

日機連2023

2023年度
ロボット産業・技術振興に関する
調査研究報告書

2024年3月

一般社団法人 日本機械工業連合会

この報告書は、競輪の補助金により作成しました。

<https://jka-cycle.jp>



ご案内

第11回ロボット大賞は、募集を開始しています

「ロボット大賞」公式ウェブサイト > <https://www.robotaward.jp/>

「ロボット大賞」運営事務局 > info@robotaward.jp

序

機械工学、エレクトロニクス、ICT（情報通信）技術、要素技術、素材技術など幅広い技術の統合として生み出される次世代のロボットは、我が国が直面する少子高齢化による労働力不足などの課題解決に向けて、幅広い分野での導入と活用が進められています。

近年では、物流施設での自動化のほか、食品製造、介護・医療、インフラ・災害対応、農林水産などでロボットの活用が行われ、技術開発が進んでいます。また、生成 AI やデジタルの進化に伴い、ロボットによる新たなビジネスやサービス（RaaS：Robotics as a Service）が始まり、ロボット技術の基盤を支える Sler 企業やスタートアップの成長が期待されています。

当会ではロボット産業の更なる興隆の一助となるべく、2006 年度から「ロボット大賞」表彰事業を経済産業省との共催により実施してまいりました。2016 年度・第 7 回ロボット大賞からは、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、国土交通省が新たに共催者として加わっています。

事業の目的は、(1)表彰によるロボット関係者のモチベーションアップ、(2)ベストプラクティスの紹介によるロボット技術の普及、(3)ロボットの社会実装による新社会システムの実現、(4)研究開発高度化の促進、(5)人材育成の促進などです。製造現場から日常生活まで様々な場面でロボットが活用され、ロボットによる「生活の質の向上」が実現されることを目指しています。

「ロボット大賞」表彰は、2009 年度から隔年開催としています。今年度(2023 年度)は 2024 年度に予定される第 11 回ロボット大賞の準備の年であり、ロボット大賞審査・運営委員会を設置し、ロボット産業・技術の振興を目指して、調査研究と第 10 回ロボット大賞の成功に向けて検討を行ってまいりました。

本報告書は、識者による調査の研究成果であり、ロボット産業の興隆にいささかでも貢献することができれば大変幸甚に存じます。

最後に、委員会活動の中で、ロボット産業・技術の振興策やロボット大賞表彰事業の運営案の作成等について貴重なご意見をいただいた委員、オブザーバ各位、並びに調査研究とりまとめにご尽力いただいた日刊工業新聞社に厚く御礼を申し上げます。

2024 年 3 月

一般社団法人 日本機械工業連合会
会長 東原 敏昭

は し が き

我が国では、少子高齢化による労働力の確保や生産性の向上に向けて、製造業のみならず、幅広い分野において、ロボットの導入と活用が進められています。

そのような中、経済産業省では、ロボット未導入分野への導入促進に向けて、ユーザーやロボット Sler を中心とした「ロボット実装モデル構築推進タスクフォース」を立ち上げ、ロボットを導入し易い環境(ロボットフレンドリーな環境＝“ロボフレ”)の実現に向けて、施設管理、食品、物流倉庫分野での取り組みを加速しています。

また、将来のロボット人材の育成に向けて、ロボットメーカー、ロボット Sler、高専や工業高校等が連携して、「未来ロボティクスエンジニア育成協議会」が設立され、学生に向けたロボット講座や産学との活動が積極的に行われています。

産業分野では、生産性向上や品質の安定化にとどまらず、事業継続を果たす手段として、ロボットに対する期待が高まっています。AI やデジタル活用 (DX) によるロボットの利用範囲が拡大しており、物流施設や社会インフラ、食品産業などで人と一緒に働く協働ロボット、AGV (無人搬送車)、ドローンなどの導入が加速しています。

本「ロボット大賞表彰事業」では、これからの社会変化に合わせて表彰分野の多様化を図ってまいりました。現在では、6 分野・7 部門の広範な分野・部門を対象として優秀ロボットの表彰を行っています。

日本が継続してロボットの普及・開発を進め、「生活の質の向上」に貢献するロボット群を生み出すのに、「ロボット大賞」表彰事業の果たす役割は非常に有効であると考えています。「ロボット大賞」の受賞により、開発者等のモチベーションが高揚し、新たなユーザーとの連携が進み、ロボットの社会実装の加速、ロボット産業のさらなる活性化につながることを願っています。

以上の背景のもと、本報告書ではものづくり分野からサービス分野などの動向を概観した上で、ロボットの技術動向や新たな産業分野でのロボットの活用など、最新的话题を取り上げています。また「第 11 回ロボット大賞」に向けての提言を行っています。

本報告書がロボットの更なる普及促進やロボット産業の振興にお役にたてることを願っております。

ロボット大賞審査・運営委員会
委員長 浅間 一

概要

本報告は、我が国のロボット産業・技術の振興に向けて、現在の市場や技術動向をまとめ、課題を調査・分析したものである。

第1章では、本調査研究事業の背景と目的を明確にした。

第2章では、ロボット産業の国内外の市場動向の他、ものづくり分野、サービス分野、高度 ICT 分野、介護・医療健康分野、インフラ・災害対応分野、農林水産・食品分野などの市場と技術動向を調査した。

第3章では、ロボットフレンドリーによる新たな産業分野での活躍と生成 AI の動向について調査した。

第4章では、ロボットシステムインテグレータとロボット人材育成の取組みについて調査した。

第5章では、「ロボット大賞」表彰事業の概要（目的・募集対象・実績）、および受賞者アンケート等をまとめた。

第6章では、ロボット大賞審査・運営委員会での検討内容を踏まえて、次回「第11回ロボット大賞」に向けての見直し案と提言を行った。

尚、本報告書は、（一社）日本機械工業連合会と日刊工業新聞社で構成を検討し、ロボット大賞審査・運営委員会の各委員の確認をいただいたうえで取りまとめた。

目次

第1章 事業目的	1
1.1 調査研究の目的	1
1.2 ロボット大賞 審査・運営委員会の開催	1
第2章 ロボットの各分野における市場・技術動向	3
2.1 世界のロボット市場動向	3
2.1.1 主要地域・国での産業用ロボットの設置状況	3
2.1.2 産業用ロボットの世界規模での稼働台数	7
2.1.3 2017年～2022年の産業用ロボットの世界市場価額	9
2.1.4 協働ロボット	10
2.1.5 選択された国・地域でのロボット密度のための分析	11
2.1.6 利用分野別にみた2017～2022年の産業用ロボットの設置と稼働の状況	13
2.1.7 ユーザー産業での2015～2020年の産業用ロボットの設置と稼働の状況	18
2.2 サービスロボットの統計	21
2.2.1 はじめに	21
2.2.2 業務用サービスロボットの2021年・2022年の使用と販売、2023～2026年の潜在市場	22
2.2.3 今後の見通し	24
2.2.4 民生用サービスロボットの2021年・2022年の販売、2023～2026年での市場の可能	25
2.2.5 原産地別サービスロボット	26
2.2.6 2023年度の日本における産業用ロボット受注額	28
2.3 ものづくり分野のロボット最新動向	29
2.3.1 産業ロボット業界が新局面 岐路に立つロボット大国・日本	29
2.3.2 ロボット、身近になるには？ 生産性・品質・事業継続に期待	32
2.3.3 「2024年問題」ロボットが貢献、自律搬送活用促す IFR 見解	34
2.3.4 ロボットで自動化 パナコネクがDB構築・仕分け技術開発	34
2.3.5 神戸大など、産ロボ遠隔操作に新技術 遅延の揺らぎ抑制	35
2.4 サービス分野の最新動向	36
2.4.1 スマートロボティクスなど、電子看板ロボに参入	36
2.4.2 エレベーターとロボット連携 クラウドサービス提供	37
2.4.3 図書館の蔵書点検を効率化 ロボでRFID読み取り	38
2.4.4 宅配ロボ、化粧・美容品はOK アスマーク調査	39
2.4.5 「AI×ロボ」コンビニ無人 野村総研、夜間の人材難解消	40
2.4.6 生活支援ロボ進化 AI「基盤モデル」で対話・コード生成	41
2.5 高度 ICT 分野の最新動向	45

2.5.1	プラント大手、ゴミ焼却場“省人化” ICT・ロボ活用	45
2.5.2	近鉄、DX でサービス向上 「電子看板で乗り換え案内」	46
2.6	インフラ・建設分野の最新動向	47
2.6.1	墨出し作業省人化	47
2.6.2	大林組 耐火被覆吹き付け自動化	48
2.6.3	ドローンがトンネル内障害物回避 戸田建設が実証	49
2.6.4	大林組など、衛星通信とドローンで建設監理業務 8 割減	50
2.6.5	ミミズ型ロボで配管検査	51
2.7	介護・医療分野の最新動向	51
2.7.1	あおやまメディカル 介護ロボ、体験型で普及	51
2.7.2	ジェイテクト、「介護製品」芽吹く 要素技術をニーズに反映	52
2.7.3	病院に配送ロボ 昇降機で人と相乗り	53
2.7.4	介護ロボ海外展開支援 認証制度の情報を収集・発信 経産省	54
2.8	農林水産分野の最新動向	55
2.8.1	スマート農業、普及のカギは？日本の特殊事情、「細かい配慮必要」	55
2.8.2	住友林業、林業分野で ICT 活用 「再造林」を機械化	59
2.8.3	農社、農薬散布ロボ実証 レグミンと自律自走型開発	60
2.8.4	自律ロボに乗り収穫 トクイテンが開発、株間移動の負担減	61
第 3 章 新たな産業分野での活躍と生成 AI の動向		62
3.1	ロボットフレンドリーな環境構築	62
3.1.1	ロボットも“働きやすい”環境に、設備と連携	62
3.1.2	総菜盛り付けロボ量産化、埼玉のスーパーに試作品	65
3.1.3	キューピー、総菜ふた閉めロボ導入	66
3.1.4	日鉄興和不動産など 4 社、タワマンでのロボ配送実証	67
3.1.5	ハコボットと近畿大、自動配送ロボの実証開始	68
3.1.6	自律ロボ利用の館内配送サービス実証 従業員の負担減	68
3.1.7	経産省、配送ロボで CO2 削減 年度内に効果算出	69
3.2	生成 AI の動向動向	70
3.2.1	生成 AI という新たなトレンド	70
3.2.2	生成 AI とはどのようなものか	72
3.2.3	生成 AI は既存の AI とどう違うのか	74
3.2.4	生成 AI はどのように使われているのか	77
3.2.5	生成 AI のロボット産業への応用	79
3.2.6	生成 AI を今後ロボット産業に活用できる可能性	81
3.2.7	生成 AI を活用する上で気を付けなければならないこと	83

第 4 章	ロボットシステムインテグレータとロボット人材育成の取組み	85
4.1	ロボットシステムインテグレータ (SIer) の動向	85
4.1.1	日本ロボットシステムインテグレータ協会、人材獲得に学びの場を整備	85
4.1.2	SIer 協会、ロボ操作人材拡充 実機なしで気軽に練習	86
4.1.3	持続可能な社会への挑戦、ロボット人材づくり	87
4.2	日本ロボットシステムインテグレータ協会の取組み	89
4.2.1	日本ロボットシステムインテグレータ協会	89
4.2.2	SIer 協会の活動	89
4.2.3	広報活動 (広報分科会)	89
4.2.4	地域連携活動 (地域連携分科会)	90
4.2.5	人材育成の実施 (人材育成分科会)	91
4.3	RRI における CHERSI の取組み	93
4.3.1	RRI (ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会) について	93
4.3.2	CHERSI (未来ロボティクスエンジニアリング協議会) の活動目標とメンバー	93
4.3.3	高等専門学校・工業高校に対する取組み	93
4.3.4	高齢・障害・求職者雇用支援機構 (ポリテクセンター等) の取組み	96
4.3.5	海外展開の取組み	97
4.3.6	ロボット社会実装教育研究推進協議会による取組み	98
第 5 章	「ロボット大賞」表彰事業	101
5.1	「ロボット大賞」の概要について	101
5.2	第 10 回ロボット大賞 受賞一覧	110
5.3	第 10 回ロボット大賞 表彰式	115
5.4	第 10 回ロボット大賞 受賞後のアンケート調査結果	116
第 6 章	まとめ「第 11 回ロボット大賞」表彰事業に向けて	117
6.1	審査・運営委員会における検討	117
6.1.1	第 1 回審査・運営委員会における検討	117
6.1.2	第 2 回審査・運営委員会における検討	117
6.2	生活の質の向上に資するロボット	117

第1章 事業目的

1.1 調査研究の目的

本調査では、ロボットやロボット応用システム等の開発動向及び課題を調査・分析して、技術革新の推進、社会実装などのロボット産業における最新の情報を提供する。

また、2022年度に実施した「第10回ロボット大賞」の実施結果を分析し、改善すべき点などを議論して、「第11回ロボット大賞」表彰事業への提言を行う。

上記の調査・分析結果および提言について「調査研究報告書」として纏める。

調査研究の目的

- ・第10回ロボット大賞の結果分析と第11回ロボット大賞の運営について検討する。
- ・ロボット産業の発展・業容拡大に資する、最新の情報を提供する。
- ・生活の質の向上に資するロボットの可能性・方向性について検討する。

1.2 ロボット大賞 審査・運営委員会の開催

前述の目的達成のために、ロボット大賞審査・運営委員会を開催した。

■第1回 ロボット大賞審査・運営委員会の開催

日時：2023年8月29日（火）

議題：①2023年度「ロボット大賞」審査・運営委員会活動計画について

- ②「ロボット大賞」の改善点について
- ③「第11回ロボット大賞」実施要領等について
- ④「第10回ロボット大賞」受賞後調査について
- ⑤「第11回ロボット大賞」日程（案）について

■第2回 ロボット大賞審査・運営委員会の開催

日時：2023年12月18日（月）

議題：①外部専門講師による講演

- ②第11回ロボット大賞に向けて
- ③「第10回ロボット大賞」受賞者アンケート結果について
- ④2023年度【調査研究報告書】目次（案）について

■第3回 ロボット大賞審査・運営委員会の開催

日時：2024年2月7日（水）

議題：①第11回ロボット大賞に向けて検討事項の審議

②2023年度「調査研究報告書」

③ロボット産業の動向についての意見交換

第2章 ロボットの各分野における市場・技術動向

本章では、国際ロボット大会連盟（IFR）の最新レポートに基づき、最新のロボット市場動向について取り上げる。

また、ロボット大賞の分野に基づいて、ものづくり分野、サービス分野、高度 ICT 基盤技術・ICT 利活用分野、介護・医療・健康分野、インフラ・災害対応・建設/消防・防災分野、農林水産業・食品産業分野等の市場や技術動向を概説する。

2.1 世界のロボット市場動向

国際ロボット連盟（IFR）では毎年、産業用ロボット及びサービスロボットの世界統計「World Robotics」を発表している。その「World Robotics 2023」が2022年の実績を踏まえ、2023年10月に発表されたが、「産業用ロボット編」は約700頁、そして「サービスロボット編」が450頁の大作となっており、それぞれ市場分析とケーススタディについて纏めた報告書である。本稿は、その中の2022年の産業用ロボット及びサービスロボットの市場分析についての概要を取り纏めたものである。

2.1.1 主要地域・国での産業ロボットの設置状況

2022年の全世界での産業用ロボットの設置台数は、前年での50万台突破に続き、更に5%増の553,052台と新たな記録を塗り替えたとしている。

2022年は、サプライチェーンや部材不足、そして地政学的課題がある中でも前年を上回るとともに主要需要産業である自動車と電気・電子の両産業が前年より大幅に増加した。特に電気・電子産業では設置台数全体の28%（前年比1%増）、自動車産業は25%（同3%増）、続いて、金属・機械産業が12%（同1%減）、プラスチック産業と化学製品産業がともに4%、そして食品・飲料産業が3%を占めている。ただ、ユーザー産業の17%が不明となっていることにも留意すべきとしている。

図 2.1.1-1 にもあるように、2012年の設置台数に対し2016年には約倍となる伸びとなり、2019年及び2020年での米中貿易摩擦やコロナ禍などの影響で一時的に成長がダウンしたものの2017年から2022年まで設置台数の年平均成長率は7%となっている。

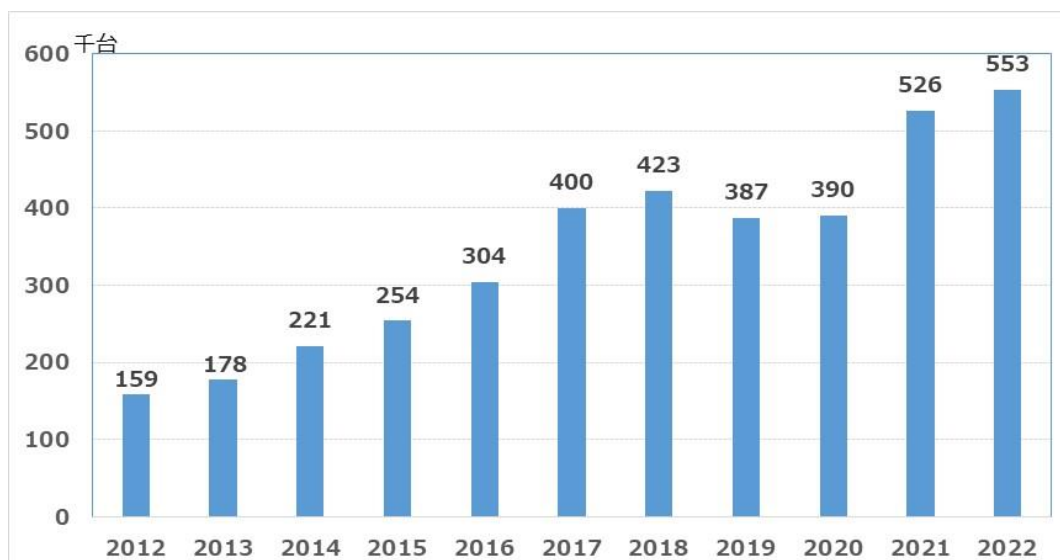


図 2.1.1 - 1 産業用ロボットの設置台数推移

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

（主要市場及び地域での成長）

図 2.1.1 - 2～2.1.1 - 4 は、国・地域別の産業ロボットの設置台数の状況で、以下はその特徴である。

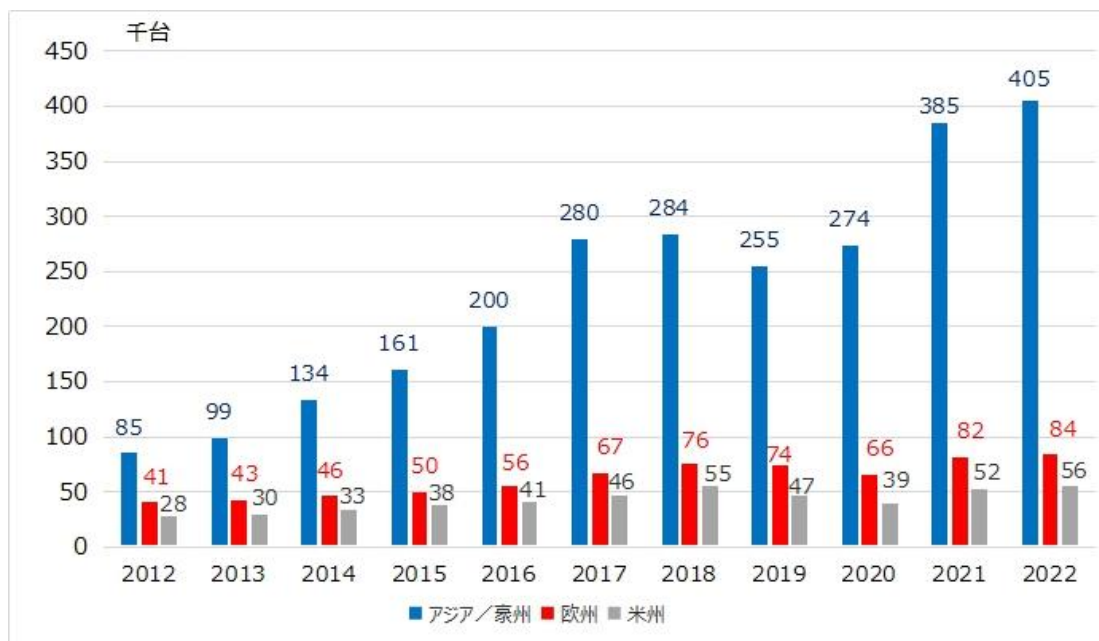


図 2.1.1 - 2 主要地域の設置台数推移

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

単位：台

地域／国	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
米州	46,188	55,212	46,871	38,740	51,745	56,053
アメリカ	33,146	40,373	33,382	30,787	35,980	39,576
カナダ	4,057	3,582	3,603	2,566	4,239	3,223
メキシコ	6,356	5,681	4,562	3,363	5,319	6,000
南米	1,301	2,582	2,612	1,734	2,356	2,280
不明	1,328	2,994	2,712	290	3,851	4,974
アジア	279,832	283,509	254,066	273,115	384,282	403,713
中国	156,176	155,082	144,894	175,546	275,303	290,258
日本	45,647	55,240	49,908	38,655	46,402	50,413
韓国	39,777	37,807	32,900	30,508	31,383	31,716
台湾	10,907	12,145	6,456	7,373	9,877	7,756
シンガポール	4,559	4,290	2,287	5,300	3,512	5,892
タイ	3,386	3,323	2,883	2,886	4,054	3,313
インド	3,424	4,771	4,299	3,216	5,142	5,353
その他	15,956	10,851	10,439	9,631	8,609	9,012
オセアニア	570	621	567	563	861	865
欧州	66,505	75,560	73,806	67,760	84,302	84,266
フランス	5,014	5,829	6,711	5,368	6,547	7,380
ドイツ	21,267	26,723	22,313	22,354	25,915	25,636
イタリア	7,760	9,847	11,089	7,216	10,586	11,475
スペイン	4,250	5,266	4,002	3,387	3,422	3,770
イギリス	2,380	2,415	2,045	2,205	2,467	2,534
その他	25,834	25,480	27,677	25,922	32,802	33,471
アフリカ	451	794	1,289	593	1,057	841
不明	6,094	7,625	10,229	10,062	6,460	7,314
総計	399,640	423,321	386,859	389,525	526,144	553,052

図 2.1.1 - 3 主要地域・国での産業用ロボット設置台数推移

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

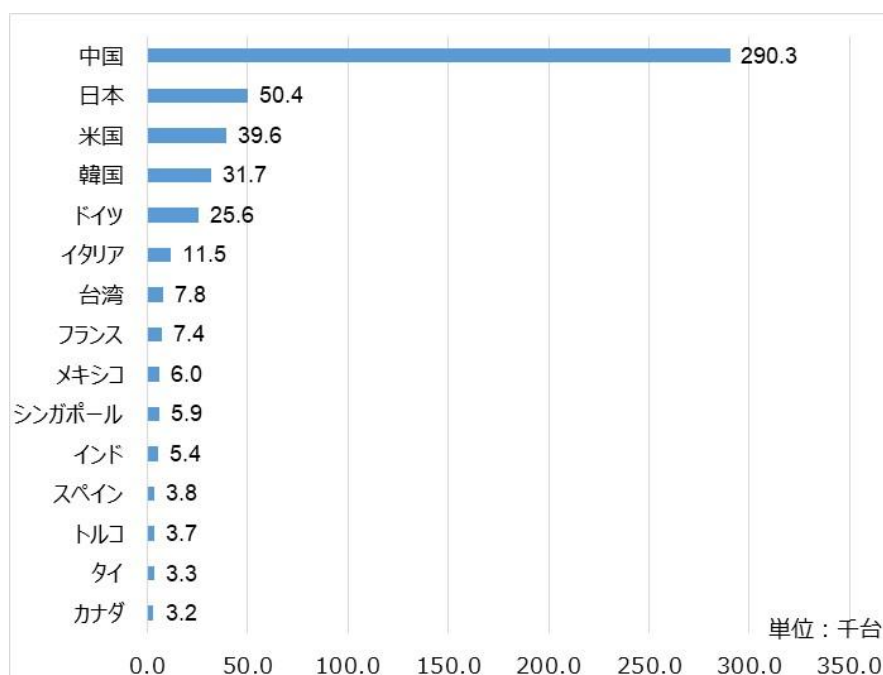


図 2.1.1 - 4 上位 15 カ国の 2022 年の設置状況

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

アジアは、世界最大の産業用ロボット市場で、2022年には403,713台と前年の384,282台から5%増加し、設置台数全体の73%がアジアに設置された。そして、総設置台数の中でトップ5か国のうち、アジアが3か国入っている。その中で、中国は2013年以降、世界最大、かつ断トツの産業用ロボット市場となっており、対前年比5%増の290,258台(設置数全体の52%)となった。次いで日本は、9%増の50,413台(同9%)と2020年のパンデミックでの落ち込みから回復を続けている。そして韓国は、前年より微増の31,716台(同6%)であった。なお、アジア市場の2017年から2022年にかけての設置台数の年平均成長率は8%の伸びとなっている。

2番目に大きな欧州市場は、前年比3%増の84,266台(設置台数全体の15%)となり、2017年から2022年までの年平均成長率は5%増となった。このうち、世界トップ5に入るドイツでは、同1%減の25,636台(同4.6%)、欧州で2番目の市場であるイタリアは同8%増の11,475台(同2%)、そして3番目のフランスは13%増加し7,380台(同1.3%)となった。なお、欧州市場の71%(59,592台)がユーロ圏となった。

アメリカ大陸市場は、2022年に前年比8%増の56,053台(同10%)となり、その内アメリカは大陸最大の市場で大陸全体の71%を占め、対前年比10%増の39,576台(同7%)と、韓国を抜き3位となった。次いでメキシコは同13%増の6,000台、カナダは同24%減の3,223台となった。

なお、既に取り上げた産業用ロボットの5つの主要市場である中国、日本、米国、韓国、そしてドイツの5か国で市場全体の79%を占めている。

(その他の重要なアジア市場)

台湾は、2022年に対前年比21%減の7,756台となったが、世界市場では7位にランクされ、アジアでは4位となっている。次いで、シンガポールは2022年に同68%増の5,892台と世界で10位、アジアで5位となっているが、同国は電機・電子産業に大きく依存するという特徴をもつ。

インドは、2022年に同4%増の5,535台と世界で11位の市場、次いでタイは同18%減の3,313台で世界市場14位となっている。そのほか、2,000台以上の市場として、ベトナム(2,727台、前年比12%増)、マレーシア(2,132台、同42%増)と続いている。

(その他の重要な欧州市場)

スペインは世界で12番目に大きなロボット市場で、2018年にはピークの5,266台であったが、2022年の設置台数はパンデミックによる落ち込みからまだ回復していないものの前年比10%増の3,770台であった。北欧諸国の設置台数は、全体で4,000台を下回り、3,931台、中央及び東ヨーロッパの設置台数も12,000台未満となった。

(南北アメリカの他の重要な市場)

ブラジルの 2022 年の設置台数は、前年比 4%増の 1,858 台と、2,000 台の水準に近づいている。

2.1.2 産業用ロボットの世界規模での稼働台数

2022 年での世界の産業用ロボット稼働台数は、3,903,633 台（対前年比+10%）と推定され、2017 年以降、その稼働台数は年平均成長率が 13%と増加傾向にある。図表 2.1.2 - 1、2.1.2 - 2、2.1.2 - 3 では、2017 年～2022 年までの国別、地域別産業ロボットの世界的な稼働台数の推移を示している。

単位：台

地域／国	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
米州	323,704	361,006	388,295	409,843	452,596	491,535
アメリカ	249,264	274,847	293,250	310,657	339,806	365,002
カナダ	26,209	28,053	28,632	29,385	33,111	35,258
メキシコ	31,662	36,454	40,297	42,611	46,857	51,957
南米	15,071	17,180	18,934	19,720	21,529	23,056
不明	1,498	4,472	7,182	7,470	11,293	16,262
アジア	1,245,200	1,470,781	1,690,361	1,917,662	2,257,989	2,585,030
中国	501,185	650,497	788,810	956,477	1,226,255	1,501,535
日本	297,215	318,110	354,878	374,038	393,326	414,281
韓国	273,146	300,197	324,049	342,985	366,529	374,737
台湾	59,930	67,768	71,825	75,839	84,242	88,708
シンガポール	15,801	19,858	21,935	27,037	30,151	35,266
タイ	30,110	32,331	33,962	35,263	38,543	39,406
インド	19,000	22,935	26,306	28,639	33,418	37,995
その他	48,813	59,085	68,596	77,384	85,525	93,102
オセアニア	8,298	8,147	7,927	7,653	8,005	8,154
欧州	498,045	543,220	581,853	613,610	674,866	728,391
フランス	35,321	38,079	42,054	44,817	49,914	55,245
ドイツ	200,497	215,795	223,387	230,653	248,061	259,636
イタリア	64,403	69,142	74,420	76,843	84,546	91,504
スペイン	32,352	35,209	36,916	38,007	40,081	41,954
イギリス	19,488	20,683	21,678	23,027	24,859	26,515
その他	145,984	164,312	183,398	200,263	227,405	253,537
アフリカ	5,153	5,521	6,547	6,686	7,547	8,129
不明	44,876	51,918	61,763	71,488	77,718	82,394
総計	2,125,276	2,440,593	2,736,746	3,026,942	3,478,721	3,903,633

図 2.1.2 - 1 産業用ロボットの国・地域別稼働台数推移

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

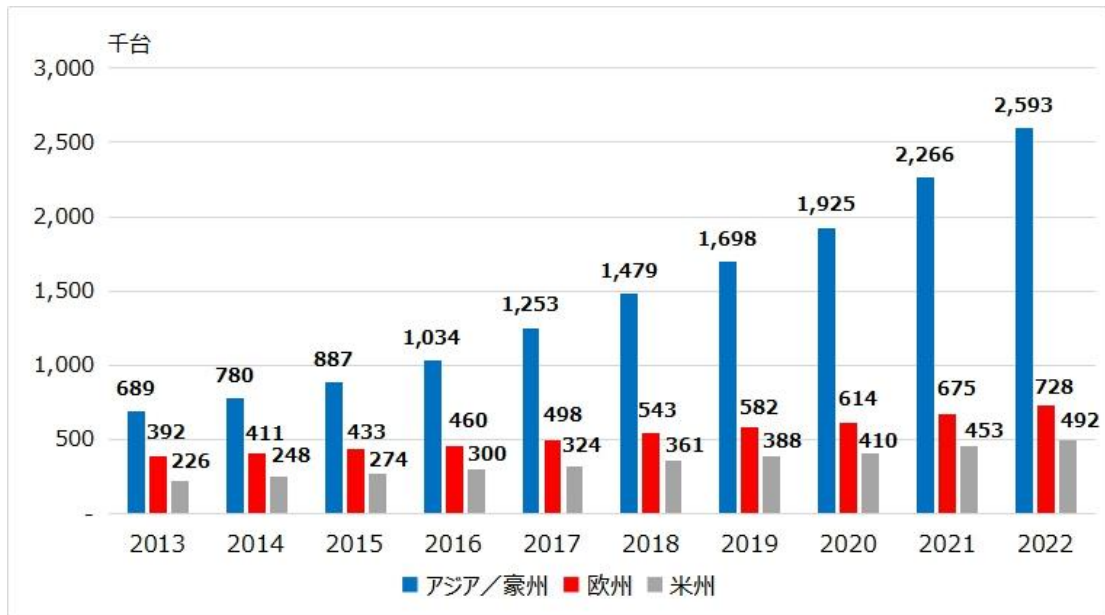


図 2.1.2 - 2 世界の地域別ロボット稼働台数推移

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

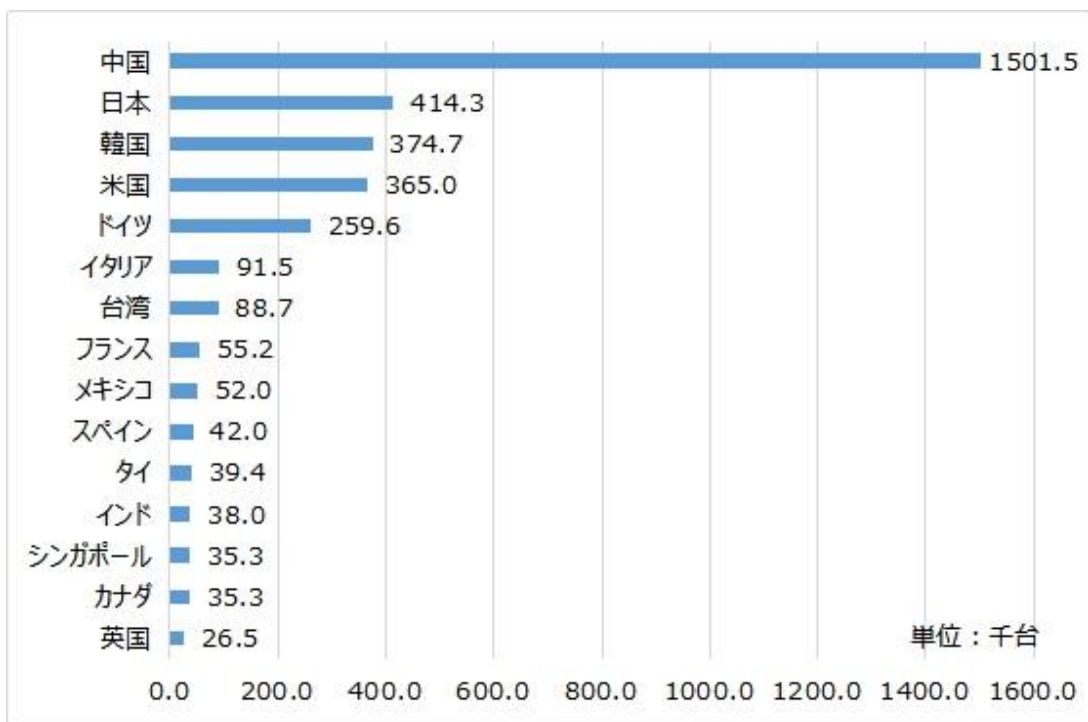


図 2.1.2 - 3 2022 年上での上位 15 カ国のロボット稼働台数

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

中国の産業用ロボットの稼働台数は、2017年以降、年平均25%の増加で2022年には150万台を超えた。これは世界の稼働台数の38%にあたる。2016年に、中国の稼働台数が日本にとって代わり世界最大となった。

日本の稼働台数は、2022年に前年比5%増加し414,281台と世界の11%を占めている。また、日本の稼働台数はかなり長い間減少していたが、2016年に増加に転じ2017年～2022年迄の年平均成長率は+7%であった。

韓国は、2022年の稼働台数が同2%増加し374,737台で、2017年～2022年の平均成長は+7%であった。

南東アジアは、世界の稼働総台数の65%を占め、2017年からの年平均成長率は+16%となった。2005年には、アジア諸国の世界シェアが52%で、そのうち日本が40%を占め、中国は僅か1%であったが、以来、中国、韓国に加え、台湾やタイがこの成長に貢献している。

欧州の2022年でのロボット稼働台数は728,391台で、前年比8%の増と世界の稼働台数の19%となった。2017年以降、欧州の産業用ロボットの稼働台数は年平均8%の伸びである。

2017年から2022年の年平均成長率で高かったのは、中央ヨーロッパと東ヨーロッパで+12%、西ヨーロッパでは+7%、北欧諸国は+6%となった。欧州の稼働台数の3/4は西ヨーロッパで、その約半数をドイツが占めている。

南北アメリカは、世界の稼働台数の13%で前年比9%増の491,535台となっており、2017年以降の年平均成長率も+9%であった。また、これらのほとんどは北米（米国、カナダ、メキシコ）の452,217台である。

2.1.3 2017～2022年の産業用ロボットの世界市場価額

IFRでは産業用ロボットの市場販売額を、各国のロボット工業会（協会）及びメーカーから提供された情報をもとに、対応年の米ドルに対する平均為替レートで換算し発表している（図表2.1.3-1参照）。2022年の販売額は、前年比4%増の158億米ドルとなった。ここでの価額の変動に関する理由は、ロボットの種類とサイズ（可搬重量）、そして低コストロボット市場の成長の2つが挙げられるとしている。

特に低コストロボットは従来の高性能ロボットの数分の1の価格で販売されている。IFR統計では、価格帯が違うロボットでも1台のロボットとして等しく数えることで、低コストロボットが金額以上に台数に対して大きな影響を与えている。

中国におけるロボット販売の市場価額（米ドル）は、前年比3%増の75億米ドル、北米では10%増加し22.6億ドルとなったが、日本市場は円そのものでは9%の増加であったものの対ドル換算では円安により前年比で微減の10億ドルとなった。同様の影響がドイツのユーロ、韓国のウォンでもみられ、ドイツでは台数で前年比1%の減少に対しドル換算で12%減、韓国市場は、台数で1%の増加に対しドル換算で3%の縮小となった。

なお、これらの数値には、ソフトウェア、周辺機器、システムエンジニアリングの費用は含まれていない。これらの費用を含めると、ロボットシステムの実際の市場価額は約3倍になる可能性があるとしており、世界市場全体のシステム評価額は475億米ドルと見積られている。

	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
中国	4,648	4,381	4,428	5,260	7,273	7,516
日本	1,105	1,326	1,281	997	1,022	1,020
北米	2,035	2,262	2,194	1,767	2,052	2,261
ドイツ	900	1,098	1,035	911	956	845
韓国	997	938	759	737	713	691
中計	9,685	10,005	9,697	9,672	12,016	12,333
その他	3,256	3,417	3,733	3,066	3,183	3,509
世界計	12,941	13,422	13,430	12,738	15,199	15,842

図 2.1.3 - 1 選択された国・地域及び世界での産業用ロボットの市場評価額
出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

2.1.4 協働ロボット

IFRが「ロボット」と称する協働ロボットは、2022年に新たに前年対比で31%増加し54,868台が導入され、全産業用ロボット設置台数の約10%となった。図2.1.4-1にもある通り、IFRが協働ロボットの統計を取り始めた2017年以降、確実に増加していることがわかる。

IFRでは、協働ロボットの新たなメーカーが市場に参入するとともに、既存メーカーにおいても新たに同ロボットをラインナップする傾向にあることに加え、用途も多様化するとともにロボットの教示がより簡単となり、専門家でなくとも利用しやすくなったことで協働ロボットの市場が成長しているとする。

	協働ロボット 設置台数	全ロボットの 設置台数	協働ロボット シェア	年成長率
2017年	11,107	399,640	2.8%	
2018年	18,518	423,321	4.4%	+67%
2019年	20,810	386,859	5.4%	+12%
2020年	26,045	389,525	6.7%	+25%
2021年	41,729	526,144	7.9%	+60%
2022年	54,868	553,052	9.9%	+31%

図 2.1.4 - 1 協働ロボットの設置台数推移
出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

2.1.5 選択された国・地域でのロボット密度のための分析

IFR では、製造業における従業員 10,000 人あたりの産業用ロボットの稼働中の数をロボット密度として定義しこれまで発表している。

本レポートでは国家間のロボット密度を解釈する場合、雇用データが国ごとに違う可能性があるため、計算されたロボット密度に影響を与える可能性について留意する必要があるとする。例えば、OECD 統計データベースのような統一された情報源でさえ、発表された国の情報源に依存し、提供された雇用データの定義や測定の違いによって国を超えた比較に偏りが生じる可能性がある。

また、雇用の基データは過去数年間の数値を修正することが多く、雇用データは少なくともタイムラグがない場合にのみ利用可能であることに注意すべきとしている。従って、本レポートでのロボット密度は、過去 1 年間の雇用データが推定され、データが利用可能となった時点で公式データを使用して更新されるため、過去の値とは異なる可能性がある。

(1) 製造業における密度

2022 年の製造業における平均ロボット密度は、従業員 10,000 人あたり 151 台であった。近年のロボットの大量導入によって、アジアの平均ロボット密度は 2017 年から年平均 15% 増加し、168 台となった。欧州のロボット密度は、2017 年から年平均 8% の伸びで 136 台、そして米州では 7% の伸びで 120 台となった。

図表 2.1.5 - 1 にもあるとおり、ロボット密度が最も高い国は韓国で、1,012 台と 2017 年以降年平均 6% の伸びとなっているが、韓国は世界的に知られる電子産業および自動車産業が盛んな国で、産業用ロボットにとってもこの 2 大産業に依存している。

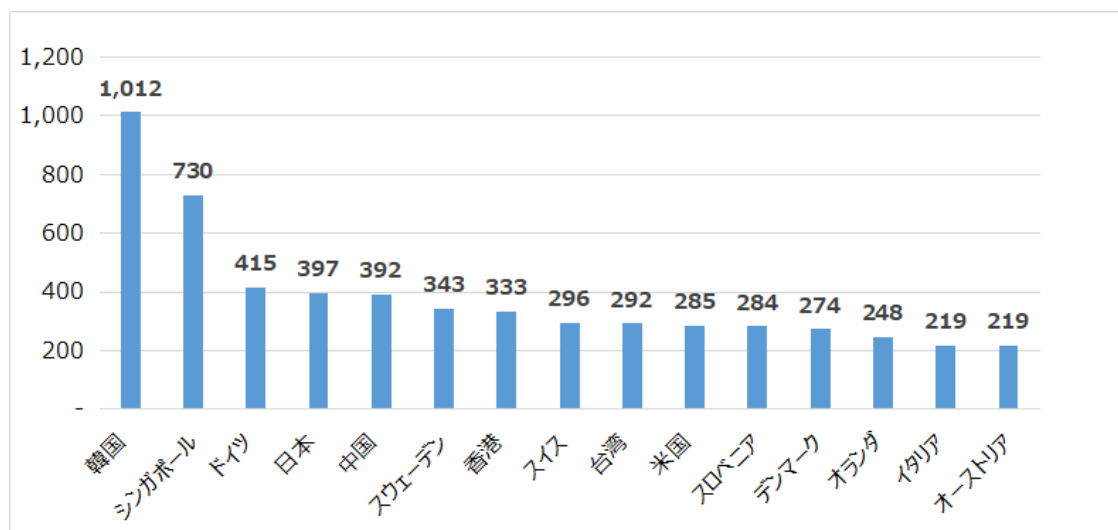


図 2.1.5 - 1 2022 年での上位 15 カ国の製造業におけるロボット密度
出典：国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2023」

続いてシンガポールは、ロボット密度が 730 台となっているが、小国であるシンガポールは、製造業の従業員が 45 万人と少ないなか、2022 年の約 5,900 台の設置台数の増加がロボット密度を高める結果となっている。同国のロボット密度は、2017 年以降、年平均 18% の増加となっている。

これら 2 国に対し、ロボット密度で 3 番と 4 番になったドイツ (415 台) と日本 (397 台) は、その密度が大きく引き離されている。日本のロボット密度は、2009 年まで世界で最も高かったが、2010 年に韓国に抜かれ、2017 年にはシンガポールに、そして 2018 年にドイツに抜かれて 4 番目となった経緯がある。

韓国、ドイツ、日本のロボット密度は、過大評価されている可能性があることにも注意する必要があるとしている。その理由は、これらの国々ではロボットシステムインテグレータが最終仕向け地をメーカーに報告せず、別の国に輸出する場合があります、各国の工業会・協会からのデータ (メーカーから提供された統計データ) が実際の設置ではなく、単に出荷 (在庫) の報告となる可能性があるとしている。

2019 年にトップ 10 入りした中国は、製造業で 4 千万人の労働者がいるにもかかわらず、過去 10 年間で自動化とロボットへの巨大な投資によって 2021 年に 5 位に浮上し、2022 年も順位を維持し 392 台となった。

(2) 自動車産業および他のすべての産業でのロボット密度

図表 2.1.5 - 2 は主要な自動車生産国でロボット密度が 1,000 台以上の上位 8 位までの国を対象に、その他産業 (一般産業) とのロボット密度との対比を示したものである。この図表から、自動車産業はロボットによるソリューションを早くから採用していたことで、自動化レベルは一般産業よりもはるかに高くなっているのがわかる。

大規模な自動車産業がないスイスでは、同産業での従業員数がわずか 3,300 人であるものの自動車産業での稼働台数が 1,432 台であったことで、2022 年の 1 万人あたりのロボット密度が 4,339 台に相当する高さとなっている。

一方、自動車以外の一般産業では、過去数年間、世界中で着実に増加しているものの、ロボット密度は自動車産業に比してまだまだ低い状態にある。しかしながら、大規模な電子産業を抱える国では、一般産業のロボット密度は高くなっている。韓国では、一般産業でのロボット密度は 823 台とトップであり、日本がそれに次いで 299 台となっている。

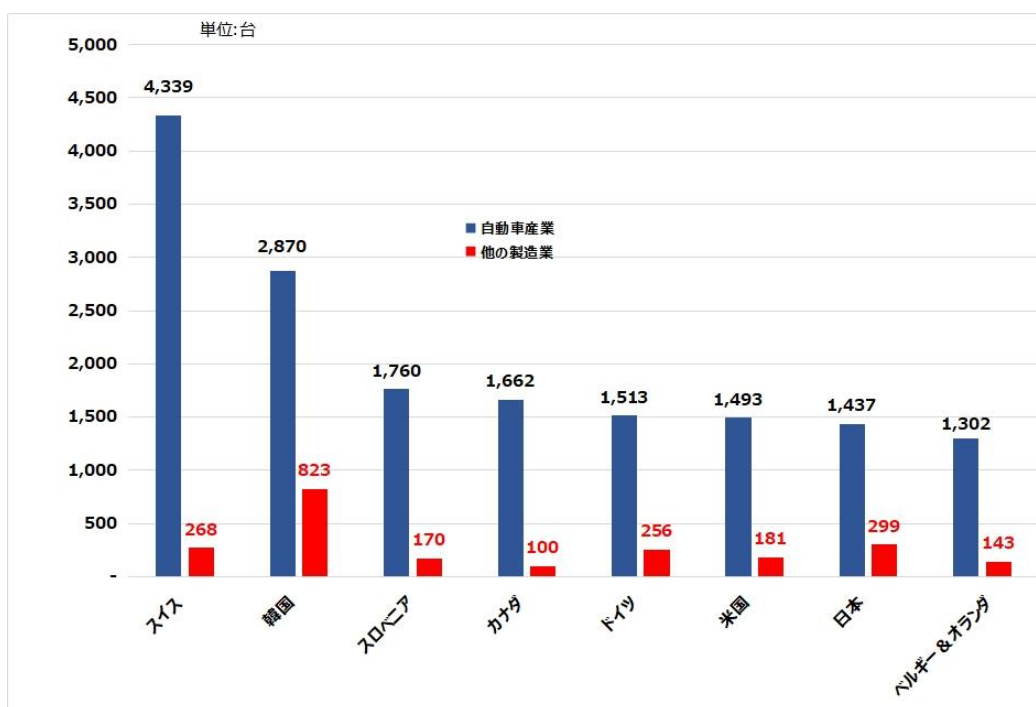


図 2.1.5 - 2 主要 8 カ国における自動車産業 vs 一般産業でのロボット密度
出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

2.1.6 利用分野別にみた 2017～2022 年の産業用ロボットの設置と稼働の状況

利用分野別にみた設置台数の状況は図 2.1.6 - 1～2.1.6 - 4 で、その内訳は以下のとおりである。

(ハンドリング分野におけるロボットの年間設置台数)

2022 年のハンドリングロボットの設置台数は、10%増の 266,112 台となり、総設置台数の 48%で、新たなピークとなった (図 2.1.6 - 1)。

ハンドリング用途で最大のマテハンロボットは、2022 年に 119,438 台 (総設置台数の 22%) とピークレベルとなった (図 2.1.6 - 2)。マテリアルハンドリングは、ワークの供給・取り外し、位置決め、移設及び搬送を行うなど、ほぼすべての業界で利用される普遍的なアプリケーションとなっているが、2017 年から 2022 年の年平均成長率は 9%である (図 2.1.6 - 3)。

ハンドリングで 2 番目の用途である包装/ピッキング/配置等の作業用ロボットは、2022 年に対前年微減の 47,911 台 (同 9%) とほぼ横ばいとなった。本アプリケーションは、電気・電子産業だけでなく、食品及び飲料業界、製薬及び化粧品といった 3 品産業で一般の用途となっているが、2017 年から 2022 年にかけての同成長率は 8%となっている。

近年、樹脂成型品の取出しロボットの設置台数は、年間約 2 万台と横ばいで成長している

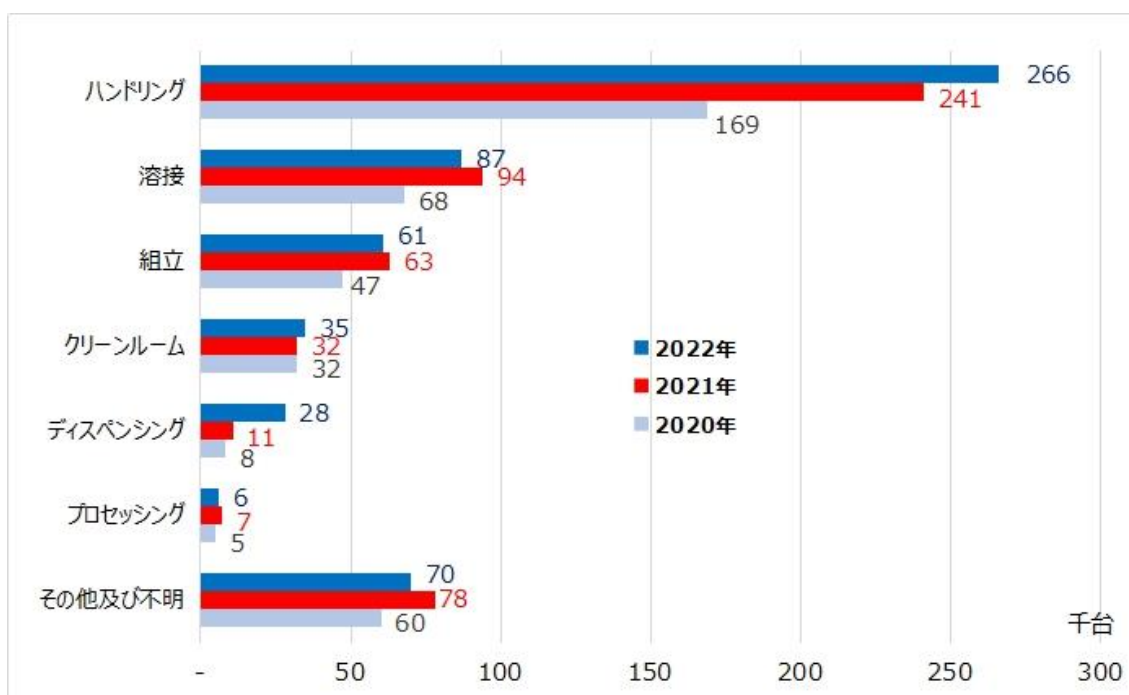


図 2.1.6 - 1 2022 年での利用分野別ロボットの年間設置台数

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

	溶接	ハンドリング・ 機械加工	うち マテハン	うち 樹脂成型	うち 入出荷	うち包装・ ピッキング	うち 機械加工	ディスペン シング	プロセッシ ング	組立	クリーン ルーム	その他 ・不明	合計
中国	50,779	149,163	73,626	7,635	11,333	25,576	10,549	18,420	3,093	43,577	8,489	16,737	290,258
米国	6,918	22,897	11,293	1,931	1,300	4,295	1,066	1,082	428	1,430	2,486	4,335	39,576
日本	6,780	16,174	7,665	3,325	1,403	820	2,492	881	289	7,537	16,895	1,857	50,413
韓国	2,999	14,587	2,996	996	305	8,488	342	2,139	98	1,795	7,030	3,068	31,716
メキシコ	2,212	2,945	1,260	593	46	449	193	336	50	110	117	230	6,000
ドイツ	2,055	11,659	5,797	1,085	529	1,090	1,512	535	422	841	713	9,411	25,636
インド	1,540	2,010	906	505	58	297	133	475	83	154	27	1,064	5,353
フランス	1,153	4,230	1,195	549	397	837	258	54	110	312	649	872	7,380
イタリア	1,045	7,084	1,716	726	1,063	1,108	1,077	148	269	856	472	1,561	11,475
カナダ	786	1,985	922	77	160	480	120	79	81	57	80	155	3,223
その他	11,120	33,378	12,062	4,891	20,253	4,471	3,324	3,526	1,264	4,072	9,026	19,676	82,022
世界計	87,387	266,112	119,438	22,313	20,253	47,911	21,066	27,675	6,187	60,741	45,984	58,966	553,052

図 2.1.6 - 2 2022 年溶接ロボットでの設置台数上位 10 カ国をベースとした各用途の設置状況

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

単位：台

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ハンドリング／部品搬送	178,353	178,525	177,051	169,214	241,147	266,112
金属鋳造	4,030	6,018	5,846	5,329	5,158	4,632
樹脂成型	19,862	23,753	19,863	18,279	22,509	22,313
板金加工／鍛造／ 曲げ加工	3,469	4,243	3,682	3,561	9,086	6,626
機械加工	20,797	19,344	14,500	10,118	20,766	21,066
機械部品の搬送	6,500	7,568	8,240	7,838	8,566	10,190
計測・検査・試験	3,572	4,165	3,350	3,164	9,033	10,856
入出荷	10,548	11,087	13,186	11,762	18,087	20,253
包装／ピッキング	32,287	31,820	30,135	38,369	48,093	47,911
マテハン	77,288	69,153	76,902	69,579	94,814	119,438
その他		1,374	1,347	1,195	5,035	2,827
溶接・はんだ付け	81,843	89,174	72,896	68,328	94,111	87,387
アーク溶接	33,157	40,967	35,301	34,801	50,197	44,607
スポット溶接	43,553	43,273	32,665	27,053	34,082	33,740
レーザ溶接	1,061	793	1,192	1,060	1,986	1,049
その他溶接	1,655	1,213	1,561	1,994	2,948	3,861
はんだ付け	2,417	2,928	2,177	3,420	4,569	3,543
その他					329	587
ディスプレイング	11,606	12,300	11,948	8,220	11,127	27,675
塗装	7,883	7,979	6,681	5,090	6,888	23,030
接着、シーリング	3,109	3,278	4,185	1,983	2,568	2,270
その他	614	981	1,022	1,094	1,538	2,359
不特定		62	60	53	133	16
プロセッシング	6,014	5,325	7,170	4,718	758	6,187
レーザ切断	427	509	666	902	826	420
ウォータージェット切断	398	402	351	227	380	491
切断／バリ取り、研磨等	4,070	2,422	4,121	2,709	4,576	3,872
その他	1,116	1,867	1,908	684	887	1,031
不特定	3	125	124	196	489	373
組立・分解	48,783	45,470	37,548	46,863	63,031	60,741
組立	48,563	44,984	37,099	46,420	60,320	57,287
分解	220	76	37	25	30	259
不特定		410	412	418	2,681	3,195
その他	38,490	43,320	32,804	40,606	43,569	45,984
クリーンルーム：PFD用	8,863	8,007	8,962	5,677	5,824	4,856
同：半導体用	5,550	25,622	17,772	25,650	25,762	28,992
その他クリーンルーム	20	659	1,669	557	441	877
その他	4,057	9,032	6,401	8,722	11,542	11,259
不特定	34,551	49,207	47,442	51,576	66,001	58,966
合計	399,640	423,321	386,859	389,525	526,144	553,052

図 2.1.6 - 3 利用分野別ロボットの設置台数推移

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」より作成

が、2022年は対前年比1%減の22,313台となった。同年の総設置台数の4%を占め、2017年からの平均成長率は2%となった。

機械加工用ロボットは、2022年に対前年比1%増の21,066台で設置台数の約4%となるとともに、新たなピークレベルとなった。なお、2017年からのからの年平均成長率は0%であった。

入出荷ロボットの設置台数は、2009年～2022年までの設置状況を見ると、2020年にはパ

ンデミックでの一時的落ち込みはあったものの継続的に増加し、2022年には20,253台(前年比12%増、シェア約4%)となった。

その他での1万台以上の設置では、マシンテンディングが2022年に19%増加の10,190台となった。

(ハンドリング用途以外のロボットの年間設置台数)

溶接及びはんだ付け用の設置台数は、2022年に7%減少し87,387台(総設置台数の16%)と、前年の94,111台のピークレベルを下回った。このうちアーク溶接ロボットは、前年にピークであった50,197台から11%減少して44,607台(総設置台数の8%)となった。また、近年ではスポット溶接ロボットがアーク溶接ロボットを下回る状況にあり、2022年には前年比1%減の33,740台(同6%)となった。はんだ付けロボットの設置は、対前年比22%減の3,543台となったが、ニッチ市場でもあり、そのほとんどが中国から報告されたものである。

組立用ロボットの設置台数は、前年のピーク時より5%減の60,741台(同11%)となったが、この利用分野の主役は電子産業となっており、同業界からの需要が低かったことによるもので、2017年から2022年の年平均成長率は4%となっている。

半導体やフラットパネルディスプレイ等のクリーンルーム用ロボットの設置台数は、2022年に6%増の45,984台(同8%)であった。このアプリケーションは主に電子通信機器業界で利用されているが、その主要な生産拠点である中国、日本、韓国、シンガポール、米国、台湾、そしてマレーシア等に設置されている。

ディスペンシング用ロボットは、2022年に対前年比149%増の27,675台で新たなピークとなった。その需要産業は自動車がほとんどで、そのほか金属業界でも使用される。その内、塗装・エナメル用の設置台数は前年比234%もの大幅な伸びで23,030台となったほか、接着剤やシーリングの塗布は、2,270台と前年比12%減となった。

(利用分野別での国別状況)

溶接用ロボットは主に自動車業界で使用されていることで、そのほとんどは主要な自動車生産国に設置されているが、2010年以来、中国は溶接ロボットの年間設置台数が最も多い国で、2022年には50,779台で溶接ロボットの総設置台数の58%を占めている(図2.1.6-2)。米国は2020年に日本を抜いて2番目となっているが、その設置台数は全体の8%にあたる6,918台で、日本は6,780台(シェア約8%)となった。続いて韓国が2,999台(同3%)、メキシコ(2,212台、同2%)、ドイツ(2,055台、同2%)と続き、2022年に年間1,000台の溶接ロボットを導入した国は、インド(1,540台)、フランス(1,153台)、そしてイタリア(1,045台)であった。

ハンドリング・機械加工用ロボットにおいても同様に溶接ロボット同様の5か国が同ロボット設置数の81%を占めている。2022年には中国(149,163台、シェア56%)、米国(22,897

台、同 9%)、日本 (16,174 台、同 6%)、韓国 (14,587 台、同 5%)、ドイツ (11,659 台、同 4%) で、このうち、ハンドリング・機械加工ロボットのうちの 85%を占めるマテハン用は、中国が 73,626 台 (シェア 62%)、米国 (11,239 台)、日本 (7,665 台)、ドイツ (5,797 台)、そして韓国 (2,996 台) とトップ 5 を占めている。

同じくそのうちの包装/ピッキング/配置用は主に中国 (25,576 台、シェア 53%)、韓国 (8,488 台、同 18%)、3 番目の米国 (4,295 台、同 9%) と続いている。同入出荷用では、中国 (11,333 台、56%)、日本 (1,403 台、7%)、そして米国 (1,300 台、6%) と続いている。同機械加工用では、トップが中国 (10,549 台、50%)、2 番目が日本 (2,492 台、12%)、3 番目がドイツ (1,512 台、7%) となっている。同樹脂成型用では、トップが中国 (7,635 台、34%)、日本 (3,325 台、15%)、そして米国 (1,931 台、9%) となった。

さらに、組立用の 72%、ディスペンシング用の 67%、プロセッシング用の 50%を中国がトップを占めた。一方、クリーンルーム用のシェアでは日本が 37%と首位で、次に中国が 18%、そして韓国の 15%と続いた。

(利用分野から見た稼働台数の状況)

利用分野から見た稼働台数の状況は図表 2.1.6 - 4 で、その内訳は以下の通り。

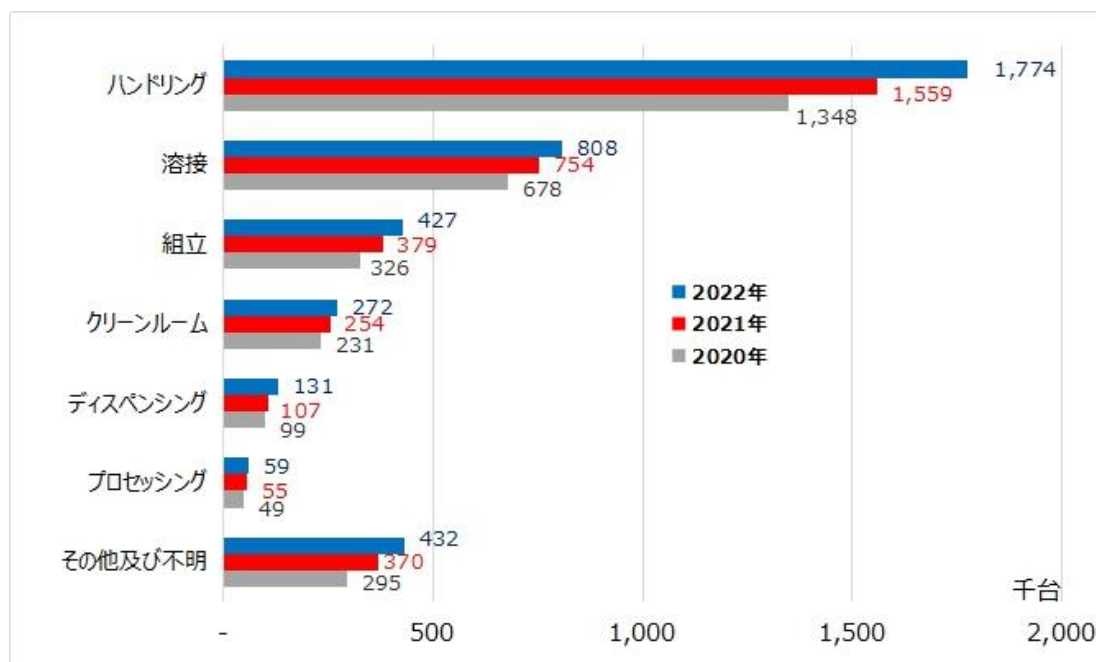


図 2.1.6 - 4 利用分野別ロボットの稼働台数

出典：国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2023」

溶接用は、対前年比 7%増の 808,135 台でシェアは 21%であった。組立用は前年比 13%増の 427,438 台でシェアは 11%を占めた。クリーンルーム用は、同 7%増の 272,489 台でシェア 7%、そしてディスペンシング用が同 22%増の 130,660 台となった。

2.1.7 ユーザー産業での 2015 年～2020 年の産業用ロボットの設置と稼働の状況
 (ユーザー産業での 2017 年～2022 年における設置状況)

ユーザー産業別でみた稼働台数の設置状況は図 2.1.7 - 1、2.1.7 - 2 で、その内訳及び各産業の特徴は以下の通り。

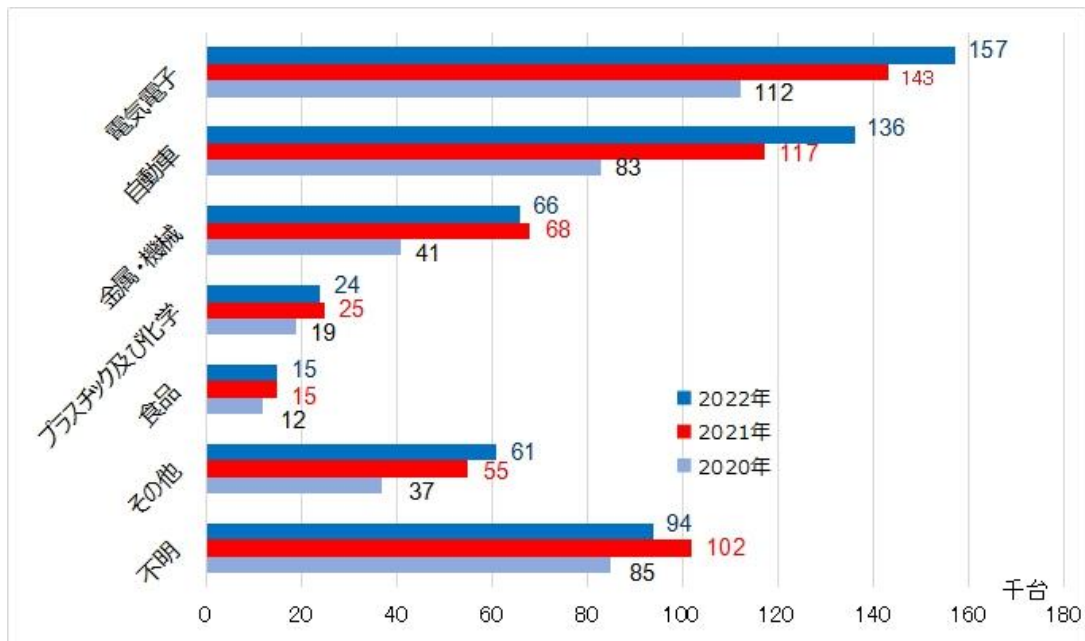


図 2.1.7 - 1 ユーザー産業別年間設置台数の推移

出典：国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2023」

単位：台

	自動車産業	電気・電子産業	プラスチック・化学産業	金属製品・機械産業	食品・飲料業	その他	不明	合計
中国	73,363	100,320	7,374	30,932	4,872	36,912	36,485	290,258
米国	14,472	3,732	3,065	3,900	2,442	5,797	6,168	39,576
日本	12,719	18,359	1,424	8,186	870	3,615	5,240	50,413
ドイツ	6,676	1,325	2,049	4,187	412	1,883	9,104	25,636
韓国	5,424	14,539	604	1,708	597	835	8,009	31,716
メキシコ	4,075	449	475	192	154	342	313	6,000
トルコ	1,749	112	270	747	117	322	431	3,748
フランス	1,655	284	813	1,635	554	1,588	851	7,380
インド	1,475	277	409	330	45	319	2,498	5,353
カナダ	1,278	94	154	395	257	788	262	3,228
その他	13,244	17,445	6,904	13,907	4,796	8,654	25,794	90,744
世界計	136,130	156,936	23,541	66,119	15,116	61,055	94,155	553,052

図 2.1.7 - 2 自動車産業での設置台数上位 10 カ国をベースとしたユーザー産業の設置状況

出典：国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2023」

電気・電子産業は、2020年以降最大の需要産業となっており、2022年には156,936台（設置総数の28%）のロボットが家庭用電化製品、電気機械、半導体、ソーラーパネル、コンピュータ、電気通信機器、ビデオ及び電子娯楽用品等の生産向けに設置された。これは、2017年からの年平均成長率は5%で、2018年と2019年にデバイスとコンポーネントは大幅に減少となったことが影響している。

この業界は、アジア諸国が電子製品とその部品の製造の拠点であるため、米中貿易摩擦に最も影響を受けた。しかし、家電製品の需要はCovid-19の間に急増し、電子部品は自動車や産業機械のあらゆる分野において重要であり、パンデミックにおける限られた生産能力とサプライチェーンの混乱は、電子産業における更なる生産能力の必要性が求められた。

電気・電子産業の特徴は、同産業設置総数の91%が主要な生産拠点となる僅か5つの経済圏に設置されている。中国がそのうちの64%の100,320台、以下、日本が12%の18,359台、韓国が9%で14,539台、シンガポールが3%で5,354台、そして台湾も3%で4,076台となっている。そのほかに1,000台以上の国は、米国が3,732台、ドイツ・1,325台及びマレーシア・1,207台であった。

それに次ぐ自動車産業は、2022年にはピークとなる対前年比16%増の136,130台（同24%）で、2017年から2022年にかけての年平均成長率は2%となっている。自動車業界は燃焼エンジンから電動モーターへの投資の移行期間にもあたり、部品製造での需要の伸びが期待されている。

自動車産業においても、2022年にロボット設置の83%が主要自動車生産国である中国、日本、米国、ドイツ、韓国の5つの国に設置されている。そのうち同産業への総設置数の54%を占める中国は2022年に2,700万台の自動車生産に対し73,363台が設置された。同様に米国は10.1百万台の生産に対し14,472台設置し、11%のシェアとなっている。日本は、7.8百万台の車の生産に対し、ロボットの設置が12,719台、以下、ドイツが6,676台、韓国が5,424台となっている。上位5か国以外では、メキシコ（4,075台）、トルコ（1,749台）、フランス（1,655台）、インド（1,475台）、そしてカナダ（1,278台）の10カ国となっているが、1,000台以上には他にチェコ、およびスロバキアがある。

金属・機械産業は、総設置台数の12%を占める3番目の産業となっているが、2022年に前年比3%減の66,119台となったが、2017年以降、年平均成長率は8%である。このうち、産業機械は対前年比2%減の39,007台、金属製品は同9%減の22,450台となっている。

金属・機械産業では、設置台数の47%（30,932台）が中国で、それに続くのが日本の12%（8,186台）、ドイツの6%（4,187台）、米国の6%（3,900台）、そしてイタリアの6%（3,065台）となっている。

プラスチック・化学製品産業は4番目のユーザー業界で、総設置台数の4%を占めている。年間の設置台数はかなりの間2万台前後で推移し、2021年に25,025台となったものの2022年には6%減の23,541台と全設置台数のシェアは4%、2017年からの年平均成長率は2%であった。なお、プラスチック・化学製品産業での設置台数の3/4はゴム及びプラスチック

製品業界で、2022年に16,829台（前年比-6%）、2017年からの平均成長率は0%となった。また、製薬及び化粧品業界は2022年に前年比5%の6,172台、同成長率も+8%となった。

プラスチック及び化学製品業界での設置は、中国が設置台数の31%（7,374台）、米国の13%（3,065台）、ドイツの9%（2,049台）、日本の6%（1,424台）及びイタリアの6%（1,379台）となっており、上位5か国で全体の65%を占めた。

食品及び飲料業界での設置台数は、対前年比2%減の15,116台塗装設置台数のシェアは3%にとどまり、2017年以降の年平均成長率が10%となっている。

食品及び飲料品業界では、中国が全設置台数の32%（4,872台）、米国が16%（2,442台）、そしてイタリアの9%（1,357台）となっており、この3か国で57%を占めている。

（ユーザー産業での2017年～2022年におけるユーザー産業での稼働状況）

2022年末の産業用ロボットの全稼働総数は3,903,633台となった。

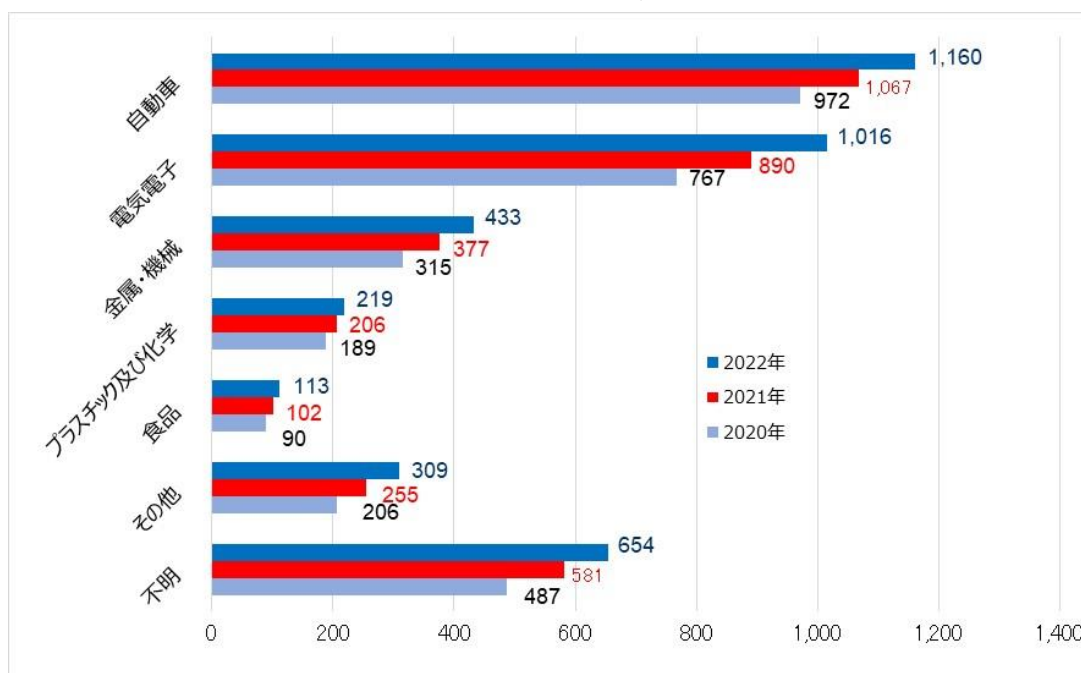


図 2.1.7-3 全稼働総数における産業別台数の推移

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

自動車業界は、2022年に図 2.1.7-3にもあるように稼働総数に占める割合が依然として最大で30%の1,160,072台（前年比+9%）となった。しかしながら、そのシェアは、2017年から年平均成長率が+9%となったものの継続的に減少している。一方、電気電子産業と金属・機械産業での稼働数の成長率は2桁にある。

電気電子産業の稼働総数は2番目で、2022年でシェアは26%で、2022年に14%増加し1,015,771台となり、2017年からの年平均成長率が15%となっている。

金属・機械産業の稼働総数は、前年同期比15%増の433,093台となり、2017年からのそ

の成長率も 15%増でシェアが 11%となった。

プラスチック・化学製品での 2022 年末の稼働総数は、前年比 6%増の 219,275 台となりシェアは 6%である。

食品・飲料業界の稼働総数は前年比 11%増の 112,623 台で、そのシェアは 3%であった。また、稼働総数全体の 17%はユーザー産業が不明となっている。

2.2 サービスロボットの統計

2.2.1 はじめに

IFR によると、2022 年のサービスロボット統計は、各国のロボット協会及びロボットメーカーからのデータの直接提供として、975 社のロボットメーカーを把握の上、その取り纏めを行っている。そして本統計にはプロトタイプ、サービス及びシステムプロバイダは含まれていない。また、サービスロボット業界は、産業用ロボットの業界に比べてもはるかに多様性があり、具体的ではないとしている。

従って、本調査のデータはサンプルデータで、市場全体に投影されているわけではないとしている。よって本調査結果は、実際の売上高よりも少なく、最低レベルの売上であると解釈する必要がある。

また、IFR では 2020 年迄は金額単位での調査も行っていたが、多くの企業がこの情報提供に消極的であったことで、以降、金額ベースでの発表は止めている。そして、調査を簡素化し回答のしやすさを図るうえで移動タイプの種類別統計も廃止し、利用分野と台数にだけに焦点を当てることになったとしている。このため、2020 年時までの統計結果の推移とは、大きく変わっていることに留意する必要がある。

本統計ではさらに、「Robots-as-a-Service」(RaaS) としてのビジネスモデルは、「RaaS フリート」(本統計では、個人や家族ではなく、企業、政府機関、その他の組織が所有またはリースするロボットのビジネスサービスを指すものと理解) として、ロボット市場を評価する上でそのビジネスモデルを組み入れている。

図 2.2.1-1 は、統計の母社数とサンプルの関係を示しており、本統計の母社数は 975 社で、このうち 428 社が欧州及び MENA(中東及び北アフリカ) 企業で全体の 44%、そしてアメリカ大陸の企業が 258 社で同 26%、278 社がアジア企業で同 28%となっている。

また、業務用ロボットの企業数が 799 社(総数の 82%)、民生用ロボット 234 社(同 24%)であるほか、業務及び民生用の両分野にロボットを提供するメーカーは 58 社とのことである。業務用サービスロボットに取り組んでいる企業のシェアは、表にもある通り 3 地域で同程度であるものの、アジア地域は欧州及び MENA やアメリカの両地域に比べて、業務用及び民生用の両分野で積極的に市場展開しているとする。

地域	内訳	合 計	民生用ロボット	業務用ロボット
		企業数	企業数	企業数
欧州+MENA*	企業数	428	81	360
	サンプル数	148(38)	22(6)+1	130(33)+1
アメリカ大陸	企業数	258	61	206
	サンプル数	27(8)	4(0)	23(8)
アジア	企業数	278	91	223
	サンプル数	64(1)	6+2	21(1)+2
その他	企業数	11	1	10
	サンプル数	0	0	0
合 計	企業数	975	234	799
	サンプル数	239(47)	32(6)+3	174(42)+3

図 2.2.1 - 1 原産地別サービスロボットサプライヤー

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

2.2.2 業務用サービスロボットの2021年・2022年の使用と販売、2023-2026年の潜在市場

2022年の業務用サービスロボットの市場は、前年比48%増の約158,000台が登録されるとともに、RaaSフリートも50%増の21,000台を超えたとしている。それを利用分野別にまとめたものが図2.2.2-1である。

その最大の利用分野は、輸送及び物流で当該分野はすでに市場として確立されており、移動ロボットソリューションとして展開され、自律移動ロボットのみが本統計の対象となっている。2022年には、前年比44%増の約86,000台が販売されている。このうち、企業等の組織が所有するRaaSフリートとしての移動ロボットは67%増加し、6,900台以上となっている。公共交通のない屋内環境での輸送及び物流用移動ロボットは、2022年に前年比28%増の約47,500台、このうちRaaSフリートは9%増の860台以上である。そして、公共交通のある屋内環境向けロボットの販売台数は、78%増加し約37,300台に達するとともに、RaaSフリートも87%増の約5,700台となった。

接客用ロボットは、業務用ロボット2番目の大きな市場となっており、2022年には前年比125%増の24,500台と人気は高まっている。また、RaaSフリートの規模も前年比138%増の約7,500台となっている。IFRによると、この内訳では移動案内、情報及びテレプレゼンスがこれらの大部分を占め、配膳用についての報告はなかったとしている。

3番目の市場としては医療ロボットで、2022年の販売台数は同4%減の約9,300台となった。その内、手術用ロボットが同5%増の約4,900台、そしてリハビリ用及び非侵襲治療用が16%減の3,200台未満、その他（診断、検査等）が7%減の約1,300台となっている。

	2021年	2022年	2022/2021	2021年	2022年	2022/2021
	販売台数			成長率		
				RaaSフリート(台)		成長率
業務用サービスロボット	106,523	157,799	+48%	14,241	21,420	50%
農業	6,762	7,986	+18%	63	85	35%
栽培	1,447	2,169	+50%	*	*	-
搾乳、その他畜産、農業	5,315	5,817	9%	*	*	-
業務用清掃	6,362	6,888	+8%	6,742	6,759	+0%
床清掃	4,417	4,850	+10%	*	*	-
窓、壁、タンク、パイプ、船体清掃	83	104	+25%	*	*	-
その他清掃	1,862	1,934	+4%	*	*	-
検査・保守	603	776	+29%	103	106	+3%
建築、建設	151	300	+99%	*	*	-
タンク、チューブ、パイプ、下水道	363	362	-0%	*	*	-
その他点検・保守	89	114	+28%	49	52	+6%
建設・解体	22	56	+155%	11	12	+9%
輸送・物流	59,613	86,044	+44%	4,149	6,926	+67%
屋内環境（公共交通のない）	37,158	47,548	+28%	791	861	+9%
屋内環境（公共交通のある）	20,913	37,276	+78%	3,057	5,702	+87%
屋外環境（公共交通のない）	47	55	+17%	*	*	-
在庫	267	321	+20%	*	*	-
その他輸送・物流	1,228	844	-31%	*	*	-
医療ロボット	9,784	9,349	-4%	**	**	-
手術	4,636	4,882	+5%	*	*	-
リハビリ・非侵襲治療	3,770	3,183	-16%	*	*	-
診断、医療検査分析・その他の医療用ロボット	1,378	1,284	-7%	*	*	-
捜索・救助、警備	1,478	1,749	+18%	**	**	-
接客	10,912	24,519	+125%	3,155	7,504	+138%
その他業務用サービスロボット	10,987	20,232	+84%	18	28	+56%

注) *及び** : RaaSフリートの内訳台数等が明らかでない

図 2.2.2 - 1 業務用サービスロボットの 2021 年-2022 年販売台数

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

農業分野では、2022年に前年比18%増の約8,000台が販売された。この内、栽培用に約2,200台(同50%増)となっているが、近年、食物や作物の栽培にロボット利用に向けた様々な研究開発が行われているものの、農業現場でロボットを利用するには依然として開拓者精神と資金が必要であるとしている。また、搾乳や納屋の清掃などほかの作業用として9%増の5,800台が販売された。

業務用清掃ロボットの需要は、前年比8%増の約6,900台が販売されたが、その内RaaSフリートが約6,800台とかなりの数を占めている。業務用清掃の内訳では、床清掃が70%を占めている。その他の業務用清掃には、業務用プール清掃ロボットやソーラーパネル清掃ロボット等が含まれ、1,900台(同4%)が販売された。

捜索救助及び警備ロボットの販売台数は、2022年に前年比18%増の1,700台以上の販売が報告されているが、この内、自律的なロボットは警備用であるものの捜索救助はむしろ遠隔操作に依存し、自律性が制限されているとする。

検査及び保守用のロボット装置は、検査及び保守作業を自律的に実行するロボットの内容が限られているが増え続けている。2022年には、前年比29%増の約776台が販売された。その内、タンク、管、パイプまたは下水道の検査用が362台(-0%)、建物の検査用300台(99%増)となっている。

建設または解体作業用ロボットは、今回の報告では非常にニッチな市場となっている。ま

た、その他業務用ロボットの応用分野としては、作業者をサポートすることを目的とするパワードスーツや、ジョイライダーないしはシミュレーター、スポーツやレクリエーション施設での業務用芝刈りロボット、さらには鉱山で使用されるロボットもこれに含まれる。

2.2.3 今後の見通し

IFR では業務用ロボット分野における今後の見通しとして、多くの業界でサービスロボットの今後の応用に大きな可能性があるとしている。特に日本、米国、韓国、ドイツなどの先進国においては既に労働力不足に直面することでのロボット需要に加え、技術の急速な進歩による経済合理性の向上とも相まって、当該分野のさらなる需要への期待を挙げている。

とりわけ、技術の進歩はロボット分野のみならず、人工知能やマシンビジョンといった隣接技術でもさらに進化し、ロボットのパフォーマンスと適用性が向上するとしている。

一方、短期的な課題として、特に欧州では、さまざまなベンダーの異なる AGV と 1 つの制御システムとの間の通信方法に関する規格「VDA 5050」が人気となっているように、オフィスや病院などの建物内を移動する移動ロボットにとってドアやエレベーターなどやセキュリティシステムへのインターフェースの標準がロボットの実装にとって重要となっている。そのほかラストワンマイル配送における安全上の規制・法律、ロボットメーカーにとっての部品不足やサプライチェーンの問題等々を挙げているが、このような状況下でもサービスロボットの需要はこれまで以上に増加しているとする。

図 2.2.3-1 は、業務用サービスロボットの予測（2023-2026 年）である。ここにみられるように輸送・物流分野は 2023 年～2026 年まで年平均 40% 増と引き続き 2 桁台の高い伸びとなっている。特に、倉庫や工場での屋内輸送は引き続き成長する分野でその成長率も高いとしている。レストラン、ホテル、オフィス、病院、駅、空港等に至る屋内環境、更には公共交通機関がある屋外環境での輸送ロボットにも大きな市場性があるとする。

	2022年	2023-2026	2026年
	販売台数	平均成長率	販売台数
業務用サービスロボット分野	157,599	+38%	575,481
農業	7,986	+30%	22,809
業務用清掃	6,888	+50%	34,871
検査・保守	776	+35%	2,577
建設・解体	56	+5%	68
輸送・物流	86,044	+40%	330,547
医療ロボット	9,349	+8%	12,719
捜索、救助、警備	1,749	+35%	5,809
接客	24,519	+50%	124,127
その他業務用サービスロボット	20,232	+20%	41,953

図 2.2.3-1 業務用サービスロボットの 2023-2026 年予測

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

接客におけるロボットは、例えば空港や観光地での旅行者や観光客のサポート、あるいは展示会などでの移動が必要な場合でも出張を仮想プレゼンスに置き換えるといったように、サービス部門での人手不足対応でのロボット需要など、当該分野では2023年～2026年の成長率も50%の成長が見込まれるとする。

医療用ロボットでは、侵襲及び低侵襲手術やリハビリなどにロボット装置の利用が新たな標準となりつつあるなか、これらの装置への投資が多額になることで、年平均成長率は1桁台に落ち着くとしている。

農業用ロボット市場では、今後10年以内に耕耘、播種、除草そして収穫までの様々な栽培作業におけるロボットが登場することが予想されるなか、これらの製品が順次利用されるにつれ高い成長率が期待されるとしている。

業務用清掃ロボットは、その需要が今後数年間で加速すると予想している。特に欧州の多くの国で最低賃金の上昇と労働力不足により、床清掃ロボットの需要が、そして太陽光発電でのソーラーパネルの清掃ロボットの需要も増加するとしている。

消防や災害救助用のロボット装置は、大きな可能性を秘めたニッチ市場であるとしている。特に、事業所や一部の国では公共の場でも自律移動で巡回する警備ロボットの需要は、今後大きく伸びるとしている。

検査・保守用は、2023年～2026年にかけて35%の伸びとなるが、特にマシンビジョン技術やAIが急速に進歩することで、マニピュレータ搭載の移動ロボットで自律的に検査できる作業範囲が拡大するとしている。

建設・解体の分野では、革新的なアイデアが幾つかあるものの、市場性のある製品の品揃えが限定的であることで、この期間での成長は限定的としている。一方、建築現場での溶接ロボット、吹付ロボットさらには組付けといった産業用マニピュレーションロボットの適用はあくまでも産業用ロボットの領域であるとしている。

2.2.4 民生用サービスロボットの2021年・2022年の販売、2023-2026年での市場の可能性

消費者向けとしての民生用サービスロボットは、図2.2.4-1にもある通り業務用サービスロボットに比べてその数量ははるかに多い。民生用サービスロボットでは、特に家事分野が最大となっており、そこでは室内床掃除、園芸(主に芝刈り)、屋外掃除(主にプール清掃)があげられ、次いで、社会的交流(ソーシャル インターアクション)・教育分野が主となっている。そのほか、IFRでは在宅介護分野のロボット市場が長期的に成長するだろうとみている。

2022年の民生用ロボットは、対前年比12%減の約506万台となるとともに、当該分野でのRaaSモデルはほとんどない。その内訳では、既述のとおり家事用ロボットが最大で前年比12%減の490万台、更にその内訳では家庭用床清掃ロボットが21%減の約280万台と家

単位：台

分野	欧州		アメリカ		アジア		合計	
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
民生用ロボット	1,667,018	1,676,178	3,423,034	2,648,296	660,406	722,117	5,750,513	5,056,082
家事用	1,656,120	1,625,084	3,423,034	2,648,298	473,134	615,721	5,552,288	4,889,103
交流、教育	10,862	50,885	0	0	185,319	105,713	196,181	156,598
在宅ケア	36	209	0	0	1,952	683	1,988	892
他の民生用ロボット	*	*	*	*	*	*	56	9,489
業務用ロボット	18,156	21,842	4,776	5,835	79,738	124,953	106,523	157,599
農業	5,562	6,249	*	*	*	*	6,762	7,986
清掃	2,656	2,997	0	0	3,706	3,891	6,362	6,888
検査・保守	334	344	0	0	269	432	603	776
建設・解体	*	*	*	*	*	*	22	56
輸送・物流	7,569	9,242	445	1,196	51,599	75,606	59,613	86,044
医療	1,148	1,174	4,331	4,639	4,306	3,536	9,784	9,349
捜索、救助、警備	33	181	0	0	1,445	1,568	1,478	1,749
接客	*	*	*	*	8,281	21,343	10,912	24,519
その他	854	1,655	0	0	10,133	18,577	10,987	20,232

図 2.2.5 - 1 サービスロボットの原産地域

出典：国際ロボット連盟（IFR）「World Robotics 2023」

が、IFR によるとアメリカからの統計参加率が低かったことで、米国企業が過小評価されているとしている。

そのカテゴリー別内訳は、以下のとおり。

- 農業ロボット：ほとんどが欧州+MENA からのもので、2022 年では 78%を占めた。
- 業務用清掃ロボット：アジアが 56%を占め、欧州+MENA が 44%となっている。
- 検査・保守用：アジア、欧州+MENA の両地域が業務用清掃と同じ割合を占めている。
- 輸送・物流用：アジアからのものが約 88%と高い比率を占め、欧州+MENA は 11%となっている。
- 医療ロボット：アジアが前年の 44%から 38%に下がった一方、米国が 6 ポイント上昇の 50%、そして欧州+MENA が 13%となっている。
- 捜索救助・警備：アジアから 90%（前年は 98%）、欧州+MENA が 10%となっているが、米国からの報告はなかったとのこと。
- 接客用：アジアからの報告が前年比 11%増の 87%となっている。

民生用サービスロボットでは、52%が北米アメリカからのもので、欧州+MENA が 33%、そしてアジアが 14%との報告がされている。そのカテゴリー別内訳は以下のとおりである。

- 家事用：ここでの割合は、民生用ロボットの割合分布と同じとなっている。
- 社会的交流・教育：欧州+MENA のシェアは 32%（前年比 6%増）、アジアが 68%となっているが、アメリカからの報告はなし。
- 在宅ケア：アジアが 77%（前年比 21%減）、欧州+MENA が 23%（同 21%増）で、アメリカからの報告はない。

2.2.6 2023年度の日本における産業用ロボット受注額

日本ロボット工業会は2024年1月25日、2023年の産業用ロボットの受注額（会員ベース）が前年比24.3%減の7237億円になったと発表した。減少は4年ぶり。人手不足対策などを背景に、自動化の投資意欲は高いものの、世界経済の不透明感から設備投資の先送りが如実に表れた。集計中の会員と非会員を含めた23年の年間受注額は同23.6%減の約8490億円を見込む。



図 2.2.6 - 1
産業用ロボット受注額推移
出典：日刊工業新聞社

23年の国内出荷額は前年比0.3%増の1900億円となり、3年連続で増加。一方、輸出額は同13.4%減の6099億円で、4年ぶりに減少した。主要地域別では、欧州以外の北米・アジアで減少。とりわけ産業用ロボット需要の約半数を占める中国向けが、前年比約560億円減の約2432億円に落ち込んだ。自動車の溶接や電子部品実装用途における設備投資の弱さが顕在化した格好だ。

同日発表した23年10-12月期の産業用ロボット受注額（会員ベース）は前年同期比28.6%減の1579億円で、5四半期連続の減少。10-12月期に限れば、17年以降で最も低い水準となった。生産額も同19.8%減の1750億円だった。

日本ロボット工業会は24年の産業用ロボット年間受注額（非会員含む）が前年見込み比6.0%増の9000億円になる見通しを年初に示した。山口賢治会長（ファナック社長）は「設備投資への様子見が強い状況が継続しているが、自動化ニーズ自体は衰えておらず、目標達成へのポテンシャルは十分にある」と説明する。

ロボットメーカーは24年の中国経済について楽観視せず、慎重に見る向きが多い。ロボットの普及が遅れている未導入領域などで利活用を喚起し、受注増につなげる考えだ。

2.3 ものづくり分野のロボット最新動向

2.3.1 【ものづくり分野】産業ロボット業界が新局面 岐路に立つロボット大国・日本

産業用ロボット業界が新局面を迎えた。ロボットの主要ユーザーである自動車業界の電気自動車（EV）シフトに加え、海外勢との競争が激化するなど事業環境が大きく変化する。国際ロボット連盟（IFR）は2024年にも産業用ロボットの年間設置台数（世界）が60万台（22年実績は55万3000台）に達すると予想。中長期的な成長市場において環境変化に適応し、「ロボット大国・日本」としての権威を保てるか、岐路に立たされている。



図 2.3.1 - 1
ロボットの設置台数
出典：日刊工業新聞社

① EVシフト進展、門戸広がり導入に拍車

「EVシフトを危機的側面ではなく大きな機会として捉えるべきだ。特定用途でロボットの利用が減るかもしれないが、いかにそれをカバーできるかがロボット業界の腕の見せ所」。日本ロボット工業会の山口賢治会長（ファナック社長）はEV時代の到来に恐れを抱くのではなく、最適な生産システムの提案など、前向きな姿勢で臨む必要性を説く。

実際、ロボット業界では機会の側面から好意的にEV時代の到来を受け取る向きが多い。車の電子化に伴うサプライチェーン（供給網）の構造変化は理由の一つ。車業界と並びロボットを多く使用する電子・電機業界が、1次、2次部品メーカーとして車業界に参入できる門戸が広がり、ロボットの導入に拍車がかかるとみる。

エレクトロニクス関連でシェアが高いロボットメーカーはこの商機をうかがう。セイコーエプソンの内藤恵二郎執行役員は「当社ロボットの良さを経験済みの電子機器製造受託サービス（EMS）事業者がEV市場に広く参入できるようになったことは追い風」と期待を込める。今後、電子・電機業界で人気の小型・中型ロボット分野での製品開発や競争激化が予想される。

車体部品を一体成形する「ギガキャスト」をはじめ、EV の最適な生産方法は模索のさなかにあり、確立された工法は少ない。ただサプライヤーの裾野が広がることに加え、車載バッテリーの搬送や最終組み立て工程での協働ロボットの活用可能性など、足し引きで考えるとロボットの需要は増えるというのがおおかたの見解である。

一方、大手ロボットメーカー幹部は「車の生産方法が変われば、求められるロボットも違う。それに対応できる技術開発力やリソースを持つ企業でなければ生き残れない」と、EV シフトでメーカーの淘汰が進む可能性も示唆。EV シフトによる業界への影響は長期の時間軸での分析が必要となる。

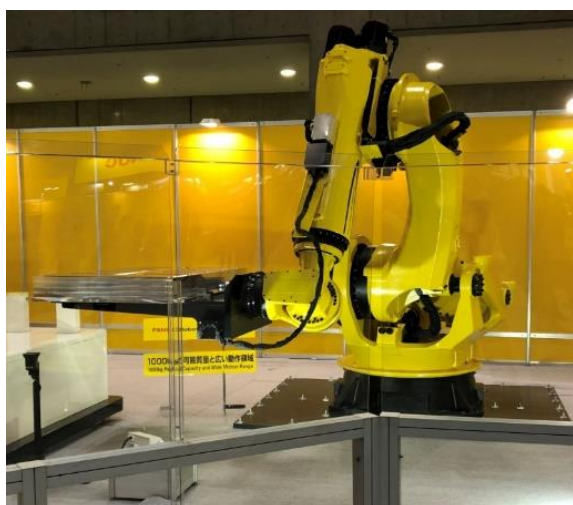


図 2.3.1-2 ファナック製
可搬質量 1000 kg 重可搬ロボット。
EV のバッテリー搬送などを想定している
出典：日刊工業新聞社

② 頭角現す中国、海外勢と競争激化

成長市場の宿命とも言える海外勢との競争激化も昨今のロボット業界を取り巻くトレンドの一つだ。22 年時点で日本は産業用ロボットの生産量の約半数を担い、ロボット市場として見ると中国に次ぐ世界 2 位につける。ただ販売数量ベースで世界シェア約 9 割を誇った 1990 年代に比べると、相対的にシェアが低下している。

国内メーカーが意識するのが、頭角を現す新興中国勢だ。圧倒的なコスト競争力を武器に、国威発揚の姿勢で市場を開拓する。「価格の安さに加えて、これまで弱点と言われた品質面のレベルも上がっている。

日本で事業を展開する外資系ロボットメーカー首脳は「最近の 20-30 代は日本製か海外製かにこだわりがなく、本当に良いと思ったロボットを使おうとする。こうした世代が設備投資の意思決定権を持つ年齢になればシェア向上も夢じゃない」と不敵にほほえむ。

また、国としても警戒感をのぞかせる。経済産業省幹部は「日本の産業用ロボットはまだまだ先端を走っているが、中国などが追い上げてきている」と指摘。その上で「日本のロボットでしか提供できない付加価値を生み出す必要がある」と述べる。

具体的には、ロボットと生成人工知能（AI）を組み合わせた高付加価値化の提案や、ロボット未導入の企業の導入促進による市場創出などを重要視。日本ロボット工業会の山口会

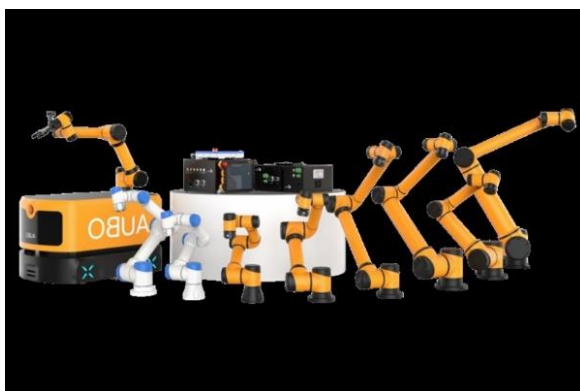


図 2.3.1 - 3

中国の協働ロボットメーカーの AUBO は 4 月に日本拠点を設立、市場開拓を本格化

出典：日刊工業新聞社

長も「ロボット産業分野で世界をリードするにあたり、たゆみない技術革新とともに、新たなロボット利活用分野の開拓を行う必要がある」と訴える。

産業用ロボットのボリュームゾーンを追い求めれば、勝者なき価格競争に巻き込まれる危険は高い。ただニッチな部分を攻め過ぎても、市場におけるプレゼンスは低下する。日本勢にはある程度のボリュームを意識しつつ、技術的に難しい高付加価値分野に経営資源を投下するといった難しい経営のかじ取りが求められる。

③ 普及のカギは「肩肘張らぬロボット開発」

深刻化する人手不足などを背景に、今後の自動化需要の拡大を疑う余地はない。ただロボット先進国である日本でもロボット密度（従業員 1 万人に対して稼働する産業用ロボットの数）は約 4%に過ぎない。ロボットの導入経験がない企業も多く、「ロボットを活用した自動化」は言う程簡単ではない。ロボットのさらなる普及には何が必要なのか。

そのヒントが「肩肘張らず簡単に使えるロボット」（ファナック稲葉清典専務執行役員）の言葉にある。自動化に対する障壁を下げるため、伝統的な産業用ロボットよりもエンジニアリングが容易な協働ロボットの開発が積極化しているほか、ティーチングレスといった初心者でも簡単なロボットプログラミング手法も増えている。

未導入領域の開拓に向けては安川電機が新型自律ロボット「MOTOMAN NEXT（モートマンネクスト）」を近く投入予定。人の判断が頻繁に求められる現場など、従来は自動化が難しかった領域への導入が期待できる。同社の岡久学上席執行役員は「パートナーの知見を盛り込めるオープンなアーキテクチャー（設計概念）が特徴。エコシステムを形成するプラットフォーム（基盤）になる」と自信を示す。

現時点で自動化できている領域は氷山の一角と言われる。ロボット未踏の地は多く、その地へ乗り出せば、巨大な市場が広がるだけでなく、社会課題の解決にも寄与できる。各社はロボット単体の機能にとどまることなく、AI といった先進技術を組み合わせ、ブレークスルーを果たそうと挑戦を続ける。

日本の産業用ロボット業界に関する主なデータ	
①生産台数	256,807台(世界シェア46%)
②年間ロボット設置台数	50,413台(世界2位)
③ロボット密度	399台(世界3位)
④受注額	1兆1,118億円(2年連続過去最高)
<small>ロボット密度は2021年時点、他の項目は2022年時点。生産台数は海外拠点での生産は含まず。受注額は日本ロボット工業会の会員および非会員の合算 出典：国際ロボット連盟および日本ロボット工業会</small>	

図 2.3.1 - 4

日本の産業用ロボットデータ
出典：日刊工業新聞社



図 2.3.1 - 5

川崎重工業の搬送ロボット
出典：日刊工業新聞社

2.3.2 【ものづくり分野】ロボット、身近になるには？ 生産性・品質・事業継続に期待

ロボットに市場から熱いまなざしが向けられている。生産性向上や品質の安定化に限らず、事業継続を果たす手段としても期待が高まる。ただ産業用ロボットは扱いが難しいといった印象などが先行し、国際ロボット連盟によると普及率は製造業でさえ 4%に過ぎない。いかにユーザーのロボットに対する敷居を下げ、産業を支える真のインフラの地位を確立できるか。一つのカギとして人工知能（AI）活用や協働ロボットなどが注目されている。

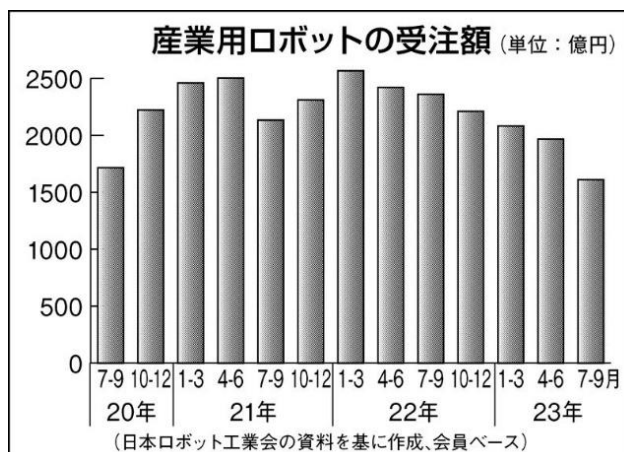


図 2.3.2 - 1

産業用ロボットの受注額
出典：日刊工業新聞社

① AI とコラボ—変種変量の現場に対応 自ら判断・計画を実行

2023 年 12 月 2 日まで東京都内で開かれた世界最大級のロボット見本市「2023 国際ロボット展」。会場ではユーザーとロボットの距離を縮める取り組みの一つとして、ロボットと AI のコラボレーションが目立った。

デンソーウェーブは、米オープン AI の「ChatGPT」を活用したロボットプログラムの生成デモを披露。人が音声で作業内容の指示を出すと、音声のテキスト化処理など複数のプロセスを経て、最終的に AI が生成したプログラムがロボットに反映される。社会実装には至っていないが、担当者は「ロボットの初心者でも高度なロボットプログラムを生成できる可能性がある」と説明する。

安川電機は業界初となる自律性を備えた次世代ロボット「MOTOMAN NEXT (モートマンネクスト) シリーズ」を発売した。従来のロボットは繰り返し作業が求められる大量生産の現場では一定の貢献を果たしてきた。一方で、生産計画が頻繁に変わるなど変種変量の生産現場では導入しづらい弱点が指摘されてきた。

モートマンネクストシリーズは通常のロボット制御に加え、AI などを盛り込める自律制御ユニットを搭載。周辺の状況に合わせてロボット自らが判断・計画を実行しながら、指示された作業を完結する。一例として、レストランや社員食堂での下げ膳作業の自動化が可能。不規則にトレーに配置された食器の状況などを認識し、自動的に最適な経路を自動生成して実行する。

小川昌寛社長は「オープンアーキテクチャー（設計概念）が特徴で、市場からの期待や要望に対する進化の余地も大きい」と強調。パートナーとの連携によって同ロボットを起点としたエコシステム（生態系）の形成を展望する。

② 同じ空間で働く一直感操作・簡単設置・メンテフリー

安全柵が設置不要で人と同じ空間で働ける協働ロボットの市場投入もトレンドだ。

ファナックは直感操作・簡単設置・メンテナンスフリーが特徴の協働ロボット「CRX」で、食品分野向けの機種を開発した。作業者がロボットを直接手で動かしプログラムを生成する機能を使うと、生産ライン上の別の CRX にも同じ動作をフィードバックできる。

職人の優れた手技の“完コピ”が可能で、ケーキのデコレーションや総菜の盛り付けなど幅広い作業に応用できる。労働者を十分に確保できない食品工場などでも増産に対応しやすくなる。

協働ロボットは人の安全を守るため伝統的な産業用ロボットに比べると動作速度が遅い点が弱点と言われた。ただ安全性と生産性を両立した機種の開発も顕著で使い勝手が向上する。国際ロボット連盟の調査では、産業用ロボットの新規設置台数に占める協働ロボットの割合は 22 年に初めて 1 割を超えた。

しかし「日本に限らず世界共通の課題として最初の 1 台目を導入してもらうことが一番

難しい。ここを乗り越えると設備投資が少額で済むことやプログラミングの専門家が必要ないことも理解してもらえらる」（ユニバーサルロボットのステイシー・モーザー最高コミーシャル責任者〈CCO〉）との指摘もある。

ロボットがより身近な世界の創造には、メーカーの努力によるロボットの進化だけでなく、受け入れる人が新技術にアレルギーを示さず、勇気を出して一步を踏み出す姿勢も必要だ。

2.3.3 【ものづくり分野】「2024年問題」ロボットが貢献、自律搬送活用促す IFR 見解

国際ロボット連盟（IFR）は、日本が直面する物流業の「2024年問題」の解決にロボットが貢献できるとの見解をまとめた。トラック運転手の時間外労働上限規制により輸送力不足が懸念される同問題に対して、自律走行搬送ロボットなどの活用が重要と位置付ける。

IFRはトラック運転手の最も時間を要する作業の一つとして、倉庫やトラックからの貨物の積み降ろし作業があると指摘。こうした領域に自律走行搬送ロボットを導入することで、1日のシフト当たりの労働時間を最大25%削減できると試算した。またピッキングや梱包などの反復作業をロボットで自動化すれば、注文履行での人的ミス防止にもつながるとしている。

物流分野で使われる業務用サービスロボットは世界的に増加傾向にある。IFRが10月に公表した調査によると、22年の物流分野の同ロボット販売台数は前年比44%増の約8万6000台に上る。世界的な人手不足を背景に販売台数が伸びている。

IFRの伊藤孝幸副会長は、「産業用ロボットやサービスロボットは優れた自動化ソリューションとして、生産性のギャップを埋めることに役立つ」と説明する。



図 2.3.3 - 1
IFR はロボットが物流の
2024 年問題解決に貢献する
技術になるとみる
出典：日刊工業新聞社

2.3.4 【ものづくり分野】ロボットで自動化 パナコネクがDB構築・仕分け技術開発

パナソニックコネクのソリューション開発研究所は、小売りや工場で扱う製品のデー

データベース (DB) 構築技術と自動仕分けシステムを開発した。製品の画像を全方位から撮影して大きさや重さなどのメタデータを加えて登録する。これを元に製品を識別してロボットで自動仕分けする。手作業によるミスを防ぐことができるようになる。

一度に製品を全方位から撮影する装置を開発した。従来の 360 度撮影装置は半球方向から撮影するシステムが主流。新装置は上下も含め全球方向から画像を撮る。

そこで透明なステージに製品を載せて回しながら撮影する。透明板が反射して写真が白抜けないように照明の自動調節技術を開発した。画像からの製品の切り抜きなどを自動化し、1 製品 40-50 分かかっていた撮像時間を 10 分に短縮した。

この 360 度画像データに製品の重さや硬さ、軟らかさなどのデータを加えて DB を構築する。製品認識用の人工知能 (AI) モデルに学習させる場合は、60 方向の画像で全方位認識できると確認した。装置自体は 1 度刻みで撮影可能。電子商取引 (EC) サイトの回転表示用画像など、要望に合わせて仕様を調整する。

実際に商品 DB とベルトコンベヤーや搬送ロボットを連携させて自動仕分けシステムを構築。製品をコンベヤー上で認識して運び分ける。搬送系は顧客の商品数や搬送量に応じて設計する。商品棚の欠品管理などにも提案していく。



図 2.3.4 - 1
商品登録仕分けロボシステム
出典：日刊工業新聞社

2.3.5 【ものづくり分野】神戸大など、産ロボ遠隔操作に新技術 遅延の揺らぎ抑制

神戸大学の横小路泰義教授らは、産業用ロボット次世代基礎技術研究機構 (ROBOCHIP) と共同で、遠隔操作の遅延の揺らぎを抑える技術を開発した。インターネットで通信データが遅れて渋滞した際に、データを捨てて最新の情報を表示する。遅延はなくならないが、一定の遅延で安定すると操作がしやすくなる。海外工場への遠隔支援などに提案していく。

一般のインターネット回線で遠隔地のロボットを操作する場面で通信品質を向上させる。一般回線は作業途中で経路が混んだり、切り替わったりと通信が安定しない。通信データが届く順番が入れ替わると、データがそろえるのを待って順番通りに再生する。

今回、順番を守るよりも最新のデータを表示することを優先するシステムを開発した。前

後するデータは捨ててしまう。すると遅延の揺らぎが抑えられ、作業が安定する。

ロボットオペレーティングシステム（ROS）のトピックズという単位で調整し、遠隔地のロボット同士は通信調整を気にせず利用できる。複数の画面を共有する場合は通信負荷が大きく、遅延が生じやすくなる。そこでメインで使う画面を優先して最新に保つ調整も自動化した。

現在、遠隔操作ロボットを扱う職種は宇宙や海底、災害対応などに限られ、訓練したオペレーターが担っている。海外工場への遠隔支援や技術指導では、遠隔操作のための訓練をしないユーザーが利用する。インターネットも安価な一般回線を用いるため、誰でも低負荷で操縦できるシステムが求められている。



2.3.5 - 1

遠隔操作の例。左画面のロボットハンドの先端をラインに合わせて操作するが、遅延がバラつく

出典：日刊工業新聞社

2.4 サービス分野の最新動向

2.4.1 【サービス分野】スマートロボティクスなど、電子看板ロボに参入

スマートロボティクスとステラリンクは共同で、2024 年度にデジタルサイネージ（電子看板）ロボット市場に参入する。

人工知能（AI）カメラと 50 インチ大型ディスプレイを搭載し、自立走行可能なスマートロボティクスのロボットと、ステラリンクのクラウド型で配信するデジタルサイネージコンテンツや各種クラウドサービスを組み合わせる。ロボットの位置情報を活用した最適な広告案内や店舗への誘導を実現する。

初期モデル「AdRobot（アドロボット）」の消費税抜き価格は仕様で異なるが、1 台 850 万～950 万円を予定。2024 年 4 月に本格販売する計画。

将来的にはアバター（分身）による遠隔接客や決済システムなどの機能を追加する予定。商業施設の集客や遠隔操作による災害時の誘導、監視業務への活用を見込む。

マクニカは初期モデルの販売代理店になるほか、本格販売に向けてセンサー・カメラの提供やコンテンツ配信情報の統合分析を検討する。



図 2.4.1 - 1
羽田エアポートガーデンにて
電子看板ロボットの実証試験を行った
出典：日刊工業新聞社

2.4.2 【サービス分野】 エレベーターとロボット連携 クラウドサービス提供

東芝エレベーターは、エレベーターとロボットの連携ができるクラウドサービス「ELCLOUD（エルクラウド）」を発売した。清掃や配達などのサービスロボットがエレベーターと連動して移動するサービスのほか、スマートフォン経由で乗車階や行き先階をあらかじめ登録できるサービスなどを提供する。価格は個別見積もり。利用には同社製のエレベーターを導入し、保守契約を結んでいる必要がある。

エルクラウドではロボットやスマホとの連携のほか、2024 年度からパソコンやタブレット端末からエレベーターの運行状況を確認してその管理を支援するサービスの提供も予定している。クラウドを活用することで、建物の価値を高めるとともに、利用者の利便性向上も図る。

クラウド接続用のインターフェースは昇降路内や機械室内に設置する。クラウドを通じて新たなサービスの追加やアップデート、機能の拡張などが可能なため、エレベーターを長期間停止する必要が生じない。

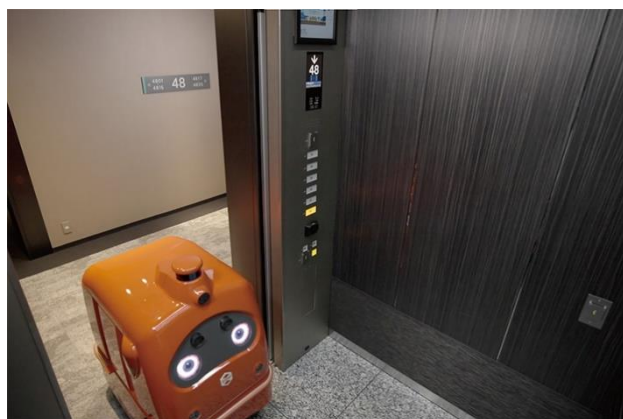


図 2.4.2 - 1
エレベーターとロボットの
連携イメージ
出典：日刊工業新聞社

2.4.3 【サービス分野】図書館の蔵書点検を効率化 ロボでRFID読み取り

大日本印刷（DNP）は図書館向けに無線識別（RFID）を活用した蔵書点検サービスの提供を2023年10月24日に始める。富士物流と共同開発したロボットやシステムを活用し、専任作業員が蔵書点検を請け負う。図書館は点検業務の効率化によって空いた時間で職員の教育研修などを充実でき、利用者の満足度向上につなげられる。DNPはRFIDを活用した蔵書管理関連サービスで2027年度までに累計10億円の売り上げを目指す。

蔵書点検サービスでは図書館への事前調査や作業設計、専任作業員などの確保、点検作業の代行を行う。図書館ごとのRFIDの利用状況に応じて効率的なスキニング手法を提案する。DNPによると国内公共図書館の約3割がRFIDを導入済み。未導入の図書館に向けた導入支援もできる。

通信距離が約1メートルの短波（HF）帯RFIDと、同約4メートルの極超短波（UHF）帯RFIDに対応する。HF帯のサービスでは高出力ハンディリーダーを使用した読み取りシステムを提供。作業員1人の1時間当たりの読み取り数は従来比5倍以上の5000-1万冊に拡大する。

UHF帯のサービスでは、ハンディリーダーとロボットを組み合わせたシステムを提供。ロボット1台と操作員1人、作業員1人で作業した場合、1時間で6万-7万冊の本を読み取る。従来は作業員1人で2000-1万冊だった。

両サービスともに消費税抜きの価格は初期費用が30万-50万円で、作業費が1冊当たり3.5円。

図書館は蔵書点検を年1回の頻度で行う。従来は本に付与したバーコードやRFIDタグを手作業で読み取ることが多く、数カ月前から計画を立てて1週間ほど休館して作業をしていた。作業員の臨時雇用も必要になるなど、効率性向上が課題だった。近年、図書館には地域住民の交流の場としての役割が期待されており、職員の教育やサービスの開発に充てる時間も求められている。



図2.4.3-1

本に付与したUHF帯RFIDを専用ロボットで読み取り、蔵書点検業務を効率化する

出典：日刊工業新聞社

2.4.4 【サービス分野】 宅配ロボ、化粧・美容品はOK アスマーク調査

宅配ロボットの認知度が一般の人々の間で着実な高まりを見せている。アスマークが実施した宅配ロボに関する調査によると、宅配ロボを知っていると答えた人は全体の 27.4% で、特に高齢者男性で知っている割合が高かった。ロボに宅配されることに抵抗感がない商品としては、ファッションやヘルスケアの商品が上位を占める一方、抵抗感が多い商品としては食品やブランド品となった。また 40-60 代の女性が宅配ロボ普及の条件として、データセキュリティとプライバシーの保護を求めていることも明らかになった。

調査はウェブアンケートで、全国の 70 歳未満の男女 800 人に実施。宅配ロボを知っている割合は男性 33%、女性 21.8% となった。女性が利用する化粧品・美容製品の宅配では年代が低いほどロボに抵抗を持たない傾向が見られ、20 代女性は 7 割強が抵抗がないと回答した。一方、ブランド品の宅配ではロボに抵抗を感じるという割合が全体の 35.3% を占め、女性ほど抵抗の傾向が強い。宅配ロボの不安要素では「商品の損傷」が 6 割弱で最多となった。性年代別では女性の 40 代と 50 代の 7 割以上が「不安だ」と答えたが、20 代と 30 代の男性は約 3 割が「不安はない」と回答した。

その他、宅配ロボに必要なことについては、「高度な安全の確保」が 6 割で最も高く、「配送コストの削減」を上回った。性・年代別では男性の 60 代で「法規制の整備と社会的合意」や「自動配送ロボットに対する教育・理解の普及」といった社会実装に関する内容が上位を占め、女性の 40-60 代では「データセキュリティとプライバシーの保護」など、利用者を守るために必要な視点が多かった。

宅配ドライバーの残業時間が制限される物流の 2024 年問題をはじめ、都市部では共稼ぎや独り暮らし世帯の増加を背景に物流業者の再配達負担が重荷になっている。その分、宅配ロボットの存在感と重要性が増す。

国内では ZMP などが都市部のマンションエリアで公道上走行や宅配の実験を始めているほか、キュービットロボティクスなどは、宅配ボックスに配達された荷物をロボが個人宅まで届ける実験計画を進めている。物流用飛行ロボット（ドローン）を宅配ロボと組み合わせ、配送のラストワンマイル問題を解決する試みもある。今後も宅配ロボの認知度向上に伴い、関連技術・サービス開発の加速とともに市場の伸びが期待される。



図 2.4.4 - 1
日本郵便による ZMP の配送ロボットを使った公道走行実証実験
出典：日刊工業新聞社

2.4.5 【サービス分野】「AI×ロボ」コンビニ無人 野村総研、夜間の人材難解消

野村総合研究所（NRI）は人工知能（AI）搭載のアーム付きロボットを活用し、有人営業が前提の店舗を夜間だけ無人に切り替えて運営するシステムを開発した。昼間は通常の営業、夜間は無人化といった2通りの店舗運営が可能。コンビニエンスストアなどで深刻化する夜間の人材採用難に“AI×ロボット”で挑む。2024年中に試行版を投入し、技術や知見を磨きあげた上で2025年以降に量産受注を目指す。

「ロボットコンビニ」という名称で、約3年がかりで実用化を検討してきた。日中に使っていた店舗を丸ごと自動販売機のように機能させ、無人化と防犯の両立を図れる点が特徴。夜間は来店者が来店できないように物理的に店舗を閉じ、注文や支払いといった接客業務は店頭で設置した専用端末を通じて自動で対応する仕組みだ。

来店者は店先にある専用端末で購入したい商品をタッチ操作で選び、支払いは電子決済で済ませる。これを受け、店内ではコンビニロボットが注文ごとに商品のある場所まで自走。吸着機能を備えたアームを用いて商品をピックアップし、店頭の受け渡しボックスで商品を引き渡す。

NRIの広戸健一郎 AI テック・ラボ・グループマネージャーによると、店舗でのロボットの使い方としては世界にも類がないという。レジなしで買い物ができる『アマゾン・ゴー』のようなウォークスルー型の完全無人化店舗とは異なり、多数のカメラやセンサーを必要とせず、最小限の工事や設備配置で導入可能。導入費用は1店舗当たり1000万～1500万円程度で済む。

技術開発の肝は、画像処理AIによるアーム制御だ。手順は最初にロボット搭載のカメラとレーザー光で対象物を認識し、3次元（3D）で距離情報や商品の輪郭なども取得する。次に吸着対象とする対象物の重心を即座に計算し、アーム制御による吸着方式でピックアップする。「一升瓶のような重たい商品は吸着できないが、コンビニの商品ならばおおむね対応可能」（広戸氏）。

「ROS」と呼ぶロボット用のソフトウェア規格の普及に伴い、ロボット開発の差別化ポイントはハードウェアからソフトへと移行しつつある。「同規格準拠のユニバーサルロボットならば安価に調達できる」（同）。また、店舗の無人化ではウォークスルー方式が脚光を浴びるが、コンビニの場合、昼間は人手で多様なサービス業務を行いたいという要望も多い。NRIはそうしたニーズを踏まえつつ、人手不足という社会課題にも挑む考えだ。

ただ、広戸氏は「現時点では商業展開する前段階にある」との認識で、試行版の投入により「ノウハウをためていく」と語る。用途はコンビニだけでなく、夜間に閉店する病院の売店やドラッグストア、空港内の店舗への採用も働きかける方針。防犯機能を生かし、海外展開も視野に入れる。



図 2.4.5 - 1

無人営業中は店舗内でロボットが動き、人は立ち入れない

出典：日刊工業新聞社

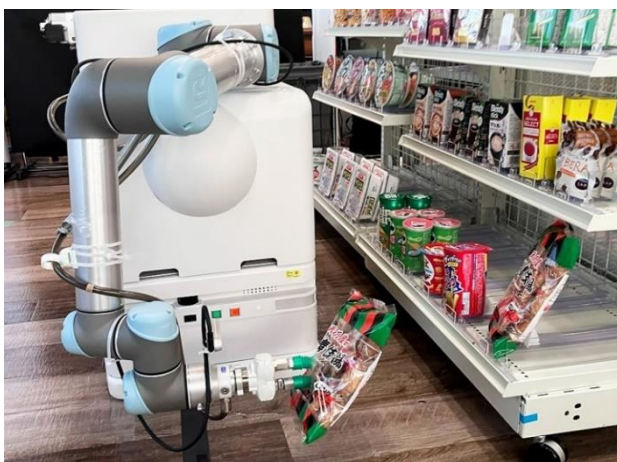


図 2.4.5 - 2

アーム制御による吸着方式で商品をピッキングする

出典：日刊工業新聞社

2.4.6 【サービス分野】生活支援ロボ進化 AI「基盤モデル」で対話・コード生成

人工知能（AI）技術が生活支援ロボット開発に変革をもたらした。AI システムの核となる「基盤モデル」の進化で自然な対話やコード生成が可能となり、簡単な指示で一連の動作を自動実行するロボットの実現が見えてきた。開発者の次の関心は基盤モデルのマルチモーダル化だ。三次元（3D）データや力触覚など、多様なデータを統合して高度な認識や理解を可能にする。実現にはお金をかけなくてもデータが集まる基盤作りが重要になる。生活支援ロボットの現在地と展望を探った。

① 動画・3D・力触覚など、データ蓄積に課題

「言葉で説明さえできれば、ロボットを動かせるようになる」。

プリファードロボティクスの渡辺貴史エンジニアは、家庭用搬送ロボット「カチャカ」と大規模言語モデル（LLM）の連携効果をこう説明する。LLM を介することにより、人間の曖昧な指示をロボットに入力できるようになった。

例えば「そろそろお婆ちゃんが帰ってくるから、玄関で荷物を受け取ってあげて」。こんな指示を処理するのは難しかった。まず玄関をロボットの待機位置に設定し、人間が検出されたら、人物検出でお婆ちゃんかどうか判定。移動台車に荷物が置かれたら指定位置に移動し、完了したらそれを伝える。

もし、お婆ちゃんが20分たっても帰ってこなければどうするか、帰ってきた人がお婆ちゃんであればどうするかなど、一連の動作の判断ポイントを整理しコードを書く必要があった。小さなタスクでもコードが大きくなるため、雑用をすべて人が書き切るのは不可能だった。生活支援ロボットが実用化されない原因の一つだった。

だがLLMで指示の解釈やコード生成が可能になった。渡辺エンジニアは「例外処理を含めて条件分岐を生成する。一度に長いコードを生成できてしまうのがLLMの利点」と説明する。来春の機能実装に向け開発を進めている。

東京大学の日方慶樹大学院生と河原塚健人特任助教は、ロボットとのチャット式対話システムを開発した。ロボットが毎日数回、部屋の風景を撮影して説明要約文とともにメッセージをユーザーに送る。例えば「テーブルの上に食べ終えた食器が並んでいます」とロボットから通知がきたらユーザーは片付けを指示する。ロボットは人間のようには気が付かないため、普段から対話して仕事のきっかけを作る仕組みだ。

対話力の向上でユーザーの指示が曖昧でも聞き直せば済むようになった。ただ何度も聞くようでは、ユーザーはへきえきしてしまう。例えば食器を片付ける棚はどこか、部屋にある棚一つひとつ写真を送り付けられて照会されるとうんざりする。

そこで慶応義塾大学の兼田寛大大学院生と杉浦孔明教授は、検索のようにランキング形式で画像を提示するシステムを開発した。ユーザーは棚の画像リストから目的の棚を選べば済む。杉浦教授は「ユーザーは1度の指示で仕事が完了することを求める。何度も会話して絞り込むよりは、一覧から選べる検索インターフェースが適している」と説明する。

LLMなどの基盤モデルによって生活支援ロボットは大きく進化した。実用化に向け価格やビジネスモデルなどの課題はあるが、技術的には自然な会話や指示の実現は時間の問題になってきた。



図 2.4.6 - 1
プリファードロボティクス
の搬送ロボット
「カチャカ」
出典：日刊工業新聞社



図 2.4.6 - 2

東大のロボット。部屋の風景を撮影して説明文とともにユーザーに送る。ユーザーはそれを基に片付けなどを指示できる
出典：日刊工業新聞社

② 研究室・地域で実地運用模索

こうした中、ロボット研究者が次のテーマとして重視するのが、基盤モデルのマルチモーダル化だ。テキストや画像に加えて、動画や 3D データ、力触覚などを学習に混ぜてロボットを進化させる取り組みだ。

ロボット研究で使うデータの状況			
	種類	研究環境と利用状況	データを扱うビジネスの状況
データ流通量 ↑ 多い ↓ 少ない	画像	データは豊富。基盤モデルで活用	インターネットメディアが成立し大量のデータが存在。ここからAI用にデータを集めることが可能 メタバース(仮想空間)などにデータはあるが大量流通は途上 ハードに依存するため、データ収集に戦略が必要。事業との連結がカギ
	テキスト		
	音声	データは豊富。音声認識モデルの活用が多い	
	動画	データは豊富。AI研究のホットピック	
	3D(立体形状)	データは多くない。AIロボ研究で注目	
	人体動作		
	ロボット動作	データがほぼない。シミュレーションや機体から収集	
	力触覚	データがほぼない。センサーは多数ある	
	嗅覚	センサーに課題があり、データはほぼない	
	味覚		

図 2.4.6 - 3 ロボット研究で使うデータの状況

出典：日刊工業新聞社

テキストと画像はインターネット上にある膨大なデータから集められた。動画データは大量にあるものの 3D データは少なく、力触覚データはほぼない。プリファードネットワークスの松元叡一リサーチャーは「まずは 3D データ。3D でロボットの空間理解が深まる。触覚に関してはテキスト表現と触覚データが対応すれば LLM を活用しやすくなる」と指摘する。

同社の西川徹社長は「身体の動きをシミュレーションしたデータをロボットに学習させると、(介護の現場などで) 身体構造を理解した作業が可能になる」と説明する。ロボット

による介護支援では、人体の構造を加味して動作を生成しないと関節を無理に曲げるなどのリスクがあった。シミュレーションと力触覚を組み合わせることで優しく身体を支持できるようになる。

3D や力触覚のデータを戦略的に集める必要がある。現在は資金力のある米巨大 IT が研究をけん引している。ここで重要なのが資金力に依存しないデータ収集の仕組みを作ることだ。

全国の研究室が協力し、データを蓄え活用するモデルが考えられる。例えばトヨタ自動車は生活支援ロボット「HSR」をロボット学会や、ロボット競技会「ロボカップ」の日本委員会を通し大学などに無償貸与してきた。日本で 39 拠点、欧米を含め 67 拠点で研究に使われている。

この研究インフラを用い、標準化されたデータを集める仕組みが作れる。玉川大学の稲邑哲也教授は「日本の強みは HSR コミュニティー。活用しない手はない」と指摘する。一方で「大学研究室からデータを集めても量には限界がある」という。授業などで忙しい教員や学生がロボを動かせる時間は長くないためだ。

そこで万博など国際イベントを起点に地域でロボットを運用する仕組みが模索されている。東京五輪・パラリンピックでは HSR が水の配布やゴミ回収に利用された。地域でロボットを使うことでデータが蓄積され、それを基に研究者が機能を高度化。地域でより使いやすいロボットになるという好循環が望まれる。

現在トヨタは HSR の技術を土台に、しなやかな腕を持つ生活支援ロボットを開発している。ワイヤ駆動でアーム先端を軽くし、人にぶつかっても傷付けにくく、自身も壊れにくい。トヨタ未来創成センターの森健光グループ長は「データを集めやすい機体として設計した」と説明する。

機体と開発コミュニティーはすでにあり、後は連携モデルを描けるかどうかだ。大阪国際工科専門職大学の浅田稔副学長・大阪大学名誉教授は「ロボカップを起点に社会とロボットをつなぐ仕組みを作りたい」と力を込める。資金力がものを言ってきたロボット研究の競争原理を覆せるか注目される。

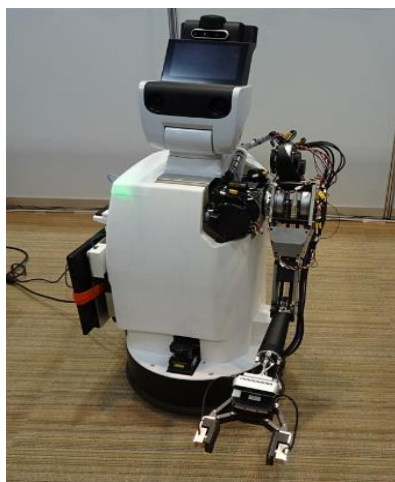


図 2.4.6 - 4

トヨタが開発中の生活支援ロボット。

しなやかな腕が特徴。

出典：日刊工業新聞社

2. 5 高度 ICT 分野の最新動向

2.5.1 【高度 ICT 分野】 プラント大手、ゴミ焼却場 “省人化” ICT・ロボ活用

ゴミ焼却施設の運転員不足に対応しようと、各プラントメーカーが情報通信技術（ICT）やロボットの活用に本腰を入れている。日立造船は本社から約 30 施設を遠隔監視して現地の運転員をサポート。タクマは人工知能（AI）を用いて焼却炉の異常を予測するシステムを 2 施設に導入した。点検作業にロボットを活用する動きも広がっている。

日立造船は 2018 年、本社内に先端情報技術センター「A. I/TEC」を開設。自社が運転管理する施設の状況をリアルタイムに把握し、現地へ適切な助言を行う遠隔サポートを実施する。「現地に派遣するプロの数を減らし、地元の運転員を育てる」（環境事業本部の佐藤英夫エンジニアリングビジネスユニット長）取り組みとして利用が広がっている。同サービスの利用で、運転員の人数を従来 of 3 分の 1 以下に減らせた施設もあるという。

タクマは炎の立ち上がり方を画像解析し、異常を予測する AI 燃焼制御システムを開発した。ゴミ性状の急激な変化で燃焼が不安定にならないよう、AI が燃焼状態の予測や自動介入を行うもので、現地の手動操作を 99%削減する。20 年にオープンした遠隔監視・運転支援拠点「Solution Lab」からの遠隔操作と合わせ、現地の運転員を 2 人にまで減らすことができる。

同拠点では遠隔支援のほかに、運転シミュレーターを用いた人材育成も行う。「自動化するだけでなく、プラントの仕組みや基本的操作を運転員が把握することが重要」（タクマ広報）と見据える。

ロボット活用の動きも活発だ。JFE エンジニアリングは四足歩行ロボットと第 5 世代通信（5G）を組み合わせ、プラントを点検する実証を 23 年度内に行う。保守・点検作業を代替し、人員を減らすのが目的だ。日立造船も同様の点検ロボット活用を見据え、京都市内のゴミ焼却施設でロボットを活用した見学者案内を進める。

熟練運転員の数が減る一方、国内のゴミ焼却施設は集約が進まない。今後は「少ない人数でどれだけ効率よく管理できるか」（日立造船の佐藤ユニット長）が、プラント建設の最重要課題となりそうだ。



図 2.5.1 - 1

日立造船はロボで見学者案内も行う。

出典：日刊工業新聞社



図 2.5.1 - 2

タクマは遠隔監視施設で運転員の
技能講習も行う

出典：日刊工業新聞社

2.5.2 【高度 ICT 分野】近鉄、DX でサービス向上 「電子看板で乗り換え案内」

近畿日本鉄道はデジタル技術などを活用したサービス向上を進めている。奈良県の大和西大寺駅や学園前駅では人工知能（AI）を活用したデジタルサイネージ（電子看板）やロボットでの案内を実験しており、業務の効率化により人手不足をカバーする狙いだ。ほかにも、クレジットカードなどのタッチ決済改札機導入や海外営業でインバウンド（訪日外国人）対応も強化し、2023年度の営業利益を22年度比90.1%増の216億円を見込む。

AI活用デジタルサイネージは学園前駅の改札口に設けて実験している。切符や乗り換え、運賃、駅施設や駅周辺観光施設などを案内する。利用者の問い合わせ内容をAIで音声認識し、自ら回答するか、駅員を呼ぶか、オペレーターに接続するかを判断する。

サイネージに登場するキャラクターを人に近い大きさとして「駅員がいるような安心感を与える」（近鉄）のを狙った。日本語や英語、中国語、韓国語の4カ国語に対応する。当面的試験して課題や効果を検証、他駅にも広げるか検討する。

同様の仕組みの案内ロボットは大和西大寺駅にも設置している。多くの路線が乗り入れる複雑な駅での乗り換え案内や、駅ビルのある商業施設のサービス情報提供などで効果的な案内ができるか実験中だ。「踊れるロボットで見た目にインパクトある」（同）ことで多くの利用を促す。

同駅ではAIカメラを改札口に設置して、車いす使用者や白杖（はくじょう）を検知し、駅員が乗車まで介助するサービスも行っている。介助が不要と言われた場合でも乗車までを見守る。導入当初は白杖とビニール傘を間違えて検知することもあったが、データ蓄積などで検知精度を高めている。同駅を、20年のリニューアルを機に「新しいことに挑戦してモデル駅にしたい」（同）と位置付けている。

また、タッチ決済改札機は24年以内にほぼ全駅に導入する。切符購入や集積回路（IC）カードへのチャージをせず、クレジットカードやスマートフォンなどで改札を通過して乗車できるようになる。海外では導入が進んでおり、外国人の利用増にもつながる。外国人のニーズに合わせた列車や沿線スポットを海外旅行会社にPRするほか、アジアなどでの旅行展示会に出展し需要を取り込む。

全社で人員が減る中デジタル技術などで効率化しつつ、サービスの質を落とさない取り

組みを進めている。



図 2.5.2 - 1

AI を活用して乗り換え案内などを行うデジタルサイネージ

出典：日刊工業新聞社



図 2.5.2 - 2

大和西大寺駅で実験中の案内ロボット

出典：日刊工業新聞社

2. 6 インフラ・建設分野の最新動向

2.6.1 【インフラ・建設分野】 墨出し作業省人化

建設 RX コンソーシアムの墨出しロボット分科会は、2022 年 6 月にスタートし、23 年 10 月末時点でゼネコン 18 社による正会員のほか、鉄鋼商社や建機レンタル会社、大学発ベンチャーなど 10 社が協力会員として参加。各社からのメンバー登録は計 58 人に達した。

墨出しは、設計図の情報を建築現場で書き出す作業。建築に関わるほぼすべての業種に必要となる。ロボット活用を進めることで、生産性向上や作業環境の改善につなげるのが分科会のテーマだ。

建設業界は全体的に人手不足の状況が続く。特に現場で働く技能者の減少と高齢化は深刻な課題だ。墨出し業は適用範囲が広い分、ロボット活用への期待が大きい。単に人手の作業を機械に置き換えるのではなく、ロボットの稼働中に技能者が他の作業に従事することや、技能者とロボットが並行して墨出しを行うなど、さまざまな使い方が見込める。

現在、分科会で保有しているロボットは 3 種類。それぞれ特徴は異なるものの、小型・軽量で使いやすさの追求を共通のコンセプトとしている。

主査として分科会をまとめる竹中工務店生産本部生産企画部の出口明シニアチーフエキスパートはこれまでの活動を踏まえて、「各社がロボット導入で同じ課題を抱えていることが分かった」と指摘する。また分科会での情報交換によって「それぞれのロボットの違いを比較しやすくなった」（竹中工務店技術研究所の宮口幹太主席研究員）。

現場での導入により、省人化だけでなくさまざまな効果が見込めそうだ。例えば床のラインが曲線の場合、人が対応するのは難しくミスが発生する可能性もあるが、墨出しロボットを使えば品質の安定や向上につながる。

墨出し業者が不足している地方でのロボット活用への期待もある。「現場からの引き合いがきている」（出口シニアチーフエキスパート）と、関心の高まりに手応えを示す。

現時点で「いつまでに」といった時限的な目標設定はなく、将来の共同開発も視野に入れつつ、息の長いテーマとして取り組んでいく方針。ロボットを使ったことがない事業者への要請などを通じて業界全体に普及させることが分科会の共通認識になっている。



図 2.6.1 - 1
分科会で保有する墨出しロボット
「スミダス」
出典：日刊工業新聞社

2.6.2 【インフラ・建設分野】 大林組 耐火被覆吹き付け自動化

大林組は建設技能者の不足が懸念される耐火被覆工事で、作業の効率向上や環境改善を狙いにロボット活用を進めている。火災による鉄骨造の建造物の損傷を防止するため、鉄骨表面に耐火被覆処理を施す吹き付け作業を自動化するロボットを開発。自社内での活用にとどまらず、他社への貸与など新たな展開を見据えている。

都心の再開発プロジェクトの建設現場。薄暗い空間で2台の装置が高所の梁（はり）へのロックウールの吹き付け作業をひたすら繰り返している。大林組が導入した耐火被覆吹き付けロボットだ。

鉄骨造の建築物では、火災発生時の熱によって梁などの主要構造部が損傷するのを防ぐため、耐火性能が高いロックウールなどで耐火被覆処理を施す。この作業で主に採用される半乾式吹き付けロックウール工法は、吹き付けたロックウールが飛散するため、作業者は防護服や眼鏡、マスクを着用する必要がある、「夏場は特に負担が大きい」（技術本部技術研究所生産技術研究部の池田雄一上級主席技師）。

作業者に強いる負担は、人材を採用しにくい原因の一つにもなっている。建設技能者を確

保できないと、その後の仕上げ工事の遅延にもつながりかねない。こうした課題を解決するツールとして同社が開発に取り組んだのが、耐火被覆吹き付け作業を自動化するロボット。2019年に完成した1号機に続き、23年には小型化・軽量タイプの2号機を完成した。

ロボット活用の効果の一つは省人化。従来は、吹き付け・コテ押さえ・材料の供給をそれぞれ担当する建設技能者3人が1班となり作業を行っていた。吹き付け作業をロボットに置き換えれば担当者1人を減らせる。

ロボットアームや走行装置、昇降装置、横行装置を組み合わせて使うため、全体の作業効率を向上できるのも特徴。従来は吹き付け場所への移動や作業台の昇降などの動作が必要だったのに対し、大幅に改善している。

これまで5つの現場にロボットを導入。吹き付け面積は累計で1万平方メートルに達した。ロボット自体のバージョンアップも計画中。対象部材との距離を正確に認識し、平行な状態で作業できるように機能をさらに向上させた上で、現場への実装を目指す。

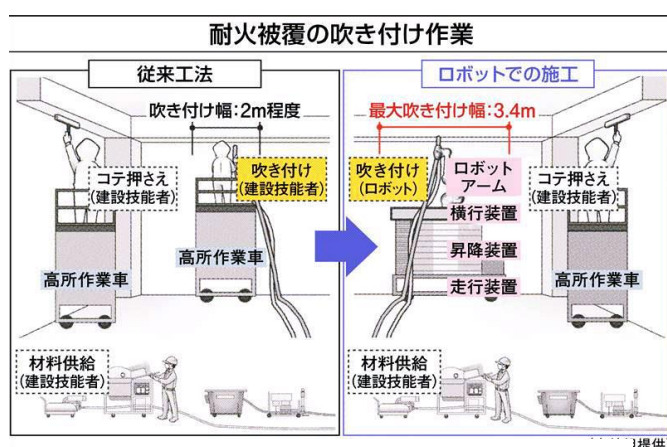


図 2.6.2 - 1 吹付作業の工法の比較図

出典：日刊工業新聞社



図 2.6.2 - 2

ロボットによる耐火被覆吹き付け作業

出典：日刊工業新聞社

2.6.3 【インフラ・建設分野】 ドローンがトンネル内障害物回避 戸田建設が実証

戸田建設は Spiral と共同開発した非 SLAM 型の飛行ロボット（ドローン）を使い、トンネル内で障害物を検知し安全なルートを選択して飛行できることを実証した。両社は今後も山岳トンネル建設の安全性と生産性の向上に向けて実証を重ね、2025 年度までに現場での本格運用を目指す。

障害物検知センサーと障害物回避システムを搭載したドローンを使い、茨城県つくば市

の実大トンネルで実証実験を行った。その結果、時速7キロメートルで1800メートル区間の飛行に成功。障害物回避飛行では、設置した障害物を避けながら定められた飛行経路を通過し、障害物検知センサーが正しく作動していることを確認した。

今回の検証によって非SLAM型のドローンの安定的な飛行と、障害物検知センサーの正確性について一定の成果を確認できた。このため重機などが輻輳（ふくそう）する現場での実用性が高まり、トンネル坑内の情報取得の高精度化が見込める。

今後、現場での外乱影響が障害物検知センサーに及ぼす影響について研究・改善を重ねる。併せて誤作動回避の設計など、一層の精度向上と試験運用に取り組む。



図 2.6.3 - 1
トンネル内での実証実験に使用したドローン
出典：日刊工業新聞社

2.6.4 【インフラ・建設分野】 大林組など、衛星通信とドローンで建設監理業務 8 割減

大林組と KDDI スマートドローンは、衛星通信サービス「スターリンク」と自動充電ポート付き飛行ロボット（ドローン）を活用したシステムを開発し、実証実験で建設現場の監理業務を約 80%削減できることを確認した。今後、全国の大規模建設現場への導入を目指して検証を進める。同システムでドローンを自律飛行させ、ダム建設現場での監理業務の効率化について検証した。その結果、従来は工事事務所からの移動時間も含めて 345 分かかっていた業務が、同システムを使えば 60 分に短縮できた。



図 2.6.4 - 1
設置した自動充電ポート付きドローン
出典：日刊工業新聞社

2.6.5 【インフラ・建設分野】 ミミズ型ロボで配管検査

ソラリスは、三菱 HC キャピタルと共同で 2024 年度に開始するミミズ型管内走行ロボットを活用した予防保全型インフラメンテナンス試験サービスで、10 件程度の受注を目指す。

自治体の上下水道や浄水場配管、工場内のプラント配管などを対象に 24 年度に開始予定。試験サービスを通じて市場を見極め、25 年度以降の本格サービスの展開につなげる。

自治体の上下水道配管や工場配管は建設から数十年を経て老朽化したものが多く、定期検査の需要は大きい。ただ配管の種類や形状、使われ方はユーザーにより異なる。

ソラリスのミミズ型管内走行ロボットは空気圧人工筋肉で動き、人が入り込めない配管内を進んで検査できる。まずは試験サービスでユーザーの求める仕様などの情報を収集し、同ロボットで検査するエンジニアの派遣などを通じてロボットをカスタマイズする。市場性が大きい分野のカスタマイズロボットは量産化も計画する。

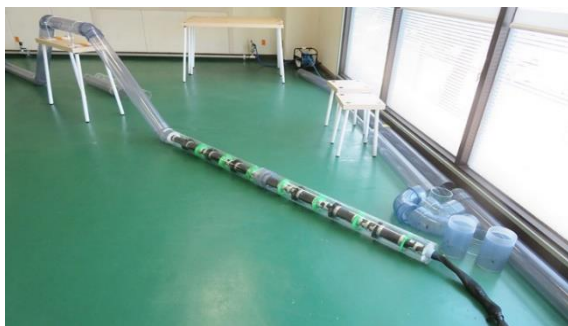


図 2.6.5 - 1

空気圧人工筋肉で動くミミズ型ロボット

出典：日刊工業新聞社

2.7 介護・医療分野の最新動向

2.7.1 【介護・医療分野】 あおやまメディカル 介護ロボ、体験型で普及

あおやまメディカルは、介護ロボットの普及を進めている。同社が運営を担う「新潟県福祉機器展示室」（同）は、厚生労働省の「介護ロボットの開発・実証・普及のプラットフォーム」の相談窓口のひとつ。さまざまな介護器具を展示・販売するほか、軽い力でベッドに寝た人の体位を変えられるロボットなども体験できる。最新技術に触れてもらうことで購入時の納得感の創出にもつなげている。

介護現場でも人材不足や職場環境の改善は深刻な問題だ。介護は中腰や前かがみの姿勢が多く、腰痛などになりやすい。毎日続けば慢性化する。2020 年からは、新型コロナウイルス感染症の流行で消毒や着替えなどの工程が増え、現場の疲弊感が高まっている。

施設と違って交代できない家庭での介護でも同様の課題がある。超高齢社会に突入する中、介護者の負担軽減は急務だ。その解決策としてロボットへの期待が高まる一方、普及途上のため「介護ロボットについて聞いたことはあるが、よく分からない」という声が多いのも実情だ。

このため、厚労省やNTT データ研究所などが展開する介護ロボットの開発・実証・普及のプラットフォームでは全国に相談窓口を設置した。介護現場や介護ロボットの評価・効果検証を実施する開発拠点をつなぐネットワーク構築を推進。各機関が連携し、介護ロボットの開発・実証・普及を加速しようとしている。

あおやまメディカルの相談窓口は、新潟県をはじめ隣県の長野県や群馬県が担当地域だ。来場者は毎月 200 人ほど。一般客の見学もあるが、高齢者介護施設職員が最も多い。介護ロボットを導入しようにも「何から始めたらよいか」「本当にこれでいいか」「施設でうまく使えるか」という疑問に答えるのが役割だ。自治体による介護ロボット導入補助金の相談なども受ける。相談内容によってはメーカーなどに改善を依頼することもあるという。

介護ロボットは比較的高価な商品。ホームセンターに陳列している例も少ないため、体験は購入時の重要な要素となる。例えば、体位変換などを軽い力でできる着衣型ロボットは家庭で使いやすく、また施設職員が常時着用しても疲れにくいよう各社が軽量化を進めている。試着すれば素材の軽さや静かな動作音などを確認でき、高い納得感をもって購入できる。

窓口の営業時間は入居する総合福祉施設「新潟ユニゾンプラザ」の休館日を除く平日 10 - 17 時が中心だ。窓口では常時 2 人が対応し、ノウハウが豊富な業務アドバイザー 2 人も控える。同社執行役員営業部長でもある稲毛将人業務アドバイザーは「介護ロボット以外の介護用品を見ることが本来の目的でいらっしゃる方が多いが、その流れで介護ロボットも目に入るはず。ぜひ触ってみてほしい」と呼びかけている。

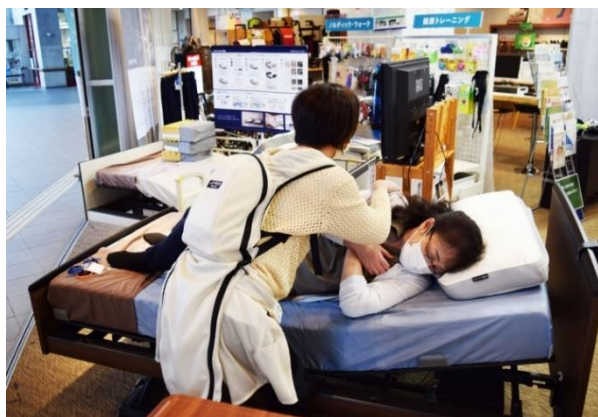


図 2.7.1 - 1
ベッド上の人（奥側女性）の
体位変換などを軽い力でできる介
護ロボット（左側女性の背中）を
使う。

出典：日刊工業新聞社

2.7.2 【介護・医療分野】 ジェイテクト、「介護製品」芽吹く 要素技術をニーズに反映

ジェイテクトが新規事業の介護製品で成果を出し始めている。介護用パワーアシストスーツ「J-PAS（ジェイ・パス）フレアリー」はこれまで 100 以上の施設に導入。介助用車いすの電動アシストユニット「軽 e（かるいー）」は 4 月に量産を開始し、販売を拡大している。数年後の黒字化を目指し、ユーザーの需要に合致する製品開発・サービス展開を進める。

ジェイテクトは 2021 年に発売した J-PAS フレアリーを皮切りに介護製品に参入した。自動車部品や工作機械で培った要素技術をかけ合わせ、ユーザーの声を反映した製品を展

開する。介護製品分野は競合も多いが「ステアリングで培った制御技術をはじめ、違和感のない動きを実現する『人との調和』が当社の強み」（尾崎光晴アクティブ・ライフ事業部部长）として他社と差別化を図る。

産業用パワーアシストスーツを応用し、介護用専門に開発した J-PAS フレアリーは、起床介助や就寝介助など、介護職の離職の原因にもなっている中腰作業の負担を軽減する。約 20 秒で着脱可能で重量は 2 キログラムと軽量化を図っていることが評価され、採用する介護施設が増えている。

軽 e は車いすメーカーの日進医療器と協業して開発し、同社の車いす「ウルトラシリーズ NAH-U2W」に搭載している。国土交通省の調査によると 30 年には高齢者世帯の割合が 27% となり、「老老介護」家庭が増加するとみられ、負担軽減は喫緊の課題だ。自動車部品製造のモーターアシスト技術や制御開発技術を生かし、車いすのグリップの押し引きを検知し電動モーターで操作を適切にアシストする。上り坂では楽に押すことができ、下り坂はブレーキがかかり安全に下れる。室内、室外問わず、さまざまなシーンで使用できるという。

ジェイテクトは過疎地の物流を支える飛行ロボット（ドローン）技術や、食料不足に備えた食用コオロギの自動飼育システムなど、社会課題に応える新規事業を育成する。同社事業開発領域の安藤淳二領域長は「当社は要素技術の多さが特徴。これらを生かし社会のニーズに合致した開発ができる」と説明。新たな柱の一つとして介護製品に期待をかける。



図 2.7.2 - 1

J-PAS フレアリー（奥）と、軽 e を装着した車いす

出典：日刊工業新聞社

2.7.3 【介護・医療分野】病院に配送ロボ 昇降機で人と相乗り

川崎重工業と藤田医科大学、SEQSENSE（シークセンス）は、藤田医科大学病院で屋内向け配送ロボット「フォーロ」の試験運用を始めた。計 3 台のロボットが 24 時間体制で検体や薬剤の配送を担う。実務に近い業務にロボットを就かせて配送の頻度や量、医療従事者らへの影響を確認、検証。2024 年 4 月以降の正式導入を目指す。

フォーロは病棟のスタッフステーションと、別の建物にある臨床検査部や薬剤部のルートを走行する。病院内での常時運転では日本初というエレベーターでの人とロボットの相

乗りを実現。混雑時には乗車を見送る判断や、ベッドを優先した緊急降車も可能だ。

45分の充電で6時間連続の稼働ができる。混雑していない環境では安全を確保した上で、高速モードに切り替わるなど環境変化に適応しながら走行する。病院スタッフはフォロの活用で空いた時間を別業務に充てられるようになる。

川崎重工業と藤田医科大学は医療従事者の負担軽減や業務効率化を支援するため21年以降、複数回の実証に取り組んできた。



図 2.7.3 - 1

川崎重工と藤田医科大学などは
屋内配送向けサービスロボットの
トライアル運用を始めた

出典：日刊工業新聞社

2.7.4 【介護・医療分野】 介護ロボ海外展開支援 認証制度の情報を収集・発信 経産省

経済産業省が日本企業による介護ロボットの海外展開支援を進めている。各国のニーズに合わせた機器の改良や現地での販売に必要な認証取得支援などが柱。海外では在宅介護を推進する国が多く、同分野で優位性のある日本企業が需要を取り込める可能性が高い。高齢化が進む日本国内での普及促進と並行して海外展開支援を強化することで、介護ロボ分野における日本の競争力向上につなげる狙いがある。

高齢化や介護人材不足を背景に、介護ロボの重要性が高まっている。経産省は介護ロボの開発支援や海外展開支援を軸に日本企業の取り組みを後押ししている。

中でも足元で力を入れているのが海外展開支援だ。欧米など諸外国は在宅介護が主流で、介護ロボ需要の広がりが期待できるほか、日本は高齢者の抱え上げを電動モーターでサポートするアシスト機器など、特徴的な介護ロボットの開発で他国を先行。各国の介護関連市場で事業を拡大できるとみているためだ。ただ、介護ロボの海外展開に向けては国ごとに異なる介護制度や認証制度への対応が必要となる。各国の制度に関する知見や認証取得のノウハウを持たない企業にとってハードルが高い。

経産省はこうした課題を踏まえ、2022年度に日本企業の進出予定国における事業化調査（FS）支援を実施。23年度からは現地のニーズに応じた介護ロボの改良や現地での認証取得に向けた活動費用を補助する事業を開始し、トリプル・ダブリュー・ジャパン、FUJI、サ

イバーダインの3社を採択した。

欧州域内で介護ロボを販売するために必要な安全基準認証「CE マーク」の取得に役立つガイダンス（手引き）の作成にも着手した。欧州医療機器規則（MDR）の対象となる場合に、臨床評価を実施するためのポイントや手順などをまとめる。欧州への進出を目指す企業に手引きとして活用してもらい、現地での事業展開を後押しする。

介護ロボは海外では医療機器として扱われる場合がある。今後、CE マーク以外の各国の認証制度についても、取得に必要な情報を収集・発信する取り組みを強化する考えだ。経産省の担当者は「日本企業が世界の介護分野で強みを発揮できるように、後押ししていきたい」としている。

2023年度「ロボット介護機器開発等推進事業（海外展開）」の採択内容	
代表機関	研究開発課題
トリプル・ダブリュー・ジャパン	米国の在宅介護サービスにおける排泄予測デバイス「DFree」を活用した排泄支援による介護者の負担軽減効果などの実証
FUJI	移乗サポートロボットHugの海外展開を目的とする研究
サイバーダイン	HAL腰タイプ介護支援に関する研究開発
※経産省の資料を基に作成	

図 2.7.4 - 1

2023年度「ロボット介護機器開発等推進事業海外展開」採択内容

出典：日刊工業新聞社

2. 8 農林水産分野の最新動向

2.8.1【農林水産分野】スマート農業、普及のカギは？日本の特殊事情、「細かい配慮必要」

高齢化や農業人口減少を背景に、日本国内でスマート農業が注目されている。農薬散布などの作業を担う飛行ロボット（ドローン）で国産メーカーの製品投入が相次ぐほか、農業機械のロボット化も進む。ただ離れた場所に複数の農地が散在する「飛び地」が多いといった日本の特殊性ゆえに一筋縄ではいかない。日本に合ったスマート農業とは一。メーカー各社の最新商品取材しつつヒントを探った。

① ドローン関連／国産品、“信頼感”で人気

「ドローンに積める農薬の量は7リットルから9リットルあれば十分」。国産ドローンメーカーのマゼックスの営業担当者は語る。15リットルや30リットル散布できる大型ドローンを開発しても国内のほとんどの田畑ではオーバースペックで価格も高くなる。円安で燃料代や農薬・肥料代が高騰している今、国内農家は高額なドローンは買ってくれない。

こうした現状を考えて同社は、価格が百数十万円台の2機種ドローンを開発。国内農地の多くが1カ所当たり50アール以下である現状を踏まえ、そうした条件下で効果が最大に

なるようにバッテリー容量や部品構造などを見直した。「中国の DJI 製にも負けない」と自信を見せる。

目下、農業用も含むドローン市場のキーワードは日本製だ。これまで長らく中国製、特に DJI 製が大きなシェアを占めてきた。だが米中摩擦などを背景に、中国製ドローンをめぐり安全保障上の不安が顕在化。加えて中国製だとサプライチェーン（供給網）のリスクがある。日本でコメの生産は基本的に年 1 回であるだけに、肝心な時にドローンが故障で飛ばせないとあっては死活問題に関わる。

東光鉄工はサプライチェーンリスクを念頭に、自社製ドローン部品の国産化を進めており、「問い合わせは増えている」（同社）と手応えを示す。ナイルワークスも、2023 年 10 月に発売した新型ドローン「Nile-JZ」で、プロペラやモーター関連を国産品に切り替えた。

農業用ドローンの周辺需要の獲得を目指す製品も出てきた。軽トラック関連はその一つだ。

一般的な農家の農薬散布では、軽トラの荷台にドローンや必要機材を載せて水田まで運び作業を始める。こうした作業フローに着目し、ダイハツ工業とスズキは軽トラへのドローン搭載を自動化する装置を開発中だ。

フックの取り付けやドローンの荷台への搭載など一連の作業の動作をワンタッチで行えるようにする。「一般農家はドローンの搭載に慣れておらず機体を損傷してしまったり、重くて搭載に苦労したりする人が多いので開発した。軽トラの車種を問わず使えるようにする」（ダイハツ）と話す。

オプティムはドローンによる打ち込み条播（じょうは）サービスを提供する。独自開発の「ストライプ・シード・シューター」を自動航行ドローンに取り付け、地面から 0.5 センチー1.5 センチメートル程度の深さに種もみを撃ち込む。単に種もみをまくだけの通常のドローン直播に比べて、収量が大幅アップするという。



図 2.8.1 - 1

ナイルワークスは新型ドローンのモーターやプロペラ部品を国産化した
出典：日刊工業新聞社



図 2.8.1 - 2

軽トラへのドローン搭載を自動化する装置の需要拡大も期待される

出典：日刊工業新聞社

② 農業機械／ハード・ソフトとも進化

農業機械のスマート化も進む。国内メーカーで先頭を走るのは井関農機だ。これまでに複数のロボット田植機やロボットトラクターなどを発売した。ベンチャー企業への出資を前提にした「出資管理委員会」を2023年7月に設置するなど、新興企業の技術の取り込みにも積極的だ。

自治体との連携では茨城県つくばみらい市や新潟市、青森県黒石市などと、先端技術を活用した農業推進などでそれぞれ協定を結ぶ。

つくばみらい市では土壌センサーと連動した可変施肥技術などを活用した実証試験を実施した。同技術では2種類のセンサーが作土層の深さと土壌肥沃度をリアルタイムでチェック。土壌の状態に合わせてピンポイントで施肥することで水稻の生育を標準化し、効率化や収量アップにつなげる。実証では肥沃（ひよく）度の高い場所の施肥を減らすことで、化学肥料の使用量を従来から19%低減できたという。

ハードウェアだけでなく、農作業を支援するソフトウェアも進化している。ウォーターセルは農業機械メーカーを通じて、営農支援ツール「アグリノート」を提供。田畑ごとに「いつ、誰が農薬をまいたか」といったデータをモバイルアプリで記録し、田畑ごとの作物生育情報などを管理できる。農地集積が進み、農業法人1社が数百カ所の農地を管理することも珍しくない。アグリノートにより「記録漏れなどのミスで生育に失敗するリスクが防げる」（ウォーターセル）と語る。



図 2.8.1 - 3

井関農機による可変施肥・直進アシスト田植機

出典：日刊工業新聞社

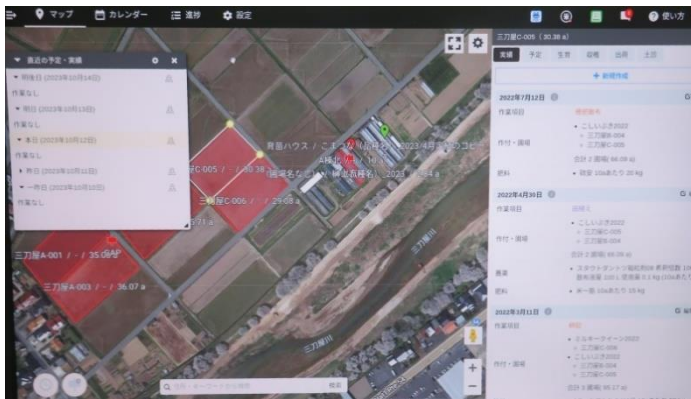


図 2.8.1 - 4
 ウォーターセルのアグリノート
 は作業データを記録・管理できる
 出典：日刊工業新聞社

③ 国内市場、拡大続く一有機農業 省力化に商機

矢野経済研究所はスマート農業の国内市場規模が、2023年度（見込み）の約340億円から25年度は445億円、28年度は624億円に拡大すると予測する。関連技術として田植機やドローン、衛星画像を用いた可変施肥技術が注目されるという。

課題もある。ロボットトラクターやロボット田植機などの先端農業機械は、無人で稼働できれば価値が高まる。農家の人が寝ている間にロボットが田畑を耕し、人は明け方から直ちに次の作業に入るイメージだ。しかし実際には公道走行や、作業中の安全確認などで有人監視が必要になるなど規制が厳しく、無人化のハードルは低くない。

またドローンメーカー各社の担当者が異口同音に指摘するのが、日本の農業の特殊性だ。米国や豪州で見られる広大な田畑であれば自動化で効率が上がる。しかし日本は田畑集積に限界があり、こうした田畑はごく少数だ。害虫被害による全滅といったリスクを減らすため、区域を分けて別々の作物を並行栽培する農家が多い点も見逃せない。

こうした中、農業法人や農家にとっては小規模田畑での水やりや施肥、温度管理などを最適化して作物の品質を安定させ、販売価格を上げることが重要になる。その観点では「有機農業」も注目される。通常栽培の作物の数倍の値段で取引されるケースもあり、農家にとって収入増につながる。一方、有機農業は化学肥料や農薬を使わない分、日々の管理が煩雑。これを省力化することが農家にとって新たな課題であり、ビジネスのチャンスでもある。

実際に井関農機はスクリーで水田の泥をかき上げながら進むことで、雑草の発芽を抑制する「アイガモロボット」を展開する。同社は「アイガモロボットを突破口に、全国に有機農業の輪を広げていきたい」とする。

日本でスマート農業ビジネスを拡大するためには、王道である「無人」に固執し過ぎずに、日本ならではの特殊性を理解した上で農家の省力化ニーズなどにきめ細かく応じていくことが必要になる。

国内スマート農業関連市場予測

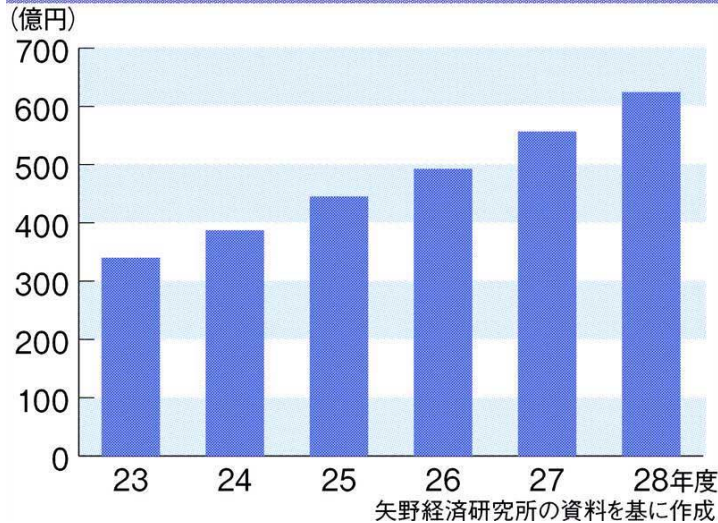


図 2.8.1 - 5
国内スマート農業関連市場予測
出典：日刊工業新聞社

2.8.2 【農林水産分野】住友林業、林業分野で ICT 活用 「再造林」を機械化

住友林業が林業分野で情報通信（ICT）技術の活用に取り組んでいる。木の伐採後、再度苗木を植え育てる「再造林」の作業を機械化し、作業者の負担や危険を減らす。日本では戦後造林された木が伐採に適した時期を迎えているが、再造林作業のコストの高さと人手不足により、伐採自体が進みづらい。メーカーや販売会社と機械を共同開発して自社を含めた企業や団体に導入し、造林作業を効率化することで、林業の担い手不足の解消や再造林率の向上を目指す。

住友林業は北海道紋別市と愛媛県新居浜市で、自社の社有林に伊 MDB のリモート式下刈り機を導入した。造林後に木の成長を促進させるため、木が一定の大きさに成長するまで付近の雑草を刈り取る「下刈り」作業を機械化する。導入により、下刈り作業や伐採後の木の根の処理の効率が 1.5～3 倍向上する。

住友林業と J Forest 全国森林組合連合会、農林中央金庫が共同で実証実験を行い、国内で機械の輸入販売を行うギガソーラーの協力のもと国内使用向けに機械を改良した。リモコン操作で下刈り作業ができ、けがの発生なども抑えられる。

下刈り作業は盛夏に行うため「新規雇用を増やそうとしても、下刈り作業でくじけてしまう」（寺沢健治資源環境事業本部技師長）ほど作業負担が大きく、再造林の支障となっている。

また近年、苗木の生産現場では生産と植栽の効率化のため、一定の大きさになるまでビニールハウス内の専用容器で育てる「コンテナ苗」の割合が増えている。住友林業はコンテナ苗の生産をさらに効率化するため、農業で使用される「ムービングベンチ」を導入した。ハウス内外をつなぐレールと棚板で構成され、苗木は棚板の上で育てられる。

コンテナ苗は畑で育てた苗に比べて重く、運搬作業で負担が生じる。ムービングベンチを使うことで人が手で苗木を持ち上げハウスの外に出す必要がなく、力の無い人でも作業できる。林業家は個人や小規模事業者が多く、大規模な設備投資は難しい。大手企業が積極的な機器の開発・導入を行うことで、業界全体で作業負担の軽減や、再造林率の向上が期待される。



図 2.8.2 - 1
導入したリモート式下刈り機。
作業を効率化することで、
再造林率向上につなげる
出典：日刊工業新聞社

2.8.3 【農林水産分野】農社、農薬散布ロボ実証 レグミンと自律自走型開発

農社は、同社のスマート農業技術の開発拠点（兵庫県洲本市）で、レグミンの自律自走型ロボットによる農薬散布の実証を始めた。実際の圃場（ほじょう）でロボットを動かして農薬を散布する。両社はタマネギと小麦の生産に活用できる農薬散布ロボットの実現を目指し、共同開発を進めている。

実証は農林水産省のスマート農業技術活用産地支援事業の補助金を活用して行う。

今回の実証では、タマネギ畑のうねの幅に合わせて設計したロボットを操縦者が時速1キロメートルで動かしながら農薬を散布した。今後、水田などの柔らかい地面でも安定走行できる足回りの開発などを経て、自律走行による散布の検証も行っていく。

農社は農業コンサルティングを手がけている。2023年10月には開発拠点である農社スマートビレッジを開設し、ロボットや人工知能（AI）の技術を農業で活用するための研究開発や知見の蓄積を進めている。農業でITを使う人材の育成も進めながらスマート農業の普及に貢献している。



図 2.8.3 - 1
レグミンの自律自走型ロボットが
農薬を散布
出典：日刊工業新聞社

2.8.4 【農林水産分野】 自律ロボに乗り収穫 トクイテンが開発、株間移動の負担減

トクイテンは、人が搭乗して農作業を行える自律移動型ロボットを開発した。コントローラーなどによる操作が不要なため、搭乗した人は植栽などの農作業に集中できる。同社が開発したロボット台車「ティターン」の新仕様として展開する。約10件の農家で技術の実証をした上で、2024年半ばの量産開始を目指す。

トマトなどを栽培する畝の間を自律走行する。苗を植えたり収穫したりする際に、株の間の移動による人の負担を軽減できるという。豊吉社長は「モノではなく、人が移動するベルトコンベヤーを想像すると分かりやすい」と説明する。

ティターンは高機能センサー「LiDAR（ライダー）」やARマーカーを使って自律走行する台車。収穫用のアームや噴霧器などの役割ごとの装置を載せることで、農作業の自動化を狙う。

トクイテンはティターンを使った有機農業の自動化システムの販売を目指すスタートアップで、25年ごろにミニトマト栽培の全自動化を計画する。

豊吉社長は「人が乗るロボットはありそうでなかった発想」として、開発した搭乗型ティターンの単品販売も狙う。



図 2.8.4 - 1

開発した自律移動ロボット（右）と人力で動く台車

出典：日刊工業新聞社

第3章 新たな産業分野での活躍と生成AIの動向

3.1 ロボットフレンドリーな環境構築

3.1.1 【ロボフレ・施設分野】ロボットも“働きやすい”環境に、設備と連携

不動産・ゼネコン各社が、オフィスビルや商業・宿泊施設などでのロボット活用に力を入れている。警備や配送、清掃といった施設管理の現場で担い手不足が慢性化する中、業務の一部または全部をロボットに代替することで省人化や効率化を進める狙いだ。だが工場や物流施設と異なり、人が日常的に行動するオフィスビルや商業・宿泊施設はロボットにとって障壁が多い。人のバリアフリー化を進めたのと同様に、ロボットが働きやすい「ロボットフレンドリー」な環境構築が急務だ。

① 「RFA」が規格策定

オフィスビルや商業施設など日常空間へのロボット実装は、不動産・ゼネコン大手にとって本業との親和性が高い領域だ。不動産各社はオフィスビルや各種施設の開発に伴い、課題となる施設管理業務の人手不足問題を解決する手段の一つと認識。品質と省人化を両立する効果も訴求する。ゼネコン各社も設計・施工の延長線上にロボット実装を位置付け、建物の運用や維持管理に使える工夫や、各種設備とロボットを一元管理するITプラットフォーム活用の検討に乗り出した。

現状では働くロボットは、ロボットメーカーが導入環境に合わせて個別設計した“一点モノ”が大半とされる。一点モノの開発には手間もコストもかかる。そこでユーザー側で受け入れ環境を整えようというのが、ロボフレの考え方だ。「ロボットメーカーとユーザーの知見を結集し、人とロボットが共存できる最適解を見つけ出す。そうしなければ導入のハードルは下がらない」（不動産大手）と危機感は強い。

その“最前線”の一つが、2022年に発足した「ロボットフレンドリー施設推進機構（RFA）」だ。経済産業省が2019年に設置した官民連携の「ロボット実装モデル構築推進タスクフォース（TF）」を源流に、現時点で三菱地所や東急不動産、森トラストなど不動産大手のほか、清水建設や戸田建設といったゼネコン、ロボットメーカーとユーザー、エレベーターメーカーなど約40社が参画。ロボフレ環境の確立に向け、規格化やマニュアル化をけん引している。

現在、RFAが注力するのは①「エレベーター連携」②入退管理システムなどとの「セキュリティ連携」③建物の間取りや壁、床をロボフレ仕様で設計する「物理環境特性」④用途の異なる複数のロボットを同時に動かす「ロボット群管理」一の4領域。このうちエレベーター連携は22年に規格を策定し、セキュリティ連携もめどが付いた。残る二つも、23年度中の規格化を目指す。

RFAの活動概要

目標	取り組み
エレベーター連携	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット×エレベーター連携システムのスムーズな導入／運用支援 ・連携システムを簡易／安定的に導入可能とするマニュアルの作成 ・連携規格に関するブラッシュアップ ・連携によるサービスロボット実用化の訴求活動
セキュリティ連携	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボットと入退管理システムや扉、フラッパーゲートなどの連携支援 ・連携させるための規格発行 ・連携システムを簡易／安定的に導入可能とするガイドラインの作成
物理環境特性	<ul style="list-style-type: none"> 「ロボットフレンドリーな環境」を具体的に・定量的に定義し、ロボット導入のハードルを下げる ・施設の各種規定／法令やロボットの技術的な仕様を踏まえ、ロボフレ環境を定量化し規格を策定 ・ロボフレ環境を構築するためのマニュアル発行
ロボット群管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット同士のすれ違いを実現し、単一施設内で複数種複数台のロボットが稼働できる環境を整える ・すれ違いを実現する通信仕様の規格化 ・すれ違いを実現する運用のマニュアル化

RFAの資料を基に作成

RFA会員各社
 アイリスオーヤマ、沖電気工業、川崎重工業、SEQSENSE、清水建設、セコム、ソフトバンクロボティクス、竹中工務店、TIS、東急不動産、戸田建設、ナブテスコ、日鋼サッシュ製作所、日本信号、日本品質保証機構、日立ビルシステム、本田技術研究所、三菱地所、美和ロック、NECネットスエスアイ、Octa Robotics、クマヒラ、ジェイアール東日本企画、杉田エース、総合警備保障、大成建設、タスクル・ジャパン、東急コミュニティー、東芝エレベーター、トヨタ自動車、日建設計、日本オーチス・エレベーター、NEC、パナソニックホールディングス、フジテック、三菱HCキャピタル、三菱電機ビルソリューションズ、森トラスト、【賛助会員】NECプラットフォームズ、日立製作所、ソフトバンク、三菱電機

図 3.1.1 - 1RFA の活動概要 出典：日刊工業新聞社

② 運用の課題整理「段差・通路など標準化」

RFAによる規格を活用した一例が、三菱地所が手がけるロボットによるデリバリーサービスだ。大手町パークビルでは注文に応じ、ロボットが店舗からオフィスの自席まで飲み物や軽食を届ける光景が当たり前になりつつある。三菱地所 DX 推進部の渋谷一郎統括は「セキュリティシステムを通り、エレベーターで複数フロアの100カ所以上に届けられる」と手応えを示す。

東急不動産や東急コミュニティーも、各種ロボットを運用する「東京ポートシティ竹芝」で物理環境特性の実証を続ける。壁に反射した光や点字ブロックが及ぼす物理面の課題に加え、曲がり角での人との接触など運用面の課題も整理。その上で段差の解消や警笛の利用、大回りの動きの採用などの対策を試み、既存の建物でも対策しやすい一覧の作成にこぎ着けた。

一方、森トラストは運営する東京・八重洲の「コートヤード・バイ・マリオット東京ステーション」を改修。清掃・運搬ロボットが円滑に稼働できる環境づくりを進める。エレベーターや自動ドア、カーペットの段差などの設備改修を終え、23年に清掃・運搬ロボット5機種5台を実装。段差や通路幅、床・壁材や照度などの標準化だけでなく、導入効果や経済性の検証も重要課題と位置付ける。

実証では清掃やルームサービス、アメニティー・リネン品の運搬にロボットを活用。例えばエレベーター連携ではシステム上の改善に加え、乗り場とカゴの間のできる隙間や段差の影響を検証中だ。稼働可能な条件を詰めるとともに、保守点検の頻度や専用スロープの有無などによる効果も調べる。エレベーターの大型化についても検討し、建物とロボット双方

で求められる仕様を明確にする。

また、カーペットの毛足の長さや継ぎ目などの段差、床・壁材やセンサー受光部が太陽光から受ける影響なども検証。今回は経年変化で生じたカーペットの段差を解消したり、窓ガラスに直射日光を抑える遮光シートを貼ったりする対策を試している。ただ「特にバックヤードでの苦勞が多い」（担当者）。モデル環境の確立と同時に、建物・ロボットに必要な改修コストも算出する計画だ。



図 3.1.1 - 2

東急不動産は「東京ポートシティ竹芝」を
ロボット導入の最前線と位置付ける

出典：日刊工業新聞社

③ Wi-Fi で制御

ゼネコン各社の動きも活発だ。戸田建設は月、建物内外に整備した同一の Wi-Fi 環境でロボットを制御する実証に成功した。アンテナユニットに接続した仮設材の単管パイプを導波管とし、建設現場に安定した無線通信環境を確保する独自の仕組みを活用したものだ。これを建物の内外に設置し、ロボットと人がエレベーターに同乗したり、屋外を一緒に移動したりする動作を実現した。

同社技術研究所で行った実証実験では、ZMP の宅配ロボット「デリロ」を投入。本館から実験棟まで屋外を走った後、日立ビルシステムのエレベーターに人と同乗し荷物を届けるまでの流れを問題なくこなせることを確認した。戸田建設新技術・事業化推進部の黒瀬義機部長は「今後は人が許容できる、快適な挙動についても考えないといけない」と気を引き締める。

これに対し、清水建設は建物の設備と各種サービスロボットを一元管理する独自の基本ソフト（OS）に磨きをかける。核となるのは、建物 OS「DX コア」と各種ロボットを統合制御する「モビリティコア」だ。自動ドアやエレベーター、カメラ、見取り図など建物の情報を統合し、ロボットに提供する仕組みだ。OS のアップデートにより、ロボットを容易に追

加できる強みも強調する。

同社技術研究所ロボティクス研究センターの山崎元明グループ長は「あらゆるサービスやロボットを効率よく実装するプラットフォームであり、ロボットの“交通整理係”という位置付けだ」と説明する。同研究所で行った実証では、構内の自動運転車を降りた人が荷物を配送ロボットに預け、案内ロボットと自動ドアを通り、自動で呼び出されたエレベーターに乗り込むまでの運用に成功した。

同社による大規模複合開発「ミチノテラス豊洲」にも、こうした技術が詰め込まれている。まずはデジタルツインの技術を活用し、設計・施工から建物の運用管理までを一元化。その上で建物やロボットから集めた情報を活用し、街区全体の生産性や利便性を向上していくシナリオを描く。青木滋ロボティクス研究センター長は「一気通貫でできることが当社の強み」と力を込める。



図 3.1.1 - 3

清水建設は「ミチノテラス豊洲」で案内ロボットなどを運用している

出典：日刊工業新聞社

3.1.2 【ロボフレ・食品分野】 総菜盛り付けロボ量産化、埼玉のスーパーに試作品

コネクテッドロボティクスは、2024 年秋をめどに総菜盛り付けロボットシステム「デリロボット」の量産化に乗り出す。1 セットで毎時 1000 食の総菜サラダを定量ずつ盛り付けることが可能。稼働途中で惣菜の種類が変わっても、自動調整ボタンを押すだけで作業を続けられる。スーパーマーケットやコンビニエンスストアの総菜は短時間で中身が変わることが多いため、それに対応するシステムとして拡販する。

発売時の目標価格は 3600 万円程度で、年 200 セットの販売を計画する。すでに埼玉県内のスーパーマーケットに試作品を納入し、実ラインで実証を始めている。

デリロボットはセイコーエプソン製の水平多関節（スカラ）ロボ 2 台のシステムを 2 台並べて 1 セットにし、毎時 1000 食の処理能力を持つ。盛り付けを行う現場の実態を踏まえて、清掃がしやすくコンパクトサイズに仕上げた。

ラインを流れてくるサラダなどの総菜をロボが重さを量りながらつかみ、製品トレーに盛り付ける。同じポテトサラダでも、ジャガイモの多い部分かマヨネーズの部分かで比重が

異なるのを独自のアルゴリズムで自動計算し、定量を盛り付けることが可能。作業途中でサラダの種類が変わっても、ハンドを取り換えて調整ボタンを押すだけで盛り付け作業を続けられる。

デリボットは経済産業省と日本惣菜協会が官民連携で進めるロボットフレンドリー事業で培った技術がベース。沢登社長は「ゆくゆくは米国やアジアへの輸出も計画したい」と、海外市場への投入も視野に入れる。



図 3.1.2 - 1
量産までに細部の改良や
コストダウンを続ける。
出典：日刊工業新聞社

3.1.3 【ロボフレ・食品分野】 キューピー、総菜ふた閉めロボ導入

キューピーは安川電機と共同開発した多品種の容器に対応した総菜用ふた閉めロボットをグループ会社のデリア食品の工場に導入し、運用を開始した。60 品種以上のふた容器に対応し、自動で容器に合ったサイズへの切り替えが可能。作業熟練者と同等の毎時 1300 パックに対応できる。生産工程の自動化により、人手不足問題の解決につなげる。

総菜は商品の入れ替えが多く、短期間で容器が変更されることから、従来装置では新容器に対応するための設定に時間がかかり、人手に頼らざるを得なかったという。そこで工場での自動化を目指し、安川電機と 2022 年 12 月から共同開発に取り組んできた。今回はその第 1 弾となる。

キューピーはふた閉め工程だけでなく、原料の秤量（ひょうりょう）、総菜の盛り付け、商品の積み付け、生産計画の策定などでも自動化できる可能性があるとして、今後も開発に取り組んでいく。



図 3.1.3 - 1 「惣菜用ふた閉めロボット」実運用の様子（キューピー提供）

出典：日刊工業新聞社

3.1.4 【ロボフレ・配送分野】日鉄興和不動産など4社、タワマンでのロボ配送実証

日鉄興和不動産とソフトバンクロボティクス、日建設計、日建ハウジングシステムは、2024年1-3月に東京都江東区の集合住宅で、ロボットを活用した荷物配送サービスの実証実験を行う。タワーマンションなどの集合住宅における搬送でロボットを導入しやすい「ロボットフレンドリー」な環境を構築するため、利用方法や経済性を検証する。

4社による「集合住宅における搬送課題解決に向けた実証実験」が、経済産業省の23年度の「革新的ロボット研究開発等基盤構築事業」に採択されたことに伴う取り組み。大手物流業者と協力し、ロボットを活用した荷物配送サービスの実証実験を行う。建物の入り口から住戸までの最適なロボットの活用方法、ルート設計、利用者との連携方法を検証する。

近年、インターネットの普及やコロナ禍での巣ごもりの影響もあり、インターネット通販を中心とした宅配荷物の需要が増加傾向にある。それに伴い再配達も増加している。ただ、タワーマンションなどの大規模な集合住宅ではセキュリティーが厳しく、建物の入り口から住戸に到着するまで時間がかかるのが難点で、宅配員にとっても負担となっている。

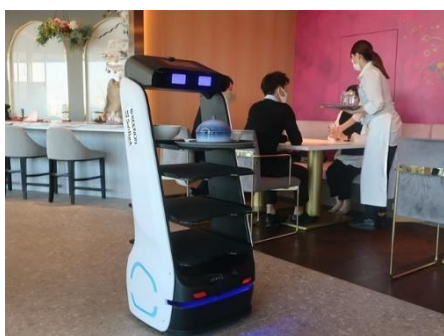


図 3.1.4 - 1

ロボットが稼働しやすい環境を構築する

（イメージ：ソフトバンクロボティクス提供）

出典：日刊工業新聞社

3.1.5 【ロボフレ・配送分野】 ハコボットと近畿大、自動配送ロボの実証開始

Hakobot（ハコボット）と近畿大学は、敷地内での荷物を自動で配送するロボットの実証実験を始めた。近畿大東大阪キャンパスで、市販のクーラーボックスを設置した自動配送ロボットの実証を実施。人通りが多いキャンパス内を自動運転で人にぶつからずに目的地にたどり着けた。近畿大は2024年度にも同ロボットを導入し、キャンパス内での書類の運搬などに活用したい考えだ。

配送センターから2キロメートル以内の距離への配送などの活用も見込む。ハコボットは23年中に配送業にOEM（相手先ブランド）生産での提供を目指す。

ロボットの重量は98キログラムで、100キログラムの荷物の積載が可能。時速3キロメートルで走行する。事前を取得したデータを基にキャンパス内の3次元（3D）地図を作成し、その地図を活用した自動運転技術を実装した。

大山ハコボット社長は「近畿大での実証実験でノウハウがたまった。今後も実証を重ね、市場を探りたい」と語っている。



図 3.1.5 - 1
実証実験に使用した
自動配送ロボット
出典：日刊工業新聞社

3.1.6 【ロボフレ・配送分野】 自律ロボ利用の館内配送サービス実証 従業員の負担減

イオンモールはエリアカザンとともにイオンモール白山で、自律走行ロボットを活用した館内配送サービスの実証実験を始めた。専門店では人手不足が続いており、人の代わりとして事務所にいる自律走行ロボットが店舗運営に必要な小型資材を配送する。従業員は負担が減ることで、接客などの業務に注力できる。

事務所で専門店からの依頼を受けた後、ロボットに荷物を入れるとロボットが出発。エレベーターに乗って専門店まで運ぶ。その後、ロボットは事務所に戻って自動充電する。



図 3.1.6 - 1

店舗運営に必要な小型資材を載せた
自律走行ロボットが物品を配送する
(イメージ)

出典：日刊工業新聞社

3.1.7 【ロボフレ・配送分野】 経産省、配送ロボでCO2削減 年度内に効果算出

経済産業省は自動配送ロボットの導入による二酸化炭素（CO2）削減効果を調査し、2023年度内に公表する。ガソリン車など既存の配送手段と自動配送ロボットを使った場合の年間CO2排出量を算出し、差分を示す。物流の効率化に加え、脱炭素分野における自動配送ロボットの活用メリットを示すことで、環境・社会・企業統治（ESG）投資を呼び込み、自動配送ロボットの普及促進につなげる。

調査ではまず、企業へのヒアリングなどから自動配送ロボット普及台数見通しの試算や配送サービスの類型化を進める。

これらを踏まえ、現行の配送手段のみを使った場合と、既存の配送手段を自動配送ロボットに置き換えたり、補完した場合などの年間CO2排出量を算出。CO2排出量の差分から自動配送ロボットの導入によるCO2削減量を数値で示す。

短期、中長期の時間軸で年間CO2削減量を示すほか、配送サービスの類型ごとに削減量を提示する方針。自動配送ロボットへの投資を検討する際の参考にしてもらう。

物流業界で人手不足が深刻化する中、自動配送ロボットは遠隔制御による無人走行が可能で、ラストワンマイル（目的地までの最後の距離）における配送用途で活用が見込まれている。4月には改正道路交通法が施行され、公道走行が可能になり、パナソニックホールディングスが東京と神奈川で届出制に基づく運用を開始した。各地域で実証事業も活発化している。

経産省は人手不足や過疎化などで買い物がしにくい「買い物弱者」への対応に加え、脱炭素社会の実現に向けても導入メリットがある点を周知し、自動配送ロボットの普及・定着を後押ししたい考え。政府は6月に「物流革新に向けた政策パッケージ」を閣議決定し、施策の一つに自動配送ロボットの活用推進を盛り込んだ。

自動配送ロボットの主な用途	
物流拠点 ↓ 住宅・オフィスなど	<ul style="list-style-type: none"> 特に人手が不足する早朝・夜間の配送が可能 配送と同時に集荷も可能
小売店舗・飲食店 ↓ 住宅・公園など	<ul style="list-style-type: none"> フードデリバリーサービスの提供 自治体による生活必需品の配送（買い物支援）
地域内における移動販売	<ul style="list-style-type: none"> 荷物を積んだ状態で、商店街や観光地などを巡回 飲食料などを非対面・キャッシュレスで販売
経産省の資料を基に作成	

図 3.1.7-1
自動配送ロボットの配送用途について
出典：日刊工業新聞社

3.2 生成 AI の動向

3.2.1 生成 AI という新たなトレンド

2023 年に入り生成 AI という言葉がいたるところで聞かれるようになった。それは、2015 年ごろに囲碁の人工知能ソフト AlphaGo がプロ棋士に勝利したことで、人工知能という言葉が多くメディアに取り上げられ、第 3 次 AI ブームとして多くの期待が寄せられた当時の状況と極めてよく似ている。

第 3 次 AI ブームの以前には、2 度の AI ブームと 2 度の冬の時代を迎えているというのが AI の歴史である。1950 年代の AI ブームはトイプロブレムしか解けず、1980 年代のエキスパートシステムは知識の習得に莫大なコストを要した。

幸いにも第 3 次 AI ブームは、大きな冬の時代を迎えるということはなく今を迎えている。それは、圧倒的なデータ量と圧倒的な計算力のおかげで、AI が継続的に学習することに成功し、無能だと評価されることが無かったということが大きな要因の 1 つであろう。それは、第 3 次 AI ブーム以降、矢継ぎ早に多くのアルゴリズムと多くの AI システムが公開されたことからよくわかる。(図 3.2.1-1) 昨今の生成 AI の火付け役となる ChatGPT のもとになっているアルゴリズム Transformer の登場は 2017 年までさかのぼる。すなわち、AlphaGo がプロ棋士に勝利した 2 年後にはそのコンセプトが公開されていたのである。

年	出来事	カテゴリー
2012	トロント大学が画像認識コンテストで深層学習を用いて圧勝	画像
2014	GAN のアルゴリズムに関する論文が発表される	画像
2015	AlphaGo がプロ囲碁棋士に勝利 Diffusion Model のアルゴリズムに関する論文が発表される	画像 画像
2017	Transformer に関する論文が発表される MuseGAN に関する論文が発表される	テキスト 音楽

	Amper music のβ版が公開される	音楽
2018	大規模コーパスを用いた生成 AI (ELMo、GPT-1、BERT) が公開される	テキスト
2019	StyleGAN が公開される GPT-2 が公開される MuseNet が公開される	画像 テキスト 音楽
2020	GPT-3、ChatGPT が公開される Jukebox、SOUNDRAW が公開される	テキスト 音楽
2021	DALL-E が公開される	画像
2022	Stable Diffusion、Midjourney、Imagen が公開される Riffusion が公開される Gato に関する論文が発表される	画像 音楽 複合
2023	Adobe Firefly、Bing Image Creator が公開される Bard、Bing チャットが公開される Stable Audio が公開される Gen-1、Gen-2 が公開される	画像 テキスト 音楽 動画

図 3. 2. 1-1 第 3 次 AI ブーム以降の主な出来事

では、今の生成 AI ブームは、第 3 次 AI ブームがそのまま続いているのだろうか。Google トレンドから、ブームのトレンドを追うことができる。(図 3. 2. 1-2)

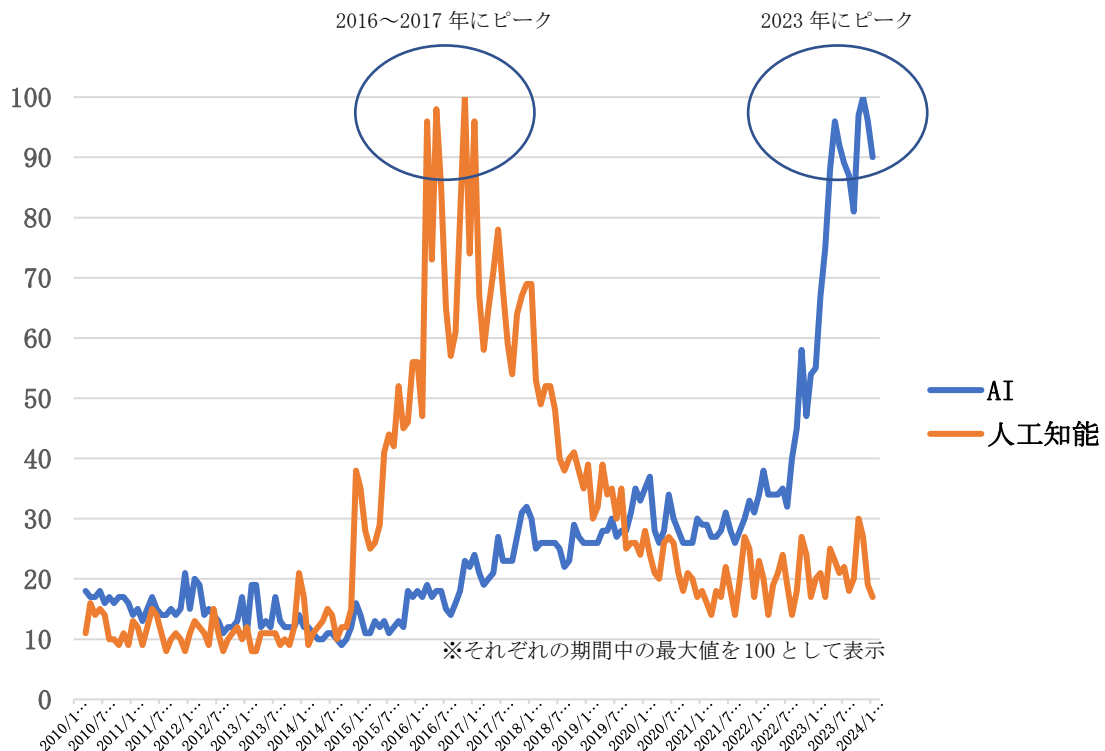


図 3. 2. 1-2 生成 AI と人工知能の検索トレンド

出典：Google トレンドより作成

ここから明らかなことは、第 3 次 AI ブームの当初の 2016 年前後は“人工知能”がトレン

ドになっていたということである。一方、現在は、“AI” がトレンドになっている。確かに “AI” という言葉は、artificial intelligence であり、すなわち “人工知能” のことを指す用語である。しかし、これらの用語に明らかなトレンドの差がみられるということは、相応の意味を見出す必要がある。

現在の生成 AI に代表される “AI” は、これまでの “人工知能” とどのように違い、ロボット産業にどのような影響をもたらすのだろうか。

3.2.2 生成 AI とはどのようなものか

生成 AI と聞いて何を思い浮かべるだろうか。

図 3.2.1-1 に記載している通り、昨今話題になっている生成 AI は、主に 3 つのカテゴリ一からなる。すなわち、画像、音楽、テキストの 3 つの種類データを扱う生成 AI である。2023 年には、これらに加えて、動画を扱うことができる生成 AI のサービスが始まっている。動画については、今後更なる発展を遂げていくことが期待され、現在は数秒から十数秒程度の動画生成が限界であるが、精度が高まり長時間の動画が生成されるようになると、多くの話題を集めることになるだろう。

生成 AI を支えるアルゴリズムについて簡単に紹介する。AI は、事前に大量のデータを用いて学習を行い、その学習結果をもとに、新規のデータに対して何らかの予測を行ったり、何かの生成を行ったりするもの、という基本的な考え方については、改めて紹介するまでもないことだろう。

まずは、画像データの生成アルゴリズムについて紹介する。図 3.2.2-1 には画像生成に関わるアルゴリズムは 2 つ登場している。1 つが GAN (Generative Adversarial Network : 敵対的生成ネットワーク) と呼ばれるアルゴリズム、もう 1 つが Diffusion Model というアルゴリズムである。それぞれについて簡単に説明を加える。

GAN は、識別器と生成器の 2 種類の AI から構成される。識別器は、画像を入力として、正誤判定を行う AI である。生成された偽物の画像と訓練用の本物の画像のいずれかの画像を入力とし、生成された偽物の画像の場合には偽物判定、訓練用の本物の画像の場合には本物判定を行うように学習を行っている。生成器は、ランダムな入力から画像を生成するよう構成されている。生成した画像を識別器に入力し、本物と判定されるような画像を生成できるように学習が繰り返される。このような学習を行い、識別器が常時本物と判定するような生成器を作り出したものが、GAN を用いた生成 AI である。

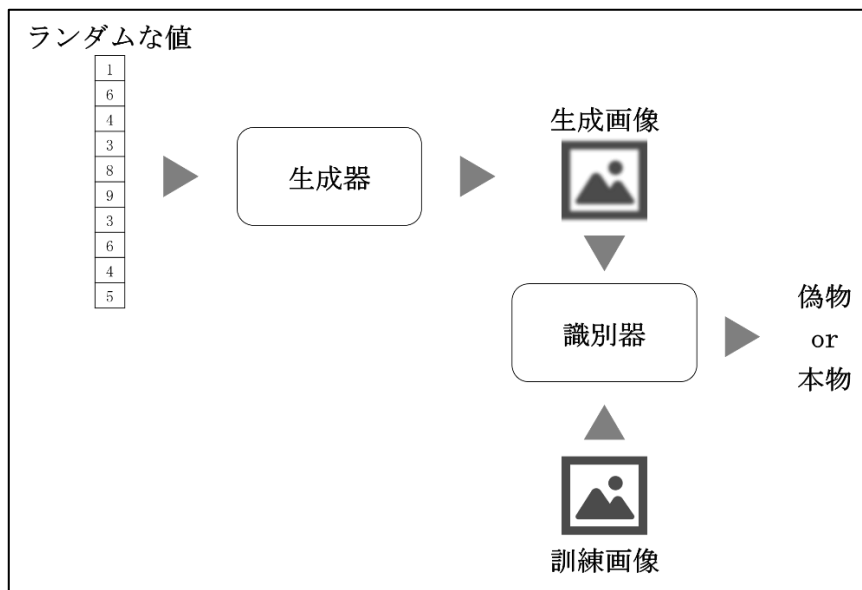


図 3.2.2 - 1 GAN の識別器と生成器による学習のイメージ

もう1つの Diffusion Model が GAN と大きく異なる点は、識別器を用いない点にあり、Diffusion Model では、ランダムな値から直接画像を生成することができる。当然のことながら、ランダムな値から綺麗な画像が生み出すためにひたすら乱数を振り続けるということではなく、このモデルでも学習によって、画像を生み出すためのアルゴリズムを習得する。このモデルの場合、元の画像に対してノイズを加えていき、乱数を生み出し、その乱数から再び元の画像を生成するという学習方法をとっている。乱数から画像を生み出す必要があるため、計算量が多く、画像生成には時間がかかると言われている。DALL・E2 など、有名な画像生成 AI は、この手法を用いている。(図 3.2.2-2)

これらが画像を生成するアルゴリズムの代表的な2つである。



図 3.2.2-2 Diffusion Model の学習プロセス

続いて、音楽とテキストを生成するアルゴリズムである。実は、これらは 2 つとも同じ Transformer というアルゴリズムを使用している。音楽とテキストは聴くものと読むもので、全く異なるもののように思える。

しかし、よく考えてみれば、2 つに共通点は確かにある。それは、前後の音やテキストの関係性に意味があり、ルールに従って、音列もしくはテキスト列が並んでいるということである。音楽に関しては、コード進行という一定のルールがあり、基本的にはそれらに従って作られている音楽を我々は心地よく感じるのである。テキストに関しても、文法などの一定のルールに従って単語が並んでいるものと考えれば、音楽との共通性があることが明らかである。

これらの共通性を踏まえて作られているのが、音楽生成 AI でありテキスト生成 AI である。莫大なデータを用いることで、前の文脈をもとに次の予測を行って生成するというのが基本的な考え方となっている。(図 3.2.2-3)

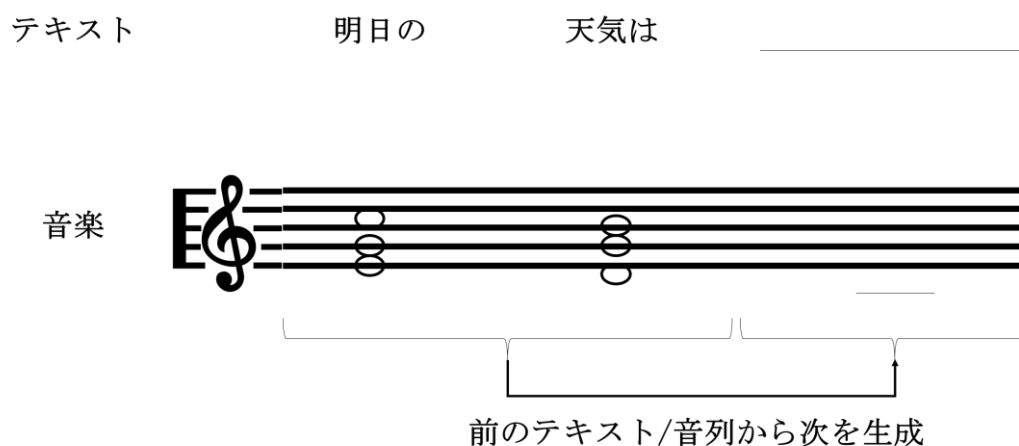


図 3.2.2-3

音楽とテキスト生成 AI の考え方

これらのことから、現在、世間を賑わせている生成 AI には 2 つの系列があると言える。1 つがランダムなノイズから意味のあるものを生成するアルゴリズム (画像生成で用いられる)、もう 1 つが前の文脈に基づき次に出現するものを予測するアルゴリズム (音楽とテキスト生成で用いられる) である。

3.2.3 生成 AI は既存の AI とどう違うのか

生成 AI がここまで大きく注目を集めるようになったのは、既存の AI に比べて特筆すべき何かがあるのだろうか。考えは、半分 Yes で半分 No である。どういうことか。

先ほど、生成 AI には 2 つの系列があると紹介した。ということは、すなわち、2 つのうち

の1つは“特筆すべき何かがある”、1つはそうではないのではないかと、ということである。

2つの系列のどちらに“特筆すべき何かがある”ののだろうか。それは明らかに、画像生成に関わる生成AIである。既存の分類問題や回帰などのタスクを行うためのAIの範疇を超える可能性を示したのが、画像生成AIである。だからこそ、フェイク画像への懸念や、生成AIを使ったデジタル写真集が販売され、大きな話題を集めたのである。画像生成AIは、既存のAIとは大きく異なる新しい可能性を示していると言える。

では、音楽とテキスト生成で用いられるAIはどうだろうか。テキスト生成、大規模言語モデルという言葉がにわかに注目を集め始めたのは、やはりChatGPTの登場であろう。では、ChatGPTの以前と登場以降では、何が違って、何が変わっていないのだろうか。

ChatGPTの特徴は次のようなものに代表される。

- ①テキスト列をもとにした予測アルゴリズムを用いた流ちょうな長文の生成
- ②チャットによる質問応答
- ③1つのプラットフォームで幅広いトピックに対応
- ④質問者の意図を理解した（ように感じられる）ロジカルな回答

これらの特徴は、果たしてChatGPTによって新規に生まれたものだろうか。

①については、いかがだろうか。実は、長文を生成するサービスは、ChatGPT以前より親しまれたサービスが存在した。それは、翻訳サービスである。Google翻訳等、多言語対応可能な翻訳サービスはChatGPT以前より、無料で利用できていた。

そして、Google翻訳で出てくる文章は、多少の手直しは必要だったかもしれないが、長文にも対応し、概ね違和感なく活用できていたのではないだろうか。（図3.2.3-1）



図 3. 2. 3 - 1

音楽とテキスト生成 AI の考え方

出典：Google 翻訳

②については、いかがだろうか。これも言うまでもなく、ChatGPT 登場以前から存在するサービスである。チャットボットと呼ばれ、近年市場が拡大していたサービスがまさに、チャットによる質問応答のサービスである。郵便の再配達を LINE のチャットボットサービスで手軽に行えるようになり、重宝している。(図 3.2.3 - 2)



図 3.2.3 - 2

ChatGPT 以前から存在するサービスチャットボットサービス

出典：郵便局の LINE チャットボットより

③については、いかがだろうか。これも、Google 検索がまさにそのサービスと言える。我々は、何か調べたいことや知りたいことがあれば、検索窓に検索ワードを入れ、目的の情報にアプローチしていたというのがこれまでの情報の入手方法であった。

④については、いかがだろうか。実は、これこそが、それまでのサービスとは異なる ChatGPT の大きな特徴と言える。これまでも街中にある案内ロボットなど、ある程度の雑談に対応するサービスは登場していた。しかし、ChatGPT ほど、こちらの質問に的確に答えてくれるサービスというのも珍しい。このような ChatGPT の特徴を実現するために、OpenAI 社が取った方法が非常に興味深い。彼らが取った方法は、人海戦術による強化学習という方法をとった。1 万 3 千件の質問と応答のリストを人が作成し、AI が人間のように答えるための特徴を学習したうえで、更に、3 万 1 千件分の ChatGPT の応答の評価を人が行い、人間らしさとはどういうものか、というのを莫大なデータとして積み上げたのである。

(図 3.2.3-3)

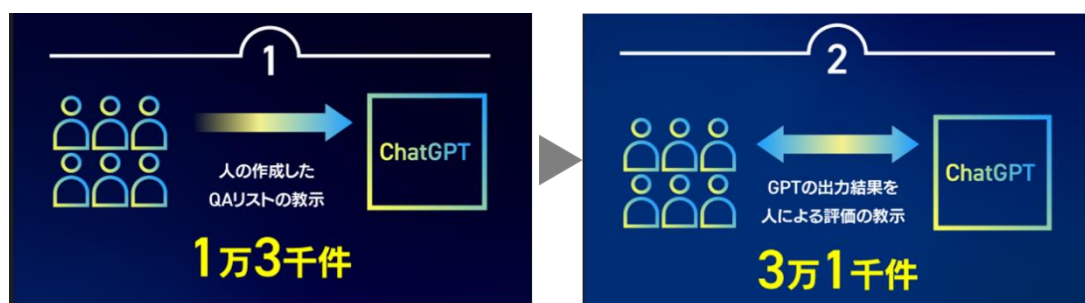


図 3.2.3-3 ChatGPT の人らしさの獲得

出典：L. Ouyang et al. (2022)より、日刊工業新聞社作成

ここまで見てきた通り既存の AI に対して生成 AI が大きく異なる点は、画像の生成ができるようになったこと、テキストや音楽では、人手による人海戦術によって人らしい表現を獲得したことであると言える。これらの“人らしい”創作活動や表現の獲得、というのがまさに生成 AI がここまで話題になった所以であると言えよう。

最後に、テキストや音楽の生成 AI が既存の AI と差異があまりないから無意味であるということではない。1つのプラットフォームの中で、質問応答ができ、その答えが流ちょうな長文で返ってきて、Google 検索に匹敵するような情報量をもとに回答が作成され、そのアルゴリズムが既存のアルゴリズムとは異なる新規のアルゴリズム (Transformer) が用いられている、これら一連の特徴は、新しい AI の可能性を私たちに示すものであるということに、一点の疑いも無い事実である。

3.2.4 生成 AI はどのように使われているのか

生成 AI がどのように使われているか、その事例は枚挙にいとまがない。検索すれば、多くの事例を見つけることができる。ここでは、画像生成 AI の事例と ChatGPT を用いた事例をピックアップする。画像生成 AI の事例としては、例えば、AI Picasso 社が開発する AI ピカソというスマホアプリが画像生成 AI の事例の 1 つである。自分の顔画像などをアプリにアップロードし、どのような画像に変換したいのかテイストを選択することで、自分の顔画像を自由なイラストのテイストに変換することができるアプリである。(図 3.2.4-1)

生成AIによって、写真のテイストを自由に変えることができる

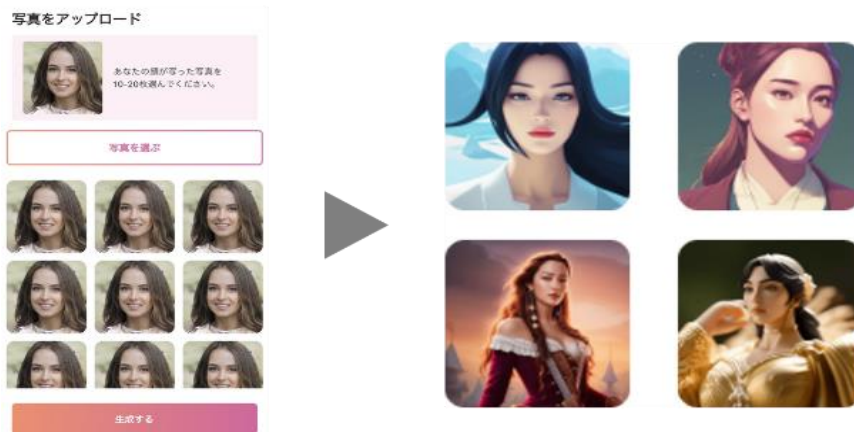


図 3.2.4-1

AI Picasso 社が開発する AI ピカソ

出典：PR Times (<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000005.000113219.html>)

また、伊藤園の「お〜いお茶 カテキン緑茶」がテレビCMのモデルにAIで生成したモデルを採用したことも大きな話題となった。このモデルもAIで生成した画像を利用して作られている。モデルは、AI model 社のサービスとして提供されている。(図 3.2.4-2)



図 3.2.4-2

「お〜いお茶 カテキン緑茶」のCMのAIタレント

出典：PR Times (<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000006.000097252.html>)

ChatGPTについては、業務で利用している方も多く、世の中にも多くのTipsが登場しているため、今さら取り上げるまでもないかもしれない。自治体で初めて導入した横須賀市でまとめているものがある。(図 3.2.4-3) Excelの関数に加え、エンジニアの場合には、プログラミングコードの生成などもChatGPTを活用している例は存在するだろう。

ChatGPTボットのつかいみち

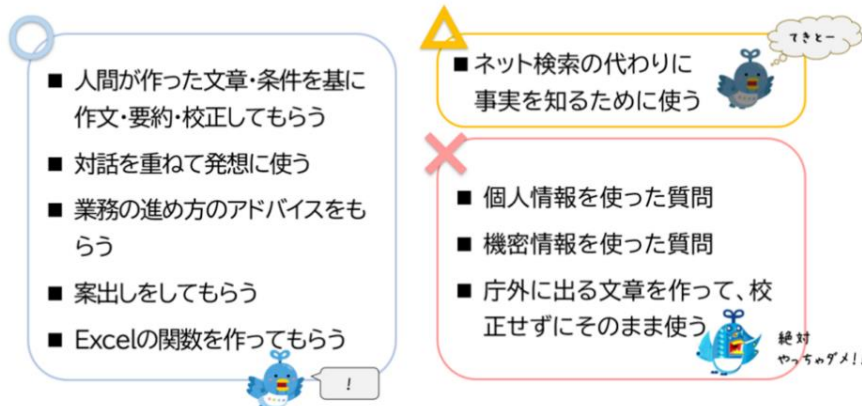


図 3.2.4-3 ChatGPT の活用方法

出典：横須賀市 HP

(<https://www.city.yokosuka.kanagawa.jp/0835/nagekomi/documents/yokosuka-chatgpt-2-houkoku.pdf>)

3.2.5 生成 AI のロボット産業への応用

生成 AI の示す新たな可能性は、ロボット産業に対しても、大きなインパクトを与える可能性がある。

AI とロボットというのは、親和性が高く、新しいアルゴリズムが研究開発されるたびに、ロボットへの応用が検討されてきた。特に、柔らかいものを掴む動作というのはロボットには非常に難度の高い動作になっており、どのように柔らかいものを掴むかというのは、大きな研究者の関心ごとになっている。

例えば、2016 年、深層学習が話題になっていた当時、深層学習（畳み込みニューラルネットワーク）を利用した物の把持タスクを実現しようという研究が Google の研究チームによって行われている。畳み込みニューラルネットワークは、画像データの処理に強みがあり、莫大な画像データをもとに識別器を作るアルゴリズムである。

Google の研究チームが 2016 年に畳み込みニューラルネットワークで挑戦したのは、ロボットの動作データとロボットに取り付けた映像データを畳み込みニューラルネットワークで処理することによって、把持の成功と失敗の分類問題を解くアルゴリズムを構築することであった。このような分類問題を解くアルゴリズムを構築すると、把持の成功のために必要となるロボットの動作を特定することができるようになる。そのために、14 台のロボットを活用して 2 か月かけて 80 万回の把持タスクに関するデータを収集した。(図 3.2.5-1)



図 3.2.5-1

2016 年畳み込みニューラルネットワークを用いた把持タスク実現の取組

出典：S. Levine et al. (2016)

また、強化学習による取組も検討されている。強化学習とは、ランダムにトライアルを重ね、把持の成功と失敗を繰り返し、成功した場合にのみ報酬を与えることによって、把持の成功頻度を高めていくという手法である。把持タスク以外にも、4足歩行ロボット等の制御にも強化学習のフレームワークが利用されている。

2022 年の研究では、世界モデルという、世界に関する知識と強化学習を組み合わせることによって、たった数時間の学習でスポンジを掴むタスクを実施できるようになったという研究がカリフォルニア大学の研究チームから報告されている。(図 3.2.5-2)

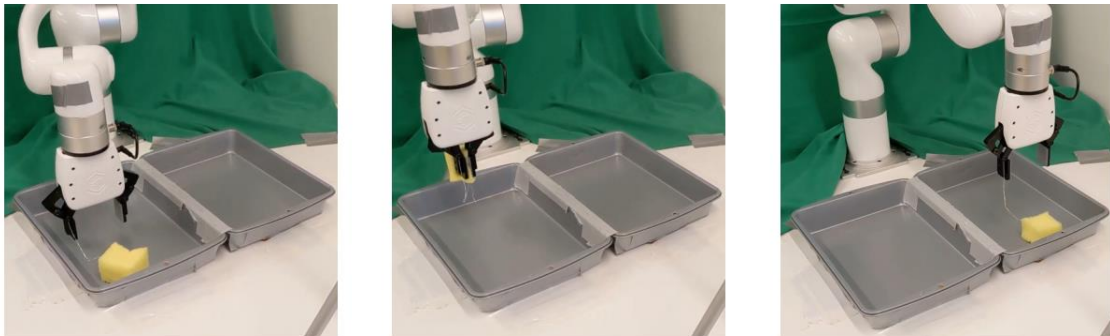


図 3.2.5-22022 年世界モデルと強化学習を用いた把持タスク実現の取組より

出典：P. Wu et al. (2022)

このように、新しいアルゴリズムが登場するたび、ロボットへの応用研究が繰り返されてきた。このような過去の取組を踏まえると、生成 AI もロボット産業に対して新たな可能性を広げることは間違いない。

3.2.6 生成AIを今後ロボット産業に活用できる可能性

生成AIのロボット産業への活用可能性はどのようなものが考えうるだろうか。生成AIには大きく2つの系列があることを紹介したが、これまでの議論を踏まえると、次のような活用の可能性が考えうる。

- ①画像生成AIのロボット産業への応用
- ②Transformerを用いた生成AIのロボット産業への応用
- ③ChatGPTやMuseNetのロボット産業への応用

それぞれについて、既に多くの検討が進められている。

まずは、画像生成AIのロボット産業への応用についてである。動きがあることが前提となるロボットに対して、動きのない画像の生成は、必ずしも親和性があるとは言いきれない。ロボットの制御のための入力情報としては、画像を用いるよりも、ロボットに取り付けたカメラによる動画の方が、有用性が高いことは明らかである。しかし、入手が困難なデータの場合や、例外処理に関わるデータの場合には、生成AIによって生成したダミーデータを用いることが有効である場合がある。既に、外観検査用に不良品データを生成するようなサービスも登場しており、例えば、データグリッド社などがAnomaly Generatorというサービスを提供している。(図3.2.6-1)

把持タスクなどを行うためには、実際に物をつかむ試行を繰り返すことが必要となるが、不良品を取り除くようなタスクをロボットなどで行う場合には、画像生成AIを活用できる可能性がある。



図 3.2.6-1

外観検査のための不良品画像の生成例

出典：PR Times より (<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000035.000034722.html>)

Transformer を用いたロボットへの応用は、より具体的に検討が進められている。それが、Google の研究チームが 2022 年に発表した Robotics Transformer である。従来の深層学習や強化学習のアプローチと同じように、画像をもとにアームの動きを生成するということは、Robotics Transformer においても変わらない。画像を入力として、アームの位置 (x, y, z) 座標と回転 (ロール・ピッチ・ヨー)、ハンドの開閉を出力とする。

また、Google の研究チームは、台車を有するロボットに対して Robotics Transformer を適用しており、ロボット自体の位置座標と向き (x, y, ヨー) を同時に出力できるようなアルゴリズムを構築している。すなわち、画像の入力から 11 個のパラメータを生成する生成 AI を構築している。このような生成 AI に対して 13 万回のロボットによる試行を学習させ、把持タスクを行う研究を実施している。(図 3.2.6-2) このような研究の方向性はますます進んでいくことだろう。

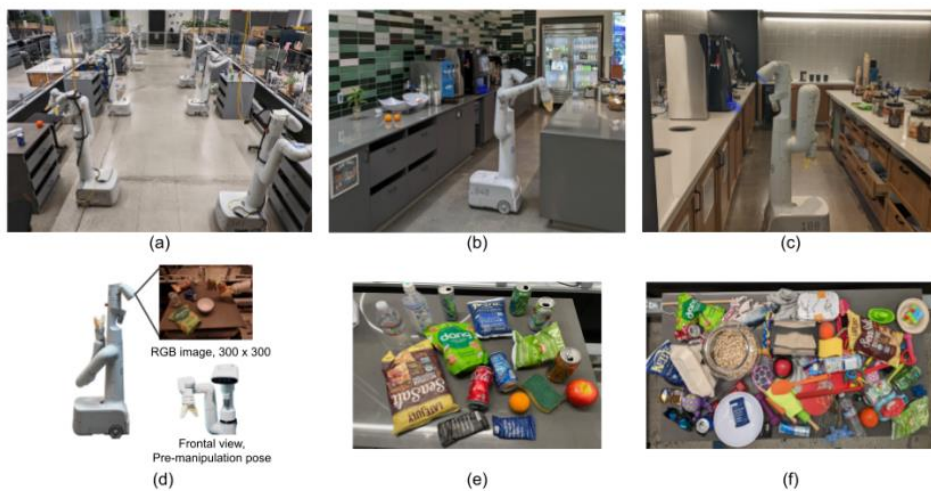


図 3.2.6-2

Robotics Transformer を用いた把持タスクの様子

出典：A. Brohan et al. (2022) より

そして、最後に、ChatGPT や MuseNet 自体がロボットに搭載される方向性である。例えば、既存の案内ロボットに ChatGPT を搭載することによって、雑談の精度は大いに向上することになるだろう。MuseNet によって利用者が求める音楽を自在に生成できるようになると、案内ロボットのエンターテイメントとしての利用の幅が広がることは間違いない。

既存の案内ロボットの大きな課題は、ロボットに何ができるのかがわからないことが大きな課題の 1 つであった。店舗に案内ロボットがいたとしても、雑談はできない、求める質問に答えられない、そんなことが頻発した結果、どう使っていいかわからず敬遠されるシーンが目立っていたというのがこれまでの案内ロボットである。

ChatGPT や MuseNet は、多くの人々が利用し、生成 AI に何ができるのかあるいはできないの

か、その可能性と限界を多くの人が理解したという点では、案内ロボットの利用のためのリテラシーが高まった状態になったとも言え、大きな追い風になると考えられる。

3つの観点から生成AIのロボット産業への活用可能性を議論してきた。ロボット自体だけではなく、ロボットに関連するプログラミングや周辺機器への生成AIの活用も大いに可能であろう。生成AIをどのように活用するか、ChatGPTだけではなく、3つの観点から幅広く検討し、また既存のAIなどとも組み合わせながら新たなサービスを考えていくことが求められる。

3.2.7 生成AIを活用する上で気を付けなければならないこと

最後に、生成AIを利活用する上で気を付けるべきことについても触れておく必要がある。昨今、AIの倫理などもメディアで取り上げられる頻度も高まり、そのような情報に接している読者も多くいるだろう。そこでよく取り上げられていることには、著作権の問題とバイアスの問題がある。

著作権の問題は、生成AIの学習に使ったデータや、大規模言語モデルの構築のために使われているデータの著作権の問題がある。インターネット上に公開されているデータを、そのものを使っているわけではないものの、勝手に利用して生成AIを構築しているという点について、その良し悪しについてはまさに議論が行われている。

また、入力したプロンプトによっては、原画像や原文と極めて類似性の高い画像や文章が出力されるという事象も報告されており、生成AIが学習用データをどのように改変したり活用したりしているか不明瞭な点も相まって、著作権については大いに議論が行われているところである。ロボットに対して生成AIを利活用する場合に、画像の生成やChatGPTなどの文章生成、音楽生成技術をそのまま利用してアプリケーションに搭載するという場合には、著作権の議論を注視しておく必要がある。

バイアスの問題についても、ChatGPTの登場以前から長年にわたり議論が行われている観点である。インターネット上のデータを使う場合、集められるデータに偏りが発生してしまうことは避け得ない事実である。特に、SNSは匿名性があるということから、極端な考え方を発信しがちであるという問題もあり、公平中立な考え方やリアル世界とは異なるデータが多く集まるという傾向にもなりやすい。

Microsoft社が、当時のTwitter上でAIによってツイートを行っていたところ、ユーザーからの差別的なコメントなどを学習したことによって、不適切発言を繰り返すという事態に陥ったことは今でも教訓にすべき事案である。

また、自動化バイアスという人間の心理にも注意が必要である。機械やシステムから出力されるデータに対して、無意識のうちに信頼性や依存性が高まってしまうという人間の心理を自動化バイアスと呼んでいる。例えば、生成AIによってロボットの制御プログラムを生成した際、自動化バイアスが働いてしまうと、ろくに動作確認もせず制御プログラムを実

装してしまうということが起こりかねない。実装してすぐにロボットが想定していない挙動をしてすぐにそれに気づくことができればよいものの、例えば、異常時対応や危険回避のプログラムにそのような自動化バイアスの影響を受けたプログラムが混ざりこんでしまうと気づかない可能性は高まってしまう。

いざ異常が発生した場合や危険な状況が起きてしまった場合に、プログラムのミスによって取り返しのつかない問題が起きてしまう可能性もあり注意が必要である。生成 AI を活用するためには、法的リスクはもとより、人の心理的なバイアスも踏まえてどのように付き合っていくか、今後、検討が深められ、社会に普及していくことを期待したい。

調査作成：NTT データ経営研究所 ビジネスストラテジーコンサルティングユニット
マネージャー 清水 祐一郎

第4章 ロボットシステムインテグレータとロボット人材育成の取組み

4.1 ロボットシステムインテグレータ（SIer）の動向

4.1.1 日本ロボットシステムインテグレータ協会、人材獲得に学びの場を整備

ロボット産業の成長の“キープレーヤー”としてロボットシステムインテグレーター（SIer）への期待が高まっている。ロボットメーカーとSIerは車の両輪の関係に例えられ、労働力不足に頭を悩ませる産業界の自動化を推進する上で不可欠な存在だ。300社超の会員で構成する日本ロボットシステムインテグレータ協会（SIer協会）も2023年6月に実施した一般社団法人への組織変更を機に、活動を加速する姿勢を示している。

「SIer産業の発展は日本の製造業の発展に直結しており、これからの日本を作り出す要になる」SIer協会の久保田和雄会長（三明機工社長）は、7月に開いた設立総会後のパーティーで意気込みを述べた。その上で、SIerのネットワーク構築や事業基盤の強化といった従来の事業活動に加え、3つの目標を新たに追加する方針を示した。その1つが「ロボットSIerを若者が憧れる職業にすること」だ。

SIer協会では高校生らが産業用ロボットの新しい使い方のアイデアを考案する「ロボットアイデア甲子園」の開催などを通じ、SIerへの関心を高める取り組みを実施している。ただ、今後はこうした活動にとどまらず「若者が気軽にロボットシステムインテグレーションを学べる環境整備など多面的な活動を行っていきたい」（久保田会長）と方向性を示した。

こうした目標設定にはSIer自体の人手不足も関係すると見られる。同協会が会員に実施したアンケートでは、回答企業の9割以上が自社でのロボットシステムエンジニアの不足を明かした。業界関係者は「50年の歴史がある日本ロボット工業会に比べ、FA・ロボットシステムインテグレータ協会（現日本ロボットシステムインテグレータ協会）の設立は5年前に過ぎない。社会に必要な職業であることは間違いないが、まだまだ世間に浸透していない可能性が高い」と予想する。

人手不足は以前からの課題でもある。国が15年に策定した「ロボット新戦略」でも、SIerの質と量が不足しており、この問題に早急に対応する必要性を説いている。

中堅中小製造業やサービス業などで労働力不足が深刻化し、事業の継続性すら揺るがす事態に陥る中、こうした企業にロボットシステムを提供して人手不足による影響を補えるSIerという職業が果たせる社会的意義は大きい。SIerの魅力が次世代人材に正しく訴求できるかは、ロボット産業、ひいては日本全体の発展を左右するともいえそうだ。



図 4.1.1 - 1

中小製造業のロボット普及に SIer の人材確保が欠かせない

出典：日刊工業新聞社

4.1.2 SIer 協会、ロボ操作人材拡充 実機なしで気軽に練習

日本ロボットシステムインテグレータ協会（SIer 協会）は、ロボットを扱える人材育成の体制強化に乗り出している。まずは実機なしで気軽にロボット操作を練習できる環境を協会本部内に整備し、会員企業が利用できるようにする。SIer 協会では注力事業として「教育体系の整備」を掲げている。SIer 人材の拡充で、国内外の生産性向上に寄与する狙いだ。

実機なしのデジタル教育手法は現在構築中で、ロボットに動きを教え込むための機材「ティーチングペンダント」とモニター画面を組み合わせる形式。人がティーチングペンダントで教示すると、モニター画面上のロボットがその設定に基づき動く仕組みだ。

SIer 協会が入居する機械振興会館などに訪問すれば、この仕組みを利用してロボット操作を練習できるようにする。練習用のテキストも作成中だ。

同協会では 20 年からロボットを用いたシステム構築（SI）を行う上で必要な知識や技術の習得レベルを測定する試験「ロボット SI 検定」を開催している。ただ、実務経験 3-5 年を対象にした 3 級でも試験回によっては実技の合格率が 50%を下回ることも珍しくなく、気軽に操作を練習できる環境整備が急がれていた。

ロボット SI 検定を運用する中で、ほかの課題も判明してきた。検定用に複数メーカーのロボットを集めなければならないほか、ロボットの電源や重量なども考慮する必要があるため会場の選定も困難だった。

今回の仕組みの有用性が確認できれば、事前の練習に限らず、検定自体にも導入して実機の運搬負担軽減などにつなげることを検討している。



図 4.1.2 - 1

SIer 協会ではロボットオペレーターの拡充へデジタル SI の教育手法を構築中

出典：日刊工業新聞社

4.1.3 持続可能な社会への挑戦、ロボット人材づくり

2023 国際ロボット展 (iREX2023) のテーマは、「ロボティクスがもたらす持続可能な社会」。より良い持続可能な社会の構築には、若い世代のアイデアや実行力が欠かせない。生産労働人口減少や脱炭素化の着実な進展のための技術開発など、社会課題が表面化し、こうした課題解決の糸口として、新しい発想とチャレンジを必要としている。ロボット活用の可能性をコンテスト形式で発表した「ロボットアイデア甲子園」などを紹介する。

東 8 ホール奥で、最終日に一段と活気のあるエリアとなっていたのが「ロボットアイデア甲子園！ 全国大会」の会場。高校生、高専生、専門学校生などを対象に、新たな産業用ロボットの活用案を提案してもらうアイデアプランコンテストで、日本ロボットシステムインテグレータ協会が主催する。今年はコロナ禍を経て 4 年ぶりに東京ビッグサイトでの開催とあり、全国の学生たちがくり広げた熱のこもったリアルなプレゼンに多くの観客が集まった。

事前に 6 月から行われていた地方大会を勝ち抜き集まった 25 人の中から、最優秀賞にはラーメン屋台をロボットで無人運営する「Ramen Robot “大将”」を提案した熊本高等専門学校の鍋島優羽さんが選ばれた。ラーメンの麺をゆでる工程や湯切り、具材を載せる工程など一連を自動化した無人屋台というジャンルの確立に加え、日本の文化を海外に伝えるというビジネスプランを含めた提案に多くの評価が集まった。準優秀賞は、愛知県立半田工科高校の藤原大慳さんの「緊急 AED ドローン」で、緊急時にドローンで自動体外式除細動機 (AED) を取り寄せられる仕組みの提案が評価された。

最優秀賞の鍋島さんは「将来の夢はロボットエンジニア。小学生の時に熊本地震で被災し

た経験から、災害時の人命救助ロボットを作りたい。こうした賞をいただけて、その夢に向かって進みたい」と力強く語った。

久保田和雄同協会会長が「コンテストを聞いていて、会場から笑い、笑い、笑いが大きく、盛り上がってすばらしい大会になった」と言うとおりの、未来社会を良くしたいと願って学生たちが出してきた自由なアイデアや自ら提案する姿に、多くの大人たちは笑い、涙で聞き入っていた。

同協会ではこのコンテストを通じ、学生たちに実際にロボットを見て触れて考えてもらう機会を提供するとともに、ロボットの活用拡大に欠かせないシステムイングレータの仕事を知ってもらう機会としていく方針だ。



図 4.1.3 - 1
最優秀賞を受賞した
熊本高専の鍋島優羽さん
出典：日刊工業新聞社



図 4.1.3 - 2
多くの観客を前にプレゼン
出典：日刊工業新聞社

4.2 日本ロボットシステムインテグレータ協会の取組み

4.2.1 日本ロボットシステムインテグレータ協会

(一社) ロボットシステムインテグレータ協会 (以下「SIer 協会」) は、ロボット・FA (Factory Automation) システムの構築等を行うシステムインテグレーター企業の共通基盤組織として 2018 年 7 月に 144 社で (一社) ロボット工業会内の特別委員会として設立され、2023 年 6 月より一般社団法人化した団体である。2024 年 1 月現在 312 社の会員が所属している。

協会の主な業務は、(1) SIer を中心とした FA・ロボット業界ネットワークの構築、(2) SIer の事業基盤の強化、(3) システムインテグレーションに対する専門性の高度化、の 3 つである。ロボットシステムインテグレーション業の活性化を通じた日本のロボット利活用社会推進への貢献が評価され、2020 年には日本ロボット学会より「ロボット活用社会貢献賞」を授与されている。

4.2.2 SIer 協会の活動

SIer 協会は以下の 5 つの分科会に分かれ活動を行っている。

広報分科会	SIer 業界及び協会の認知度向上のための活動を行なう。
経営企画分科会	SIer 業界及び協会会員の経営基盤の強化に向けた活動を行なう。
地域連携分科会	各地域における会員間の交流や行政機関との交流を促進する。
技術分科会	最新技術の収集、SI に必要な技術の整理、協調領域における共同開発検討等を行なう。
人材育成分科会	ロボット SI の教育体系を検討し、必要な講習を対内的対外的問わず実施する。

図 4.2.2 - 1 SIer 協会の分科会活動

4.2.3 広報活動 (広報分科会)

【認知度向上ツール作成】

SIer 協会では、若年層をメインターゲットとして、SIer 業界の認知度向上のためのツールを作成している。1 点目は SIer 業界を紹介したマンガの作成である。2019 年に大学生に向けた業界紹介まんが「マンガでわかる！ロボット SIer」を作成した。

これまでに 1 万部を配布している。2021 年度は高校生を対象とした第 2 弾まんがを新た

に作成した。



図 4.2.3-1 「マンガでわかる! ロボット Sier」

出典: Sier 協会

2点目はYouTube動画の作成である。ロボットやSier業の魅力を伝える短編ドラマを2021年までに6本作成し、その後もロボットシステムインテグレーションとは何かを伝える動画を随時作成している。



図 4.2.3-2 YouTube・ロボット Sier
チャンネル サムネイル画像

出典: Sier 協会

4.2.4 地域連携活動（地域連携分科会）

【Sier's Day の開催】

全国を10ブロックに分け、各地域でロボットシステムインテグレーションをテーマにしたイベントを開催している。一般参加可能なイベントであり、地域会員間の交流のみならず、地域行政や地域ロボットユーザー企業との交流も目的としている。

【地域政策研究会の開催】

日本全国のロボット利活用を推進している公的機関を一堂に集め、各地域の取り組み内容の発表と交流を行う、地域政策研究会を主催している。

4.2.5 人材育成の実施（人材育成分科会）

【ロボット SI 教育体系の検討】

技術分科会の作成したスキル標準をもとにロボット SI 教育体系の検討を行なっている。これまでに、ロボット SI 基礎講座、ステップアップ講座、導入企業向け基礎講座、などを企画・開催し、毎年教育制度の強化を図っている。

【ロボット SI 基礎講座の開催】

ロボットシステムインテグレーションの一連の流れを俯瞰する 3 日間の講座「ロボット SI 基礎講座」を開催した。毎年リアル・WEB を含めて 10 回実施程度実施し、年間 200 名程度が受講している。

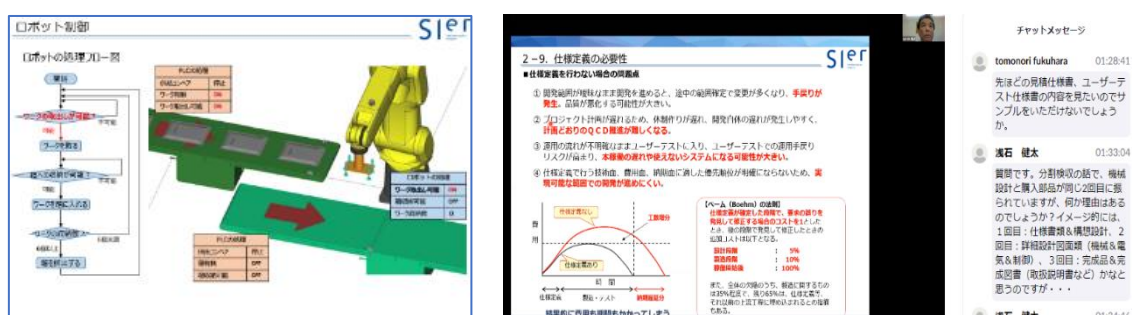


図 4.2.5-1 「ロボット SI 基礎講座」資料
出典：SIer 協会

【大学生向け基礎講座の開催】

大学教授の授業の 1 コマ（90 分程度）を借りて、ロボットシステムインテグレーションの魅力伝える出張講座を開催している。毎年 5-10 校程度の大学で講座を行っている。

【導入企業向け基礎講座の開催】

ロボット導入を希望する企業からロボット導入の基礎を学べる講座が欲しいとの要望が強かったことから 2 日間の導入企業向け基礎講座の開催に向けて 2021 年度より準備を開始。2023 年度より会員が自由に利用できる講義動画を公開。

【ロボット SI 検定】

ロボットシステムインテグレーションの能力を測る「ロボット SI 検定」制度を創設した。ロボット SI 検定 3 級は 2022 年度より一般公開、ロボット SI 検定 2 級は 2023 年度より一般公開している。

基本的な知識や技術の習熟レベルを測る 3 級は実務経験 3-5 年程度を対象としており、

「ロボットシステムインテグレーション全体に関わる知識を有しているとともに、産業用ロボット（機械・電気・制御の要素技術が盛り込まれている）の基本的な操作を習得しており、外部周辺機器との基本的な連携も可能である」ことが求められる。

2級は実務経験10年程度を対象としており、「提示された要求設備仕様を理解し、ロボットシステムを構築できる。その際には、機械・電気・制御等の技術面、生産性、安全面、コスト、運用・保守などを十分考慮することが可能である。」ことが要求される。

2023年度よりタイにおけるロボットSI検定3級の実施に向けた検討を開始し、国際検定化への第一歩を踏み出した。



図 4.2.5-2 「ロボットSI検定」
試験会場の様子
出典：SIer協会



図 4.2.5-3 ロボット安全特別教育
出典：SIer協会

4.3 RRI における CHERSI の取組み

4.3.1 RRI（ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会）について

RRI は、2015 年に経済産業省からの要請で JMF（日本機械工業連合会）が設立。以下を活動目標とする。

- ①日本を世界のロボット・イノベーション拠点へ～ ロボット創出力の抜本的強化
- ②世界一のロボット利活用社会の実現
- ③ IoT 時代におけるロボットで世界をリードするイニシアティブの発揮
 - ・企業、スタートアップ、団体、有識者など、会員の幅広さが特徴
 - ・CHERSI（未来ロボティクスエンジニアリング協議会）は、RRI の下に設けられたロボット人材を育成する組織である

ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会：RRI の概要

企業（含、スタートアップ）：255、事業者団体：72、研究機関・学会：20
有識者：57、地方自治体：14

4.3.2 CHERSI（未来ロボティクスエンジニアリング協議会）の活動目標とメンバー

自動化に必要不可欠となっているロボット技術者やロボットを使いこなす人材、いわゆるロボット利活用人材を日本全体で育成することが急務と判断し、CHERSI を 2020 年 6 月に設立した。

・会員

ロボットメーカー8社：川崎重工業株式会社、株式会社ジャノメ、株式会社デンソー、平田機工株式会社、ファナック株式会社、株式会社不二越、三菱電機株式会社、株式会社安川電機

事業団体 1 団体：一般社団法人日本ロボットシステムインテグレータ協会

教育機関 3 機関：独立行政法人国立高等専門学校機構、公益社団法人全国工業高等学校長協会、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構

4.3.3 高等専門学校・工業高校に対する取組み

(1) 産学官協議の取組み

教員による現地視察、企業からの最新技術動向などを提供し、相互に意見交換を実施する

ことで人材育成を活性化することを目的に開催する。対象教員は、Compass5.0 ロボット拠点校、協力校の約 20 校を対象とする。

2020 年 ファナック、デンソーウェーブ

2021 年 平田機工、不二越

2022 年 デンソーウェーブ、三明機工

2023 年 平田機工、HCI

(2) 工場見学・出前授業の取組み

ロボット業界の最新技術動向、仕事の内容、また業界が求める人材像などの情報を提供し、学生にロボット業界に興味を持ってもらい、ロボットに関する業界への就職につながる取組みを行う。

2022 年度は高専の COMPASS 拠点校の東京高専、北九州高専 2 校を中心に行っていたが、2023 年度は COMPASS 拠点校以外、および工業高校へも展開している。

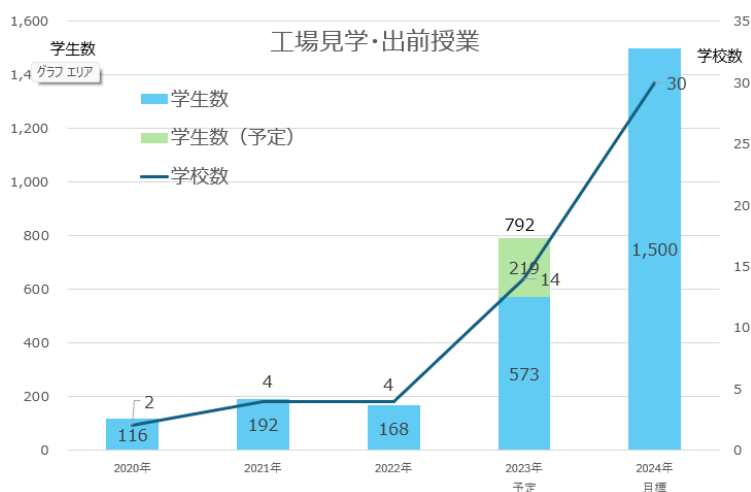


図 4.3.3 - 1
工場見学・出前授業の実績

(3) ロボットスクール

高専生・高校生向けのロボットメーカーが開催するロボットスクールを受講してもらう。

(4) ロボットシミュレータの提供と活用

2022 年度にロボットシミュレータを高専に 40 セット、高校に 20 セット配布した。

これらを活用した授業を全国に展開する。まずは、ロボットメーカー 3 社と各高専の先生により、カリキュラム開発をおこない、ロボットメーカー 8 社、および全国の高専へ広げていく。

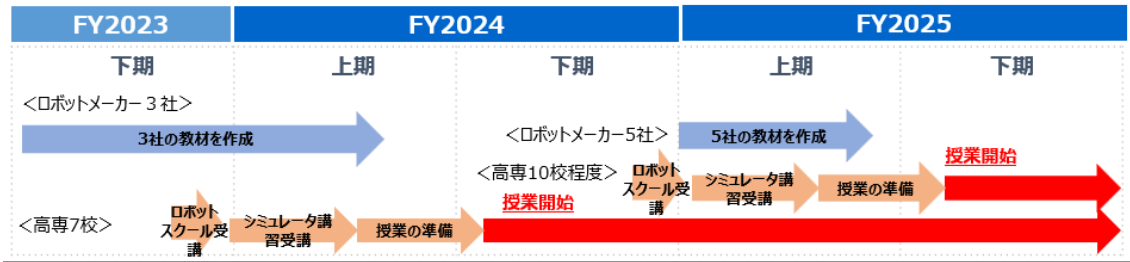


図 4.3.3 - 2

ロボットシミュレータを活用した授業実績

(5) 動画開発の取り組み

CHERSI チャンネル <https://www.youtube.com/channel/UCKcxwboVtY2NvDz2N44YMJA>

①2022年に5本の動画を開発し、高専、高校、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構など、限定して動画を配布した。

2023年度より、この動画をYOUTUBEで一般公開し、広く利用が可能となる。

- ・ロボット&CHERSI（ロボットの基礎から活用まで）

<https://www.youtube.com/watch?v=UJzHjhrRBS8>

- ・ロボット&CHERSI（AI編） <https://www.youtube.com/watch?v=43cggF-y5EU>

- ・ロボット&CHERSI（IoT SmartFactory編）

<https://www.youtube.com/watch?v=uJmD1dvj5I0>

- ・ロボット&CHERSI（ハンド・アプリケーション編）

<https://www.youtube.com/watch?v=ows58vc8zW0>

- ・ロボット&CHERSI（システムインテグレーターとは）

<https://www.youtube.com/watch?v=L1C0gbVPQ6M>

②2023年11月に開催された iREX2023（国際ロボット展）の会場の様子を高校生、高専生向けに動画作成をおこない、12月より速報版をYOUTUBE、およびホームページに掲載した。

ホームページ <https://robomates.jp/chersi/>

川崎重工 <https://www.youtube.com/watch?v=FZUU3nWSPUE&t=31s>

ジャノメ https://www.youtube.com/watch?v=zshLCETES_U

デンソー https://www.youtube.com/watch?v=6mo_BPYRp1U

平田機工 https://www.youtube.com/watch?v=unutpKP_DKs

ファナック <https://www.youtube.com/watch?v=OMoWYLmMapM&t=10s>

不二越 <https://www.youtube.com/watch?v=1ICCWyFor9I>

三菱電機 <https://www.youtube.com/watch?v=GhmGkwQ4SAY&t=11s>

安川電機 <https://www.youtube.com/watch?v=ISVdXOY51Y4&t=559s>



図 4.3.3 - 3
高校生&高専生向け産業用ロボットの学習動画

(6) 夏季講習会

教員向けに全国工業高等学校長協会の協力のもと、ロボット研修を3回/年を夏休みに開催する。

(7) 高校生ロボットシステムインテグレーション競技会の共催について

本競技会は、モノづくり現場の自動化を担うロボットSIerの人材創出を目的として2022年度より愛知県で開催されている。CHERSIは2021年のプレ大会より共催として参画しており、第2回大会は2023年12月に愛知県で開催された。17校の工業高校から応募があり、10校が本選に選抜され、今年度は岐阜県立岐阜工業高等学校が初出場で最優秀賞を受賞した。

4.3.4 高齢・障害・求職者雇用支援機構（ポリテクセンター等）の取組み

(1) 職業訓練指導員研修支援

全国の公共職業能力開発施設の職業訓練指導員を対象とした技能向上のための研修。主に職業能力開発総合大学校（東京都小平市）において実施し、CHERSIより講師を派遣し、2023年度は、6月から12月にかけて5回実施した。

(2) ロボット分野の在職者訓練コース

高度ポリテクセンターにおいて在職者向け訓練を5回、また、全国展開としてポリテクセンター広島、山梨で各2回、さらに今年度より新潟、宮城、浜松の各ポリテクセンターで実施する予定である。CHERSIより講師を派遣し、6月から12月にかけて実施した。

(3) CHERSI 会員企業等へのニーズ調査、見学及び意見交換等

ポリテックカレッジの職業訓練指導員を対象に、ロボット関連技術や業界動向等に関する調査、見学を CHERSI 企業にて支援する。今年度は、SIer 企業 3 社に協力いただき、SIer 企業の活動などについてニーズ調査、意見交換をおこなった。

4.3.5 海外展開の取組み

2022 年度に経済産業省や在外公館メンバーの協力を仰ぎながら CHERSI メンバー数名でタイへ渡航し、工業省、関係機関、および現地日系メーカーに現地のニーズ調査を行い、23 年度の経済産業省の制度整備事業に応募し、AOTS 経由で採択され、実施した。

(1) 背景

タイでは人件費の高騰、少子高齢化による労働人口の減少が見込まれており、経済成長のボトルネックになる懸念があることから、ロボットの適用を含む工場の自動化技術が注目されている。このような状況を踏まえ、タイは 2015 年より「Thailand 4.0」を推進しており、ロボットやオートメーションシステムに関しても技術の自前化、技術の輸出国となるため、現在約 200 社あるロボットシステムインテグレータ企業（以下、「ロボット SI 企業」という）等ロボティクス分野の企業を 2021 年までに 1,400 社に増やすことを目標としている。

すでに自動車産業でのロボット導入だけでなく、さらに下流の部品サプライヤーにおいても自動化が取り組まれつつあり、タイでは 2020 年に 2,885 台のロボットが導入されるなど、一定のロボット需要が生じている状況。

その一方で、実際に自動化システムを構築する際は日本のロボット SI 企業に依存している状況であり、都度日本からエンジニアが現地に赴くことが必要となっており、フレキシブルな自動化対応ができる状況にない。また、メンテナンス要員等も必要となるが、高度な知識が求められるためエンジニアの現地確保が難しい。これは現地ロボット SI 企業及びエンジニアの絶対数が少なく、またその技術力が十分ではないことが原因となっている。

地元タイ企業が積極的にロボットの導入を検討したとしても、システム構築する地元 SI 企業や地元エンジニアが十分に育っていないことからロボットの導入が進まないおそれがある。ロボットメーカーがニーズの掘り起こしをしてもシステム構築する地元 SI 企業がいなければロボットの導入は実現しないため、タイにおけるロボット実装人材の育成は喫緊の課題となっている。

(2) 事業目的

ロボットを実装できる人材の確保は日本国内においても課題となっており、SI 企業及び SI 人材が持つべきスキルの標準を策定することで学びの方向性を指し示すとともに、このスキルを保有する人材を検定制度により明確化・差別化することでチアアップし、ロボット実装を行える人材の量・質の確保を進めてきたところ。本事業においてはこの日本のスキル

標準及びSI 検定制度をタイにおいても導入することで、タイにおけるロボット実装人材の育成を行うとともに、日本型ものづくり手法に合致する人材の育成・確保、日本製ロボットへの習熟等により、我が国のロボットの導入やロボット SI 企業の現地進出を支援することを目的とする。

また、タイにおいては、画像処理を用いたロボットによるピッキングなど、より具体的かつ高度なロボット実装教育を求める声が強くなり、このようなニーズへの対応としてロボット実装講習を実施する。これらの取組が本事業終了後もタイにおいて自走し、より多くの成果を生み出し続ける体制を整備するため、タイ人の指導者育成にも取り組む。

(3) 2023 年度の実施内容

23 年度は約 2,000 万円の予算で SIER 協会と協力しながら、以下の事業をおこなった。

①SI スキル標準及びSI 検定制度の整備

個人版スキル標準の設定をおこない、SI 検定制度の整備のための準備の講習会を実施した。

②ロボット実装教育講習会の実施

外部軸、力センサー、2D センサーに関する高度なロボット技術を実装するための講座を開設し、タイのロボット SI 企業への研修を実施するとともに、当該講座の自走化に向けたタイ人の指導者育成を実施した。

③ロボット実装教育委員会の設置

日本人有識者、ロボットメーカー3社、およびタイ人有識者、政府関係者、SIER 企業をメンバーとした委員会を立ち上げ、2023 年度は4回の会議を実施した。引き続き、2024 年度も継続するために経産省と連携しながら進める。

4.3.6 ロボット社会実装教育研究推進協議会による取組み

本協議会は、1 年間に7回の会議を開催し、以下の内容を討議し、今後の取り組みをまとめた。

(1) ロボット社会実装教育研究推進協議会の設立経緯

2021 年度 NEDO 事業の「ロボットの開発・導入・利活用に関わる人材の効果的な育成手法に関する調査・研究開発」を日本機械工業連合会（日機連）が受託し、ロボットに係る人材育成の調査を実施した。

有識者会議（高専機構、東京・北九州高専、全工協会、川崎重工業、安川電機、SIER 協

会、経産省、NEDO、日機連が参加)にて、5~10年先のロボット人材育成に関するイメージが無いことから、ロボット人材育成案を検討するため「ロボット社会実装教育推進協議会」を立ち上げ、協議することを決定した。

10年後の日本における社会情勢、産業界、ロボット市場動向を鑑みて、日本が継続してロボット大国を維持・発展させるために以下のことを明確にする必要があると考えた。

- ①「10年後に必要なロボットやロボット技術、システムインテグレーション技術」のあるべき姿を明確にする。
- ②産業界として10年後の技術課題を洗い出し、解決できる人材像のあるべき姿を明確にする。
- ③人材像のあるべき姿からバックキャストしてギャップを埋める方策を、産業界、教育機関や教材メーカーの観点からも検討し明確にする。

(2) 現状と課題

- ・少子化の影響や理系離れに伴い、今後我が国全体で深刻な技術人材難に陥ることが想定される。特にロボット人材には様々な知識が求められ、育成には一定期間必要であることから、計画的に育成していくことが必要である。
- ・人手不足に伴いロボットが利用されるフィールドは拡大することが見込まれる中、ロボット人材の需要は今後さらに増大することが見込まれる。一部の高専、工業高校等においてはロボット人材育成の取り組みが行われているが、増大する需要を満たすことは困難であり、より大きな動きにつなげていくことが必要である。
- ・ロボット関連技術の進展により、学生に求められる知識の幅は増大。ロボット分野においてはデジタルとフィジカルの両方を理解する人材も今後求められる。また、ものづくりへの愛着、根気や粘り強さといったいわゆる「現場力」のような経験から培われる能力も求められている。

(3) 今後の取り組み

CHERSIではこれまで産業界(8社、1団体)と教育機関(3機関)でロボット人材の育成支援を進めてきたが、今後極めて深刻なロボット人材不足が見込まれる中、取り組みの更なる充実を早期に実現することが必要である。現在進めている取り組み(主に量的充足を実施)は引き続き継続・強化しつつ、質的充足に向けた取り組みも関係者の協力を得ながら進めていく。

<量的充足に向けた取り組み>

- ・出前授業等既存事業の回数・対象校拡大
- ・教員への最新情報の提供(セミナー、工場見学、メーリスやウェブサイト等による情報提供)

- ・関係者の拡大（参加校の拡大、産業用ロボット、サービスロボット、ロボット SIer 各社の CHERSI 加入促進、自治体や各地の産業振興センター等との連携）
- ・教材・教育環境支援（動画や教材などのコンテンツ提供、設備導入支援）
- ・地域連携（自治体、産業振興センター、教育機関、地場企業の連携の場の提供）

<質的充足に向けた取り組み>

- ・先進教育カリキュラムの横展開（高専：コンパス拠点校・協力校、工業高校：ロボット教育を実施する先進校（足利、蔵前、松江等）の教育カリキュラムを他校に横展開）
- ・デュアルシステムやインターンの拡大など現場を知る機会の増大
- ・産業界による継続的な講座設置（共同講座の開設）
- ・部活などの課外活動への企業からの支援（技術者の派遣、機材貸与、競技会開催）

第5章「ロボット大賞」表彰事業

5.1「ロボット大賞」の概要について

○事業の目的

情報技術、エレクトロニクス、機械工学、素材技術など我が国産業の強みと言える幅広い要素技術を統合することによって生み出される次世代のロボット技術（RT）は、我が国に科学技術の更なる発展をもたらすとともに、ものづくり分野はもとより、サービス分野、ICT利活用分野、介護・医療・健康分野、社会インフラ・災害対応・消防分野、農林水産業・食品産業分野などの幅広い分野における利活用が進むことにより、生産性の飛躍的向上、単純な繰り返し作業や過重な労働等からの解放、急速な少子高齢化が引き起こす労働力不足の解消や、安全・安心な社会の実現に貢献すると期待される。

このため、将来の市場創出への貢献度や期待度が高いと考えられるロボット及びロボットに関連するビジネス・社会実装、ロボット応用システム、要素技術、高度 ICT 基盤技術、研究開発、人材育成（以下、「ロボット等」という。）を表彰することにより、ロボット技術の開発と事業化を促進し、技術革新と用途拡大を加速する、社会に役立つロボットに対する国民の認知度を高め、ロボットの需要を喚起するとともに、全国から広く募ることで我が国のロボット技術の動向を把握することを目的とする。

○事業の名称

日本名：ロボット大賞

英語名：The Robot Award



「ロボット大賞」ロゴマーク

○共催・協力

<共催>

経済産業省（幹事）、一般社団法人日本機械工業連合会（幹事）

総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、国土交通省

<協力>

独立行政法人中小企業基盤整備機構、国立研究開発法人科学技術振興機構、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人情報通信研究機構、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所、国立研究開発法人水産研究・教育機構、国立研究開発法人日本医療研究開発機構、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構、地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター、公益社団法人計測自動制御学会、公益社団法人自動車技術会、公益社団法人精密工学会、公益社団法人日本食品科学工学会、公益社団法人日本船舶海洋工学会、公益社団法人日本ベン

とう振興協会、公益社団法人日本リハビリテーション医学会、公益財団法人テクノエイド協会、公益財団法人医療機器センター、一般社団法人 i-RooBO Network Forum、一般社団法人映像情報メディア学会、一般社団法人再生医療イノベーションフォーラム、一般社団法人人工知能学会、一般社団法人電子情報通信学会、一般社団法人日本医療機器産業連合会、一般社団法人日本機械学会、一般社団法人日本建設機械施工協会、一般社団法人日本義肢装具学会、一般社団法人日本原子力学会、一般社団法人日本建設機械工業会、一般社団法人日本航空宇宙学会、一般社団法人日本コンピュータ外科学会、一般社団法人日本産業車両協会、一般社団法人日本食品機械工業会、一般社団法人日本人間工学会、一般社団法人日本農業機械化協会、一般社団法人日本農業機械工業会、一般社団法人日本包装機械工業会、一般社団法人日本 UAS 産業振興協議会、一般社団法人日本リハビリテーション工学協会、一般社団法人日本ロボット学会、一般社団法人日本ロボット外科学会、一般社団法人日本ロボット工業会、一般社団法人 FA・ロボットシステムインテグレータ協会、一般社団法人ライフサポート学会、一般社団法人林業機械化協会、一般社団法人日本生活支援工学会、一般社団法人日本計量機器工業連合会、一般社団法人日本工作機械工業会、一般社団法人日本産業機械工業会、一般社団法人日本自動車工業会、一般社団法人日本電機工業会、一般社団法人日本電気制御機器工業会、一般社団法人日本食品工学会、一般社団法人日本福祉用具・生活支援用具協会、一般社団法人日本物流システム機器協会、一般財団法人橋梁調査会、一般財団法人先端建設技術センター、社会福祉法人全国社会福祉協議会、特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構、建設無人化施工協会、一般社団法人農業食料工学会、ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会、サービス学会、サービス産業生産性協議会、特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合、日本介護用入浴機器工業会

(順不同)

○募集対象

おおむね 3 年以内に日本国内で活躍した又は取り組まれたすべてのロボット等のうち、以下の部門及び分野に属し、かつ有識者で構成される審査を目的とした委員会において当該ロボット等を十分に審査する機会を与え得るものを募集対象とする。

ただし、中小システムインテグレーターによるロボットを中核としたシステム構築例は、おおむね 5 年以内に運用されたものとする。

なお、本制度においては、「ロボット」を「センサー、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又はそれに類するもの」と広く定義するが、本表彰事業の募集対象はロボット本体に限らず、ロボットに関連するビジネス・社会実装、ロボット応用システム、要素技術、高度 ICT 基盤技術、研究開発及び人材育成の各部門（「ロボット等」とする。

[参考]

「ロボット大賞」は、社会に役立っているロボットを表彰するという観点から、実績のある

ものを主な対象としますが、研究開発段階にあるものでも、将来の市場創出への貢献度や期待度が高いなど今後社会に貢献することが期待されるロボットであれば表彰の対象としています。スタートアップ企業等に対してはイノベーションの可能性やブレークスルーに繋がるような技術に関しても表彰の対象とします。

【募集部門】

- (A) ビジネス・社会実装部門
ロボットに関連するビジネスモデル又は各分野における社会実装に向けた取組
- (B) ロボット応用システム部門
実用に供しているロボット技術を応用したシステム又はシステムインテグレーション
- (C) ロボット部門
実用に供しているロボット本体
- (D) 要素技術部門
ロボットの一部を構成する部品、材料、その他のロボットの要素技術
- (E) 高度 ICT 基盤技術部門
ロボット利活用を支える情報通信および情報処理などの高度 ICT 基盤技術（IoT、AI、5G などを含む）
- (F) 研究開発部門
ロボットに関連する特に将来性のある研究開発の成果
- (G) 人材育成部門
ロボット分野における人材を育成するための取組又は教材等

【募集分野】

- ① ものづくり分野
- ② サービス分野
- ③ ICT 利活用分野
- ④ 介護・医療・健康分野
- ⑤ 社会インフラ・災害対応・消防分野
- ⑥ 農林水産業・食品産業分野

○ 応募資格者

応募対象となるロボット等を自薦及び他薦できる個人または企業、大学等、研究機関、団体を応募資格者とする。また、グループでの応募も可能。

審査の観点

(A) ビジネス・社会実装部門

① 社会的ニーズ

それぞれの分野におけるロボットの活用による、新たなビジネスやサービスの創出、生産性の向上や労働環境の改善等の社会的課題への対応、新たなビジネスモデルやそのアイデア等によるマーケットやニーズの発掘等の、社会的ニーズの観点から評価する。

② 先進性・独自性

それぞれの分野におけるロボットの活用、ロボットに関連するビジネスとしての新規性や、活用されるロボットやそのシステムインテグレーションの技術的な先進性・独自性等の観点から評価する。

③ ユーザー視点

それぞれの分野におけるロボットの活用によって、その利用者が受ける利益や効用等の、ユーザーとしての視点から評価する。

④ その他

①～③以外のアピールポイントとして、応募者が書類に記載した事項（実績あるいは期待される社会的インパクト等）を評価する。

(B) ロボット応用システム部門

① 社会的ニーズ

それぞれの分野におけるロボット応用システムのメリット及びニーズの大きさ、これまでの導入・販売実績や将来的な市場創出の期待値等の、社会的ニーズの観点から評価する。

② 先進性・独自性

それぞれの分野におけるロボット応用システムの新規性や、システムインテグレーションの技術的な先進性・独自性等の観点から評価する。

③ ユーザー視点

ロボット応用システムの実用性、利便性、デザイン、経済性（導入・維持コスト等）、ユーザビリティ等の、それぞれの分野におけるユーザーとしての視点から評価する。

④ その他

①～③以外のアピールポイントとして応募者が書類に記載した事項（実績あるいは期待される社会的インパクト等）を評価する。

(C) ロボット部門

① 社会的ニーズ

それぞれの分野におけるロボット活用のメリット及びニーズの大きさ、これまでの導入・販売実績や将来的な市場創出の期待値等の、社会的ニーズの観点から評価する。

② 先進性・独自性

ロボットの機能や性能（速さ、精度、安全性、動作安定性、動作環境の汎用性や操作性等）又はそれらを実現する技術の、先進性や独自性の観点から評価する。

③ ユーザー視点

ロボットの実用性、利便性、デザイン、経済性（導入・維持コスト等）、共通規格への対応、ユーザビリティ等の、それぞれの分野におけるユーザーとしての視点から評価する。

④ その他

①～③以外のアピールポイントとして応募者が書類に記載した事項（実績あるいは期待される社会的インパクト等）を評価する。

(D) 要素技術部門

① 社会的ニーズ

それぞれの分野において活用されるロボットへの実装のメリット及びニーズの大きさ、これまでの実装・販売実績や将来的な市場創出の期待値等の、社会的ニーズの観点から評価する。

② 先進性・独自性

ロボットの機能や性能（ロボットの速さ、精度、安全性、動作安定性、動作環境の汎用性や操作性等）を実現する要素技術としての先進性や独自性の観点から評価する。

③ ユーザー視点

ロボットの実用性、利便性、デザイン、経済性（導入・維持コスト等）等の向上への寄与や、ロボットに実装するときの容易性や共通規格への対応等の、ユーザーとしての視点から評価する。

④ その他

①～③以外のアピールポイントとして、応募者が書類に記載した事項（実績あるいは期待される社会的インパクト等）を評価する。

(E) 高度 ICT 基盤技術部門

① 社会的ニーズ

それぞれの分野において活用されるロボット・ロボット応用システム等に実装される情報処理技術・情報通信技術であり、実装のメリット及びニーズの大きさ、これまでの実装・販売実績や将来的な市場創出の期待値等の、社会的ニーズの観点から評価する。

② 先進性・独自性

ロボット・ロボット応用システム等に実装され、その機能や性能を実現する高度 ICT 基盤技術としての先進性や独自性の観点から評価する。

③ ユーザー視点

高度 ICT 基盤技術の実用性、利便性、経済性（導入・維持コスト等）、ユーザビリティ等の、それぞれの分野におけるユーザーとしての視点から評価する。

④ その他

①～③以外のアピールポイントとして応募者が書類に記載した事項（実績あるいは期待される社会的インパクト等）を評価する。

(F) 研究開発部門

① 社会的ニーズ

研究開発の成果が、ロボットやその要素技術として実用化されることによる、それぞれの分野における新たなビジネスやサービスの創出、生産性の向上や労働環境の改善等の社会的課題への対応、将来的な市場創出の期待値等の、社会的ニーズの観点から評価する。

② 先進性・独自性

研究開発の成果としての先進性、独自性の観点から評価する。

③ ユーザー視点

研究開発の成果として、ロボットの実用性、利便性、デザイン、経済性（導入・維持コスト等）等の向上への寄与や、要素技術としてロボットに実装するときの容易性や共通規格への対応等への寄与等の、ユーザーとしての視点から評価する。

④ その他

①～③以外のアピールポイントとして、応募者が書類に記載した事項（実績あるいは期待される社会的インパクト等）を評価する。

(G) 人材育成部門

① 社会的ニーズ

それぞれの分野におけるロボットの活用や、ロボットに関連する新たなビジネスやサービスの創出、ロボットやその要素技術の研究開発を担う人材等のロボット分野において活躍する人材の育成への貢献の観点から評価する。

② 先進性・独自性

人材育成の方法としての先進性、独自性の観点から評価する。

③ ユーザー視点

ロボット分野において活躍したい人材にとって、必要な知識や経験、技能等を効果的かつ効率的に習得できるしくみとなっているか等の、ユーザーとしての視点から評価する。

④ その他

①～③以外のアピールポイントとして、応募者が書類に記載した事項（実績あるいは期待される社会的インパクト等）を評価する。

【応募数】 総数 112 件

【応募部門・分野】

	ものづくり分野	サービス分野	ICT利活用分野	介護・医療・健康分野	社会インフラ・ 災害対応・消防分野	農林水産業・ 食品産業分野	計
ビジネス・社会実装部門	2	10	7	1	5	4	29
ロボット応用システム部門	9	1	1	1	5	2	19
ロボット部門	10	9	0	6	3	5	33
要素技術部門	4	1	0	0	0	1	6
高度ICT基盤技術部門	1	0	2	0	1	1	5
研究開発部門	2	3	0	0	5	4	14
人材育成部門	2	1	1	2	0	0	6
計	30	25	11	10	19	17	112

ロボット大賞の実績（第1回～第10回）

	応募数	部門別応募数	受賞件数	表彰式／展示会
第1回（2006年）	152件	サービスロボット：62件 産業用ロボット：23件 公共フロンティア：15件 中小企業ベンチャー：52件	10件	日時：12月22日（金） ～23日（土） 場所：TEPIA（青山） 入場者数：1,001名
第2回（2007年）	82件	サービスロボット：49件 産業用ロボット：6件 公共フロンティア：12件 部品・ソフトウェア：15件	13件	日時：12月21日（金） ～22日（土） 場所：TEPIA（青山） 入場者数：1,465名
第3回（2008年）	65件	サービスロボット：44件 産業用ロボット：5件 公共フロンティア：4件 部品・ソフトウェア：12件	8件	日時：12月19日（金） ～21日（日） 場所：TEPIA（青山） 入場者数：2,370名
第4回（2010年）	92件	サービスロボット：48件 産業用ロボット：16件 公共フロンティア：11件 部品・ソフトウェア：17件	12件	日時：11月26日（金） ～28日（日） 場所：日本科学未来館 入場者数：5,189名
第5回（2012年）	83件	サービスロボット：18件 産業用ロボット：18件 公共フロンティア：16件 部品・ソフトウェア：15件 ロボットビジネス/社会実装部門（新設）：16件	10件	日時：10月17日（水） ～19日（金） 場所：東京ビッグサイト東3ホール 入場者数：9,413名
第6回（2014年）	86件	サービスロボット：32件 産業用ロボット：22件 公共・特殊環境ロボット部門：10件 部品・ソフトウェア：14件 ロボットビジネス/社会実装部門（新設）：8件	10件	日時：10月15日（水） ～17日（金） 場所：東京ビッグサイト東3ホール 入場者数：16,626名

	応募数	部門別応募数	受賞件数	表彰式／展示会
第7回(2016年)	151件	ものづくり分野：44件 サービス分野：26件 介護・医療分野：41件 インフラ・災害対応・建設分野：15件 農林水産業・食品産業分野：25件	15件	日時：10月19日(水)～21日(金) 場所：東京ビッグサイト東3ホール 入場者数：29,260名
第8回(2018年)	161件	ものづくり分野：56件 サービス分野：28件 介護・医療分野：24件 インフラ・災害対応・建設分野：30件 農林水産業・食品産業分野：23件	12件	日時：10月17日(水)～19日(金) 場所：東京ビッグサイト東6ホール 入場者数：76,374名
第9回(2020年)	131件	ものづくり分野：44件 サービス分野：23件 ICT利活用分野：7件 介護・医療・健康分野：18件 社会インフラ・災害対応・消防分野：23件 農林水産業・食品産業分野：16件	15件	日時：3月12日(金) 場所：機械振興会館 ※新型コロナウイルスの影響を考慮し、表彰式のみ開催
第10回(2022年)	112件	ものづくり分野：30件 サービス分野：25件 ICT利活用分野：11件 介護・医療・健康分野：10件 インフラ・災害対応・消防分野：19件 農林水産業・食品産業分野：17件	15件	日時：10月19日(水) 場所：東京ビッグサイト西ホール 入場者数：36,852名

5.2 第10回ロボット大賞 受賞一覧

<p style="text-align: center;">経済産業大臣賞</p>	<p>モバイルロボットLD/HDシリーズ 【オムロン株式会社】</p>
	<p>【概要】 人や障害物を回避しながら走行し続けられる安全性を確保した自動運転機能を持ち、運行管理ソフトウェアにより最大100台までの一括管理が可能。工場レイアウトのCADデータ作成などを必要とせず、導入ルートを走ることで周囲環境をスキャンし、走行用のマップが自動生成される。また、ロボットに不慣れなユーザーでも簡単に搬送を指示できる使いやすさも備える。搬送・配達・周回といった単純作業をモバイルロボットが担うことで、人はより付加価値の高い作業に専念できる。</p> <p>【評価のポイント】 多数のAMR（Autonomous Mobile Robot、自律走行搬送ロボット）プラットフォームとして完成度が高い。個々の技術（SLAM（自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術）、障害物回避など）を組み合わせ、実用的なシステムを実現している。すでに40か国3,000台を超える実績もあり、生産現場の生産性向上にも大きく貢献している。SIerとの連携により、今後様々な分野への適用が期待できる搬送プラットフォーム。</p>
<p style="text-align: center;">総務大臣賞</p>	<p>水空合体ドローン 【株式会社KDDI総合研究所/KDDIスマートドローン株式会社/株式会社プロドローン】</p>
	<p>【概要】 水空合体ドローンは、空中ドローンと水中ドローンが合体し、モバイル通信による遠隔操作で、空を飛び水に潜ることができる世界初のドローン。音響測位装置により、衛星利用測位システム（GPS）が使えない水中でも位置情報が分かるため、これまで船を出しダイバーが行っていた水中の監視・撮影を、船を出さずに陸からより手軽に水中の監視・撮影ができるようになる。</p> <p>【評価のポイント】 GPSと水中測位技術を組み合わせることにより、水中での点検位置を精度高く得ることができる。空中ドローンと水中ドローンを繋いで全体として信頼性の高い通信システムを開発したところを評価。ケーブル、通信距離、水中音響測位、空中ドローン、水中ドローンの性能を活かして事業化すれば、大きな社会的インパクトが期待される。</p>
<p style="text-align: center;">文部科学大臣賞</p>	<p>toio™（トイオ） 【株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメント】</p>
	<p>【概要】 toioのロボット「キューブ」は専用マットに印刷された特殊パターンを光学センサーで検知することで絶対位置の検出が可能。また、6軸検出システムにより三次元的な姿勢・動きの検出も行う。「つくって、あそんで、ひらめいて」を育む小型のロボットとして、一般ユーザーの利用だけでなく、学校やアフタースクールにおけるプログラミング教材、探求学習用教材として採用されている。</p> <p>【評価のポイント】 プログラミングは、MITメディアラボで開発されたビジュアルプログラミング言語Scratchに準拠しており、ブロックをつなげていだけでプログラミングが可能。プログラミング初心者から、高度なプログラミングの学習までに対応するように設計されており、利用範囲は広い。オープンソースとして内部仕様を公開しているため、サードパーティーによるアプリ開発等も進んでいる点も評価。</p>

<p>厚生労働大臣賞</p>	<p>hinotori™サージカルロボットシステム 【株式会社メディカロイド】</p>
 <p>©Tezuka Productions</p>	<p>【概要】 腹腔鏡手術を支援するロボットシステム。患者の腹壁に開けられた複数の直径数mmのポートと呼ばれる穴から、ロボットに装着された鉗子や電気メス等の手術器具や内視鏡カメラを挿入することで、執刀医は3D映像を見ながら自らの手を体腔内で動かしているような感覚で手術操作が可能であり、患者への負担の少ない低侵襲手術が可能。</p> <p>【評価のポイント】 米国製ロボットの寡占状態となっている手術支援ロボットの分野において、国内で開発された期待が持てるロボットシステム。国内外の医師の意見を取り入れ、コックピットを含めた装置全体が小型化され、操作性にも優れている。既に国内の病院では数十台が稼働し、今後は国内外での導入拡大に期待ができる。</p>
<p>農林水産大臣賞</p>	<p>自動収穫ロボットを活用した再現可能な農業の実現 【AGRIST株式会社】</p>
	<p>【概要】 施設園芸における画像解析による収穫適否の判断と自動収穫ができるロボットの開発により、労働力を補い、また、データ収集を行う。ビニールハウスの畝間の地面は剪定した枝葉やかん水パイプ等、ロボットが地上を走行する障害に対応するため、ハウス内に設置したワイヤ上をロープウェイのような形で移動。ピーマン収穫のための独自のハンドも開発した。</p> <p>【評価のポイント】 地面を走行する収穫ロボットはあったが、吊下げ式にすることでハウスに落ちている枝葉やかん水パイプ等の地面の状態に影響を受けずに移動や収穫が可能。 ビニールハウス内の野菜の収穫の自動化は、日本にとどまらず世界的に関心の高い技術である。 導入費用が3年間のレンタル料150万円にロボットが収穫したピーマンの出荷額の10%が手数料となる料金モデルであり、自動収穫ロボットにあった仕立て方や栽培方法についてもセットで開発しており、収穫の自動化にとどまらない栽培のスマート化に発展させる点など、普及に向けたビジネスモデルの提案を評価。</p>
<p>国土交通大臣賞</p>	<p>切羽作業を機械化する山岳トンネル施工ロボット 【大成建設株式会社/前田建設工業株式会社/古河ロッドリル株式会社/マック株式会社】</p>
 <p>上段: 6m継ぎボルト打設装置を搭載した ロックボルト専用ロボット 「BOLTINGER」 大成建設/古河ロッドリル</p>  <p>下段: 鋼製支保工建込みロボット 前田建設工業/古河ロッドリル/マック</p>	<p>【概要】 山岳トンネル工事では、削孔・装薬、発破、ズリ出し、支保工建込、吹付、ロックボルトの一連作業を繰り返しながら掘削作業が行われる。作業時の切羽肌落ち災害が最も発生しやすい労働災害であり、切羽立ち入りの必要な支保工建込み作業、ロックボルトの挿入作業をそれぞれロボットで自動化することにより、省人化・生産性向上だけでなく、災害の撲滅を目指している。</p> <p>【評価のポイント】 これまで労働災害の大きな割合を占め危険な過酷作業であった切羽近傍での支保工建込み・ロックボルト打設作業の完全機械化を実現。山岳トンネルそのものは道路や鉄道などを通して広く国民が恩恵を受けているインフラであり、そこで人知れず行なわれている重労働を軽減する「山岳トンネル施工ロボット」として、建設土木業界の発展に貢献する点を評価。</p>

<p>中小・ベンチャー企業賞 (中小企業庁長官賞)</p>	<p>惣菜盛付ロボット「Delibot™」 【コネクテッドロボティクス株式会社/TeamCrossFA】</p>
	<p>【概要】 食品産業の中でも生産性が低く、自動化が進んでいない、惣菜業界の盛り付け工程をサポートするロボットシステム。ポテトサラダのような不定形な食材を決められた重量を計測して掴み、製品トレーに盛り付ける工程を4台で1時間1,000食という一般的な食品工場で求められるスピードに対応して自動化。マグネット式のハンドを取り替えることで1台でも種類の異なる惣菜や、異なるサイズのトレーに盛り付けることが可能。</p> <p>【評価のポイント】 画像を使わず、カセンサとロボット（スカラー型の4軸）の動きのみで、不定形の食材の盛り付けを実現している点を評価。また、ロボット専門家のいない現場での使いやすさを考慮し、ハンド手先の脱着をマグネットにしたり、手先を覆うフィルムにも試行錯誤を行っている。食品産業でニーズが高い工程を対象としており、優れた技術を有しているため、今後の普及に期待ができる。</p>
<p>日本機械工業連合会会長賞</p>	<p>X-Area ロボット配送サービス 【パナソニック ホールディングス株式会社/Fujisawa SSTマネジメント株式会社】</p>
	<p>【概要】 ロボット配送ソリューションの社会実装に向けて、公道走行対応の自動配送ロボットと、複数ロボットを遠隔から監視・操作する遠隔管制システムを開発。住宅街を実証の場として、パナソニック ホールディングスとFujisawa SSTマネジメントと地域住民/店舗とが一体となって、ロボット配送サービスの社会実証を進めながら、住宅街で人と共存する公道走行、遠隔監視操作者1名で4台同時走行、フルリモート型公道走行を実現した。</p> <p>【評価のポイント】 ロボット配送サービスに対して、顧客が対価を支払うサービスを実現している。対価を支払う顧客がいることにより、実用的な課題の抽出・技術的な検討が進み、サービス仕様が継続的に改良されるサイクルが回っていることや、事業拡大のための新たな対象市場の可能性や競争優位を持つコアプロダクトがあることも評価。また、遠隔管制システムを自動配送ロボットと組み合わせることにより、ロボットモビリティの公道走行に関する法改正にもつながっており、ロボット活用の範囲を大きく広げている。</p>
<p>日本機械工業連合会会長賞</p>	<p>ケーブル認識用 3Dビジョンセンサー-KURASENSE(クラセンス) 【倉敷紡績株式会社】</p>
	<p>【概要】 高速な3Dスキャンと認識技術によって、従来のセンサーでは認識が困難だった線状物（電線、多芯ケーブル、ケーブル束、フラットケーブル、コネクタなど）を見たまに認識できる、ロボット用センシングデバイス。ケーブル認識用の高速3Dビジョンは、人間のように瞬時に形状を認識するデバイスであり、従来にない高速高精度の3Dスキャンを実現。</p> <p>【評価のポイント】 社内で培ってきた画像処理技術をベースにし、ケーブルなどを認識することに特化した高速ステレオ処理のセンサを開発し、センサを組み込んだロボットシステムの販売事業を展開している点を高く評価する。ハンドやシステムの構築において、事業に必要な技術の開発とロボットメーカーとの協業を組み合わせるなど、新しい技術の普及に対する体制作りも評価できる。</p>

<p>優秀賞（社会インフラ・災害対応・消防分野）</p>	<p>トンネル点検システム「iTOREL(アイトーレル)」 【東急建設株式会社/東京大学/湘南工科大学/東京理科大学/株式会社小川優機製作所/株式会社菊池製作所】</p>
	<p>【概要】 人による近接目視と打音検査の点検業務をロボット技術によって代替する事を目指したシステム。トンネルの覆工コンクリートのひび割れと浮きを自動検出する点検ユニットを搭載し、トンネルの条件によってガンダリフレーム型や点検用アームを搭載した高所作業車型を使い分ける。複数の点検ユニットを覆工コンクリートに沿わせて点検するため、作業時間の短縮や省力化を実現できるとともに、メンテナンスサイクルを構築するうえで重要なひび割れ、浮きなどの位置や形状を高精度に取得可能。</p> <p>【評価のポイント】 インフラ作業の自動化は高度成長期に作られた多数のインフラの老朽化に伴う点検作業の増大から急務となっている。打音検査ユニットとラインセンサによる高精度ひび割れ検出システムは、実用的なものが開発されており活用の期待が大きい。また、一般道の検査には従来の検査用車両を改造して取り付けしており、実用的なシステムとして期待される。</p>
<p>優秀賞（ICT利活用分野）</p>	<p>小規模土木工事現場のICT施工（SMARTCONSTRUCTIONRetrofit、SMARTCONSTRUCTIONQuick3D、SMARTCONSTRUCTIONDashboard） 【株式会社EARTHRAIN】</p>
	<p>【概要】 SMART CONSTRUCTIONは、施工会社が現場で行う建設生産プロセス全体をデジタルデータでつなぐことにより、大幅に省力化・精緻化し、デジタルトランスフォーメーションを建設現場で実現する点で画期的なソリューション。国内でICT施工が本格普及するための有効なツールとなる。</p> <p>【評価のポイント】 土木建設業の大半を占める小規模事業者はIT化が大幅に遅れている。本製品・サービスは小規模施工現場の統合的なアプローチによるICT化を実現し、生産性を高めることが可能となる。直接的な競合製品・サービスもなく、従来の製品に対しては高いコストパフォーマンスを実現できることから、これまでの実績に加え、小規模事業者などへの導入拡大が期待される。</p>
<p>優秀賞（ビジネス・社会実装部門）</p>	<p>介護用パワーアシストスーツ「PAS fleairy(ジェイバフレアリー)」 【株式会社ジェイテクト】</p>
	<p>【概要】 介護作業での腰の負担を軽減する為に、介護作業時に着用するパワーアシストスーツ。軽量かつ、簡単脱着のほか、使用場面に応じて手元ボタン操作で最適なモードを選択可能(通常アシスト、立位保持アシスト、フリー動作モード)。既に40以上の施設に導入されており、介護従事者のロボット使用へのハードルを取り払う「人とロボットの距離を縮める」製品となる。</p> <p>【評価のポイント】 今までのアシストスーツの多くが外骨格タイプであるが、介護に特化というコンセプトに準じて、「内骨格タイプ+アクティブアシスト」を採用し、柔らかい素材による衣服型を追究している。介護系の大学や介護就職展示会の場を活用して、本機を活用した腰痛予防、移乗技術の教育、普及活動も自ら行っており、社会実装への取り組みを評価。</p>

<p>優秀賞（研究開発部門）</p>	<p>力制御可能な全身人型ロボット「Torobo」 【東京ロボティクス株式会社】</p>
	<p>【概要】 工場から倉庫、店舗、オフィス、家庭に至る自動化の流れを加速するために開発された先端的な力制御ロボット。人間と同等のサイズで人間と同様の関節構成を持ち、腕と腰で力制御が可能。次世代のロボット（自動化手段）の研究開発用という位置付けで、深層学習などの AI を搭載した自律知能ロボットやテレプレゼンスロボットの研究に活用されている。</p> <p>【評価のポイント】 組み込み型モータ、減速機、トルクセンサと、それに基づく上半身全身の力制御、様々なインピーダンス制御機能を備え、物理的な接触を伴う作業に関する研究開発用の優れた新規プラットフォームである。研究開発用プラットフォームだけでなく、産業用の技術としてのポテンシャルも認められ、ロボット利活用の推進に寄与することが期待される。</p>
<p>記念特別賞</p>	<p>アザラシ型メンタルコミットロボット「パロ」 （第1回ロボット大賞優秀賞受賞） 【株式会社知能システム/国立研究開発法人産業技術総合研究所/ マイクロジェニクス株式会社】</p>
	<p>【概要】 第1回（2006年）ロボット大賞のサービスロボット部門で優秀賞を受賞。一般家庭でのペット代替や医療福祉施設におけるセラピーを目的とするロボット。全身を覆う面触覚センサなど多種多様なセンサ、静穏型アクチュエータによる滑らかな動作、人工知能による自律行動、名前や行動の学習機能を有している。</p> <p>【評価のポイント】 少子高齢化の影響により人手不足が深刻化するなか、認知症高齢者の増加は世界共通の課題でもある。2002年、世界で初めてロボット技術を活用してセラピー効果が認められたパロは、日本が誇れる介護ロボットであり、かつ国際的にも評価されている。また、製造はすべて日本国内で手作りされ、20年にわたる多くの国々で利用されていることも評価された。</p>
<p>記念特別賞</p>	<p>移動ロボット用の小型軽量な測域センサURGシリーズ （第1回ロボット大賞優秀賞受賞） 【北陽電機株式会社】</p>
	<p>【概要】 第1回（2006年）ロボット大賞の中小企業・ベンチャー部門で優秀賞を受賞。サービスロボットや自動搬送ロボットなど、自律移動が可能なロボットの目となるセンサ。光によって対象物の位置・大きさ・移動方向の判断が可能となり、衝突を避けて通行可能な経路を見つけ出す。ロボットに必要な小型、軽量、省電力を実現した。</p> <p>【評価のポイント】 第1回受賞後から後継機種が発売され、現在までに40万台を超える実績を持つ。当初は移動ロボットを想定して発売されたが、その後その野が広がり、次世代知能ロボットやAMR（Autonomous Mobile Robot、自律走行搬送ロボット）など様々なロボットに搭載されている。ロボットの活用分野を大きく広げ、業界の発展に寄与したことが評価された。</p>

5.3 第10回ロボット大賞 表彰式

【日時】 2022年10月19日（水）10：30～12：00

【場所】 東京ビッグサイト 西4ホール、Japan Robot Week 内メインステージ



【共催者（幹事）挨拶】
経済産業省 中谷副大臣



【共催者（幹事）挨拶】
日本機械工業連合会 東原会長



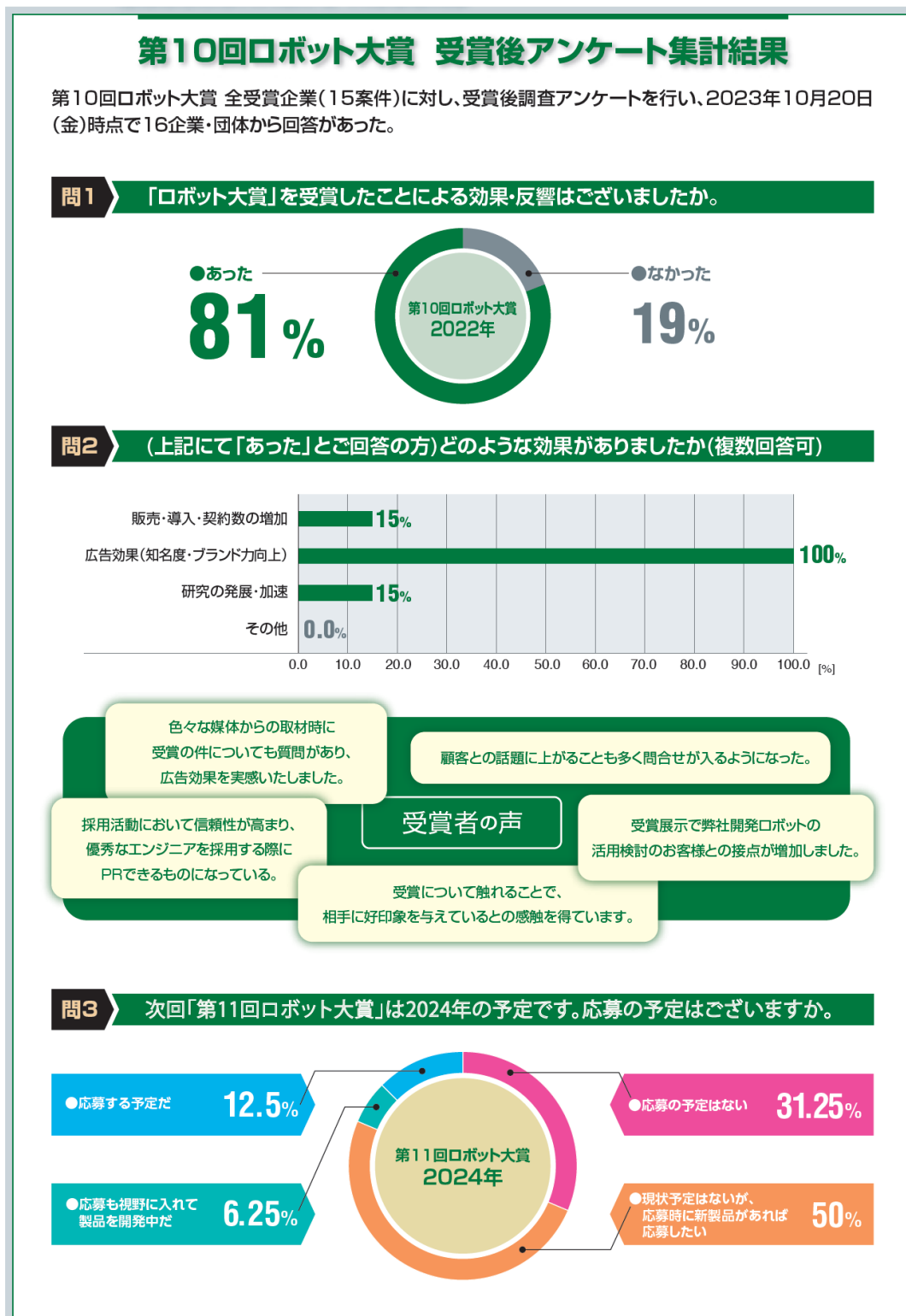
【受賞者代表挨拶】
オムロン執行役員常務 辻永氏



受賞者全体記念撮影

5.4 「第10回ロボット大賞」受賞後のアンケート調査結果

「第10回ロボット大賞」受賞企業・団体への受賞後のアンケート調査を行い、下記の回答を得た。(16社・団体より回答)



第6章 まとめ「第11回ロボット大賞」表彰事業に向けて

6.1 審査・運営委員会における検討

6.1.1 第1回審査・運営委員会における検討

日時：2023年8月29日（火）

内容：

- ・ノミネート委員会の推薦案件の取り扱いについて検討する。
- ・最終審査（受賞者プレゼンテーション）の効率的な方法について検討する。
- ・スタートアップの次回、募集要項、応募用紙の改善点について検討する。

6.1.2 第2回審査・運営委員会における検討

日時：2023年12月18日（月）

内容：

- ・第11回ロボット大賞に向けての改善点について
 - ノミネート委員会にて推薦された案件には「ノミネート委員会の推薦ポイント」を追加する。
 - 二次審査通過案件の応募者については、事前にプレゼン動画を提出してもらい、プレゼンテーション審査当日の時間配分を変更する。
- ・募集要項、応募用紙の修正点について
 - 「スタートアップ企業等を念頭に販売実績だけではなく、ブレイクスルーにおける可能性も審査の対象とする」という記載を追加する。
 - 応募用紙の□資金調達および出口戦略に「スタートアップ企業としての審査を希望する場合は記入」との表記を追加する。
- ・調査研究報告書について
 - 生成AIなど最新の取り組みも掲載する。

6.2 生活の質の向上に資するロボット

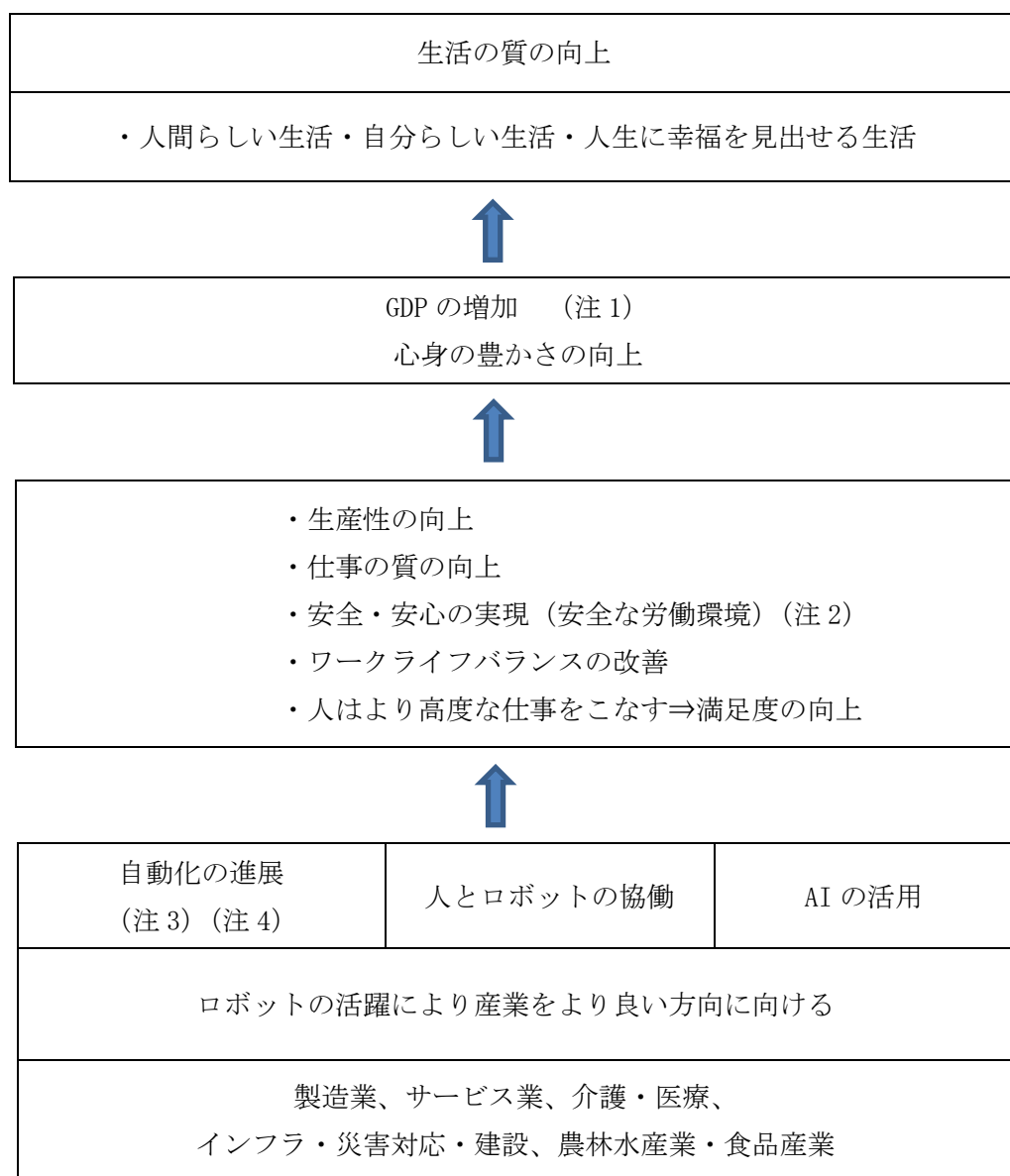
「ロボット大賞」表彰事業及びそれに関連する「調査研究」事業は、JKAの補助を受けて実施されている。本事業では、全てのロボットは「生活の質の向上」のためにあると考えている。

例えば、製造業のロボット化により生産性の向上、安全性の向上を図ることができる。産業の中で膨大な割合を占める単調な作業をロボットが担うように自動化することにより、その結果生じた人的資源の余裕を、よりクリエイティブな仕事に回すことができる。つまり、自動化で人々の仕事の質を良くし、さらには生活の質を良くすることができる。

今後も「生活の質の向上に資するロボット」を表彰するという観点から、ロボット大賞表彰事業を運営して行きたいと考えている。

以下に「生活の質の向上に資するロボット模式図」を示す。

生活の質の向上に資するロボット模式図



(注 1) GDP の増加は生活の質の向上と強い関係がある。

(注 2) 単純・危険性のある作業をロボットに代替⇒ケガの少ない安全な労働環境。

(注 3) 自動化技術への重点投資と GDP の増加には相関関係がある。

(注 4) ロボット自動化技術の革新による生産性の向上。自動化により人々の生活の質を良くする。

非 売 品
禁無断転載

2023年度
ロボット産業・技術振興に関する
調査研究報告書

発 行 2024年3月
発行者 一般社団法人 日本機械工業連合会
〒105-0011
東京都港区芝公園三丁目5番8号
電話：03-3434-5383