

# ロボット技術

定義

種類

目的

技術要素

産業用ロボット

社会サービス

フィールドロボット

人間型

市場

官公庁の動き

未来像

課題、キーワード

## 図の注釈

### 弓曳童子

からくり儀右衛門(田中重久-東芝の創業者)

4本の矢を次々に矢立から取り出して弓につがえて的を射る  
(故意にどれか1本は愛嬌で外す)

動力源

はセミクジラのひげで作ったぜんまい

### パロ

アザラシ型メタルコミットメントロボット - 産業技術総合研究所  
第1回ロボット大賞サービスロボット部門優秀賞受賞(2006年)

東日本大震災で避難所に納入

チェルノブイリ事故で小児病棟に取り入れ

全世界30カ国3000体(国内2000体)の販売実績

### 鉄腕アトム

ホンダ / ASIMO開発時の目標となる

1. 善悪を見分けられる電子頭脳、記憶容量1.7テラバイト(15.8兆ビット)
2. 60ヶ国語話せる人工声帯
3. 涙も出るサーチライトの目
4. 10万馬力の原子力モータ
5. 足のジェットエンジン-Maxマッハ5、宇宙空間はMaxマッハ20
6. 鼻がアンテナ、鼻が伸びて送信アンテナ  
普通の1000倍に聞こえる耳



追加・更新資料

からくり人形



弓曳き童子



茶運び人形



段返り人形

癒し



パロ / 産総研



AIBO / ソニー

図 4.11 めいぐるみロボット「Keepon」



Keepon / 愛媛大



アニメ



鉄腕アトム / 手塚治虫



鉄人28号



マジンガーZ



ガンダム



ドラえもとドラミ 2

図66-1 表紙ロボットの仲間

# 定義

日本は総人口・労働力人口の減少と高齢化の進展、要介護者の増加が進んでおり、工場内での溶接、塗装といった厳しい作業へのロボット導入のほか、介護・福祉分野でのロボット技術に関心が強まっている

「ロボット」について完全に一般化した定義は存在していない。代表的なものとして：

「**センサー**、**知能**、**制御系**、**駆動系**の3つの技術要素 (= **ロボットテクノロジー/RT**) を有する知能化した機械システム」がある

その他；**自動性**、**知能性**、**固体性**、**半機械半人間性**、**作業性**、**汎用性**、**情報性**、**柔軟性**、**有限性**、**移動性**の特性を持つ柔らかい機械

産業用ロボットでは、**自動制御によるマニピュレーション機能**または**移動機能**をもち、各種作業をプログラムによって実行できる、産業に使用される機械 (JIS-B0134/産業用マニピュレーティングロボット用語)

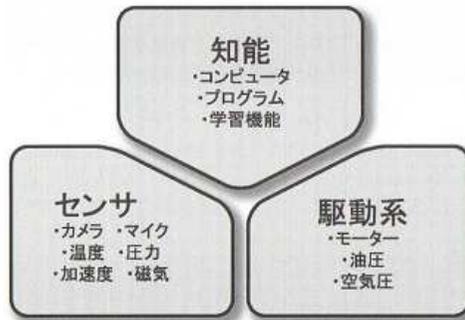


図66-3 ロボットに必要な3つの機能

ロボット利用のメリット：ロボットは重労働や安定性が求められる連続・長時間の作業を行なうことが人間より得意



図66-4 ロボットの基本構造



図66-2 自動運転・AI・ロボット発展の概要

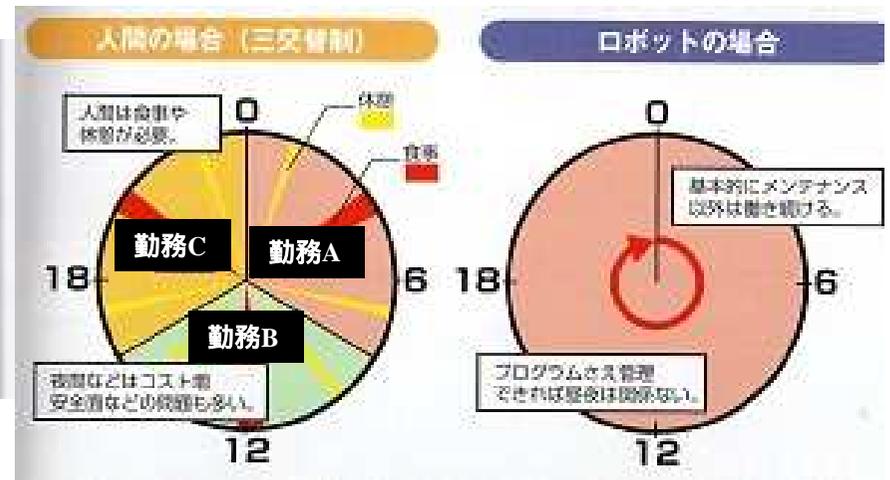


図66-5 人間とロボットの作業時間対比

ロボットの語源：1920年に発表されたカレル・チャペックの戯曲「R・U・R」のなかでチェコ語で「強制労働」を意味する「**robota**」があり、転じて「robot」という造語が登場して、後に世界的に広まったもの

# 種類

ロボットは人間の活動を代替するものとして発展してきた。機能、能力の向上に伴い、介護、癒しなど人間と接点を持つものも増えてきている。適用分野は産業、災害対応、軍事、社会サービス、家庭用、宇宙開発など多様化している

ロボット分類の基準は種々あるが、例として；

- 汎用型**: 使用用途を限定せず、さまざまな仕事につかうこと
- 局地型**: 使用場所を固定し、ごく限られた地域で使うこと

サービスロボットの人のとの接触度から；コミュニケーション型、移動作業型、(操縦型と自律型)、人間着装型、搭乗型、汎用型(ヒューマノイド)

ロボットと機械の違い：

1. 自分で動くことができるか否か
2. 人間が操作する必要があるか否か
3. 製造ラインで作られている部品が変更になった場合、ラインの改修が必要か、プログラムの変更で対応可能か

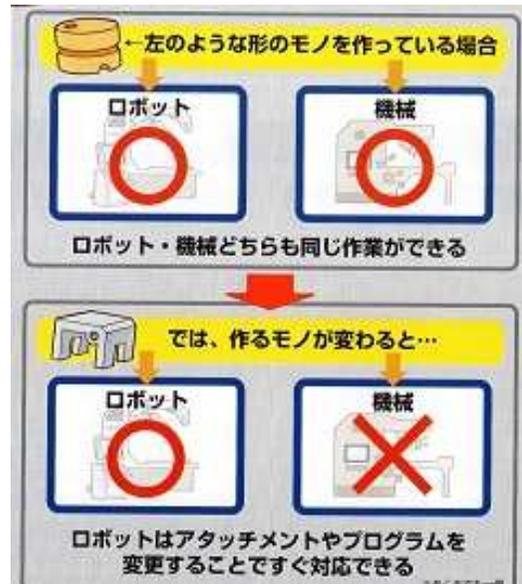


図66-6 ロボットと機械

からくり人形:「茶運び人形」など19世紀頃のぜんまい仕掛けの自動人形で、精巧で複雑な動作を行なうことができた



図66-7 ロボットの種類と用途

# 目的

ロボットは判断を伴う作業を安定して実行。つねに一定の行動力を有し、再現性があり、長時間正確に動く。この能力は人間の作業能力を超えており、人間の作業をサポートするのに非常に適している

ロボットを使用する目的(人間の仕事の代替として):

1. **労働力の安定化** - 生産ラインを長時間連続稼働。休息不要。故障しても部品交換で迅速に復旧
2. **品質安定化** - 人間作業のスキルの影響がなく、特殊な技術に特化したロボット投入で安定した品質で効率的な生産が可能
3. **人件費の抑制** - 作業の時間単価の影響がなく、初期投資で長時間稼働すれば時間当たりの単価が人間より安くなる
4. **危険な環境での作業** - 宇宙空間、深海、有毒ガス・放射線の環境下等人間が作業するには危険な場所で人間に代わって調査、作業ができる
5. **精密なデータの取得** - プログラムされたことを忠実に再現するので、常に同一条件で客観的なデータを取得する。複数の違った条件での実験が可能
6. **実験体としての存在** - 人間等の生物、あるいは特定の物体の動きを再現させるなどして、その環境をシミュレートすることで従来より多様な条件での実験が可能

ロボットの役割 (例)

- **産業におけるロボット** - 労働力の安定化、品質の安定化、人件費の抑制
- **研究におけるロボット** - 人体に危険な環境での作業、精密なデータの取得、実験体として使用
- **医療・介護ロボット** - 不足する人材を補う。人間の能力の補完、精密作業のサポート、高齢者の癒し
- **家庭におけるロボット** - 家事代行、重量物の運搬、環境の安定化
- **軍事ロボット** - 不足する人材を補う、危険な環境での作業代行(偵察など)、重量物の運搬

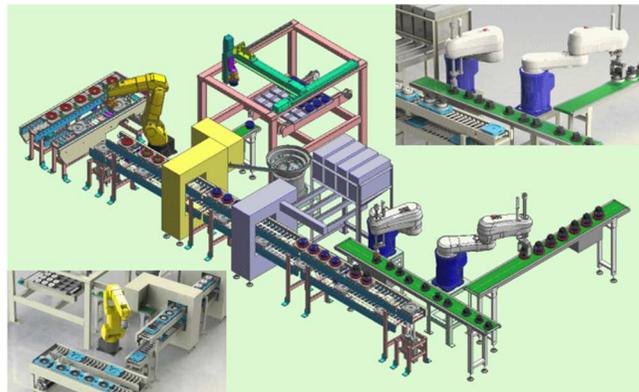


図66-8 自動組立ライン/モータユニット (三洋機工)



図66-9 危険な環境での作業 /火星探査機2008年

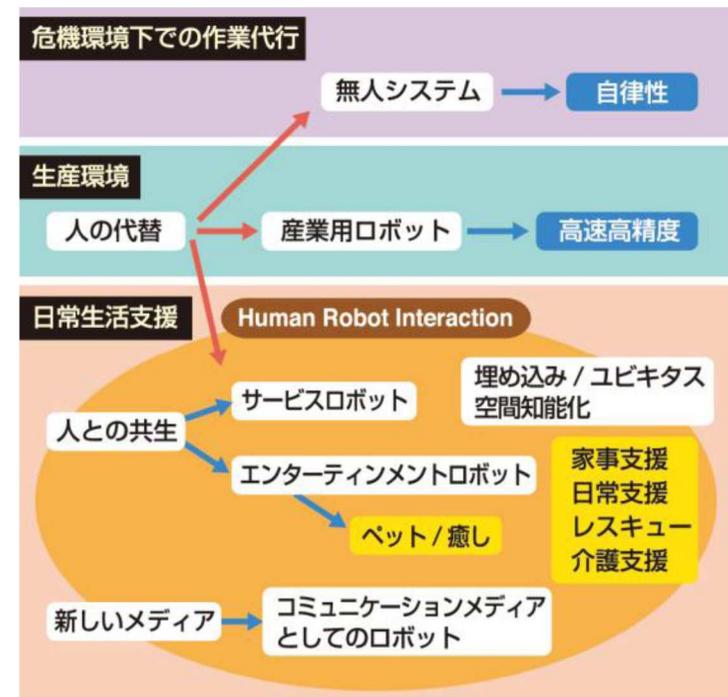


図66-10 ロボットの役割

# 技術要素

ロボットは多くの**技術要素**から構成されており、それを使用目的に沿った感知、判断、解析、行動 / 移動などに展開してロボットとしての作業を完遂する。各要素の処理速度アップ、大容量化など高性能化が進んでいる

## ロボットの技術要素:

1. **システム化技術** - 多くのシステム要素が開発されていて、その技術要素を統合して、目的に沿ったシステムを構築して素早くまとめることができる
2. **環境知能化技術** - 環境を知能化または構造化して、環境内にいる人の支援、ロボットが活動しやすい場を提供。環境にはカメラ、圧力、レーザ、距離、焦電(下記注)等の各センサを設置してロボットの作業を支援
3. **認識処理技術** - ロボットは音声、画像、自己位置推定、ポーズ・ジェスチャーなどのデータを処理・統合して状態を認識
4. **センシング** - 「視覚」「聴覚」「触覚」に相当するセンサ。人間活動の支援ロボットには表面電位、脳波などの情報をセンシング
5. **コンピュータ** - コンピュータが計算ソフトの大きいアルゴリズムをリアルタイムで処理することが可能となり、ロボットの自律化が加速
6. **人工知能(プランニング)** - 認識した状態に基づき行動を選択すること。「考えること」に相当。作業計画、路線計画などがある
7. **制御** - 選択した行動の「動く」部分を担当。倒立振り子型ロボット、歩行ロボット、飛行ロボットなどが実用化
8. **アクチュエータ** - 電気モータが一般的。空気式、油圧式も使われる
9. **機構** - 「作業」、「移動」が重要要素。用途に応じて個別に設計される。CAD、有限要素解析、動力学シミュレーション。製作には3Dプリンタも活用
10. **安心安全評価、標準**

注記: 焦電 = 温度変化によって誘電体の表面電荷が変化する現象。圧電体の一種。赤外線センサに用いられる

**システムインテグレータ (SIer):**  
産業用ロボット、周辺装置、プログラムを組合せ、特定の仕様のシステムを作り上げる技術者。ロボットの多様化、急発展で重要視されるようになった

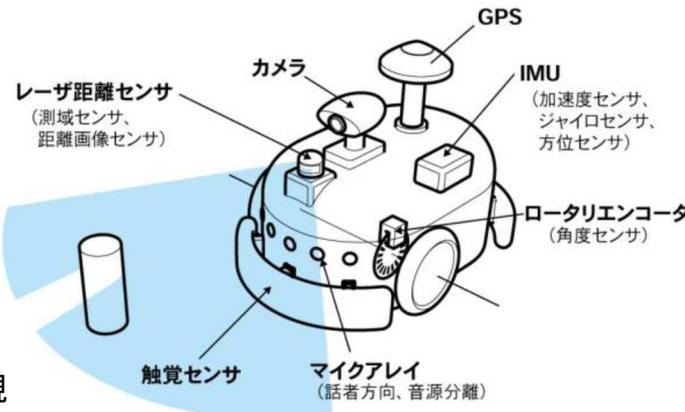


図66-12 ロボットに使用されるセンサの例

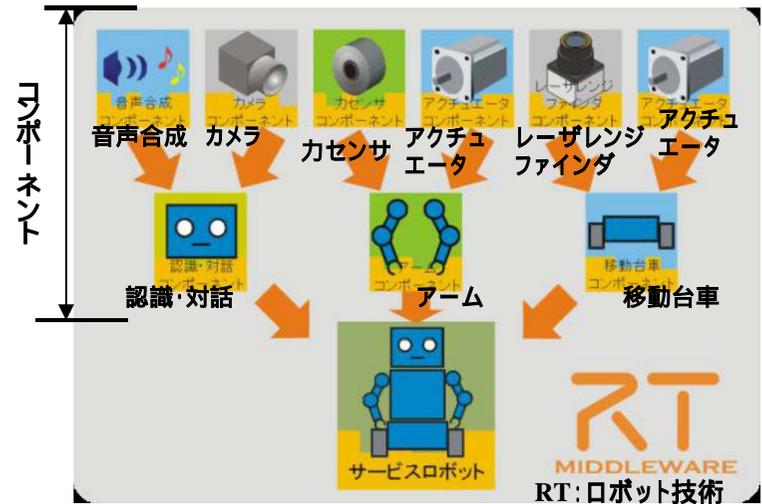


図66-11 RTミドルウェア

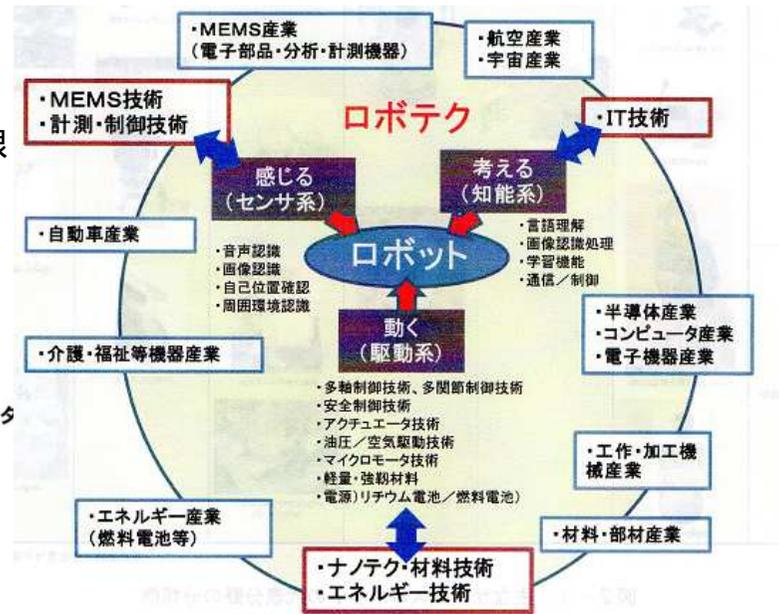


図66-13 ロボットテクノロジーの考え方

# 産業用ロボット

ロボットは工場では欠かせない存在。加工、組立工場の産業用ロボットは主に多関節型と呼ばれ、いわゆるロボットアームそのものである。より複雑、高精度、高速の作業へと進化している

産業用  
ロボットの導入  
のメリット;

生産性の向上  
省人化による経費の節減  
製品品質の安定化と向上  
多品種への対応  
省資源・省エネルギー  
労働環境の改善・安全確保



図66-15 アーク溶接ロボット (安川電機)

## 垂直多関節ロボット

### 腕関節1

基本的に垂直に回転する運動を行う。

### アーム骨部

アーム骨部

関節と関節をつなぐ部分。写真のタイタンは、1t近くの重量を持ち上げられる設計なので頑丈な作りである。

### アタッチメント部分

アタッチメント部分  
この部分に用途に応じて器具を取り付ける。

### 手首部分

手首部分  
この部分より先を回転させる。

### 腕関節2

腕関節2  
こちらの関節も垂直に回転する運動を行う。

### 台座部分

台座部分



図166-14 産業用ロボットの仕組み

産業用ロボット:

**アーク溶接:** 作業者を3K作業から解放、

**組立:** 電子基板実装等複雑な組立作業の実施

**マテリアルハンドリング:** 導入費用が安く、中小規模のユーザへの普及が期待

**高速仕分け:** ラインに流れてくる生産物を種類によって仕分けする作業。判断と迅速な動作の両方が必要

**搬送:** システム構築が容易で、重量物の取り扱いも可能

**バイオメディカル:** 試薬、検体分析前処理など熟練検査員以上にばらつきが少なく高精度



図 66-16 エンジンブロック組立て



図66-17 ハンドリングロボット (不二越)



図66-18 ガラス基板搬送用ロボット (平田機工)





組立 / 安川電機



SVR-C50

成形品取出しロボット / ユーシン精機



全自動連続薄切装置 - 桜  
ファインテックジャパン(第6  
回ロボット大賞 - 日本機械  
工業連合会会長賞)



ファナック「緑のロボット(各種重筋  
作業対応)」 2104.11JIMTOFにて



ファナックロボット i-Series



三菱電機 産業用ロボット「MELFA」



協調ロボット溶接システム / 神戸製鋼所



塗装用ロボット  
/KHI

図66-19 工場ロボット-1



搬送用ロボット / 三菱電機



垂直多関節ロボット / 東芝機械



ビジュアルトラッキングによる高速ハンドリング - ファナック (第2回ロボット大賞)



自動化コンテナターミナルシステム (第6回ロボット大賞-優秀賞)

図66-20 工場ロボット-2



無人化施工 (東京電力)



マイスター / MHI



小型遠隔除染装置「RACCOON」 / アトックス  
(第6回ロボット大賞 - 優秀賞)

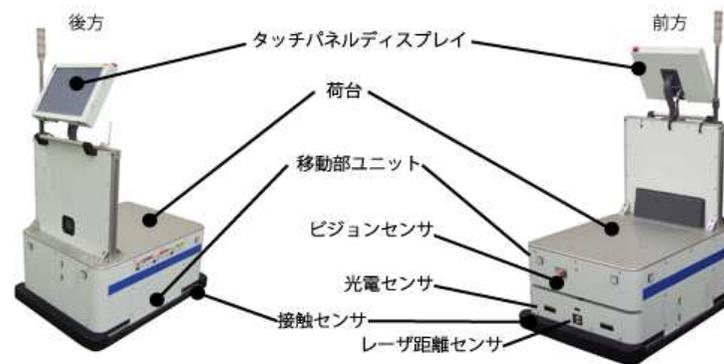
図66-21 福島災害対応ロボット



運搬ロボKiva Amazon



棚卸ロボット / 富士物流



自走搬送ロボット / 安川電機



無人搬送車 / ダイフク



自動搬送ロボット「バトラー」 / GROUND社

スマホの普及、共働きの増加で日用品の売り上げ増加に対応するため、「アスクル」社はロボット、AIを導入した物流拠点の運用改善を進める（日刊工業新聞2016,7,15）

図66-22 流通搬送ロボット

# 社会サービス

サービスロボットはおもに公共空間や家庭で働き、人間の動作空間を共有する。(1)人間との連携作業が可能な2足歩行ロボットの技術開発の進歩、(2)少子高齢化に伴うサービス産業での労働力不足から多様な分野で導入が進んでいる (知恵蔵2014)

## サービスロボットの狙い

1. 超高齢化社会で人々のアクティブな生活支援・社会参加の促進。そのサービスを提供する開発環境インフラ作りが必要で、コストパフォーマンスが重要なファクター
2. 1つのサービスロボットシステムのサービスに連鎖的に再利用、利活用できるロボットの普及
3. ユーザ(高齢者、障害者)、税負担する市民の意見を汲んで、サービス改善、改良を早く、安く実現

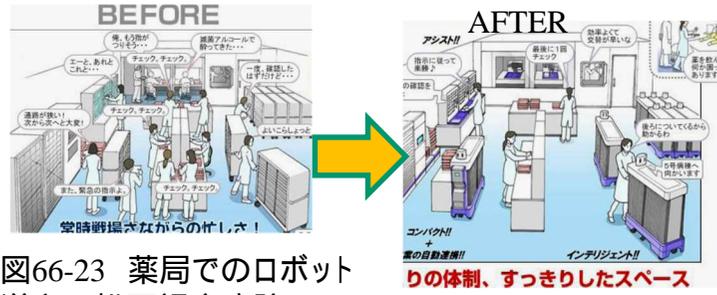


図66-23 薬局でのロボット導入 /松下記念病院



図66-24 掃除ロボット /Roomba

(40ヶ国以上で100万台突破@2013年)

## 社会サービスロボットの例

**病院:** メディカル(手術など)、コメディカル(メディカル業務の生産性向上 - 医療費の削減、外来患者の待ち時間短縮など)

**家庭:** 掃除ロボット、スマートハウス(マイコン搭載家電)

**オフィス:** オフィスの生産性向上(テレプレゼンスロボット/離れた場所からIT経由でロボットを操作、オフィスビル清掃、警備、受付業務)

**移動型:** セグウェイ(セグウェイ社)、Winglet(トヨタ)、自動車のロボット化

**教育:** ロボットという要素を学習の動機として用い、技術課題一般や数学、論理思考学を鍛える。ロボットコンテスト

**エンターテインメント/コミュニケーション:** ヒューマノイドロボット(対介護者、発達障害児へのロボットセラピー)

**生活福祉:** メンタルコミットメントロボット(一般家庭でのペット代替、医療福祉施設でのアニマルセラピー代替ロボット(パロ))

**ホテル・旅館:** 料理搬送ロボット、スマートホテル構想(ハウステンボス)

**外食・食品産業:** 寿司ロボット/のり巻きロボット(鈴茂器工)、生ビールディスペンサーロボット(アサヒビール)



図66-25 警備ロボット (Aslock)



図66-26 セグウェイ (セグウェイ社HP)



図66-28 小型シャリ玉ロボット (鈴茂器工)



図66-27 和倉温泉加賀屋の自動搬送システム

追加・更新資料



手術支援ロボット“ダ・ヴィンチ (da Vinci Surgical System)”  
2014年国内手術9000件、82台稼働、@2.48億円



手術支援ロボットiArmS / デンソー  
(第6回ロボット大賞 - 優秀賞)



病院内自律搬送ロボットシステム Hospi / パナソニック



医薬品・化粧品製造の自動化  
ファナックロボットが医薬品・化粧品製造現場の生産  
ファナックはインターフェック

ファナック



自立支援型歩行アシストロボット  
パナソニックエコソリューションズ



自動分析装置搬送システム / パナソニック

図66-29 医療関係ロボット



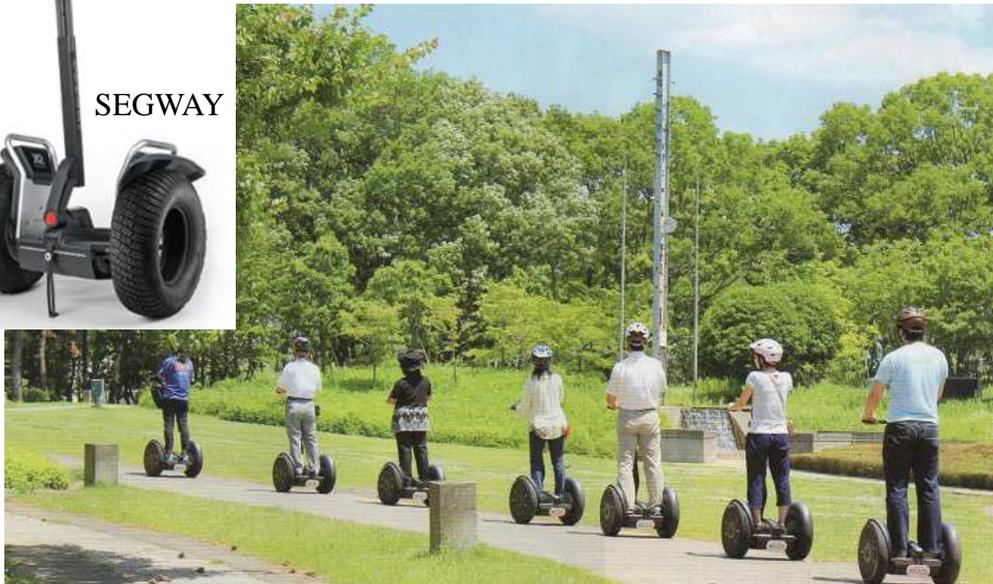
ロボットカー / Google



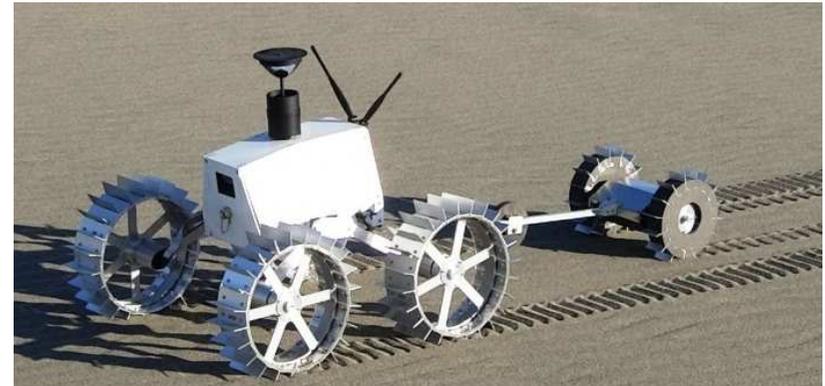
トヨタ



RoboCar® ZMP



つくばモビリティsロボット実証実験推進協議会



民間企業による月面探査を競う国際宇宙開発レース「Google Lunar XPRIZE」に日本から唯一参加するチーム「ハクト」が、2014年2月19日(太平洋標準時)、Google Lunar XPRIZEが設ける中間賞の書類審査を通過し、モビリティサブシステム中間賞(走行系)にノミネートされたことが、発表された。 2014.2.20

東北大学宇宙ロボット研究室

図66-30 移動ロボット



ロボハイター / 富士重工



COCOROBO / シャープ



TORNEOROBO / 東芝



-W ホワイト  
RULO / パナソニック



-K ブラック

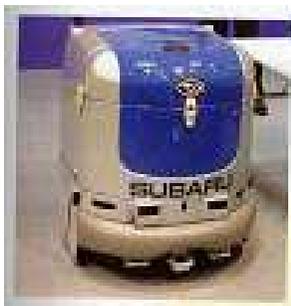
ビル掃除



RED RW-1001/R  
オーブの強掃

MAO Xrobot

図66-31 掃除ロボット



RFS1 / 富士重工



モッピング・ロボ iRobot



窓拭きロボ エコ  
ボックスジャパン

追加・更新資料



トリダス&ハムダス / 前川製作所



連続海苔巻き成型機 / 鈴茂器工



小型シャリ玉ロボット / 鈴茂器工



ビールディスペンサーロボット / アサヒビール

1 馬場鉄工所などが出展したジャガイモの「芽取りロボット」。1個30秒ほどで芽がとれる



2 フクザワ・オーダー農機のブロッコリーのカット機。もとは農業機械メーカーだが、農家の依頼で食品加工機をつくったという



3 キャベツをサイズごとに分けるファナックの白いロボット



4 鈴茂器工のシャリ弁ロボ。ご飯をほぐしながら器に盛って、牛井のタレをしみこみやすくしているという

図66-32 食品関係ロボット

国際食品工業展 2016年6月(朝日新聞)

# フィールドロボット

少子高齢化社会問題を乗り切るためには、これまでの歴史にはない社会システムや暮らし方の変更、超少人数や高齢者でも実施可能なフィールド作業システムへのロボット導入が求められる

フィールドロボット導入の視点；

1. 経済性向上
2. 危険回避
3. 社会創造

## 適用分野：

- (1) **建設分野** - 建築(床仕上げ、内外装組立、高層ビル自動施行システムなど)、土木(土砂掘削・運搬、トンネル工事、水中工事、測定、除雪など)、無人化施工システム(建設機械遠隔操作の工事システムなど)
- (2) **社会インフラ保全** - 老朽インフラをセンサ、ロボット非破壊検査技術で高度・効率的な点検・補修。壁登り(タイル壁の点検)など
- (3) **プラント保全** - 石油精製プラント等の設備管理、保全、改修(高温機器、危険なガス環境など)
- (4) **農業分野** - 少子高齢化、大規模化対応として省力化、低コスト化(果菜収穫、搾乳、コンバイン、刈払い機(斜面の草刈等))
- (5) **災害対応** - 地上移動ロボット(UGV)、脚型ロボット(梯子の昇降、障害物乗り越え)、パワースーツ、飛行ロボット(小型ヘリによる空撮)、狭所進入(配管内点検など)、水中(ROV)・水上ロボット(USV)(行方不明者捜索、海底調査(二次災害防止)など)
- (6) **原子力分野** - 高放射線環境下作業(監視、点検、解体等)



図66-33 鉱山無人ダンプトラック(コマツ)



図66-34 壁のタイル検査ロボット(東急建設)



図66-38 PackBot (iRobot)

福島原発事故現場に投入されたフィールドロボットの例：  
 PackBot (iRobot) Quince3 (千葉工大他)、 Talon (米 QinetiQ)、 JAEA-3 (日本原子力開発機構/JAEA)、  
 Survey Runner (TOPY工業)、 4脚歩行ロボット (東芝)、  
 FRIGO-M (三菱電機) マイスター (MHI) ほか



図66-35 4脚ロボット(東芝)



図66-36 小型飛行監視ロボット( /セコム)

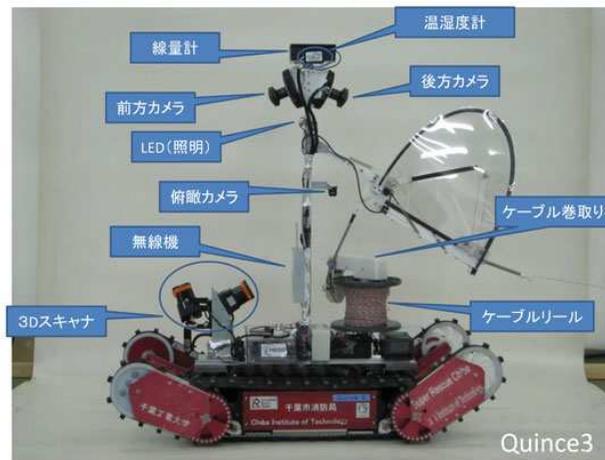


図66-37 Quince3 (千葉工大ほか)

追加・更新資料



超高压送電線の活線点検ロボット / 第4回ロボット大賞 - 中小企業基盤整備機構理事長賞



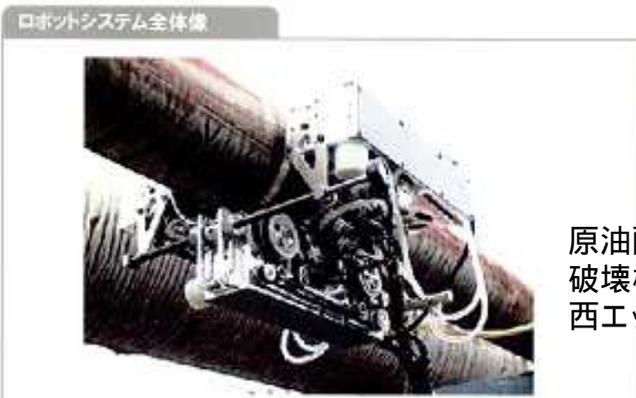
橋点検ロボット



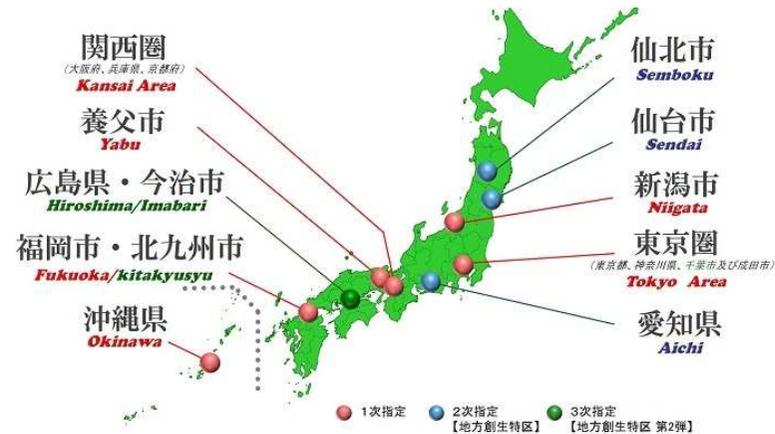
床下点検ロボ / 大和ハウス工業



ドローン



原油配管の超音波非破壊検査ロボット / 関西エクス株式会社



ドローン特区: ドローン飛行の実証実験が国で許可されている地域

図66-39 点検用ロボット

## 農業用アシストスーツの今後の展開

○ 今後農業用以外にも、工場での運搬作業や物流や建設業や介護作業などへ展開



農業用アシストスーツ



定置型イチゴ収穫ロボット  
農研機構生研センターほか



餌寄せロボット KELY



ロボットトラクター ヤンマー



ロボット芝刈機 /  
ハスクバーナ・ゼニア

図66-40 農林業用ロボット

## 人間型

情報通信技術や半導体技術などの高度化とともに人間型ロボット(ヒューマノイド)の会話、動作なども年々進化し、人間との協業、人間活動の支援などに導入が進んでいる

**人間型ロボット:** (下記の例のほかに多種多様なロボットが出現している)

1. ASIMO / ホンダ - 2011年世界初の自律行動制御技術を搭載。人に操作されずに自らの意思で動き、周辺状況に適用する能力が向上。9km/hで走行
2. HRPシリーズ / 川田工業 - ヒトと共存し、ヒトの作業や行動を補助、代替
3. 地平(チヒラ)アイコ / 東芝 - 人間に近い動きで手話ができるコミュニケーションアンドロイド(2014年)。動作は滑らかだが、次の動作までに止まる時間がある
4. Pepper / ソフトバンク - 一般向け販売を目的としてスマホ的技術を内臓ソフトに反映。感情認識、学習、クラウドによる学習の共有などを取込み @198千円
5. V-Sido OS / ソフトバンクグループ - センサーを通じて得られた情報を元に、リアルタイムかつ動的に生成される動きで、姿勢制御、転倒回避を行う
6. KIROBO / 東京大学先端科学技術センターほか - 2013年種子島宇宙センターからISSに向けて打ち上げ。日本語による音声認識、自然言語処理、音声合成(発話)、コミュニケーション動作、記録用カメラなどを搭載
7. Atlas / 米DARPA(国防高等研究計画局 / Defence Advanced Research Projects Agency) - (東京大学先端科学技術センタほか) 2013年種子島宇宙センターからISSに向けて打ち上げ。日本語による音声認識自然言語処理、音声合成(発話)、コミュニケーション動作、記録用カメラ等を搭載



図66-41 ロボット宇宙飛行士KIROBO



【片足ジャンプ(ケンケン)】している状態  
図66-42 ASIMO (ホンダ)

## パワーアシストスーツ

人間が身体に装着することで人間の動きをトレースし、機械的にアシストする装置。通常人間が持ち上げられない重量物を軽々と持ち上げたり、移動の際の体力の消耗を防いだりできる

<p><b>産業・工業</b></p> <p>今までは機械に代替できなかった小規模な荷物の運搬、組立作業の効率向上。また人間が作業姿勢を長時間保持する必要がある場所での負担を軽減。</p>	<p><b>医療・介護</b></p> <p>身体に障害がある人の自立支援。スムーズなリハビリの実現。要介護者の入浴やベッド移動といった、力が必要とされる場面での負担軽減。家庭での介護の実現。</p>
<p><b>研究・開発</b></p> <p>人間工学など、人間の動作に対する研究の補助。蓄積されたデータのフィードバックを用い、パワーアシストスーツの改良・軽量化など技術的向上およびサポート技術の開発。</p>	<p><b>軍事</b></p> <p>身体機能の強化による移動・戦闘力の向上。より機敏で重量のある防具・兵器や電子装置などの装着・運用が可能になる。負傷者の迅速な運搬。</p>

図66-44 パワーアシストスーツの活用分野



装着例

図66-43 パワーアシストツールHAL

HAL (サイバーダイン社): 障害者等の自立動作支援などを目的として身体機能をを補助、増幅する。2013年現在400台販売

追加・更新資料



チアロボット / 村田製作所



ASIMO / ホンダ



CommU(左)とSota(右) / ヴィストンワカマル / MHI



HRP4 / 川田工業



KIROBO



米 DARPA



Pepper / ソフトバンク



地平アイコ / 東芝

主な2足歩行ロボットの比較

名称	ACHIRES (アキレス)	MABEL (メイベル)	ASIMO (アシモ)	ORIO (キュリオ)
開発元	東京大学	米ミシガン大学	ホンダ	ソニー
歩行速度 (時速)	4.2キロメートル	11.0	6.0	0.8
脚の長さ (メートル)	0.14	1.0	0.65	0.19
フルード数	0.996	0.96	0.6	0.17

# 市場

日本の産業用ロボット生産は世界的に優位にある。製造業の合理化努力と1970年代半ばから急速に普及し始めたマイクロプロセッサ、サーボモータの技術的背景により1980年より産業用ロボット市場は急成長

1990年代初頭のバブル経済崩壊で製造業の投資効果の評価が徹底され、ロボット産業は伸び悩むとともにロボットの産業価値を明確にするようになった

ロボット工業会：2015年度の生産額目標を7000億円に設定

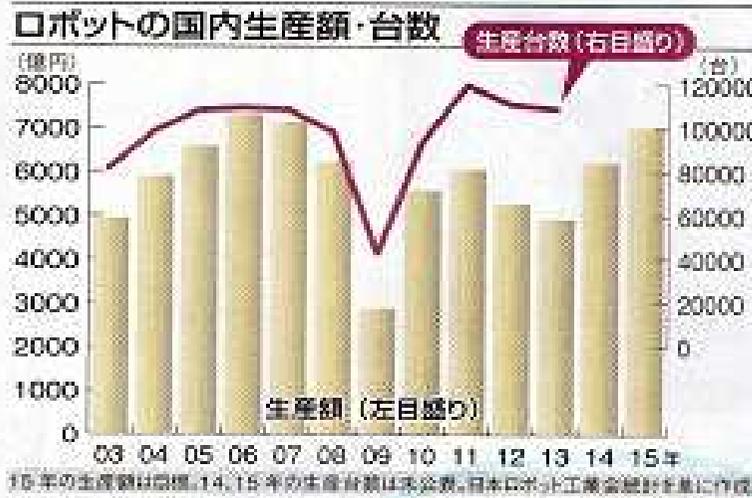


図66-46 ロボットの国内生産額と台数 (日刊工業新聞2015.1.13)

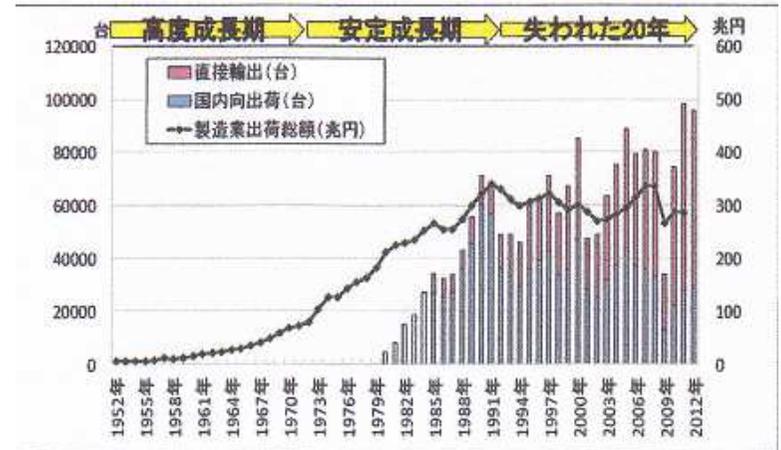


図66-47 製造業出荷総額と産業用ロボット出荷台数の推移

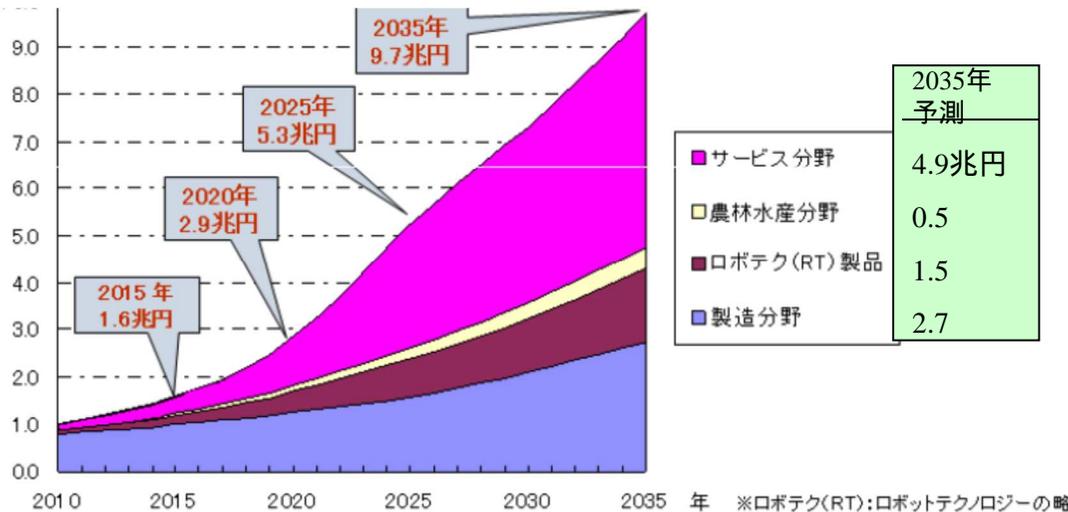


図66-48 2035年までのロボット産業の将来市場予測 ( / NEDOが2010年に公表)

**生活・都市インフラ**  
42.5億円 → 178.8億円  
配電線、水道管、ガス管、携帯電話基地局、鉄道、大気汚染監視ほか

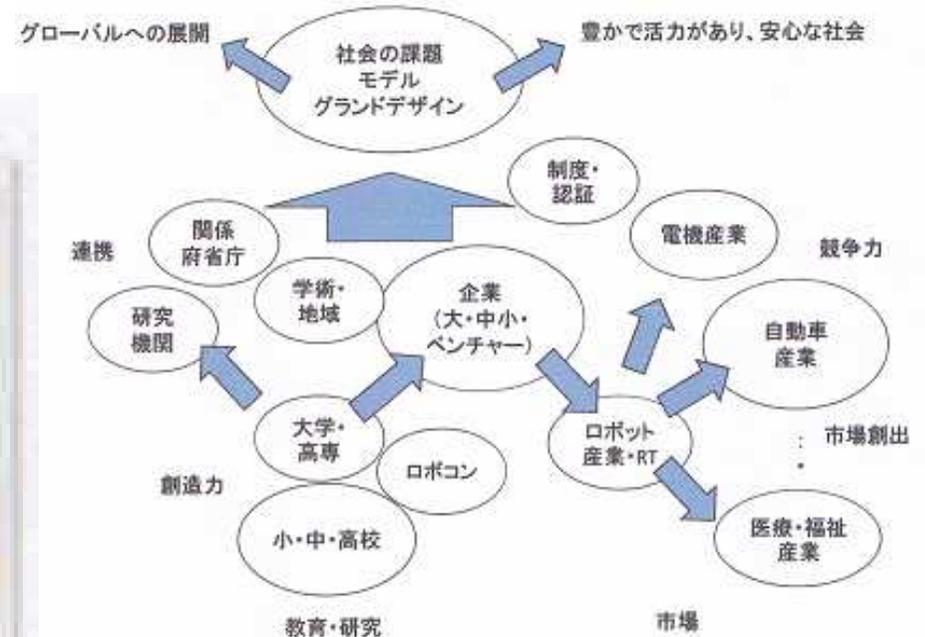
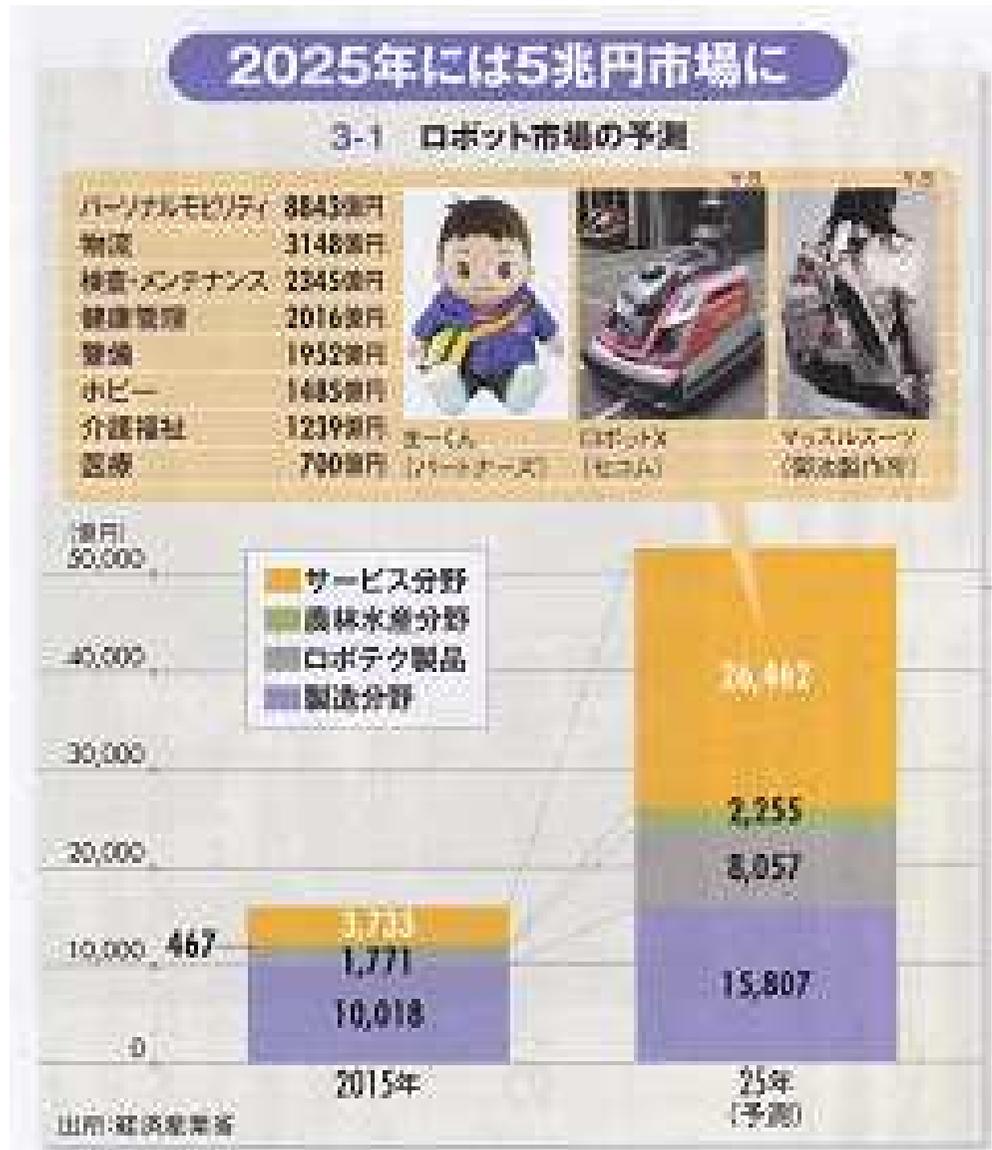
**電力インフラ**  
18.3億円 → 102.3億円  
火力発電設備、風力発電設備、太陽光発電設備、送電線  
新川電機(タービン監視システム)、三菱日立パワーシステムズ、IH など

**エネルギー供給・産業インフラ**  
0.5億円 → 72億円  
電気自動車(EV)充電スタンド、燃料電池車(FCEV)水素スタンド、橋脚電源装置(UPS)、溶接ロボットほか

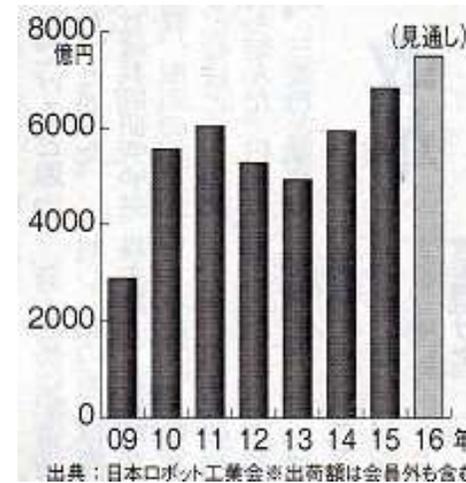
**公共構造物**  
2.8億円 → 736.9億円  
高速道路、トンネル、橋、ダムほか  
中日本ハイウェイエンジニアリング 東京、バスコ(特殊車両による計画サービス)、ジオサーチ(同) など

**ビル・商業施設関連設備**  
2467.5億円 → 3699億円  
空調設備、エレベーター、冷蔵倉庫、冷凍・冷蔵ケース、自動販売機  
ダイキン工業、アズビル、三菱電機ビルテクノサービス、富士電機 など

図66-49 インフラ維持管理2013→2030年有望5分野 (ロボット活用の有望分野)



日本のロボット発展の俯瞰図



国内産業用ロボットの出荷額  
(日刊工業新聞2016.5.26)

図66-50 ロボット市場の予測

## 官公庁の動き

少子高齢化、生産年齢人口の減少、単純・過重労働等の社会的課題を克服し、ロボット大国日本のロボット産業を一層育てるために、政府はロボット関連の研究、実用化に予算を投入

表66-1 ロボット関連所管官庁

省 庁	所管分野	実行機関
経済産業省	産業応用	産業技術総合研究所(AIST)、NEDO、日本ロボット工業会(JARA)(外郭団体)
文部科学省	科学技術研究・教育	科学技術振興機構(JST)、宇宙航空研究機構(JAXA)ほか
総務省	通信インフラ	情報通信研究機構(NICT)
国土交通省	土木工事	港湾空港技術研究所、土木研究所
農林水産省	農水産業	農業・食品産業技術総合研究機構
厚生労働省	障害者支援	国立長寿医療研究センター、国立障害者リハビリテーションセンター

**2015年度政府予算**：2015年度政府予選案でロボットの研究開発と普及促進に111.2億円を計上(2015.1.14閣議決定)。機能を絞った安価かつ使い易いロボットの研究開発、ロボットが自律的に学んでいくAIの研究環境整備などを実施

**ロボット実証実験フィールドの整備** - 実際にロボットが使われる状況と同様の条件下で実証実験をして、社会実装前の最終調整を行なう。構造改革特区等で、いくつかの地方自治体などが実証実験フィールドを設定

例、(1)生活支援ロボット安全検証センター(つくば市) - 一般道路を特別に認可して、走行試験、対人試験等18種の試験を実施中。  
(2)さがみ産業特区(神奈川県) - 廃校敷地を活用し、プレ実証フィールドの設置、介護施設での生活支援ロボットの实証等、公募制

**国際標準**：新規開発品のガラパゴス化の前轍を踏まないよう、モジュール化、ミドルウェア、ロボットOSの利用、国際標準化、プラットフォーム化といった戦略を開発初期から考慮することが必要

表66-2 最近のサービスロボット開発国家プロジェクト

名称	概要	成果・目標
(2009～13年度) 生活支援ロボット 実用化プロジェクト  74億円	<ul style="list-style-type: none"> <li>生活支援ロボットの対人安全性基準、試験方法および認証手法の確立</li> <li>安全技術を搭載した生活支援ロボットの開発</li> <li>安全性基準の国際標準化働き、試験機関・認証機関の整備</li> </ul>	日本発の生活支援ロボットの国際安全規格ISO 13482が策定、14年2月に発行される→CYBERDYNE、パナソニック、ダイフクが認証取得
(13年度～) ロボット介護機器 開発・導入促進事業  13年度 23.9億円 14年度 25.5億円	<ul style="list-style-type: none"> <li>移乗介助/移動支援/排泄支援/認知症患者見守り/入浴支援の重点分野に関する介護ロボットの開発支援</li> </ul>	必要な機能を絞り込んだ、10万円程度の介護ロボットを、25年までに940万台(高齢車身世帯700万世帯、介護職員240万人分に相当)普及させる
(14年度) ロボット介護機器 導入実証事業  13年度補正 20.5億円	<ul style="list-style-type: none"> <li>介護現場での大規模な導入実証事業の支援</li> <li>メーカーと介護施設などを仲介、講習・フィールドバックなどを行う仲介事業者費用の全額支援</li> </ul>	
(14～15年度) インフラ維持管理・更新等の 社会的課題対応システム 開発プロジェクト  14年度 22.2億円	<ul style="list-style-type: none"> <li>維持管理(橋梁・トンネル・河川・ダム)、災害対応(災害状況調査・応急復旧)など</li> </ul>	14年度中に国土交通省直轄インフラで実証実験、17年度までに完成機の本格導入・運用

## 未来像

少子高齢化、生産人口の減少が進展する中で、製造業の生産現場、医療・介護現場、農業・建設・インフラの作業現場等でロボットが人手不足、過重な労働からの解放、生産性向上等の社会課題を解決する可能性を有する

日本は産業用ロボットの生産額は世界一。米国、ドイツ、韓国、中国との差は年々小さくなっている

**ロボット新戦略**: 政府は2015年度を**ロボット革命元年**と位置づけ、2020年までの5年間で政府による規制改革などの制度整備を活用し、ロボット開発に関する民間投資の拡大を図り、1000億円規模のロボットプロジェクトの推進を図る。利用現場に合わせて柔軟に組み合わせるモジュール型のロボット開発してサービス業など非製造業への集中導入も目指す。2014年9月から6回にわたり経済産業省/有識者により「**ロボット革命実現会議**」が開かれ、その結果が新戦略として2015.1.23に公表された。2020年にロボットオリンピック開催を計画

**ロボット革命イニシアティブ協議会** - 新戦略の具体的な推進の核となる産学官共同の会を設置

**ロボット白書2014**(NEDO 2014年6月): 今後、ロボットが社会でパートナー的存在として我々の暮らしを支える様々な課題等を見つめ直し、今後の見通しや目指すべき姿等を整理。第4期科学技術基本計画(2011-2015年)でライフイノベーションとしてロボット手術や生活に役立つ「**ロボット中核技術**」が挙げられている

### ロボット革命とは

1. ロボットが劇的に変化(「自律化」、「上方端末化」、「ネットワーク化」) - **自動車、家電、携帯電話や住居までもがロボット化**
2. **製造現場から日常生活まで**、様々な場面でのロボットを活用
3. 社会課題の解決や国際競争力の強化を通じて、**ロボットが新たな付加価値を生み出す社会**を実現

ロボット革命の  
実現に向けて

### 革命実現のための三本柱

1. **世界のロボットイノベーション拠点**
2. **世界一のロボット活用社会**(中小企業、農業、介護・医療、インフラ等)
3. **IoT(Internet of Things)時代のロボットで世界をリード**(ITと融合し、ビッグデータ、ネットワーク、人工知能を使いこなせるロボットへ)

教育は社会へのロボット技術の普及に不可欠: 教材ロボット、ロボット教室、セミナー、展示会、ロボットコンテスト等

### ロボット コンテスト

1. **高専ロボコン**(1988年～)
2. **NHK大学ロボコン**(ABUロボコンの日本代表を選考する大会。2002年～)
3. **ABUロボコン**(ABUアジア・太平洋ロボットコンテスト。2002年～)
4. **RoboCup**(自立移動ロボットによるサッカー。1992年～。RoboCup@Home / 2008年～、RoboCup@Work / 2012年～追加)
5. **ROBO - ONE**(2足歩行ロボットの競技大会。2002年～)
6. **つくばチャレンジ**(つくば市で人とロボットの共生。2007年～)
7. **ロボット大賞**(将来の市場創出への貢献度、期待度の高いロボットを表彰。2006～)
8. **ロボットオリンピック**(2020年東京オリンピックのイベントにタイミングを合わせてロボットの研究開発を加速し、日本社会へ広く導入・普及を促進(実行委員会を発足))



図66-51 2014年NHK大学ロボコン

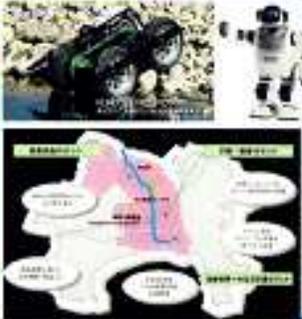
# 地域におけるロボット活用環境整備の例

### さがみロボット産業特区(神奈川県)

◇ 生活支援ロボットの实用化や普及に向けて、研究開発や実証実験、関連産業の集積を促進

**取組例**

- ✓【規制緩和】特区制度を活用し、規制緩和を提案・実施
- ✓【開発支援】専門家のコーディネート等によるオープンイノベーション促進
- ✓【立地支援】ロボット関連企業への不動産取得税の軽減、低利融資の実施



### ロボットの街つくば推進プロジェクト(茨城県つくば市)

◇ つくばをロボット産業の一大拠点とするため、研究機関、企業、行政等の産学官の連携を促進

**取組例**

#### モビリティロボット実験特区

- ✓ 特区制度を活用し、搭乗型移動支援ロボットなど、モビリティ公道走行の実証実験を実施
- ✓ 安全性・実用性の検証および一般利用者からの意見を収集
- ✓ 自律移動車・車いす等のロボットの实証実験・競技会等も実施



ロボット特区実証実験推進協議会HPより

### ランダムピッキングロボットシステム開発(広島県)

◇ 24時間365日稼働生産ラインを目指し、中小企業が使える安価なランダムピッキングロボットシステムを開発中



### 産業用ロボット導入支援センター(北九州市)

◇ コーディネータによる生産性改善提案や導入補助金など、市内企業の産業用ロボット導入支援体制を整備



- ✓ コーディネータとして自動車部品メーカーやロボットメーカーのOB活用
- ✓ 「ロボット道場」における人材育成 等

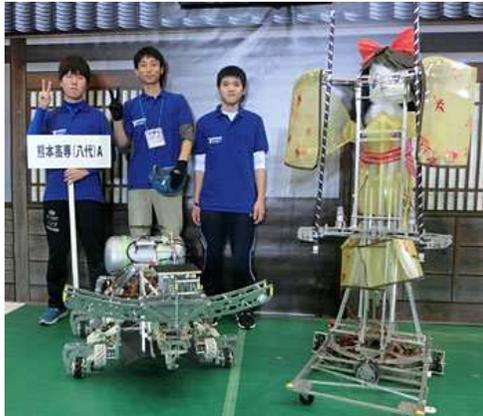
**つくばチャレンジ:** つくば市内の遊歩道等の実環境を、移動ロボットに自律走行させる技術チャレンジであり、地域と研究者が協力して行う、人間とロボットが共存する社会の実現のための先端的技術への挑戦。つくばチャレンジは、2007年からつくば市内の遊歩道や公園、広場に設定された1km+αのコースを自律走行させることを課題として行われてきた。この活動は、ロボットに、実験室の中のみでなく、市民が日常使っている実際の市街地の中で、自分で環境を認識しつつ自分で行動を決めて走行させる技術を目指しており、移動ロボットの自律走行技術の発展に大きな役割を果たしてきた。実際、つくばチャレンジに参加しているロボットの技術は年々向上し、この活動は、技術的・学術的にも大いに評価されている

## 分野別アクションプラン(「ロボット新戦略」)

分野	ものづくり	サービス	介護	医療	インフラ・災害対応・建設	農林水産・食品産業
課題	大企業中心に導入、労働生産性は近年停滞	諸外国に比べ低い労働生産性の改善が必要	高利化率の上昇、必要な介護職員の増加、7割腰痛	売上高は増加しているものの、伸び率は増減あり	就業者数の減少、高齢化により、深刻な労働力不足に直面する可能性	高齢化が進行、深刻な労働力不足に直面する可能性
重点項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>部品組立・食品加工等の労働集約的製造業を中心にロボット導入を推進</li> <li>ロボット化が遅れている準備工程と欧のロボット導入に挑戦するとともに、ITの活用によりロボットそのものを高度化</li> <li>ユーザ・メーカー間を繋ぐシステムインテグレータを育成</li> <li>ロボットの標準モジュール化(ハード/ソフト)や共通基盤(ロボットOS(=基本ソフト)等)を整備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>物流や卸・小売業、飲食・宿泊業等の裏方作業へのロボット導入を徹底的に推進</li> <li>ベストプラクティス事例の収集と全国への展開を通じて、地域経済を支えるサービス業の人手不足の解消、生産性向上を通じた賃金上昇の好循環</li> <li>次世代要素技術の開発等により接客の自動化も検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベッドからの移し替え支援、排泄支援、認知症の方の見守り、入浴支援の5分野について、開発・実用化・普及を後押し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>手術支援ロボット等の医療機器を普及</li> <li>新医療機器の審査の迅速化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設現場の省力化、作業の自動化により、中長期的な担い手不足に対応</li> <li>インフラの目視点検等にロボットを活用することで、技術者による維持管理を効率化・高度化</li> <li>災害調査ロボットによる被災状況把握の迅速化、土砂災害現場等における無人化施行の施行効率向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トラクター等農業機械にGPS自動走行システムとを活用することで作業の自動化を行い、作業能率の限界を打破し、これまでにない大規模・低コスト生産を実現</li> <li>アシストスーツや除草ロボット等を活用することで、人手に頼っている重労働を機械化・自動化</li> <li>高度環境制御システム及び障害判別ロボット等の普及やビッグデータ解析により、小規模、高品質生産を実現</li> </ul>
20220年に目指すべき姿	<ul style="list-style-type: none"> <li>組立プロセスのロボット化率向上:大企業<b>25%</b>・中小企業<b>10%</b></li> <li>次世代のロボット活用ベストプラクティス:<b>30例</b></li> <li>相互運用可能なハードウェア:<b>1000製品以上</b></li> <li>死し打て無インテグレータ事業に係る市場規模拡大(ロボット市場以上の伸び率で)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ピッキング、仕分け・検品に係るロボット普及率<b>約30%</b></li> <li>卸・小売業や飲食・宿泊業における集配膳や清掃等の裏方作業を中心に、ベストプラクティスを収集(<b>100例程度</b>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>介護ロボットの国内市場規模を<b>500億円</b>に拡大</li> <li>移乗介助に介護ロボットを用いることで介護者が腰痛を引き起こすハイリスク機会を<b>ゼロ</b>にすることを目指す</li> <li>最新のロボット技術を活用した新しい介護方法などの意識改革</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット技術を活用した医療関連機器の実用化支援を平成27～31年度の5年間で<b>100件以上</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産性や省力化に資する条項は施行技術の普及率<b>3割</b></li> <li>濃い区内の重要・老朽化インフラの<b>20%</b>はセンサー、ろぼろ、非破壊検査技術等の活用により点検・補修を効率化</li> <li>土砂崩落や火山等の過酷な災害現場においても友人施行と比べて遜色ない施行効率を実現</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020年までに自動走行トラクターに現場実装を実現</li> <li>農林水産業・食品産業分野において省力化などに貢献する新たなロボットを<b>20種以上</b>導入</li> </ul>



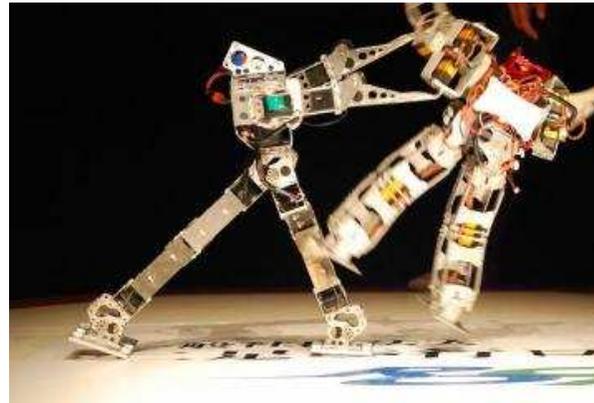
図 66-52 クラウドロボティクスの社会イメージ



高専ロボコン-2014年優勝  
熊本高専 マジの宅配便



NHK大学ロボコン2014年優勝 名古屋大学  
→ABUアジア・太平洋ロボットコンテストに出  
場/準優勝(優勝はベトナム)



ROBO-ONE



RoboCupサッカー2005年  
(AIBO)



つくばチャレンジ

## 課題

<b>安全性とエラー</b>	プログラミングの過程でエラーや脆弱性が紛れ込む可能性がある。米国無人ヘリが試験飛行中に制御不能になり、飛行制限区域に侵入、あるいは自律自動車の事故などの例がある。ロボットにはPL法も殆ど考慮されておらず、事故・過ちに対する責任の所在が現時点では不明確
<b>サービスロボットの技術的課題</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 接触安全技術 - 人間の身体動作検出、可変出力制限制御、人個体差対応など</li> <li>2. 自律移動技術 - 安全停止、移動開始、動的な障害物回避、自己位置・環境認識など</li> <li>3. 移動作業安全技術 - 操縦支援、周辺人物・環境認識、雑音下での対話・通信など</li> </ol>
<b>フィールドロボット普及に関する課題</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 都市インフラ再構築でビルや橋梁の解体時安全性の確保等で建設ロボットの導入を検討、</li> <li>2. 社会インフラ保全ロボットには、インフラの健全性を正しく把握し、維持更新の水準を高める技術、</li> <li>3. 災害対応ロボットの建設現場へのアクセスビリティの向上、無線/有線通信範囲の拡大など</li> </ol>
<b>高齢化社会への適応</b>	高齢者の人口比率が急増する今後の社会で、高齢者を「守られるべき弱者」から「社会を支える強者」として位置づけ、社会の主要構成員とする社会システムの構築が求められている。高齢者の就労支援のためにロボットやITを活用しようとする方法論がまだ不十分



図66—54 ROBEAR (理化学研究所)

## キーワード

<b>マニピュレータ (manipulator)</b>	人間の腕や手のように多くの関節を持ち自由に動く能力をもった機械で、ロボットでは腕や手に当たる部分を指し、主に産業用ロボットで使われる。ヒューマノイドロボットでは人間と同じく「アーム」と表現される
<b>マスタースレーブ (master-slave)</b>	複数の機器が協調動作する際に、複数機器の制御・操作を司る「マスター」機と、マスター機の一方的な制御下で動作する「スレーブ」機に役割を分担する方式。ロボットやマニピュレータが完全自律動作できる判断力をコンピュータに持たせるのは困難であるため、マニピュレータの遠隔操作では、人の手元にあるマスターアームを操作し、その動きを遠隔のスレーブアームがトレースする (Wikipedia)
<b>ティーチング・ プレイバック</b>	人間がロボットに動きを教えて覚えさせ、その動作をロボットが再生・制御する技術。これによりロボットが様々な動作が可能になった。人間がリモコンを使い、実際の作業と同じようにロボットを動かして動作を教える方法もある。現在産業用ロボットの制御方法としてポピュラーなもの
<b>ヒューマノイド (humanoid)、 アンドロイド (android)</b>	人間型ロボットは一般にヒューマノイドと呼ばれる(例:ASIMO)。二足歩行など機能面を主体とするものと、認知能力など知性を前面に出したものの2つの系統がある。これに対してアンドロイドは表面的には人間に酷似した人間型ロボットの総称で、「人間に極力似せる」ことに主軸を置いた存在で類似性に重きを置いているが、たとえばその運動性能は犠牲になっている (ニコニコ大百科ほか)

## 参考資料

徹底図解ロボットのしくみ 新星出版社 編集部 2009.4.25  
 「ロボット」がわかる本 工学社 同I/O編集部 2013.10.25  
 ロボット技術最前線 工学社 同I/O編集部 2014.11.25  
 ロボットが日本を救う 文春新書 岸宣仁 2011.8.20  
 週刊ダイヤモンド 特集「ロボット・AI革命」ダイヤモンド社 2014.6.14  
 Newsweek日本語版 2014.4/29 & 5/6 Special Report「ロボット革命が切り開く人類の無限の未来」  
 週刊エコノミスト 特集「自動運転・AI・ロボット」毎日新聞社 2015.1.27  
 ロボット白書2014 NEDO 2014.3  
 ロボット新戦略 ロボット革命実現会議報告 2015.1.23  
 ロボット産業政策研究会報告書 同研究会 2009.3.25  
 ロボット革命 本田幸夫 祥伝社 2014.12.10  
 各HP、パンフレット、新聞・雑誌記事