産業省が日本ロボット大賞の中で定義しているように、ロボット技術を「センサ、知能・制御系、駆動系の3つの技術要素を有する知能化した機械システム」技術と捕らえると、それは基盤的な技術と考えることができる。それを、様々な分野での作業、運搬、センシング、ヒューマンインタフェースなどに適用することで、自動化や支援システムの構築を行い、効率化や省力化、安全化、新しい価値創造などを図ろうとする試みが行われてきた。しかるに、単にロボット技術として開発されたものを、応用しようとする試みだけでは、実用化に至らなかったり、ましてや製品化・事業化できないケースも多かった。

その一つの大きな理由は、それぞれのニーズ分野において、実際にどのような機能や技術が必要とされているのかを十分調査・分析をせずに、安易にロボット技術を応用しようとしたことが挙げられる。ニーズ分野で活用されるシステムを開発するには、真のユーザーが誰であるか、それが現場でどのように使用されるかを明確にする必要があるし、使い勝手やコストまでも考えたシステムデザインを行う必要がある。

そこで本章では、このようなシーズ駆動の push 型のシステム開発ではなく、ニーズ駆動の pull 型のシステム開発を前提とした上で、課題分野と新しい基盤技術の二つの切り口で、今後の開発の方向性を検討した。

まず、ロボット技術をどのような分野でどのように応用するのかではなく、産業分野としてどのような課題分野が存在し、その中でどのようなロボット関連技術のニーズが存在するかという観点で、開発すべきロボット技術の明確化を試みる。特に、新成長戦略に基づき、ライフ&グリーンロボット技術という観点から検討を行った。なお、ここで挙げられた分野は、GDP の算出などに用いられる分野を意識しながら、ロボット技術の導入の可能性のある分野をピックアップした。具体的には、①社会や地域からどのような要請があ

のか、②従来の開発事例を鑑み、どのような技術的問題が残され、解決することが求められているか、上記要請に対しどのようなサービスイメージが考えられうるか、③事業化を行う上での技術的課題以外にどのような課題が存在するか、などについてそれぞれの課題分野ごとにまとめた。

また、様々なニーズに応えるのに、今後重要になると考えられる、ライフ&グリーンロボットに関連する最新の基盤的技術をピックアップし、それぞれの技術の観点からも、上記の検討を行った。

### 3.2 ライフ&グリーンイノベーションロボット技術

ニーズに基づき、ライフ&グリーンロボット技術という観点から、各課題分野において求められている社会的要請、具現化するサービスイメージ、今後解決すべき課題などについて述べるとともに、今後重要になると考えられる、ライフ&グリーンロボットに関連する最新の基盤的技術として、ライフログ技術、クラウドネットワークサービス技術、サービスコンテンツ技術、パーソナルモビリティ技術、エコロジー技術（エネルギー消費低減化システム）、マイクロ・ナノ技術、RT ミドルウェアなどを取り上げ、それをライフ&グリーンロボット技術として適用し、社会実装していく課題等についてまとめた。

### 3.3 ニーズ分野に基づく今後のライフ&グリーンイノベーションロボット技術開発

ここで明確となったのは、ロボット技術は、半導体技術などと異なり、材料、デバイス、部品といった中核となるハードウェア要素が存在するわけではなく、ニーズや、要求される機能に対し、それを解決するためのアルゴリズムやシステムインテグレーション技術こそが中核をなしているということである。ロボット工学の体系に関しても、いわゆる運動学・動力学などを除けば、固有のディシプリンが存在するわけではない。それは、機械工学、制御工学、情報処理といった一般的なディシプリンを総合的に活用し、非常に自由度の高いシステムをうまく設計・構築し、計測・制御・運用するという、システムティックな問題解決技術なのである。

このように考えると、今後、ライフ&グリーンロボット技術の事業化を進め、社会に普及させるためには、要素技術開発やシステム設計・インテグレーションを行うロボット技術者とニーズ分野ごとの利用者とが一体となった各種プロジェクトと、システムインテグレーションを容易にするような基盤技術開発、環境構築、人材育成を行うプロジェクトを並行して実施することが肝要である。

また、これからの高齢社会において、日本の生産性をいかに維持するかも一つの重要な

社会的課題であり、この課題の解決を図る一つの有効な手段として、ライフ&グリーンロボット技術を活用し、高齢者や身体障害者の労働を可能にするような労働支援システム(物理的支援・情動的支援を含む)を開発するプロジェクトなども検討すべきであるとする。

## 第4章 結論(展望)

### 4.1 まとめ

第4章の結論では、まず、本調査研究で議論してきたRTシステムないしはロボットが実用された場合の商品としての姿を、自動車のように販売時点で機能が完成している商品ではなく、ユーザとともにその機能を創造してゆく商品としての姿を示し、このような商品は、それを制作し、育成する“ロボット活用育成コミュニティ”により初めて可能になることを示した。第1章で提示したバリューチェーンの別の表現である。

### 4.2 成果

次に、本調査研究で議論してきたロボットの新規プロジェクト構想をまとめた。代表的なものは、地域に根差したプロジェクトとして、医療・介護・福祉システムとモビリティシステムを、そして、ロボットインフラプロジェクトとして、原子力施設や製造システムに関するプロジェクトを提示した。ただし、今回の調査が行われたのは平成23年3月11日の東日本大震災の前であり、この未曾有の震災がもたらした社会システムへの影響については議論に含まれていない。今回の大震災から従来の社会の問題点を分析し、その克服を視野にいたした社会像のもとでRT活用の将来像を考える必要がある。社会インフラシステムの安全性について、より高度なものが求められるであろうし、産業から家庭生活まであらゆる場面でエネルギー消費を抑えることが必須の課題になるであろう。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>