

日機連2021

2021年度
ロボット産業・技術振興に関する
調査研究報告書

2022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10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技術（RT）は、少子高齢化による労働人口の減少や、老朽インフラ・災害対応などの社会課題の解決方法の一つとして期待されています。

最近では、従来からの製造現場におけるロボットの活躍に加え、人手不足などの課題に直面する物流施設や、警備・案内・ビル管理などのサービス分野、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・食品産業分野など幅広い分野でのロボットの活用が進み、更には、新型コロナウイルスなどの社会課題への対応や、DXをはじめとした社会変革への一助として、ロボットの活躍が広く浸透しつつあります。

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(2021年度)は昨年実施された第9回ロボット大賞と2022年度に予定される第10回ロボット大賞との間の非表彰年に当たりますが、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の調査研究と第10回ロボット大賞の成功に向けての種々の検討を行い、その結果を本調査研究報告書にまとめました。

本報告書は、識者による調査研究成果であり、関係各位による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。

2022年3月

一般社団法人 日本機械工業連合会
会長 大宮 英明

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のほか、新型コロナウイルスによる三密回避などの課題解決に向けて、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、2019年11月に、サービスロボットの普及に向けて、ユーザーを中心とした「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”）の実現に向けて加速しています。

また、2020年6月には、ロボットメーカー、Sler（ロボットシステムインテグレーター）、高専や工業高校等が連携して、将来のロボット人材を育成する「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習や教員のロボットメーカーへのインターンなど産学との活動が積極的に行われています。

ビジネスの分野では、デジタル活用によるDXなどの新サービスが生まれ、ロボットの利用範囲が拡大しています。特にEC物流や社会インフラ、農林水産、食品産業でのロボット利用では、人と一緒に働く協働ロボットやAGV（無人搬送車）、ドローンなど幅広い製品が用途に併せて導入されています。

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や導入が進み、さらなるロボットの社会実装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10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期待しております。

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、モノづくり分野、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取りまとめた。

第3章では、ロボットシステムインテグレータの発展と動向について調査した。

第4章では、新たな産業分野での活躍と社会課題解決の役割について調査した。

第5章では、「World Robot Summit2020」本大会の振り返りを行い、競技会を通じた人材育成と社会課題解決について調査した。

第6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7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10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 産業用ロボットの市場動向	3
2.1.1 主要地域・国での産業用ロボット設置台数	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 2015年～2020年の産業用ロボットの世界市場での販売額	10
2.1.4 協働ロボット	11
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2015年～2020年の産業用ロボットの設置と稼働	15
2.1.7 ユーザー別での2015年～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市場動向	22
2.2.1 サービスロボット産業の統計について	22
2.2.2 業務用サービスロボットの使用と販売	23
2.2.3 消費者向けサービスロボットの販売、市場の可能性	27
2.2.4 国別サービスロボット	28
2.2.5 サービスロボットの動作タイプによる分類	29
2.2.6 国内での産業ロボットの年間受注額が過去最高	30
2.3 分野別のロボット最新動向	32
2.3.1 製造現場へのAI実装	32
2.3.2 人手搬送ゼロに向けて自律移動ロボ活用	33
2.3.3 多様なワークに対応するハンド	34
2.3.4 200℃に耐えるゴム式ハンド 摩耗に強く保守費抑制	34
2.3.5 超小型コネクタを自動締結	35
2.4 サービス分野の最新動向	36
2.4.1 病院・ホテル向けの自律移動搬送ワゴン開発	36
2.4.2 注文・調理・提供・精算 外食ロボ組み合わせ提案	36
2.4.3 「ロボットデリバリー協会」発足	37
2.4.4 対話ロボを企業向け発売 商品説明・業務連絡	38
2.4.5 AIロボが接客	38

2.5	高度 ICT 基盤技術・ICT 利活用分野の最新動向	39
2.5.1	6G 一人の動作 他者と共有	39
2.5.2	ロボ技術の開発加速	40
2.5.3	建機の接触防止 デジタルツイン技術活用	42
2.5.4	DX で地域の課題解決、自治体に基盤提供	43
2.6	介護・医療・健康分野における最新動向	44
2.6.1	家族型ロボ、介護で活躍	44
2.6.2	「地域リハビリ」確立へ、ロボ通じて情報見える化	45
2.6.3	見守りロボで高齢者支援	46
2.6.4	教育用ロボットを介護向けに 高齢者見守り	47
2.6.5	心エコーロボに駆動装置提供	48
2.7	インフラ・災害対応・建設分野における最新動向	49
2.7.1	ロボットアーム型木材加工機開発	49
2.7.2	多脚ロボット開発 クモ脚で原発内観測	50
2.7.3	3D データ可視化システム 発電所で実証	51
2.7.4	建設現場に巡回・監視 6 輪ロボ	51
2.7.5	ドローン 52 機 全国 13 地域を同時飛行	52
2.7.6	電線保守・災害調査でドローン活用拡大	53
2.7.7	災害対策ドローンシステム参入	54
2.7.8	ドローンに避難誘導スピーカー	54
2.7.9	大学と連携、「復興知」学習	55
2.8	農林水産業・食品産業分野における最新動向	56
2.8.1	スマート農業プロジェクトの推進	56
2.8.2	ハウス栽培を自動化 アスパラで実証	58
2.8.3	農機ロボでスマート戦略 衛星測位で安く正確	58
2.8.4	農業ドローン事業、実証成果を農家に提案	59
2.8.5	農薬散布ドローン新型機 アプリで自動飛行	60
2.8.6	ドローン使い山岳物資輸送 林業管理あり方探る	61
2.8.7	自律移動ロボにアーム搭載、農業に活用	62
2.8.8	未来型ロボ開発、1 人で飲食店運営	62
2.9	教育分野における最新動向	63
2.9.1	「先生ロボ」販路拡大	63
2.9.2	プログラミング、親子で学んで従業員向けに	64
2.9.3	ドローンプログラミング 小学生に体験授業	64
2.9.4	ゲーム感覚でロボット操作学習	65
2.9.5	メタバースでデジタル人材発掘 大阪の企業連合が構想	66

第3章	ロボットシステムインテグレータの発展と動向	67
3.1	システムインテグレータ (Sler) の成長	67
3.2	Sler 企業の取り組み紹介	67
3.3	Sler の人材育成	72
3.4	FA・ロボットシステムインテグレータ協会の活動	74
3.4.1	FA・ロボットシステムインテグレータ協会	74
3.4.2	Sler 協会の活動	74
3.4.3	広報活動 (広報分科会)	74
3.4.4	人材育成の実施 (人材育成分科会)	75
第4章	新たな産業分野での活躍と社会課題解決の役割	78
4.1	新たな産業分野でのロボットの活躍	78
4.1.1	ロボットフレンドリーな環境整備の推進	78
4.1.2	ロボットフレンドリーに向けた取り組み	82
4.2	破壊的なイノベーションを起こす「ムーンショット」研究事業の推進	83
4.2.1	「ムーンショット」アフターコロナ対応で新目標	83
4.3	コロナ禍で活躍するロボットの最新動向	85
4.3.1	自動PCR検査で感染リスク最小化	85
4.3.2	三密回避や省人化のニーズ受け無人宅配	87
4.3.3	国内初の紫外線照射ロボット	89
4.4	コロナ禍での地域の取り組み	90
4.4.1	神奈川県、総合病院で生活支援ロボットを導入実証	90
4.4.2	つくば市、感染拡大防止対策にロボットを試験導入	92
4.5	社会課題解決に向けたドローンの活用	95
4.5.1	水中ドローンでインフラ施設の検査を代替	95
4.5.2	スマートかつ安全に、深海を探索	97
第5章	「World Robot Summit 2020」本大会の振り返り	99
5.1	World Robot Summit (WRS) の開催経緯	99
5.2	World Robot Challenge (WRC) の結果	99
5.2.1	ものづくりカテゴリー	99
5.2.2	サービスカテゴリー (パートナーロボットチャレンジ)	100
5.2.3	サービスカテゴリー (フューチャーコンビニエンスストアチャレンジ)	101
5.2.4	インフラ・災害対応カテゴリー	102
5.2.5	ジュニアカテゴリー	104

5.3	World Robot Expo (WRE) と WRS VIRTUAL	105
5.4	企業による連携と支援	106
5.5	WRS の成果	107
5.5.1	オープンイノベーションの推進	107
第 6 章	「ロボット大賞」表彰事業	108
6.1	「ロボット大賞」の概要について	108
6.2	「第 9 回ロボット大賞」の受賞一覧	116
6.3	「第 9 回ロボット大賞」表彰式	120
6.4	「第 9 回ロボット大賞」受賞後のアンケート調査結果	121
第 7 章	まとめ「第 10 ロボット大賞」表彰事業に向けて	122
7.1	審査・運営委員会における検討	122
7.1.1	第 1 回 審査・運営委員会における検討	122
7.1.2	第 2 回 審査・運営委員会における検討	122
7.2	生活の質の向上に資するロボット	122

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、2020年度に実施した「第9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10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9回ロボット大賞の結果分析と第10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：2021年6月28日（月）

議題：①2021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9回ロボット大賞」受賞者アンケート調査について
- ④「第10回ロボット大賞」実施要領等について

■第2回 ロボット大賞審査・運営委員会の開催

日時：2021年11月5日（金）

議題：①外部専門講師による講演

- ②「第10回ロボット大賞」について検討
- ③「第9回ロボット大賞」受賞者アンケート結果について
- ④2021年度「調査研究報告書」の検討

■第3回 ロボット大賞審査・運営委員会の開催

日時：2022年3月18日（金）14：00～15：30

議題：①「第10回ロボット大賞」に向けて

② ロボット大賞受賞者アンケート結果について

③「第10回ロボット大賞」特別賞の検討について

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もとづいて、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 産業用ロボットの市場動向

国際ロボット連盟（IFR）は2021年9月に産業用ロボット及びサービスロボットの世界統計としての「World Robotics 2021」を発表した。以下はその概要である。

2.1.1 主要地域・国での産業ロボットの設置状況

（設置台数）

2020年での全世界での設置台数は、世界的な新型コロナウイルスのパンデミックの状況にもかかわらず、383,545台と前年比0.5%増の伸びで、2015-2020年の年平均成長率は、+9%としている。

2020年は、2018年と2017年に続いてロボット産業にとってこれまでのところ3番目の設置台数の規模となった。2019年の設置状況では、自動車、電気・電子の2つの主要産業が、米中貿易摩擦によって厳しい年であったが、2020年の主な原動力は電子産業（設置台数の29%で+6%）で、これまで最大の需要先である自動車産業（設置台数の21%で-6%）を上回った。

次いで、金属及び機械（11%）、そしてプラスチック製品（5%）や化学の各産業が続いている。ここで、22%もの割合でユーザー産業が不明分としてあることに留意したい。

図2.1.1-1にもあるように、2010年以降、産業用ロボットの需要は大幅に増加し、2015年～2020年までの年間設置台数の年平均成長率は9%となった。

2005年～2008年にかけて、年平均の設置台数は約115,000台で、世界的な金融危機のあった2009年には多くの投資が延期されることでその設置数は僅か60,000台に減少したが、2010年には投資が増加することで12万台に達した。

そして、2015年までに年間設置台数は2倍以上の254,000台、2016年には30万台を超え、2017年には約40万台にまで急増している。そして、2018年には初めて年間設置台数が40万台を超えている。



図 2. 1. 1-1 世界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 2021」より作成

（アジアでの成長、ヨーロッパ及び南北アメリカでの減少）

図 2. 1. 1-2～4 は、国、地域別の産業ロボットの設置台数の状況で、以下はその特徴についてである。

アジアでは、世界のロボット市場として 2020 年に 266,452 台が設置され、2019 年の 249,598 台から 7%増加した。この年に導入されたロボットの 71%がアジアに設置されている（2019 年は 67%）。2015 年～2020 年まで、ロボット設置の年平均成長率は 11%の増加となっているが、アジアの 3 大市場の伸びには違いが見られる。2020 年、中国市場は大幅に増加（168,377 台、+20%）した一方、日本市場（38,653 台の-23%）と韓国市場（30,506 台の-7%）は減少となった。

2 番目に大きな欧州市場での 2020 年の設置台数は、8%減の 67,700 台となり、2018 年のピーク時の 75,560 台から 2 年連続で減少となった。また、2015 年～2020 年までの年平均成長率は 6%となった。

欧州最大の市場であるドイツの設置台数は 22,302 台でほぼ一定であったものの、2 番目の市場であるイタリア（8,252 台、-23%）、3 番目のフランス（5,368 台、-20%）と大幅に落ち込んだ。新型コロナウイルスによるパンデミックで、2020 年前半までの長期にわたる厳しいロックダウン措置が取られたことで、経済は深刻な打撃を受けたことがその要因と言える。

南北アメリカ市場では、2020 年の設置台数は 38,736 台と、17%減小している。これもまた、2018 年のピーク時（55,212 台）から減少し、2015 年のレベルに戻っている（2015 - 2020 年の平均成長率±0%）。最大の市場である米国では、2020 年に 30,787 台（対前年-8%）

であるが、メキシコ(3,363台で同-26%)及びカナダ(2,566台で同-29%)よりは、落ち込み幅は少なかった。

(世界市場の76%を占める5か国)

産業用ロボットの5大市場は、中国、日本、米国、韓国、ドイツで、これらの国々が世界市場の76%のロボットを設置している。

中国は2013年以来、世界最大の産業用ロボット市場で、2022年にはその44%を占めるまでとなっている。中国に設置された168,377台は、欧米の合計設置台数である106,436台を58%も上回っている。

日本の2020年の設置台数は、2016年のレベルにまで低下したが、2017年、2018年、2019年には、工業生産の自動化がすでに進んでいる国ながら、著しく増加している。2020年の減少はあるものの、依然として世界の総設置台数の10%を占めている。

米国は、2020年に総設置台数の8%を占めている。2018年に40,373台の記録的な設置数によって韓国を抜き3番目に躍進して以来、この地位を維持している。

韓国は、2016年にピークレベルの41,373台を記録して以来、年々設置数を減少し、米国より低いものの設置総数の8%を占めた。

ドイツは、世界で5番目に大きな市場であり、総設置数のほぼ6%を占めている。

(その他の重要なアジア市場)

台湾は、2014年～2018年までの年間設置台数では6番目にランクされていたが、2019年に8番目となった。そして2020年には、7,373台で7番目にランクアップした。シンガポールの設置台数は、電子産業に大きく依存しており、2020年には5,297台とアジアで5番目のロボット市場となった。

タイの市場は、2020年に2,885台が設置され、横ばいであった。その他、1,000台以上を設置したアジア市場では、ベトナム(1,880台、-14%)、マレーシア(1,409台、+18%)があげられる。

(その他の重要な欧州市場)

スペインは世界で10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、2020年の設置台数は前年比15%減少の3,387台であった。北欧諸国の設置台数も13%減少して2,660台となったほか、中央および東欧の設置台数は8,283台と17%の減少となった。

(南北アメリカの他の重要な市場)

ブラジルの2020年の設置台数は、13%減少の1,595台となったが、2015年と比較して年平均成長は3%である。

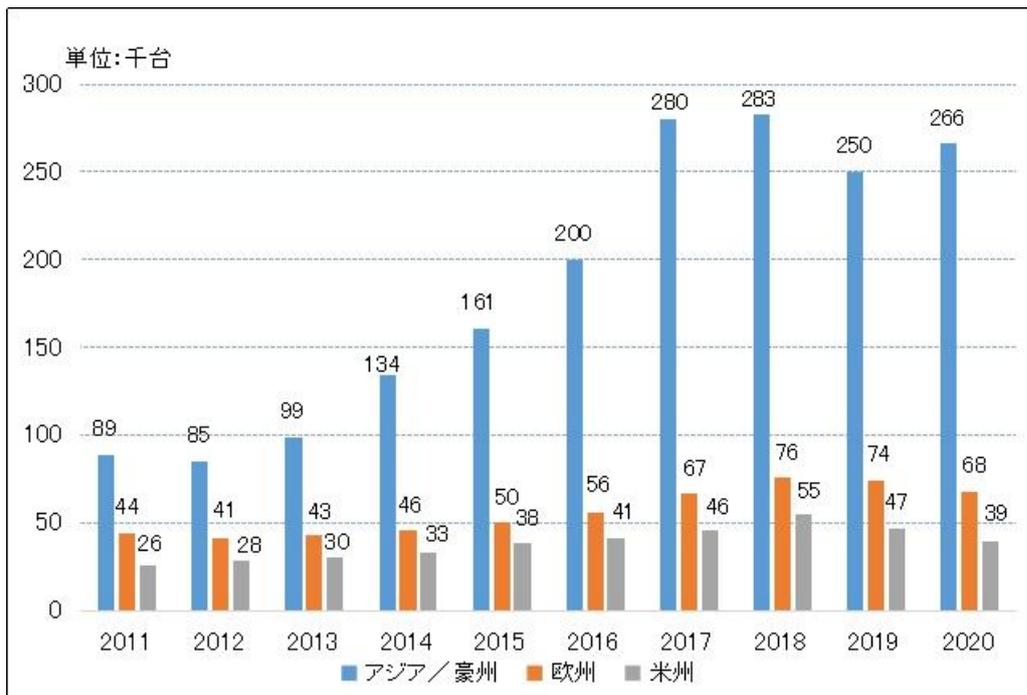


図 2. 1. 1-2 地域別産業ロボットの設置台数推移

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

設置台数推移						
地域/国	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
米州	38,134	41,295	46,188	55,212	46,871	38,736
アメリカ	27,504	31,404	33,146	40,373	33,382	30,787
カナダ	3,474	2,334	4,057	3,582	3,603	2,566
メキシコ	5,466	5,933	6,356	5,681	4,562	3,363
南米	1,690	1,624	2,629	5,576	5,324	2,020
アジア	160,048	189,981	279,832	282,459	249,031	265,889
中国	68,556	96,500	156,176	154,032	139,859	168,377
日本	35,023	38,586	45,647	55,240	49,908	38,653
韓国	38,285	41,373	39,777	37,807	32,900	30,506
台湾	7,200	7,569	10,907	12,145	6,456	7,373
シンガポール	1,895	2,609	4,559	4,290	2,287	5,297
タイ	2,556	2,646	3,386	3,323	2,883	2,885
その他	6,533	10,198	19,380	15,622	14,738	12,798
オセアニア	510	561	570	621	567	563
欧州	50,073	56,078	65,505	75,560	73,837	67,700
フランス	3,045	4,232	5,014	5,829	6,711	5,368
ドイツ	19,945	20,074	21,267	26,723	22,313	22,302
イタリア	6,657	6,465	7,760	9,847	11,089	8,525
スペイン	3,766	3,919	4,250	5,266	4,002	3,387
イギリス	1,645	1,787	2,380	2,415	2,045	2,205
その他	15,015	19,601	24,834	25,480	27,677	25,913
アフリカ	348	879	451	794	1,289	595
不明	4,635	5,553	6,094	7,625	10,229	10,062
総計	253,748	303,847	399,640	422,271	381,824	383,545

図 2. 1. 1-3 主要国・地域における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 2021」より作成

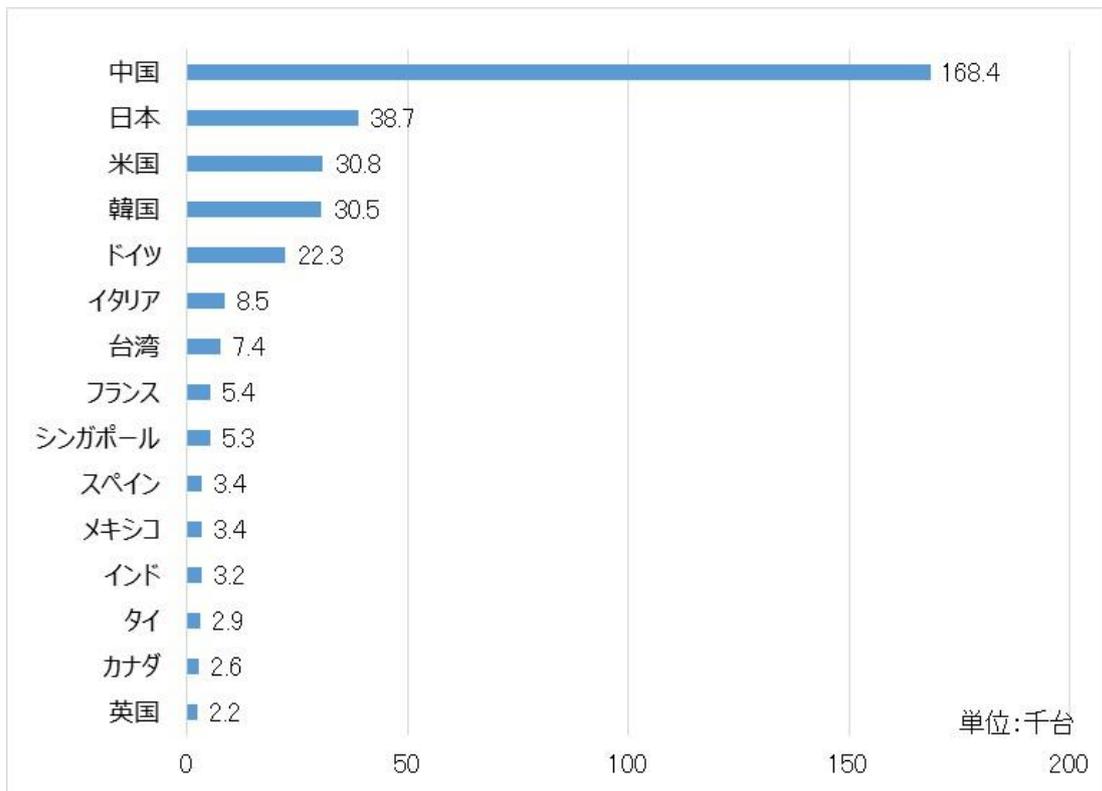


図 2.1.1-4 上位 15 カ国の 2020 年の設置状況

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

2.1.2 産業用ロボットの世界規模での稼働台数

2020 年の世界における産業用ロボットの稼働台数は、3,014,879 台 (+10%) と推定され、2015 年以降、その稼働台数は年平均成長率が 13% の増加となった。図 2.1.2-1、2 は、2015 年～2020 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。

地域／国	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
米州	273,607	299,502	323,704	361,006	388,295	409,839
アメリカ	234,245	250,479	262,058	285,014	299,674	314,219
カナダ	11,654	13,988	18,045	21,627	25,230	27,796
メキシコ	14,743	20,676	27,032	32,713	37,275	40,638
南米	12,965	14,359	16,569	21,652	26,116	27,186
アジア	878,665	1,025,756	1,245,200	1,469,731	1,684,276	1,904,353
中国	256,463	349,470	501,185	649,447	782,725	943,223
日本	286,554	287,323	297,215	318,110	354,878	374,038
韓国	210,458	246,374	273,146	300,197	324,049	342,983
台湾	49,230	53,119	59,930	67,768	71,825	75,839
シンガポール	9,301	11,666	15,801	19,858	21,935	27,034
タイ	26,293	28,182	30,110	32,331	33,962	35,262
その他	49,667	49,622	67,813	82,020	94,902	105,974
オセアニア	8,732	8,641	8,298	8,147	7,927	7,653
欧州	433,303	459,972	489,045	543,220	581,853	614,858
フランス	32,161	33,384	35,321	38,079	42,054	44,817
ドイツ	182,632	189,270	200,497	215,795	223,387	230,601
イタリア	61,282	62,068	64,403	69,142	74,420	78,152
スペイン	29,718	30,811	32,352	35,209	36,916	38,007
イギリス	17,469	18,471	19,488	20,683	21,678	23,027
その他	110,041	125,968	136,984	164,312	183,398	200,254
アフリカ	4,114	4,906	5,153	5,521	6,547	6,688
不明	33,229	38,782	44,876	51,918	61,763	71,488
総計	1,631,650	1,837,559	2,125,276	2,439,543	2,730,661	3,014,879

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 2021」より作成

中国の産業用ロボットの稼働台数は、2015年以降、年平均30%増加し、2020年には943,223台となった。これは世界の稼働台数の31%にあたり、2021年には100万台を超えることとなる。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、2020年に5%増加し374,038台と世界の12%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2015年～2020年迄の年平均成長率は+5%であった。

韓国は、2020年の稼働台数は6%増加し、2015年～2020年の平均成長+10%であった。

南東アジアは、世界の稼働総台数の62%を占め、2015年からの年平均成長率は+17%となった。2005年、アジアは全稼働台数の52%でそのうち日本が40%を占め、中国は1%であった。以来、韓国(342,983台)、台湾(75,839台)及びタイ(35,262台)がこの成長に貢献した。

欧州の2020年でのロボット稼働台数は614,858台で、前年より6%増加し、世界の稼働台数の21%を占めた。2015年以降、欧州の産業用ロボットの稼働台数は年平均7%増加している。

2015年～2020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+16%、西ヨーロッパでは+6%、北欧諸国は+4%となった。欧州の稼働台数の3/4は西ヨーロッパで、その半分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14%で409,839台となっており、2015年以降の年平均成長率は+8%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382,653台である。

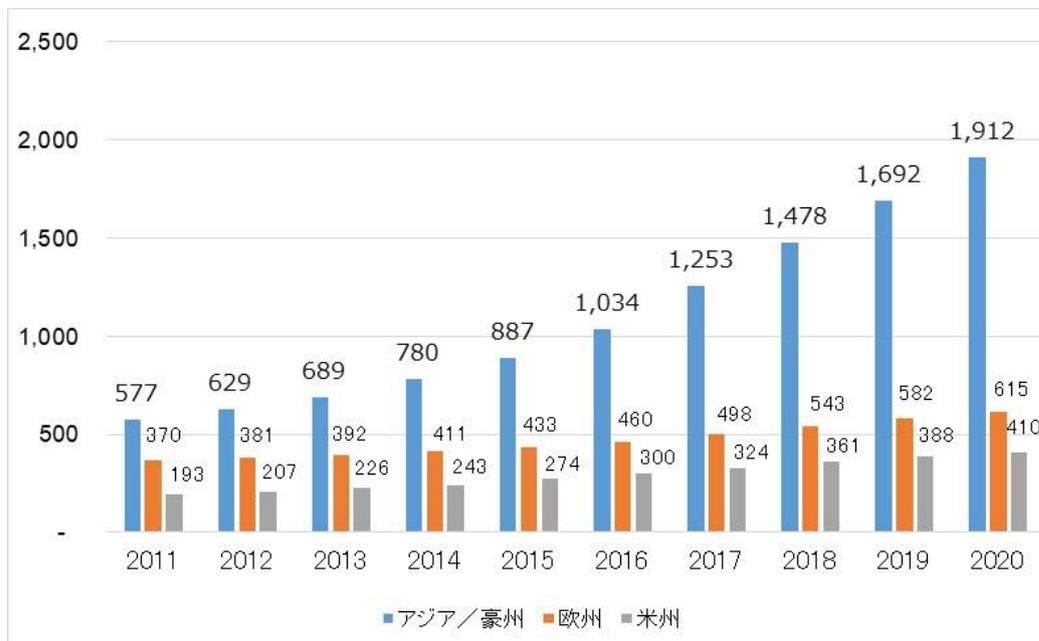


図 2.1.2-2 世界の地域別ロボット稼働台数推移

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

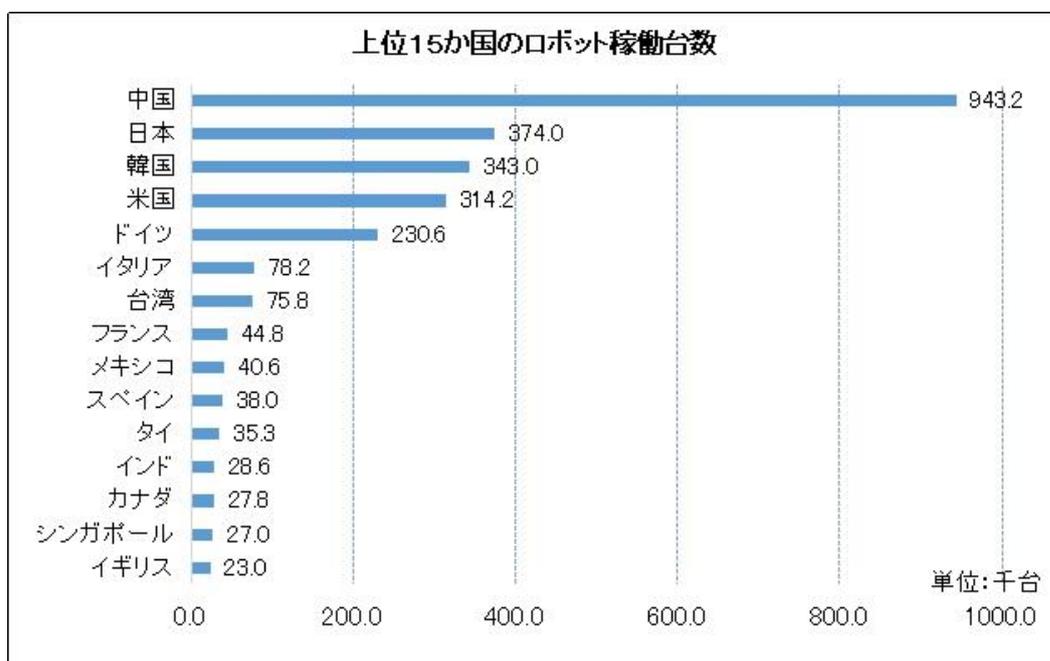


図 2.1.2-3 上位15カ国のロボット稼働台数

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

2.1.3 2015年～2020年の産業用ロボットの世界市場での販売額

産業用ロボットの販売額は、幾つかの国のロボット工業会から提供された情報をもとに算出した。これらの数値は、世界に設置されたものに反映され、対応年の米ドルに対する為替レートで換算している(図2.1.3-1参照)。

2020年の販売額は、4%減少して132億米ドルとなった。これは、2019年の381,824台から2020年に383,545台と微増したことと矛盾しているが、2020年の主な成長の原動力がスカラロボットの主要ユーザーである電子産業で、これらのロボットが、売上が減少した垂直多関節ロボットよりも低い平均価格で販売されるという2020年と2019年の世界市場の構成によって違いがでたものである。

将来のロボットの平均価格に影響を与えると予想される2番目の影響は、低コスト市場の成長である。これらの台数は、従来の産業用ロボットの数分の1の価格で販売されているが、IFR統計では違う価格帯のロボットでも1台のロボットとして等しく数えられる。同時に、市場価値は、高性能ロボットよりも低価格ロボットの購入による影響ははるかに少なくなっている。

中国でのロボット販売の市場価値(米ドル)は、2020年のロボット台数が20%成長したのに対して、18%の大幅な増加となった。日本市場は、円換算で17%、販売台数で23%減少した。北米では、カナダとメキシコでのロボット設置台数の大幅な減少により、米ドル換算で19%の市場縮小が見られた。

ドイツでは、低価格ロボットの需要の高まりで台数的には安定したが、ユーロ換算で20%の大幅な縮小となった。韓国市場は、ロボットの需要台数で7%減少し、市場価値のウオン換算で9%(米ドルで-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値は約3倍になる可能性があり、世界市場全体のシステム評価額は400億米ドルと見積もられる。

単位:百万ドル

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
中国	1,967	2,726	4,648	4,361	4,332	5,109
日本	1,201	1,426	1,607	1,759	1,700	1,481
北米	1,800	2,077	2,329	2,265	2,194	1,773
ドイツ	855	873	900	1,098	1,035	906
韓国	893	1,039	1,179	954	758	737
小計	6,716	8,140	10,663	10,437	10,020	10,007
その他の国	2,041	2,458	3,256	3,417	3,733	3,161
総計	8,758	10,598	13,918	13,854	13,753	13,168

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 2021」より作成

2.1.4 協働ロボット

協働型産業用ロボット、または「ロボット(以下、協働ロボット)」は、そのアプリケーションとして、ロボットと従業員がお互いに作業を順番にこなす共有作業スペースでの利用と考えており、IFRの協働ロボットの定義としては、ISO10218-1に準拠して設計され、協働使用を目的としたロボットとしている。また、ロボットサプライヤーがロボットを協働ロボットとして設計した場合のみとしている。

2020年に新たに設置された協働ロボットの数は6%増加し、22,015台となった。これは、産業用ロボットの総設置台数である383,545台のうち、5.7%となる。協働ロボットに対し、世界中から新たなサプライヤーが市場に参入するとともに、既存の産業用ロボットメーカーも協働ロボットを製品として追加している。これによって、協働ロボットの台数のみならず様々なアプリケーションも増加している。また、COVID-19の流行拡大によっても、さらなる協働ロボット成長の優れた条件を提供する形となっている。

	協働ロボットの 設置台数	全設置台数	協働ロボットの 割合	年成長率
2017年	11,107	399,640	2.8%	
2018年	18,518	422,271	4.4%	+67%
2019年	20,810	381,824	5.5%	+12%
2020年	22,015	383,545	5.7%	+6%

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 2021」より作成

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

ロボット密度は、従業員に対する稼働中の産業用ロボットの数で、製造業界全体または特定の産業部門従業員は経済規模の尺度として機能するため、国(または業界)間の横断的比較と長期的な比較が可能となる。本レポートでは、ロボット密度を雇用された10,000人あたりの稼働する多目的産業用ロボットの数と定義する。

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。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ている。

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。雇用データのソース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である。

従って、本 2021 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ときに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

2020 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 126 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 2015 年から年平均 18% 増加し、134 台となった。欧州のロボット密度は、2015 年から年平均で僅か 6% の伸びであったため 123 台、そして米州では同じく 9% の伸びで 111 台となった。

図 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、932 台と 2015 年以降年平均 10% の伸びとなっている。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あるが、韓国経済は産業用ロボットにとっても最大のユーザーであるこの 2 大産業に依存している。

シンガポールは、ロボット密度が 605 台と続いているが、数年間の年間ロボット設置台数が 1,200 台を超えた後、その設置台数は大幅に増加し、2020 年には 5,000 台を超えている。シンガポールは小国で、製造業の従業員が 45 万人と少ないことで、ロボット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、2015 年以降、年平均 27% の増加となっているが、2020 年にその伸びは 34% となった。シンガポールは多くの外国人労働者を雇用しているが、2020 年に旅行制限でその数が減少する中で、これまで以上に多くの新しいロボットを導入し稼働した。

ロボット密度で 3 番と 4 番になった日本 (390 台) とドイツ (371 台) は、シンガポールから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。

また、韓国、日本、ドイツのロボット密度は、過大評価されている可能性があることに注意する必要がある。それは、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る。その場合、IFR に提供された各国の工業会・協会のデータ (メーカーから提供された統計データ) は、実際の設置ではなく、出荷 (在庫) に関する報告となる。

ロボット密度が 7 番目の米国 (255 台) は、2015 年以降年平均 8% の増加となっている。また、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 2010 年に 15 台のロボット密度が 10 年で 16 倍以上となることで、2020 年にはトップ 10 に入った。

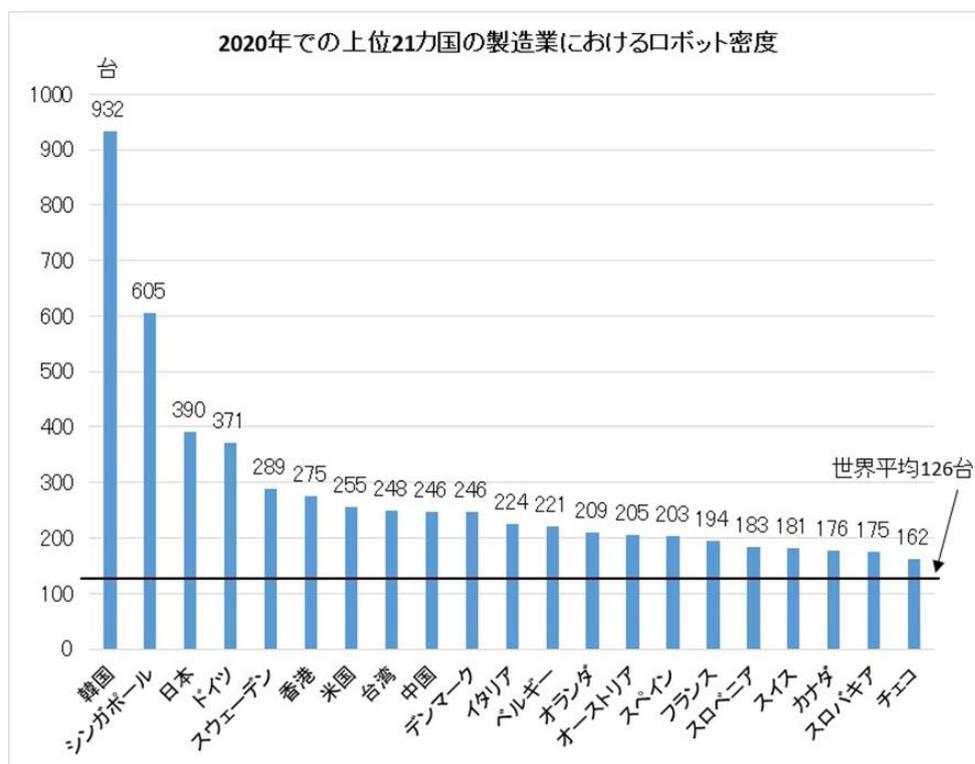


図 2.1.5-1 2020年での上位21カ国の製造業におけるロボット密度

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

(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 2.1.5-2 は、主要な自動車生産国でロボット密度が 1,000 台以上の国を対象としたものである。そして、図 2.1.5-3 は自動車産業でのロボット密度が上位 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。

韓国では、2020年に自動車産業での従業員 1 万人あたり、2,750 台のロボットが稼働しており、2010年の 2 倍以上 (1,239 台) と非常に高いレベルとなっている。2014 年以降、韓国の自動車産業では、ハイブリッド及び電気自動車向けにロボットが設置されたことでロボット密度が増加した理由としている。

また、自動車産業があまり知られていないスイスについては、同産業での従業員数が 4,000 人に満たないものの、2020年での同産業での約 1,000 台の稼働台数が、1 万人あたり 2,659 台のロボット密度に相当することで高くなっている。

また、米国については、米国労働統計局が 2020 年での自動車産業での雇用が COVID-19 のパンデミックで 12%減少したと報告しており、ロボットの稼働台数の増加以上に雇用減が反映することでロボット密度が高くなったとしている。

国	産業	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
米国	自動車	1,096	1,156	1,186	1,234	1,294	1,528
	その他産業	102	109	118	130	139	157
カナダ	自動車	1,125	1,198	1,204	1,288	1,304	1,392
	その他産業	59	64	66	70	71	76
中国	自動車	392	398	565	779	954	1,150
	その他産業	25	36	54	79	104	126
日本	自動車	1,276	1,240	1,158	1,151	1,248	1,269
	その他産業	211	213	226	245	273	300
韓国	自動車	2,029	2,181	2,475	2,635	2,696	2,750
	その他産業	428	515	565	615	676	743
オーストリア	自動車	706	888	1,017	974	1,051	1,127
	その他産業	88	84	81	75	76	73
ベルギー・ルクセンブルグ	自動車	1,350	1,501	1,635	1,524	1,613	1,634
	その他産業	90	94	98	110	122	128
ドイツ	自動車	1,143	1,131	1,160	1,268	1,311	1,395
	その他産業	170	181	191	195	202	216
スペイン	自動車	1,023	1,004	1,007	1,124	1,168	1,218
	その他産業	93	94	97	99	101	107
フランス	自動車	1,327	1,322	1,344	1,440	1,607	1,671
	その他産業	76	84	94	107	115	131
オランダ	自動車	738	945	926	941	1,063	1,109
	その他産業	118	135	148	155	165	178
スイス	自動車	1,915	2,081	2,397	2,200	2,044	2,659
	その他産業	97	105	116	131	145	164

図 2.1.5-2 ロボット密度 1,000 台以上の自動車産業国での一般産業での密度の対比

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

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 743 台とトップであり、日本がそれに次いで 300 台となっている(図 2.1.5-3)。電子機器の生産における自動化の進展は、ロボットの設置をも推進している。先のシンガポールをはじめ、韓国、日本、台湾、中国が例として挙げられる。

全体として、本調査対象のすべての経済圏において、一般産業でのロボット設置の可能性は非常に大きいといえる。韓国でも、一般産業におけるロボット密度は自動車産業における密度の僅か 1/4 であり、ロボット設置の可能性は、新興市場及び従来の一部市場においても高い水準にある。今後、継続的なロボットシステムの進化と改良によって、既に高度に自動化された分野へもロボット投資が期待される。

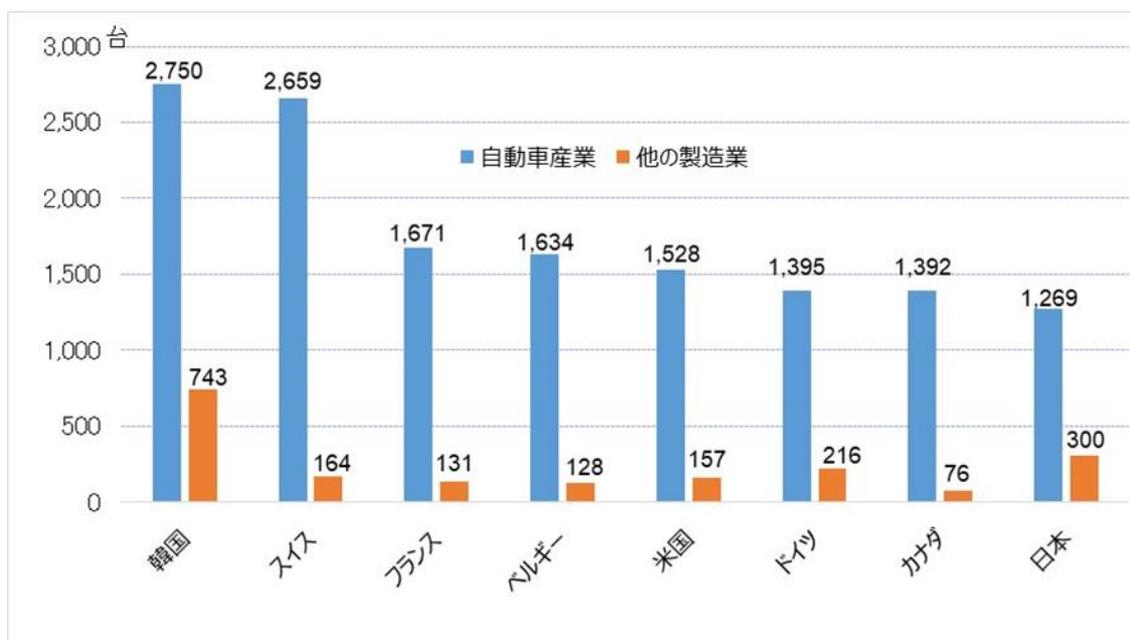


図 2. 1. 5-3 主要 8 カ国における自動車産業 vs 一般産業でのロボット密度

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

2. 1. 6 利用分野別にみた 2015 年～2020 年間の産業用ロボットの設置と稼働

(アプリケーションからみた設置台数の状況)

アプリケーションからみた設置台数の状況は図 2. 1. 6-1 で、その内訳は以下のとおりである。

2020 年のハンドリングロボットの設置台数は、5%減の 166, 356 台となり、総設置台数の 43%で、2018 年のピークである 178, 475 台に対して 2 年続けて減少した。ハンドリング用途で最大のマテハンロボットは、2020 年に 67, 743 台 (総設置台数の 18%) とピークの 2017 年が 77, 288 台となって以来、不安定な伸びとなっているが、その 2015 年以降の年平均成長率は、+12%となっている。マテリアルハンドリングは、ワークピースや物の配置、供給、転置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。

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、2020 年に対前年で 26%増加して 37, 806 台 (同 10%) と新たなピークとなった。その年平均成長率は+7%となり、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、特に電子産業が 2020 年にその成長を牽引した。

近年、プラスチック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が、2020 年は 18, 264 台と減少し同年の総設置台数の 5%を占め、2015 年から

の平均成長率は-3%となった。

パレタイジングロボットの設置台数は、2009年～2019年まで堅調に増加したが、2020年には11,705台と前年(12,856台)のピークから9%減少した。

機械加工におけるハンドリングは、2020年に対前年比27%減の10,524台(総設置台数の3%)となった。この用途は2017年にピークレベルの20,797台となったが、2018年に大幅な減少となったことで、2015年からの年平均成長率は-6%となった。

その他には、マシンテンディングが2020年に8%増加の7,638台、鋳造用のハンドリングが21%増の4,959台、プレス用のハンドリングが3,466台、計測・検査・試験用のハンドリングが33%減の3,056台となった。

溶接及びはんだ付け用の設置台数は、2020年に9%減少し66,264台(総設置台数の17%)と、2018年に89,174台のピークレベルより2年続けての減少であった。このうちアーク溶接ロボットの割合は、2018年のピークである40,967台から4%減少して33,659台(総設置台数の9%)となった。スポット溶接ロボットは17%減の27,133台(同7%)となった。はんだ付けロボットの設置は、対前年比43%増と大幅な伸びの3,120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、2020年に前年比31%増の46,836台となったが、ピークは2017年の48,783台で、2015年から2020年の年平均成長率は14%となっており、この利用分野の主役は電子産業となっている。

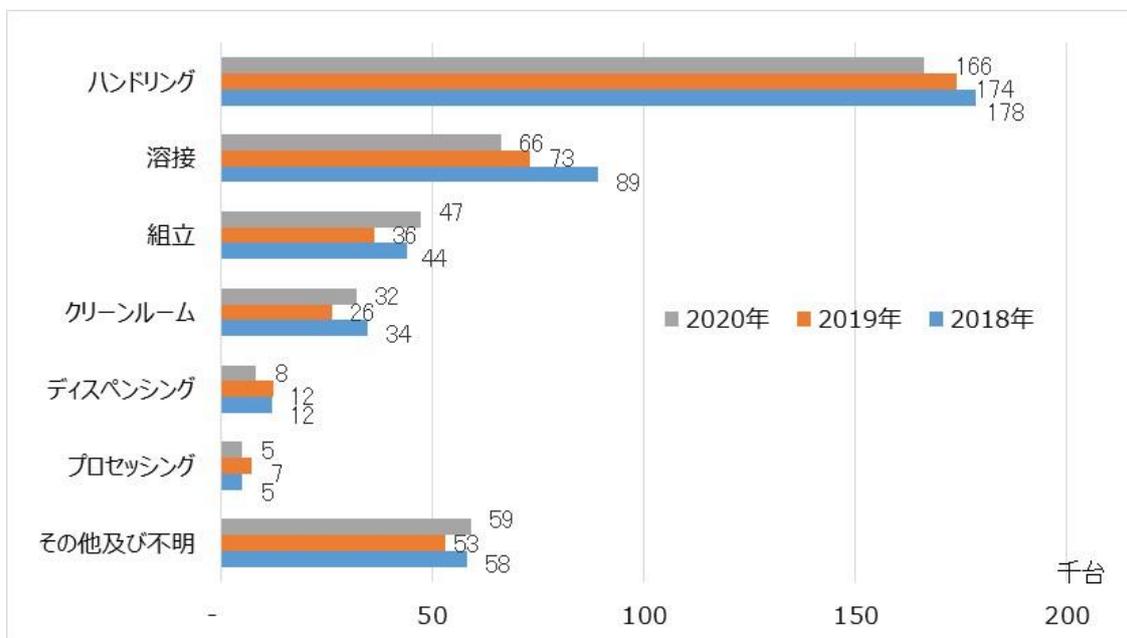


図 2.1.6-1 利用分野別ロボットの年間設置台数

出典:国際ロボット連盟(IFR)「World Robotics 2021」より作成

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、2020年に21%増の31,884台で、総設置台数の7%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、電子製品の主要な生産拠点である経済圏の日本、韓国、シンガポール、中国、米国、台湾、そしてマレーシアやベトナムにも設置されている。

ディスペンシングロボットは、2020年に8,235台の設置となったが、ピークは2018年の12,300台であり、その需要産業は自動車ほとんどで、そのほか金属業界でも使用される。その内、塗装・エナメルロボットの設置台数は前年比24%減の5,108台であった。接着剤やシーリングの塗布は、1,983台と前年より半減したが、他の粉末コーティングや離型剤の塗布等は1,091台と7%の増加となった。

溶接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（2020年に、35,098台で溶接ロボットの総設置台数の53%を占めている。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9%にあたる6,124台で、日本は5,783台（約9%）となった。

続いてドイツ（3,957台、シェア6%）が韓国（3,819台、同）をわずかに上回った。その他、2020年に年間1,000台の溶接ロボットを導入した国は、インド（1,194台）、タイ（1,015台）であった。

ハンドリングロボットにおいても上記の上位5カ国が設置台数の76%を占めており、中国（71,147台、シェア43%）、韓国（15,507台、同9%）、米国（14,223台、同9%）、日本（13,413台、同8%）、ドイツ（11,486台、同7%）で、このうちのマテハンロボットでは中国が27,946台（シェア41%）、日本（7,357台）、ドイツ（7,279台）、米国（5,936台）、そしてイタリア（1,562台）とトップ5を占めている。

包装/ピッキング/配置用ロボットは、主に中国（15,680台、シェア41%）と韓国（11,954台、同32%）で、3番目の米国（3,522台、同9%）との差はあまりにも大きく、1,000台以上の国は他にはない。プラスチック成型品取出し用の上位5カ国は、中国（48%）、日本（10%）、米国（7%）、ドイツ（4%）そしてフランス（4%）であった。

パレタイジングでは、中国（33%）、日本（15%）そしてイタリア（10%）が続いた。機械加工用では、中国が33%でトップとなり、同様に組立用の66%、ディスペンシングロボットの52%等もそうであった。しかしながら、クリーンルームのシェアでは日本が28%と首位で、次に中国23%、韓国12%、米国9%、そして台湾の3%と続いた。

（アプリケーションからみた稼働台数の状況）

アプリケーションからみた稼働台数の状況は図 2.1.6-2 で、その内訳は以下の通りである。

2020年における総稼働台数3,014,879台の45%（1,342,636台）がハンドリングの用途

であった。ハンドリングの内のマテハン用が最も多く、稼働台数が 514,349 台(前年比+11%)と総台数の 17%を占めた。また、2 番目は包装/ピッキング/配置で、総稼働台数の 9%の 272,709 台(同+15%)。3 番目はプラスチック成型で、総稼働台数の 6%の 189,399 台(同+5%)。機械加工用は、5%増の 131,815 台でシェアは 4%となった。

溶接用は、6%増の 676,314 台でシェアは 22%であった。組立用は 13%増の 323,231 台でシェアは 11%を占めた。ディスペンシング用は、3%増の 98,587 台でシェア 3%、そしてプロセス用が 7%増の 49,210 台となった。

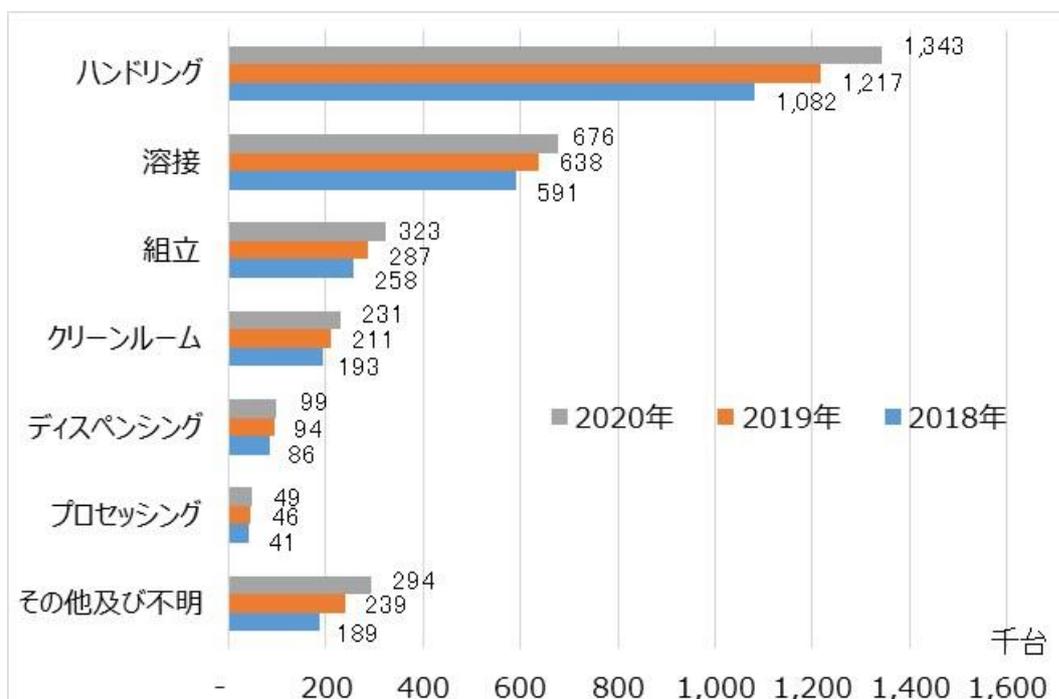


図 2.1.6-2 利用分野別ロボットの稼働台数

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

2.1.7 ユーザー別での 2015～2020 年の産業用ロボットの設置と稼働の状況

(2015 年～2020 年におけるユーザー別での設置状況)

ユーザー産業別でみた稼働台数の状況は図 2.1.7-1 で、その内訳は以下の通りである。

電気電子産業は、2020 年に産業用ロボットの最大のユーザーとなった。109,315 台(設置総数の 23%)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 年のピークレベルである 121,955 台に続き過去 2 番目の高いレベルを記録した。同業界の 2015 年からの年平均成長率は 11%で、2018 年と 2019 年に電子機器の世界的な需要が増加した一方で、デバイスとコンポーネントは大幅に減少となった。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ている。

一方、自動車産業にとって 2020 年は、初めて産業用ロボットの最大ユーザーとしての地位を失った年となり、79,849 台（-22%）の設置台数は電気電子産業より約 3 万台の差となった。自動車産業は、1961 年に GM 工場に最初に導入されて以来、最大のユーザー産業で、2018 年に 125,581 台とピークレベルにあった。

しかしながら、2019 年にロボットの需要が世界的なサプライチェーンの崩壊によって、多くの自動車メーカーは一時的に生産停止を余儀なくされたことで、世界の自動車と商用車の生産が 2 年連続で減少している。また、自動車業界は燃焼エンジンから電動モーターへの投資への移行で、自動車産業の年間設備投資は 2015 年から 2020 年にかけて、年平均 4% 減少している。

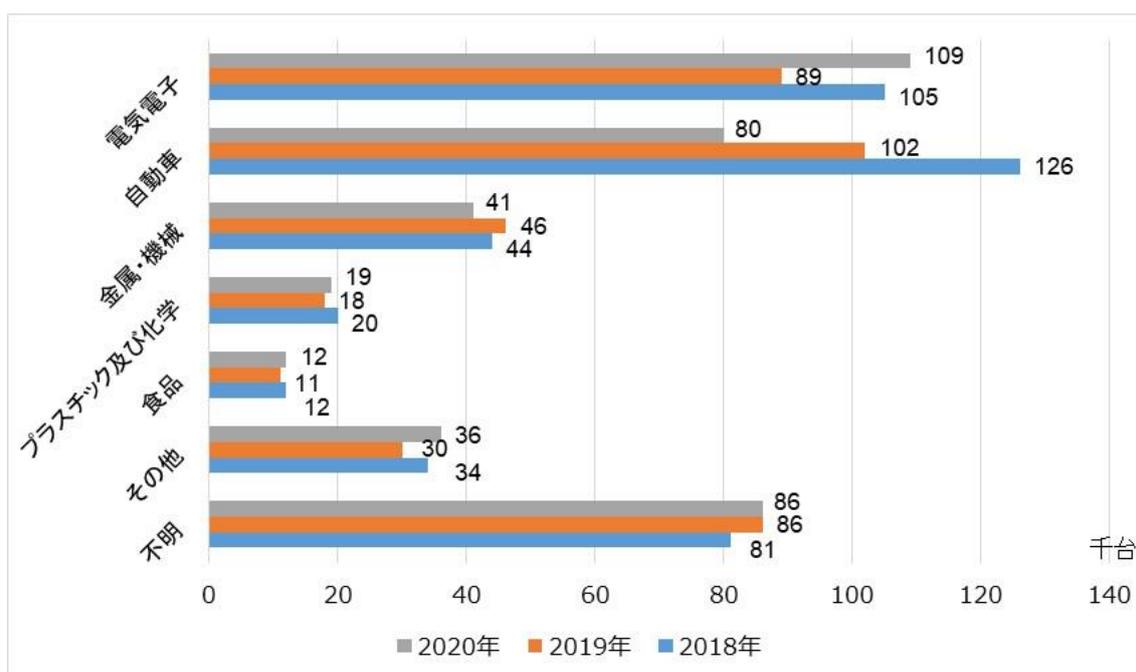


図 2.1.7-1 ユーザー産業別年間設置台数の推移

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

金属・機械産業は、総設置台数の 11% を占める 3 番目の産業となっているが、金属製品及び産業機械産業では 2015 年以降、年平均 7% で増加している。2020 年に 41,332 台と 2019 年のピークレベルである 45,843 台より 10% の減少となったが、2017 年に 4 万台を超えて以降、高いレベルで推移している。

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 5% を占めている。

年間の設置数はしばらくの間、2万台を超えて横ばいであったが、2020年に18,583台と前年比3%増とはなかったもののこの数字は低く、2015年からの年平均成長率は-2%の状況にある。

設置台数の3/4は、ゴム及びプラスチック製品業界で、2020年に13,204台(+3%)、2015年からの平均成長率は-5%であった。また、製薬及び化粧品業界は2020年に大幅に増加し、4,980台(+24%)となり、年平均成長率も+18%となっている。

食品及び飲料業界での設置台数は、2015年以降年平均15%の増加となっている。2016年よりその伸びは加速し、2018年には12,326台とピークレベルとなった。2020年も12,320台とそれに近かったが、全体に占める割合は3%のままとなっている。

2020年での各産業の特徴としては、電気電子産業の設置台数の92%が、主要な生産拠点である僅か5つの経済圏に設置されている。中国が57%で62,851台、韓国が14%で15,578台、日本が12%の13,374台、シンガポールが4%で4,558台、そして米国が3%の3,710台で、他に1,000台以上設置した国は台湾(3,003台)、ドイツ(1,053台)及びマレーシア(1,027台)であった。

自動車産業では、ロボット設置の80%が主要自動車生産国である中国、日本、米国、ドイツ、韓国(図2.1.7-2参照)で行われ、中国が2020年に2,520万台(-2%)の自動車及び商用車を生産(28,866台のロボットを導入)したもののそれらの生産は3年連続の減少となった。日本の車の生産は810万台(-17%)で11,260台導入し、自動車業界の15%となった。

米国の車の生産は前年比19%減の880万台で、10,494台(シェア13%)を導入した。以下がドイツで9,670台(同12%)、メキシコ(1,878台)、フランス(1,329台)、イタリア(1,198台)、チェコ(1,149台)、カナダ(1,132台)の10カ国となっているが、1,000台以上は他にスペイン(1,065台)がある。

金属・機械産業では、設置台数の47%(19,408台)が中国で行われ、それに続くのが日本の14%(5,844台)、ドイツの6%(2,538台)、米国の6%(2,294台)、そしてイタリアの5%(2,066台)となっている。

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35%(6,423台)、米国の14%(2,661台)、ドイツの8%(1,419台)及び日本の8%(1,418台)となっており、これらの国で全体の64%を占めた。

食品及び飲料品業界では、中国が全設置台数の26%(3,204台)、米国が22%(2,715台)、そしてイタリアの8%(1,019台)となっている。

	自動車	電気電子	化学	金属・機械	食品	その他	不明	合計
中国	26,866	62,851	6,429	19,408	3,204	20,016	29,603	168,377
日本	11,602	13,374	1,418	5,844	932	2,989	2,494	38,653
米国	10,494	3,710	2,661	2,294	2,715	2,618	6,295	30,787
ドイツ	9,670	1,053	1,419	2,538	424	1,175	6,023	22,302
韓国	5,386	15,578	242	1,882	366	391	6,661	30,506
メキシコ	1,878	238	363	77	118	163	526	3,363
フランス	1,329	266	703	930	436	1,293	411	5,368
イタリア	1,198	345	751	2,066	1,019	946	2,200	8,525
チェコ	1,149	82	130	168	37	232	177	1,975
カナダ	1,132	79	208	242	177	202	526	2,566

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各産業の設置状況

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

(2015 年～2020 年におけるユーザー産業での稼働状況)

2020 年末の産業用ロボットの全稼働台数は 3,014,879 台であったが、図 2.1.7-3 にもあるように自動車業界は、依然として最大のシェアで 32%の 969,500 台 (+5%) となった。しかしながら、2015 年末に 38%であったそのシェアは、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・機械産業での稼働台数の成長率は 2 桁である。

電気電子産業の稼働台数は 2 番目で、2020 年末でのシェアは 25%で、2020 年に 13%増の 762,638 台となり、2015 年以來の年平均成長率が 18%の伸びとなっている。

金属・機械産業の稼働台数は、前年同期比 10%増の 310,829 台となり、2015 年からのその成長率は 14%増でシェアが 10%となった。

プラスチック・化学製品での 2020 年末の稼働台数は、前年比 4%増の 188,591 台となりシェアは 6%である。

食品・飲料業界の稼働台数は前年比 11%増の 90,094 台で、そのシェアは 3%であった。また、稼働台数全体の 10%はユーザー産業が不明となっている。

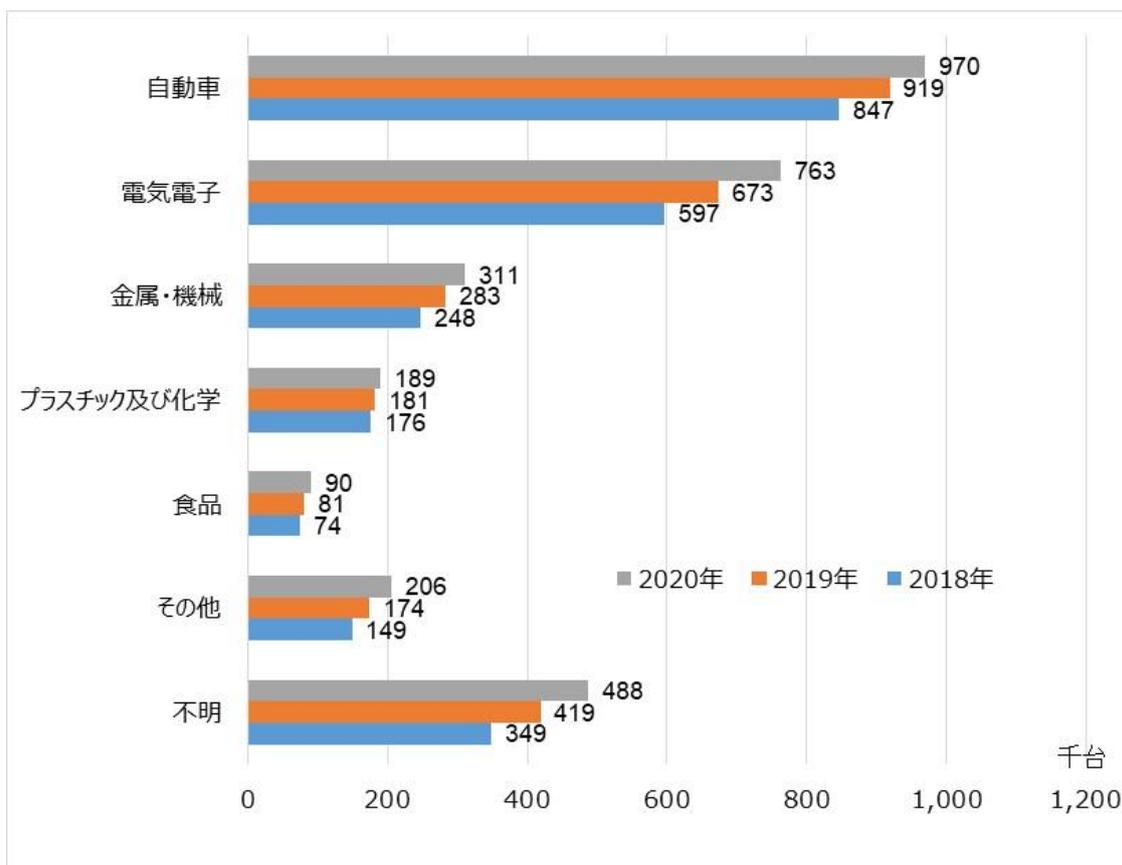


図 2.1.7-3 全稼働台数における産業別割合の推移

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

2.2 サービスロボットの市場動向

2.2.1 サービスロボット産業の統計について

IFR のサービスロボット統計の今回の取り纏めにあたっては、235 社のサンプリングと 3 つの IFR の会員協会からの報告をベースとしている。また、サービスロボット産業は、産業用ロボット産業よりも多様性があり、具体的ではないとしている。

新たな分類スキームの大掛かりな見直しと調整にも拘らず、サービスロボットのサプライヤーリストが世界中で 1,067 社増え、そのうち 17% が 2016 年以降設立の新興企業であった。これら企業の多くが未だ製品開発段階で、市場性のある製品を持ってはいない。サンプルの 235 社のうち、72 社が未だ売上げがないという事実とともに、これらの企業が資金調達またはプロトタイプ段階にあり、将来的には市場性のある製品が提供されるであろうとの期待がある。

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

積する必要がある。また、本レポートでのほとんどのアプリケーションでは、RaaS ビジネスモデルは全く提供されていないか売上高の極僅かな割合しかつかめていない。また、将来の見通しに関する調査項目に報告した企業についても極僅かであるため、2021-2024 の予想は主に IFR の市場評価に基づくものとなっている。

2.2.2 業務用サービスロボットの使用と販売

業務用サービスロボットの市場は、2020 年に 60 億米ドルの売上高サンプルから 67 億ドルへと 12% の成長となった。新型コロナウイルスの世界的大流行は、幾つかのサービスロボットの応用、例としては業務用清掃ロボットのように新たな機会と需要を生み出したといえる。

移動ロボットソリューションは既に交通及び物流で確立され、2020 年には前年比 33% 増の 43,500 台が販売されている。2020 年に販売された業務用サービスロボットの 1/3 は、商品または貨物の輸送用となっていて、ここでの売上高は 11% 増の 10 億米ドルを超え、RaaS モデルはこの 3% 未満としている。

また、販売された台数の 80% 以上は、公共交通ではない屋内環境での交通及びロボティクス型移動ロボットで、2020 年の販売台数は 36% 増の 35,500 台以上となった。2020 年の売上高は 6% 増の 7 億 1,200 万米ドルであった。公共交通のある屋内環境向けロボットの販売台数は、24% 増の約 2,800 台で売上高は 33% 増の 1 億 1,300 万米ドルを超えた。公共交通のない屋外環境での交通及び物流用ロボットは、25% 増加して 2,660 台となった。売上高は 18% 増加して 7,400 万米ドルとなった。

この応用分野では、RaaS の売上高の大きなシェア（23%）となる唯一の分野である。稼働台数が 2,200 台、売上高約 6,200 万米ドルと何れも 20% 増加した。公共交通のある屋外環境向けの交通及び物流ロボットの販売はほとんどなく、恐らくほとんどの国でそのようなロボットを配備するための法的枠組みが不足しているとみる。また、ここに示される統計には、自律移動ロボットのみが含まれることとなる。

自律的に経路を航行できない従来の無人交通システムは含まれていない。また、これらの統計には、産業用ロボット（ピックアンドプレース、パレタイズ）と見なされ、IFR の産業用ロボット統計に含まれる入出荷用も含まれていない。交通と物流は、2021 年から 2024 年までの年平均成長率が 30% と二桁強の成長率を維持する応用分野としている。

屋外公共環境向けの交通分野は高い成長率を生み出すとし、ベースが低い状況を考慮すると今後数年間で、二桁の年間成長率が期待される。公共交通のある屋外環境の交通ロボットは、ラストワンマイル配達など大きな市場の可能性がある。ただ、現在でもほとんどの国でロボットの大規模な展開を妨げている規制の枠組みの可用性如何にあるとしている。

業務用清掃ロボットの需要は、販売台数で92%、売上高で51%増加した。34,400台以上の売上はサンプルの26%であるが、3億1600万米ドルはサンプルの売上高のわずか5%である。いくつかのRaaS オファリングがあるが、売上高の1%未満がそのようなビジネスモデルによって生成される。

このグループの主な用途は床清掃で、2020年には約20,600台のロボットが前年比2.5倍(+157%)販売された。これは、全台数の60%で、売上高は46%増加の約2億3,600万米ドルとなるとともに、これは、この応用グループの売上高の75%になる。特にアジアの供給者は、2019年よりも大幅に多くの台数を報告している。新型コロナウイルスのパンデミックによる衛生要件の高まりに対応して、多くのサービスロボットプロバイダーは消毒ロボットを開発し、消毒液の噴霧、または紫外線の照射を行った。多くの場合、既存の移動ロボットは消毒ロボットとして機能するよう変更した。2020年の台数で成長率が82%、売上高で93%の成長率は、その可能性を示している。

窓、壁、タンク、管及びパイプの清掃の分野では、市場に出回っているほとんどのソリューションは、遠隔制御によるもので自律性に欠け、統計から除外されているロボット装置である。その他の業務用清掃には、例えば、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が含まれる。業務用清掃ロボットの需要は二桁の割合で成長し続けるであろう。

今回のパンデミックでの公衆衛生の高まりにより、病院やその他公共の場所での消毒用ロボットの可能性は非常に高くなっている。業務用床清掃ロボットの販売台数は、2021年から2024年にかけて年平均二桁もの高い成長が見込まれている。

医療用ロボットの売上高は、2020年に11%増加して36億米ドルとなり、業務用サービスロボットの総売上高の55%を占めた。これは主に、最も高価なタイプのサービスロボットとなるロボット手術装置(35億米ドル、+11%)によるものである。リハビリ及び非侵襲的治療用のロボットの数が非常に増えていることがアジアの供給者から報告されている。このアプリケーションは台数で最大の医療ロボットになっている(約6,400台、医療用ロボットの36%)。

同様に、他の医療用ロボットについてもアジアの供給者からによるもので、5,900台以上と医療用ロボット総数の1/3となっている。診断用のロボットは依然としてニッチ市場で、年間販売台数が僅か数百台となっている。手術用のロボット装置(デバイス)は現在、特定の症状及びリハビリの侵襲及び低侵襲的治療の新しい標準となりつつある。しかし、そのような装置に関する高い投資は年平均成長率で今後数年間に二桁近くの伸びとなる。

接客用ロボットの人気は高まっているが、大きな市場の可能性と比較すると売上高は依然として低く、2020年には約14,900台の販売で2億4,99万米ドルの売上高となった。飲食の準備用ロボットの需要は、92%増加して約1,600台となり、売上高はほぼ3倍の3,200万米ドル(+196%)であったものの世界市場でみると極僅かである。COVID-19の大流行は、スタッフ間の距離を最小限に抑え、食品との接触を避けるための意識を高めたよ

うだ。移動案内、インフォメーション及びテレプレゼンスロボットの需要に対する COVID-19 の大流行では様々な影響がある。

一方で、テレプレゼンスロボットの需要は、個人的な訪問や人との直接の接触を避ける観点から伸びている。旅行制限を回避することもできる。一方、観光業は深刻な影響を受けている。美術館のような観光地では移動案内や案内ロボットにとって重要なユーザーとなっているが、旅行制限によって観光制限があることで苦しんでいるとともに、ロボットの需要も減少している。

2020 年には合計で約 13,300 台(+8%)のロボットが販売されたが、台数の成長率は移動案内やインフォメーションロボットよりも安価なテレプレゼンスロボットが牽引することで、売上高は 8%減少し 2 億 1,800 万米ドル以下であった。接客ロボットには依然として大きな可能性があり、2024 年までに販売台数が二桁半ばの成長率が、主にテレプレゼンスロボットによってなされるとしている。

ロボット工学は農業のデジタル化の重要な部分で、2020 年には約 7,300 台(+3%)、9 億 5,200 万米ドル(+5%)が販売された。ロボットは牛の搾乳用で確立し、約 5,000 台(+6%)が販売された。2020 年には移動式納屋用掃除機や自動放牧用のロボット緩衝材等、1,000 台を超える畜産用ロボットが販売されたが、これは約 1 億 4,600 万米ドルに相当し、前年と同レベルとなった。

食物や作物の栽培に使用するための研究開発はたくさんあり、様々な作業が含まれている。技術的な複雑さのために、これらロボットの実用性と経済的利益はまだ限られていることが多く、農家がロボットを利用するにはある程度の開拓者精神と資金が必要である。

2020 年には約 1,200 台(-6%)が販売され、売上高は 1%増の 7,700 万米ドルとなった。農業ロボットの市場は、今後数年間、年平均一桁台前半のペースで成長するとみている。また、様々な栽培作業のための市場対応ロボットのポートフォリオの拡大は、長期的に更なる推進力の力を生み出すとしている。

検査及び保守用のロボット装置は幾つかあるが、検査及び保守作業を自律的に実行するロボットのポートフォリオは限られているものの増え続けている。2020 年には、2 億 5,400 万米ドル(+30%)に相当する約 5,400 台が販売された。タンク、管、パイプ、または下水道の検査用に 3,100 台(+22%)のロボット、6,900 万米ドル(+18%)相当が、建物の検査及びその他の検査と保守用に 2,600 台(+28%)、1 億 8,500 万米ドル相当が販売された。この分野のサービスロボットは、2021 年~2024 年迄二桁半ばでの成長が期待されるとともに、マシンビジョン技術が急速に進歩するにつれ、ロボットが自律的に検査できる作業の範囲が広まるとしている。

建設または解体作業用ロボットは、その市場規模は小さいながらも成長するニッチ市場を構成している。2020 年に販売された 1,600 台未満(+29%)で、売上高は 9,500 万米ドルを超えた。建設と解体の作業を自動化する方法について幾つかの革新的アイデアがあるが、市場性のある資産の全容は限られており、今後数年間の成長の可能性も限られてい

る。

搜索救助及び防犯ロボットの応用分野の販売台数は、2020年に325%と大幅に増加したが、販売台数は依然として500台を下回っている。他の搜索救助はむしろ遠隔操作のロボット装置に依存しているのに対し、自律的に実行できるのは主に防犯ロボットで、当該分野の成長の原動力となるであろうが、市場の可能性が今後数年間は限定的であるとしている。

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―ないしはシミュレータ、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。

	2019年 (台)	2020年 (台)	成長率	2019年 (百万ドル)	2020年 (百万ドル)	成長率
A)業務用サービスロボット	93,194	131,839	41%	5,955.1	6,660	12%
農業	7,043	7,273	3%	905.6	952.3	5%
農耕	1,311	1,234	-6%	76.6	77.4	1%
酪農	4,700	4,970	6%	683.5	729.1	7%
畜産業	1,032	1,069	4%	145.5	145.9	0%
業務用清掃	17,895	34,433	92%	209.7	316.3	51%
床清掃	8,025	20,588	157%	161.3	235.7	46%
窓、壁、タンク、管、船体清掃	181	465	157%	3.1	4.0	29%
消毒	1,490	2,732	83%	27.6	53.1	92%
その他	8,190	10,648	30%	17.8	23.5	32%
検査・保守ロボット	4,535	5,656	25%	194.7	253.8	30%
タンク、チューブ、パイプ、下水道	2,519	3,069	22%	58.5	69.2	18%
ビル、建設、その他	2,016	2,587	28%	136.3	184.6	35%
建設・解体	1,206	1,557	29%	77.4	95.4	23%
輸送・物流	32,680	43,519	33%	903.7	1,002.6	11%
室内（公共交通除く）	28,174	35,524	26%	669.8	712.1	6%
室内(公共交通)	2,256	2,797	24%	85.1	113.3	33%
屋外(公共交通)	2,127	2,660	25%	62.9	74.3	18%
物流	1,816	2,187	20%	51.4	61.6	20%
屋外の公共交通・輸送・物流	307	351	14%	34.4	41.4	20%
医療ロボット	6,518	17,884	174%	3,271.2	3,641.1	11%
診断	200	183	-9%	25.2	22.4	-11%
手術	4,585	5,341	16%	3,188.3	3,538.3	11%
リハビリ及び非侵襲セラピー	581	6,432	1007%	55.7	70.2	26%
その他	1,152	5,928	415%	2.0	10.2	410%
調査・レスキュー、保安	115	489	325%	28.0	48.0	71%
接客	13,151	14,872	13%	247.2	249.1	1%
飲食準備	830	1,592	92%	10.7	31.6	195%
移動案内、案内、テレプレゼンス	12,321	13,280	8%	236.5	217.5	-8%
その他業務用サービスロボット	10,051	6,156	-39%	117.4	101.6	-13%

図 2.2.2-1 業務用サービスロボットの2019年-2020年での販売台数と売上高

出典:国際ロボット連盟(IFR)「World Robotics 2021」より作成

2.2.3 消費者向けサービスロボットの販売、市場の可能性

消費者向けサービスロボットは、数量がはるかに多く、その販売台数／売上高は、業務用サービスロボットと比較してその大きさが異なっている。また、消費者向けサービスロボットは、価格設定と市場ルートが全く異なる市場向けに製造されている。これまでのところ、消費者向けサービスロボットは主に、家庭用ロボットの分野であり、床清掃ロボット、園芸（主に芝刈り）ロボット、屋外清掃（主にプール清掃）ロボット等が含まれるほか、教育や家庭でのケア向けロボット市場も成長している。

2020年の消費者向けロボットの売上高は3%増の1,900万台を超えた。その売上高は15%増の44億米ドルであった。そのうち、家庭用ロボットは消費者向けサービスロボットの最大の分野で、2020年に約1,850万台（+6%）、43億米ドル相当が販売された。家庭用床清掃ロボットは、5%増の1,720万台を超え、24億米ドルとなっている。

多くのアメリカ、アジア及び欧州の供給者がこの種のロボットを取り扱っており、様々な消費者タイプに対応し、今後数年間で、二桁台前半の成長が期待できるとしている。園芸ロボットは、通常、芝刈りロボットが主で、2020年には14億米ドル（+13%）に相当する約970,000台（+13%）が販売された。

屋外掃除用ロボットとしては、主にプール清掃ロボットで、2020年の台数は29%増加の25万3,000台で、4億2,700万米ドル（+27%）に相当している。但し、このロボットは一部の内だけがプールを所有していることで、ロボット掃除機より遥かに小さな市場としているが、2024年迄は年平均15%の成長を見込んでいる。

	2019年 (台)	2020年 (台)	成長率	2019年 (百万ドル)	2020年 (百万ドル)	成長率
B) 消費者向けロボット	18,506,770	19,075,876	3%	3,851.1	4,428.8	15%
家庭内作業	17,399,932	18,455,017	6%	3,693.0	4,292.7	16%
室内清掃	16,344,992	17,231,847	5%	2,093.9	2,444.3	17%
園芸	858,405	968,899	13%	1,262.6	1,421.1	13%
芝刈り	195,285	252,771	29%	336.1	426.8	27%
窓清掃その他	1,250	1,500	20%	0.4	0.5	25%
社会的相互作用、教育	1,104,295	617,031	-44%	148.7	125.3	-16%
社会的相互作用、教育	949,153	123,329	-87%	68.3	29.5	-57%
教育	155,142	493,702	218%	80.4	95.7	19%
在宅ケア	1,884	3,072	63%	9.0	10.5	17%
その他消費者向けロボット	659	756	15%	0.4	0.3	-25%

図 2.2.3-1 消費者向けサービスロボットの2019年-2020年での販売台数と売上高

出典:国際ロボット連盟(IFR)「World Robotics 2021」より作成

販売台数と売上高が大幅に減少しているにも拘らず、社会的相互作用向け及び教育用ロボットは、2番目に大きな消費者向けサービスロボットのグループである。2020年には、1億2,500万米ドル（-16%）に相当する61万7,000台（-44%）が販売された。逆に教育用ロボットは3倍以上の494,000台（+218%）となり、9,600万米ドル（+19%）に相当した。教育用ロボットがより手頃な価格になるにつれて、この分野は今後数年間で平均二桁の成長が見込まれる。

在宅ケア等の家庭用ロボットは、販売台数の点で成長しているニッチ市場で、2020年は1,050万米ドル（+17%）相当の役、3,100台（+63%）が販売されている。この分野ではRaaSモデルを提供している供給者が幾つかあることは知られているが、このビジネスモデルを定量的に評価するには利用できるデータが不十分としている。

2.2.4 国別サービスロボット

2020年には、サンプリングされた業務用サービスロボットの41%がヨーロッパ、20%がアメリカから、そして39%がアジアからであった。対照的に消費者向けサービスロボットの73%が（北）アメリカで、20%がアジア、そして僅か7%がヨーロッパであった。新型コロナウイルスのパンデミックの結果からの特長の1として、アジアの供給者が業務用サービスロボットの約3倍（約19,300台、+185%）を販売したことがあげられる。

この応用分野でのアジアの供給者のシェアは、2019年の販売台数が38%から2020年には56%へと18%の増加となった。ヨーロッパからの販売台数は、39%増加して約13,000台となったが、シェアは14%減少した。そしてアメリカの供給業者は20%増の2,200台の業務用掃除ロボットを販売したが、この分野のシェアはわずか6%と前年の10%から4%減少した。

交通と物流分野は、長年にわたってサービスロボットで急増している分野である。2020年には、ヨーロッパからの供給者の販売台数は65%増加し、約23,500台となり、この分野の台数のシェアが前年の44%から53%に増加した。アメリカは2020年に35%増のほぼ11,700台の台数で、そのシェアは27%（+1%）である。対照的にアジアからの販売台数は、15%減少し8,300台未満で、そのシェアは19%（-11%）であった。

医療ロボット分野は、アジアの供給者より売上が前年比800%増と大幅な伸びの報告があった。その台数は11,700台以上と当該分野で販売された66%のシェアとなっており、そのほとんどがリハビリテーション又は非侵襲的治療で、診断又は手術以外の医療分野で利用されているものである。その結果、ヨーロッパとアメリカの供給者の台数は何れも増加したが、台数シェアは減少し、それぞれ（19%、-29%）、（15%、-17%）となった。

接客分野では、アメリカが市場シェアとして51%、中国はほぼ同じ48%と主流であるが、アメリカの販売台数は43%増の7,650台であったのに対し、中国が7%減の7,100台であった。

	欧州		米国		アジア/豪州		計	
	2019年	2020年	2019年	2020年	2019年	2020年	2019年	2020年
台数								
消費者向けロボット	1,108,902	1,327,812	13,266,518	14,910,004	4,131,350	3,738,060	18,506,770	19,075,876
業務用サービスロボット	38,931	53,538	19,268	26,594	34,995	51,707	93,194	131,839
業務用清掃	9,334	13,004	1,805	2,107	6,756	19,259	17,895	34,433
交通・物流	14,300	23,543	8,621	11,677	9,759	8,299	32,680	43,519
医療ロボット	3,145	3,382	2,069	2,767	1,304	11,735	6,618	17,884
接客	164	141	5,345	7,650	7,642	7,081	13,151	14,872
その他業務用ロボット	11,988	13,468	1,428	2,330	9,534	5,333	22,950	21,131
シェア								
消費者向けロボット	6%	7%	72%	73%	22%	20%	100%	100%
業務用サービスロボット	42%	41%	21%	20%	38%	39%	100%	100%
業務用清掃	52%	38%	10%	6%	38%	56%	100%	100%
交通・物流	44%	54%	26%	27%	30%	19%	100%	100%
医療ロボット	48%	19%	32%	15%	20%	66%	100%	100%
接客	1%	1%	41%	51%	58%	48%	100%	100%
その他業務用ロボット	52%	64%	6%	11%	42%	25%	100%	100%

図 2. 2. 4-1 サービスロボットの 2019 年-2020 年での原産地域

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

2. 2. 5 サービスロボットの動作タイプによる分類

IFR のサービスロボット調査では初めて、動作の種類ごとの調査を行っている。単位台数の大きさに違いがあるため、データを消費者向けと業務用サービスロボットに分けている。報告データは、あくまでサンプルデータで、完全な市場を投影したものではない。図 2. 2. 5-1、2 にもあるように消費者向けと業務用の両分野にローリング型はあるが、2020 年の業務用ロボットでの定置型の割合は 10%でその主役は搾乳ロボットと手術ロボットとなっているほか、飲食の準備用には定置型のものもある。

歩行型やその他の地上型は、業務用ロボット全体の 5%を占めている。装着型はサンプルの 3%を占めているが、これには、医療用のリハビリや作業者が装着して負荷軽減をサポートするためのものがある。水中タイプは主に、研究、検査、保守、さらには水中清掃で使用される自立式ビークルである。

消費者向けロボットの大多数 (97%)は、ローリングタイプで、これは明らかに消費者向けの主要なロボット製品としてのロボット清掃機との関連性を反映している。ロボット芝刈り機、ロボットプール掃除機、教育ロボット及び一部のロボットコンパニオンと社会的相互作用ロボットもローリングタイプと見なされる。

また、消費者向けロボットのごく一部は定置型ロボットと見なされるが、これらは主に、家庭用ロボットでのケアと同様に教育用ロボットも含まれる。地上ベースではない消費者向けロボットは極僅かである。

	2019	2020	2020/2019	2019	2020
	台	台	%	割合	割合
業務用サービスロボットの合計	93,194	131,839	+41%	100%	100%
地上ベース	85,329	114,040	+34%	92%	85%
ローリング	68,979	93,544	+36%	74%	71%
定置型	11,592	13,415	+16%	12%	10%
歩行他	4,758	7,081	+49%	5%	5%
水中	1,935	2,747	+42%	2%	2%
装着	4,002	3,409	-15%	4%	3%
その他全て	1,928	11,643	+504%	2%	9%

図 2.2.5-1 業務用サービスロボットの動作タイプでの推移

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

	2019	2020	2020/2019	2019	2020
	台	台	%	割合	割合
消費者向けサービスロボットの合計	18,506,770	19,075,876	+3%	100%	100%
地上ベース	18,492,522	19,075,132	+3%	100%	100%
ローリング	17,423,316	18,475,788	+6%	94%	97%
定置型	3,747	3,269	-13%	0%	0%
歩行他	1,066,459	596,075	-44%	6%	3%
その他全て	14,248	744	-95%	0%	0%

図 2.2.5-2 消費者向けサービスロボットの動作タイプでの推移

出典:国際ロボット連盟 (IFR) 「World Robotics 2021」より作成

2.2.6 国内での産業ロボットの年間受注が過去最高

日本ロボット工業会は2022年1月27日に、2021年の産業用ロボット年間受注額（会員ベース）が前年比2.96%増の9,405億円で過去最高を記録したと発表した。新型コロナウイルスや部材不足の影響が長期化するが、生産性向上や労働者の減少に対応するための自動化ニーズは堅調である。集計中の会員と非会員を含めた21年年間受注額は前年比27.7%増の約1兆970億円となり、初の1兆円超えを見込む。

21年10-12月期のロボット受注額（会員ベース）は、前年同期比3.9%増加の2,310億円で6四半期連続の増加となった。海外（輸出）、国内の出荷額はともに前年同期比20%を超える水準である。国内は半導体用などを含む電気機械製造業向けが前年同期比41.6%増と大幅に伸びた。海外（輸出）は自動車産業向けが多い溶接用で同34.9%の増加となった。

産業用ロボットがV字回復を遂げている。米中貿易摩擦と新型コロナウイルスの影響で2019-20年は需要が一時的に落ち込んだが、自動車の電動化に伴うバッテリーや半導体関連などの製造における自動化需要を取り込み、21年からは好調さを取り戻している。長期化

する部材不足や収束が見えない新型コロナへの懸念は続くが、22年も高水準の需要が期待できる。

年間の総出荷額は前年比27.8%増の8,403億円で3年ぶりに増加した。このうち国内向けは同10.4%増の1,856億円で2年ぶりの増加となった。国内出荷額のうち電気機械製造業向けは同23.5%増の557億円、自動車製造業向けは同3.8%増の579億円であった。

一方、輸出は20年下期から好調な中国が全体をけん引し、欧米も回復基調が続いている。輸出額は同33.7%増の6,547億円と伸びた。電子部品実装用では同29.1%増の2,795億円であった。自動車向けが主となる溶接用は同41.3%増の813億円であった。

22年は21年よりさらに「ウィズコロナ」の潮流が加速し、新型コロナで停滞した経済の復興が待たれる。日本ロボット工業会の小笠原浩会長（安川電機社長）は「21年12月も受注の水準は落ちてない。年間を通じて22年は悪い気配はない」とさらなる成長に期待を示した。21年からの受注残もあり「少なくとも上期までは良い」と続ける。不二越の坂本淳社長は主要供給先である自動車や電機・電子でのロボット関連の投資増加を見込む。「需要は拡大しており、大いに期待している」と語る。

ファナックの山口賢治社長は「ロボットは強い引き合いが続いている」と語る。同社では高まる需要に対応するため、生産能力の引き上げも視野に入れている。

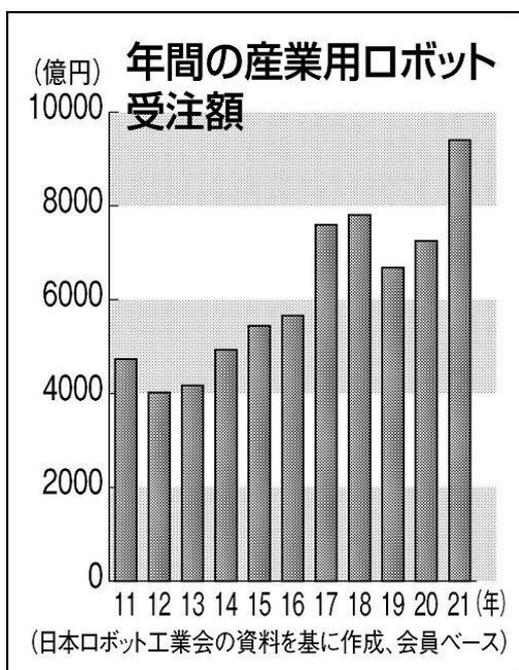


図 2.2.6-1 産業用ロボット年間受注額
出典：日刊工業新聞社

2.3 分野別のロボット最新動向

2.3.1 【モノづくり分野】製造現場へのAI実装

安川電機のグループ会社であるエイアイキューブは、製造現場への人工知能（AI）実装に取り組む。2020年9月からはロボットのピッキング作業に適用できるAIモデルを構築する「バラ積みピッキング用途」の提供を開始。21年9月には学習に必要な疑似画像を大量に作成し、画像検査を実現する「外観検査用途」も訴求する。AIでこれまで自動化できていない領域の自動化を進める。

工場自動化（FA）現場におけるAI活用を実現するのがエイアイキューブだが、久保田社長は「AIはデータがないと始まらない。他の手段があるならそちらの方が良い。AIはモノづくりの第1選択肢ではない」ときっぱり。

さらに「顧客にとってはAIのような曖昧なモノよりも論理式・計算式など確かなモノの方が製造現場には向いている」と続ける。それでも現場には曖昧な作業があることは事実。この自動化をエイアイキューブは実現する。

同社のコア技術であるアリオムでは、学習するためのAIだけでなく、データ生成の領域にAIを活用する。必要なデータをデジタル環境上で大量に生成。AIを活用して実物に近いリアルなデータに近づけ、同学習データからAIを作成する。

20年9月から開始した「バラ積みピッキング用途」は、ワークのつかみ方を学習するもの。定形物だけでなく不定形物や半透明な部材も把持可能。まず、バラ積みワークの画像データをシミュレーション上で自動的に大量生成。実データに近いデータにして、ワークを安定してつかめる位置を算出する。最短半日程度でピッキングのためのAIモデルを完成する。これにより、多品種少量生産や変種変量生産の段取り替えが容易になる。

21年9月からは外観検査向けの提供も始めた。疑似的に不良データを作成し、短期間で高精度な外観検査のためのAIモデルを完成する。安川電機のロボットラインで活用した場合、不良画像の見逃し率は0%を堅持しながら、良品を不良品と判断する虚報率を低減する。

エイアイキューブではアリオムの考え方を活用したAI開発技術の適用範囲拡大を狙う。目下、機械の波形データから異常を感知するソリューションの開発も進めている。



図2.3.1-1 AIを活用したピッキング作業

出典：日刊工業新聞社

2.3.2 【モノづくり分野】 人手搬送ゼロに向けて自律移動ロボ活用

オムロンは、センサーやスカラロボット、基板外観検査装置などを製造する京都府綾部工場の人手による工程間搬送を 2023 年 3 月期にもゼロにする。自律移動ロボット (AMR) 11 台を駆使し、工程間やライン間など構内物流を自動化する。

人の場合、決まった時間に搬送するため仕掛品がライン周辺に滞留する傾向にある。ロボットで随時搬送することで整流化が進み、工程にもよるが導入前と比べてリードタイムを 80%程度短縮できる。国内製造業におけるスマート工場のモデル事例の一つとなる。

オムロンでは AMR を「モバイルロボット」の名称で活用する。開発や生産も綾部工場で行っており、用途の創出を含めた一体的な運用を実現する。モバイルロボットの可搬質量は 60 キロ、90 キロ、250 キロ、1500 キログラムの 4 種を提供するが、綾部工場では 60 キロと 90 キロのモバイルロボットを活用し、搬送の自動化を実現している。

綾部工場では 17 年度からモバイルロボットを活用する。現在は 10 台のロボットが物流搬送・部品搬送を手がけている。例えばセンサーのピッキングや組み立て、検査工程では生産管理システムとロボットシステムを連携。仕掛かり品を絶えずロボットが搬送する。

ロボットが自ら形成した地図と照らし合わせながらレーザースキャナーや超音波センサーで周辺を把握し、安全性と搬送を両立する。基板搬送の工程ではエレベーターや自動ドアとも連携。モバイルロボット単独でエレベーターの乗り降りを行う。人や他のモバイルロボットとのすれ違いも実現する。

22 年度にはモバイルロボットを 1 台追加し、四つの生産棟の搬送をまかなう。モノの移動という必ず必要だが付加価値を生まない作業をロボットに任せ、生産性向上や設計、品質管理などを人手で担い、競争力強化や足元で強まる需要に対応。2 万機種を超える多品種少量生産の高度化を図る。



図 2.3.2-1
自律移動ロボで人や他のモバイルロボとの
すれ違いも実現
出典：日刊工業新聞社

2.3.3 【モノづくり分野】多様なワークに対応するハンド

THKは、どんな加工対象物（ワーク）でも吸着・把持できる「ならいハンドシリーズ」の受注を開始した。汎用ロボットハンド「TNH」として展開する。ワークごとに専用ハンドを開発・用意する必要がなくなる。また、ロボットを活用した製造工程におけるハンド交換も不要になるため、初期費用の削減と生産性向上によるコストダウンが期待できる。多品種生産の現場でも自動化に寄与する。

TNHは12本のシャフトがワークの凹凸に合わせて接し、固定されるためどんな形状にも対応可能。12個の吸着パッドと内蔵した絞り弁でワークを吸着する「ならい吸着ハンド」と、ワークの把持力と把持速度を制御可能な「ならいグリップハンド」、用途に合わせてカスタマイズ可能な「ならいユニット」の3種類を展開する。

一般的なロボットハンドは、ワークの形状に合わせて専用のハンドを取りそろえる必要があった。そのため収納場所の確保や予備部品の保管など、手間とコストを要するのが課題となっていた。TNHは食品や医薬品、化粧品に加え、プレス板金、鋳物、陶器などさまざまな業界・分野での導入を想定している

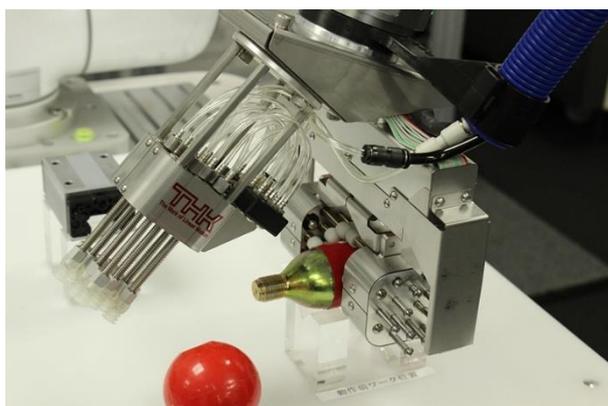


図 2.3.3-1
THK「ならいハンドシリーズ」
出典：日刊工業新聞社

2.3.4 【モノづくり分野】200℃に耐えるゴム式ハンド 摩耗に強く保守費抑制

松下工業は、エアでゴムを膨らませて対象物（ワーク）を把持する方式のロボットハンドで、200度C前後の耐熱性を備えた「MK グリップ」を開発した。同方式の他社製ハンドの耐熱性は100度C程度が一般的で、より高温のワークの搬送作業に耐えられるようにした。耐摩耗性も優れる。丈夫で交換頻度が低く、交換時も消耗するゴムのみで済むため、保守費用を抑えられる。

産業用ロボットに装着したハンドの「指」に相当する部分のゴムが膨らむ仕組み。穴が開いたワークの場合、「指」1本を穴部分に差し入れ、膨らませたゴムと穴の内側を密着させて把持する使い方が可能。複数の「指」でワークをつかむように把持することもできる。

「指」1本当たり3キロー5キログラムまで把持でき、ワークの形状や重量に合わせて使

用本数を選択可能。本体は直径 19 ミリ、22 ミリ、25 ミリ、30 ミリメートルの 4 種類あり、その他の径も 100 個から受け付ける。ゴムは軽量物向けの軟らかいものから、重量物向けの硬いものまで 8 種類ある。

本体の長さや径、ゴムの硬さを変えることで、細かいワークや軟らかく壊れやすいワークなど幅広い用途に対応できる。本体やゴムの取り換えが簡単な点も特徴だ。



図 2.3.4-1

左：エアでゴムが膨らんだ状態の「MK グリップ」

出典：日刊工業新聞社

2.3.5 【モノづくり分野】超小型コネクタを自動締結

クラボウは、スマートフォンなどで使われる基板対基板コネクタの締結作業を自動化できるロボットシステムを開発、受注を始めた。同社のケーブル認識用 3 次元 (3D) ビジョンセンサー「クラセンスーC100」を用いたシステムを構築。1 カ所当たり最速 10 秒で締結作業が完了する。製造現場の人手不足解消や、コロナ禍で強まる現場の非接触対応といったニーズに対応する。

同システムは 3D ビジョンセンサーや専用ロボットハンド、セイコーエプソン製の垂直多関節ロボットなどで構成する。21 年 2 月に買収した工場自動化 (FA) 設備メーカーのセイキ (富山県) と連携し、システムをグループで一貫生産する。

基板対基板コネクタは、電子基板同士を上下に直接締結できる超小型・薄型のコネクタ。スマートフォンでは大小合わせて 10 カ所以上に使われている。機器の小型化や高性能化に有効とし、クラボウは同コネクタの需要拡大を見込んでいる。



図 2.3.5-1

締結作業を行うロボットシステム

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】病院・ホテル向けの自律移動搬送ワゴン開発

フジマックはホテルや旅館、病院向けに自律移動搬送ワゴン（写真）を開発した。大手企業の社員食堂向けに試験納入し使い勝手などを試した後、商品化したい考え。高性能センサー「LiDAR（ライダー）」を使って目的地までの経路などを最初に覚えさせ、2回目からは自律走行できる。可搬重量 70 キログラム。回転すしチェーンや焼肉店で配膳ロボット導入が進むのに対し、宿泊施設や医療機関の分野は遅れており、市場開拓する。

ホテルや病院にターゲットを定めたのは外食店に普及し始めた配膳ロボは多くが安価な中国製で、参入しても魅力に乏しいため。病院やホテルは同社の調理機器が浸透し、相乗効果も期待できる。

開発した自律移動ワゴンは幅 500 ミリ×奥行き 1050 ミリ×高さ 1130 ミリメートル。搬送ワゴンは客先に応じてカスタマイズできる。ワゴンとロボットは手動で切り離して使用可能。複数のワゴンを 1 台のロボで共有できるため、効率的に搬送が行える。大手のホテルや病院では繁忙時に数十～数百人分の食器や食事を短時間で運ばなければならず、ロボによる効率化を提案する。

走行途中で障害物や人の飛び出しがあった場合は、センサーが認識してその場に一時停止する。充電バッテリーは着脱式で、電池が切れたら新たな電池パックに付け替えて運転を続けられるのも特徴。



図 2.4.1-1

自律移動搬送ロボット

出典：日刊工業新聞社

2.4.2 【サービス分野】注文・調理・提供・精算 外食ロボ組み合わせ提案

鈴茂器工は 2021 年 10 月に子会社化した日本システムプロジェクト（JSP）と共同で、外食店に省人化提案を加速する。すしロボットや米飯盛り付けロボットなど鈴茂器工の商品に、JSP の配膳ロボットやセルフ注文レジなどを組み合わせて、外食店に提案する。JSP は

ハンバーガーなどのファストフード店や焼き肉店にも納入実績がある。共同提案を通じて、すし店やスーパーの総菜が中心だった客先を広げる。

JSPの配膳ロボットは約300台の納入実績がある。展開を始めたのは3年前で「導入初期のトラブルや故障対応、店ごとのカスタマイズで経験の蓄積があるのが強み」(JSP)。

またセルフ注文レジは店舗での注文以外に利用客の手持ちのスマートフォンでも注文可能で、鈴茂器工の盛り付けロボットなどと組み合わせることで「商品注文から調理、提供、精算まで一貫した省人化システムを構築できる」(鈴茂器工)としている。



図 2.4.2-1

米飯盛り付けロボット(左奥)に、セルフレジや配膳ロボット(中央)を組み合わせることで省人化を提案する

出典：日刊工業新聞社

2.4.3 【サービス分野】「ロボットデリバリー協会」発足

2022年2月、楽天グループや川崎重工業、ZMPなど8社は、「ロボットデリバリー協会」を発足した。自動配送ロボットが公道を走行するための自主安全基準の策定や認証などの仕組み作りに取り組む。配送の担い手不足など物流業界における社会課題を解決する手段として自動配送ロボットの社会実装を目指す。

参画企業はこのほか、TIS、ティアフォー、日本郵便、パナソニック、ホンダ。今後も賛同者や加盟社を増やし、ロボットデリバリーの領域を拡大する。

同協会はロボットデリバリーを社会に普及し、人々の生活を向上させることが目的。まずは安全基準とガイドラインを策定する。各社が実証実験などで得た知見を共有する。利便性と安全性を担保したサービスの基盤を構築する。

低速・小型の自動配送ロボットは、法整備が予定されている。道路交通法の体系内に位置付ける方向で近く法案が国会に提出される。同協会では法律の施行までに安全基準などを策定する。

発起人代表の安藤公二楽天グループ常務執行役員は「eコマース(電子商取引)は社会のインフラになっている。2022年をロボットデリバリー元年とする。



図 2.4.3-1
各社の自動配送ロボットと発起人 8 社
出典：日刊工業新聞社

2.4.4 【サービス分野】対話ロボを企業向け発売 商品説明・業務連絡

ユカイ工学は、家庭や介護施設向けに販売してきたコミュニケーションロボット「ボッコエモ」を、企業向けにも発売を開始した。「ボッコエモ APIs (エーピーアイズ)」で、音声コンテンツ配信やデジタルサービスとつなぐ機能を盛り込んだ。

無線 LAN に対応し、企業の受け付けで顧客が来訪し用件を告げた後、担当者に「A 社の田中さんが来ました」とチャットシステムで連絡したり、家電量販店の売り場で商品説明したりする利用法を想定している。新型コロナウイルス感染防止の観点でのリモート商品説明に対応する。



図 2.4.4-1 ユカイ工学
「ボッコエモ APIs」
出典：日刊工業新聞社

2.4.5 【サービス分野】AI ロボが接客

LIXIL はショールームで接客に AI ロボットを活用する夜間限定の実証実験を行った。ロボットがシステムキッチンの商品を説明する。実験を通じ、デジタルとリアルを融合した接客サービスの向上につなげる。

キヤノンマーケティングジャパンなどと連携して実施する。ロボットは、本体にタッチパ

ネルが付いており、来場者は主にタッチパネルの操作で動画を通じた製品説明や利用者の声などが聞ける。

同ショールームでは「ナイトショールーム」として接客者を置かない時間帯を設け、顧客が自由に見学できる仕組みを採っていたため、ロボットを配置することで、顧客満足度が向上するかなどを確かめる。



図 2.4.5-1
AI ロボを活用するショールーム
出典：日刊工業新聞社

2.5 高度 ICT 基盤技術・ICT 利活用分野の最新動向

2.5.1 【ICT 利活用分野】6G一人の動作 他者と共有

NTT ドコモが通信ネットワークを介して人の動作を精緻に共有する技術の開発を進めている。2030 年代の実用化が見込まれる第 6 世代通信（6G）の活用により、身体感覚や動きを遠隔地にいる他者へ即時に伝えることを目指す。

実現すれば、一流の職人や芸術家などの技能を効果的に伝承できる可能性が出てくる。動作の再現に必要な機器の普及といった課題を乗り越え、思い描く未来に近づけるか試される。人間の神経の反応速度を、通信ネットワークの速度が超える一。ドコモが 2021 年 11 月に公表した白書「5G の高度化と 6G」の第 4 版には、このような記述がある。

人が脳で考えた情報を身体に反映させるまでの時間は、約 20 ミリ秒とされる。一方、ドコモは 6G において、エンドツーエンド（E2E、通信経路の両端）で遅延を 1 ミリ秒以下に抑えることを想定。そうなれば、人の動作を他者へ即座に伝えられる可能性も高まる。

ドコモはこうしたビジョンに沿う形で、身体の動きを精緻に共有するための情報基盤を開発した。センサーなどで得た動作データを、他者やロボットなどに伝える際に用いる。例えば人の腕の動作を把握し、それと同じようにロボットアームを動かせる。ピアノ教室の受講生に、講師による演奏時と同じ指の動きをさせることで、上達を促すといった利用例も考えられる。

ただ、「センシング（計測）は可能でも、アクチュエーション（駆動）が十分にできない。

駆動のデバイスが必要」(ドコモ担当者)な点が課題という。楽器の演奏のような繊細な動きを他者で再現させるための駆動機器の実用性を高められるかは、現時点では見えにくい。人が装着する際には安全性が問われる。倫理や法制度の観点で問題がないかの検証も求められそうだ。

そこでドコモはデバイス開発者向けに、同基盤へ簡易に接続できるソフトウェア開発キット(SDK)の提供を2022年度に始める予定。計測や駆動の技術に明るい協業企業を増やす狙いだ。人の動作を共有するサービスの実用化は、5Gでも可能な範囲は早期に実現したい考えで、2025年の大阪万博での技術のお披露目も視野に入れている。

ドコモは自社のビジョンを単独で達成することは難しく、協業企業の力が必要になる。6Gの白書第4版の公表以前から、触覚を含む身体感覚を伝達する技術を持つH2Lと組み、カヌーの一種であるカヤックを遠隔操作する実証実験を行うなどしてきた。今後は、従来の協業における成果や課題を整理しつつ、駆動機器のメーカーとの連携の実効性を高めていくことが望まれる。



図 2.5.1-1

人の腕や手の動作をセンサーで計測し、同じ動きをロボットが即座に再現する

出典：日刊工業新聞社

2.5.2 【ICT利活用分野】ロボ技術の開発加速

KDDI 総合研究所は、ロボット技術の実験・評価拠点「ロボット工房」を2021年9月に開設した。第5世代通信(5G)とその次の世代「ビヨンド5G」(6G)に向け、協業先と通信を活用したロボット制御技術やサービスの開発を加速するのが狙いだ。2022年度中にロボットを活用したい企業や関連技術を持つ企業3社と契約を結び、2023年度以降に核となる技術を開発する。

ロボット工房は、6Gの実用化が見込まれる2030年に向けた生活様式の研究拠点「KDDI リサーチアトリエ」内に設置した。

リサーチアトリエでもコンビニ店内を模したスペースを設け、テレイグジスタンスの遠隔操作ロボットを用いて商品ピックアップや配送の検証などを行ってきた。ただ、従来は利

用企業のニーズに対して自社の技術を提供するのが中心。今後は「より多くのパートナーとニーズの部分から一緒に考え、制御技術やサービスを開発したい」と先端技術研究所モバイルネットワークグループの北辻佳憲グループリーダーは話す。

ロボット工房内には仮想的に通信ネットワークを分割し、用途に応じて使い分ける「ネットワークスライシング」を整備。同拠点と KDDI 総合研究所本社、パブリッククラウドの 3 拠点を接続し、ロボット制御機能を分散処理するマルチアクセスコンピューティング (MEC) 環境も構築する。

これにより、ロボットの遠隔操作、映像伝送用に通信帯域を確保し、ロボットのカメラで撮影した映像が操作者のディスプレイ上に表示されるまでの遅延を低減。動きの速い対象物を正確に操作できるほか、映像伝送の遅延で生じる「仮想現実 (VR) 酔い」を軽減し、長時間の操作が可能となる。パートナー企業はロボットを持ち込み、これらの新たな通信技術を用いてロボット制御や管理する基盤の開発に生かせる。

シーズ技術を持つがユースケースを持たない企業には、KDDI のネットワークセンター向けに開発中の見回りロボットを実証対象として提供する。実用化に向けて自動充電やネットワークセンターのスケジューラーとの連携などの機能開発を共同で行う。

生活や製造現場などでロボットが人と協調する未来に向け、「遅延を小さくしたり、少ない計算量で膨大なロボットを制御することが求められる」と北辻グループリーダーは説明。これらの実現に向け、ロボット工房で活用できる環境や技術を順次拡大する方針。



図 2.5.2-1
開発中のネットワークセンター見回り
ロボットなどを使って実証できる
出典：日刊工業新聞社

2.5.3 【ICT 利活用分野】建機の接触防止 デジタルツイン技術活用

大成建設は現実の建設現場などを仮想空間に再現する「デジタルツイン」技術を活用し、建設機械の接触事故を防止するシステムを開発した。建設現場をパソコンで仮想空間上に再現し、建機と現場作業員の位置を正確に把握した上で警報発信や非常停止指令により現実空間での接触を防ぐ。蓄積したデータは安全教育に活用する。2022年2月、建機の自動化協調運転を開始する栃木県鹿沼市の南摩ダム施工現場に適用する。

新システムは大成建設が完全自動運転（無人化）施工を見据え、施工中に得た膨大なデジタルデータを活用し効率的な施工と安全管理を支援する建設現場管理システム「T-iDigital Field」の機能を拡張・強化した。デジタルツインで監視し建機との接触を防ぐ新アプリケーション（応用ソフト）を導入した。

新システムは事前に取得した飛行ロボット（ドローン）による地形情報（3次元（3D）点群データ）を基に、仮想空間をパソコン上に再現し、その画面上に現実空間で得たデータを基に建機や人の3Dモデルを配置する。現実空間の建機や人の全球測位衛星システム（GNSS）位置情報から、その位置や動きを仮想空間上に連動させる。

即時に取得したバックホー、振動ローラー、ブルドーザーなど重機のGNSS位置情報や、位置情報タグ（GVSS発信機）付きチョッキを携帯する現場作業員の情報からその動きを把握。接触の恐れがある場合は、パソコン上で「警報（黄色）」「非常停止（赤色）」を色分け表示し、建機と現場作業員にも知らせる。

従来の接触防止システムも異常時、現場に警告する機能を持つが、新システムはデジタルツインの活用で建機や人の形をより正確に把握でき、接触防止効果が極めて高い。また、デジタルツインを活用する最大のメリットは、建機や人の経路などのデータが蓄積できる点。接触しそうなエリアや回数、立ち入りやすい地域などを分析し、効果的な安全教育につなげる。現場の最適な施工方法やカーボンニュートラル（温室効果ガス排出量実質ゼロ）に向けた建機の燃費管理の検証にも応用できる。

大成建設は施工現場の完全自動運転を見据え、蓄積データでの未経験工事の施工方法の仮想体験やロボット化のアルゴリズムの開発にも活用する。同社によると、建設現場の機械関連災害は減少傾向にあるが、「はさまれ、巻き込まれ」「激突災害」などは横ばい傾向で、建設現場災害全体の1、2割を占めているという。



図 2.5.3-1
仮想空間で建機や人の接触を防止する
出典：日刊工業新聞社

2.5.4 【ICT 利活用分野】DX で地域の課題解決、自治体に基盤提供

東京電機大学と同大発のスタートアップ、エクスポリスは、小規模な地方自治体向けに DX 基盤サービスを開始、それぞれの市町村が抱える課題に適切なソリューションを提供しつつ、既存のシステム基盤とスムーズに連携させ、職員の人手不足が深刻な市町村を支援する。

主に人口 5,000 人以下で DX を進める人材に乏しい市町村が対象。通常の行政サービスのほか、地域医療や保健福祉、防災から棚田の水管理、鳥獣害対策、除雪車管理など地域特有の課題を専用アプリケーションと IoT、ドローンなどを活用して効率化する。その共通基盤として自社ブランドのプラットフォーム「アナスタシア」を提供する。

アナスタシアを介して、同じような課題を抱えるほかの自治体と連携し、共通の情報基盤としてノウハウを相互融通できる。データは専用クラウドに保管し、必要に応じて取り出す仕組みである。

「小さな自治体はさまざまなブランドのシステムを入れており、一つの OS ではアプリを動かせない」（西垣社長兼 CEO）ことが多く、アナスタシアでそれらを共通化し、データ連携できるようにする。



図 2.5.4-1

水田に水位センサーを設置し、水の見回り回数を大幅に減らし、省力化につなげた

出典：日刊工業新聞社

2.6 介護・医療・健康分野における最新動向

2.6.1 【介護・医療・健康分野】家族型ロボ、介護で活躍

SOMPO ホールディングスは、介護事業におけるロボット活用の可能性を探っている。子会社のSOMPO ケアが運営する介護施設で、出資先のGROOVE Xが開発した家族型ロボット「LOVOT（らぼっと）」（第9回ロボット大賞受賞）の導入を始めた。「介護×家族型ロボット」という組み合わせに、予想以上の“化学反応”が起きている。

2020年1月、介護付有料老人ホーム「SOMPO ケアラヴィーレ駒沢公園」に、らぼっと2台が実証実験で加わった。らぼっとは幅約28センチ×奥行き約26センチ×高さ約43センチメートルで、小型ペットに近いサイズ感。センサーによって周囲状況を把握し部屋の障害物を避けながら自律走行できるほか、カメラで人を認識できる。接し方次第で懐いてくれる。抱き上げると温かく、無機質なロボットとはどこか一線を画す存在だ。

SOMPOHDとSOMPO ケアが運営する研究所「フューチャーケアラボ in Japan」の片岡真一郎所長は「高齢者のADL（日常生活動作）やQOL（生活の質）の維持・向上にロボットを活用できないか考えた」と導入の理由を明かす。高齢者がロボットを気にかけて自発的に行動し、QOLが高まるかどうかの検証が実証実験の起点となった。

同ラボの芳賀沙織さんは「子供だましのぬいぐるみという印象を持たれないか不安だった」と導入の瞬間を回想する。ただ心配は杞憂（きゆう）に終わり、膝の上に乗せてハグしたり、涙を流したりする入居者がいたりするほどで、すぐにファンが生まれた。

職員の観察によると、自室で過ごす時間が長かった人が、らぼっとを心配して食堂に行き着替えさせるなど当初の狙い通り活動量の増加につながった。認知症患者にも良い刺激を与えたようで、笑う回数や発話量が増えたという。

らぼっとは職員にも好評で「癒やされて心安まる存在」との声もある。らぼっとを介したコミュニケーションで、これまで職員が知り得なかった入居者のバックボーンが明らかになるなど想定していなかった効果も出ている。SOMPO ケアの篠田陽子事業開発部シニアリーダーは「（らぼっとは入居者と職員の両者にとって）唯一無二の存在になっている」と評価する。

今後は施設に限らず在宅介護サービスでも有効かを検討するほか、らぼっとによる高齢者の行動変化の科学的理由を探る。また利用料（消費税別）が1台当たり初年度50万円、2年目以降は年25万円かかるため費用対効果についても検証を続ける考えだ。実証で得た利用者体験（UX）はグループエックスと共有し使い勝手の改善なども進める。

フューチャーケアラボ片岡所長は「テクノロジーによって生産性を高め職員の給与に反映する。同時に高齢者のADLとQOLを向上させる」と人とロボットが共生する新しい介護の確立に強い決意を示す。



図 2.6.1-1

「らぼっと」の存在が ADL や QOL 向上の一助になっている

出典：SOMPO ケア提供

2.6.2 【介護・医療・健康分野】「地域リハビリ」確立へ、ロボ通じて情報見える化

けがや脳卒中の影響で手足が不自由になった人のリハビリテーションでロボットが活躍している。豊田地域医療センターは、歩行訓練や上肢の機能回復などの支援にロボットを活用する。導入を推進したリハビリテーション科の医師で太田喜久夫藤田医科大学教授は「ロボットによる情報の見える化は地域医療の質を高める」として、医療機関や介護施設、行政などが連携する「地域リハビリテーション」への応用を目指す。

「今から歩きますよ」。理学療法士が患者に声を掛けるとトヨタ自動車製の歩行支援ロボット「ウェルウォーク」（第8回ロボット大賞受賞）がゆっくりと動きだした。足の振り出しを補助する装具を着けた患者が、ウェルウォークの一部であるトレッドミル（ランニングマシン）の上を歩く。患者の正面に設置されたモニターには足の重心のかけ具合や歩行の姿勢が表示され、運動機能が見える化される。過去の訓練結果との比較もできる。太田教授は「患者はフィードバックを受けながら歩行訓練ができる」と効果を説明する。

2020年12月に新たに開設した同センター診療棟の2階はリハビリ用フロアだ。マッサージ用ベッドなどが並ぶ中で目を引くのは3台のロボット。ウェルウォークの他に、トヨタ製の「バランス練習アシスト（BEAR）」、帝人製の「ReoGo-J」が置かれている。BEARは、パーソナルモビリティのような搭乗型ロボットに乗り、テニスやスキーゲームを通じてバランス感覚を鍛えられる。ReoGo-Jは、アーム操作によって上肢の関節可動域を改善させる訓練装置だ。

リハビリの現場でロボットを活用する取り組みは2018年4月から始まった。豊田市とトヨタ、藤田医科大学の産学官が連携し、ロボットやIT技術を同センターで活用する実証研究がきっかけだ。

医療としてのリハビリだけでなく、地域住民の健康増進を図る予防的リハビリを含めた「地域リハビリテーション」に貢献するものとして期待されている。「情報の見える化が重要だ」と、太田教授は説明する。地域リハビリは病気になり始めた「急性期」から「回復期」、在宅で生活する「生活期」の各段階にてシームレスな連携が欠かせない。ロボットなどを通

じて運動機能や生体情報を取得することで連携を加速できるという。

そのためには理学療法士などの訓練士が患者の情報を読み取り、適切な訓練などを考える力を養成することが欠かせない。2022年4月には「総合療法士育成センター」を開設し、ロボットやITの活用を通じて、地域リハビリを実現する人材の育成を図る。

太田教授はリハビリロボットの活用について「(訓練士の) 人間力の強化が大切だ」と指摘する。歩行訓練が効率的になったとしても、不安感の低減や患者の体に触れてサポートする行為は人にしかできない。ロボットを活用した地域リハビリの確立に向けて模索が続く。



図 2.6.2-1

患者の前にあるモニターには姿勢や重心のかけ方などが見える化されている（ウェルウォーク

出典：日刊工業新聞



図 2.6.2-2

アーム操作によって上肢の関節可動域を改善する「ReoGo-J」

出典：日刊工業新聞

2.6.3 【介護・医療・健康分野】見守りロボで高齢者支援

オートバックスセブンは2019年、AIなどを用いた見守りサービスのブランド「WEAR+i（ウェアアイ）」を始めた。店舗でのカー用品販売や車検といった主力事業とのシナジーは薄いようにも見えるが、幅広い分野でのAI活用を図ることで、消費者との接点を増やしたり自動車以外の領域への事業展開に役立てたりしている。

地域課題の解決などを目指し、大分県や同県内の自治体と包括連携協定を締結。AIを用いた河川水位監視カメラの実用化に向けた実証実験などにも取り組んでいる。

地域課題の解決に向けたテーマの一つが、高齢者支援だ。19年には高齢者らを対象に、

対話型 AI を搭載した見守りロボット「ZUKKU（ズック）」を発売した。高齢者が話しかけると、ズックが AI を介して返事をする。

AI が会話から体調変化などに関するキーワードを抽出。離れて住む家族らのスマートフォンに連絡する仕組みも搭載している。

ウェアアイなどの取り組みを統括する ICT プラットフォーム推進部の八塚昌明部長は「会話のキャッチボールができなければ面白くない。今はシナリオに沿った会話を中心だが、より自然で豊かな会話ができるようにしたい」と話す。今は同社の社員がズックに日常会話を教えることで対話型 AI の高度化を目指しているが、「いずれはお客さまとの会話を機械学習として生かせるようにしたい」と構想を描く。



図 2.6.3-1

AI で見守り

出典：日刊工業新聞

2.6.4 【介護・医療・健康分野】教育用ロボを介護向けに 高齢者見守り

NUWA ロボティクス JAPAN は、小学生の教育用に展開している卓上型コミュニケーションロボットを、介護福祉向けにも展開する。画面が大きく、音声で双方向通信ができる長所を高齢者の安否確認などで活用する。夏をめどに高齢者向けの機能を盛り込んだ専用のパッケージ商品を発売し、介護福祉分野向けの売り上げを「全体の 25%程度に高めたい」（矢吹社長）考えだ。

介護福祉向けに展開するのは、教育用は学校へ導入されるまで長い年月がかかるのに加え、高齢化とコロナ禍でコミュニケーションロボの需要拡大が見込めるためだ。公立学校の場合、少数校での実証実験を経て翌年度に導入が始まるのが一般的で、年度ごとに予算を策定する都合もあって浸透が遅い。

これに対して介護向けは、高齢者施設などに導入が決まれば一気に台数増が期待できる。コロナ禍で多くの高齢者は孤独な生活を強いられ、感染を防止する目的から家族との面会や職員の訪問もままならない。高齢者宅に設置して安否確認などの需要を狙うロボメーカーも複数あるが、IT に不慣れな高齢者ではロボの操作が難しく「お蔵入り」となるケースも多い。

NUWA ロボティクス JAPAN のロボは画面と声が大きいため耳の遠い高齢者でも会話でき、高齢者のいる方向に顔の向きを自動で変える機能もある。施設職員や医師、遠方の家族らは本人の顔を見て細かい表情を確認できる。高齢者もロボの顔画面で電話相手の名前の表示に触るだけで会話を始められ、使用抵抗が少ない。コンテンツは「見守り以外にもリハビリメニューやクイズ、カラオケなど高齢者が喜びそうなものを準備中」(矢吹社長) という。



図 2.6.4-1

卓上型コミュニケーションロボット

出典：日刊工業新聞

2.6.5 【介護・医療・健康分野】心エコーロボに駆動装置提供

日本精工は早稲田大学の岩田浩康研究室が開発した心疾患を自動で検査する心エコー検査ロボット「オリヅル」に中核となる駆動装置を提供した。検査技師のプローブ操作を駆動装置が再現し、精度が高い心エコー画像を取得できる。日本精工は医療向けをはじめ、人を支援するロボットやサービスロボットの機構部品の開発を強化しており、今回の成果はその一環となる。

心エコー検査ロボットは超音波を活用して心疾患の検査を自動化する。日本精工は同ロボットのうちの検査を行う中核ユニットを手がけ、超音波検査を行うプローブの先端位置を動かさずに角度を変えられる「球面パラレルリンクアクチュエータ (PSU)」を開発した。心臓は肺や肋骨の後ろに隠れているため、身体の表面にエコーを当てるだけでは適切な検査ができず、これまでは患者に横向きの姿勢を維持してもらいながら、医師や技師らの専門家が検査する必要があった。

PSU は日本精工独自の開発手法「リアルデジタルツイン」により実現した。技術開発本部新領域商品開発センターの小林誠一所长は「試作を少なくして開発スピードを向上することができた」、早大の岩田教授は「心疾患は日本人の死亡率では2位。世界初の座ったまま手軽に検査できるロボット」と語る。

日本精工はまた、病院内の重量物の搬送を支援する「搬送アシストロボット」の実証実験も行っている。模擬コースでアシストロボットを装着したストレッチャーを搬送した看護師に扱いやすさなどを聞き取り調査するほか、データ計測なども行う。同ロボットは医療従事者の負担が大きいストレッチャーの加減速時や移動をモーターの制御技術で支援する。



図 2.6.5-1
早稲田大学が開発した心エコー検査
ロボットに駆動装置を提供
出典：日刊工業新聞社



図 2.6.5-2
アシストロボットを装着したストレ
ッチャー
出典：日刊工業新聞社

2.7 インフラ・災害対応・建設分野における最新動向

2.7.1 【インフラ・災害対応・建設分野】ロボットアーム型木材加工機開発

インフロンニア・ホールディングス（HD）グループの前田建設工業と前田製作所は、ロボットアーム型木材加工機「WOODSTAR（ウッドスター）」の販売事業を開始した。ウッドスターは従来では難しい大型部材や複雑な形状の加工を可能にした木材加工機。公共物などで採用が進む非住宅建築物に対応するため、月内に全国のプレカット工場向けに販売を開始する。

ウッドスターは、前田建設工業と千葉大学が 2018 年 12 月に開発した。汎用ロボットアームの先端に自動ツール交換機を装着した 2 機を 1 組として、加工材を垂直に設置したことで、上下の断面寸法 3 メートル、厚さ 1.25 メートルの大型部材の加工が可能になった。アームは 6 軸で動き、曲線に富んだ複雑形状の造形物を加工できる。

また、ビルディング・インフォメーション・モデリング（BIM）で作成したデータにも対応した。建築設計段階のデータを木軸の加工段階まで連携させることで、大規模木造建築に使用する構造材を高精度で一気に自動加工できるようになった。



図 2.7.1-1
ロボットアーム型「ウッドスター」
出典：日刊工業新聞社

2.7.2 【インフラ・災害対応・建設分野】多脚ロボット開発 クモ脚で原発内観測

シマノは日本原子力研究開発機構敦賀総合研究開発センターと共同開発したクモ脚タイプの多脚ロボットを、福島県楡葉町で開かれた「廃炉・災害対応ロボット関連技術展示実演会」で公開した。原子力施設などの狭い現場を移動して観測・測定できる。2022 年度内に完成を目指す。

幅 500 ミリ×長さ 500 ミリ×高さ 250 ミリメートルで 6 本の脚で歩き、車輪走行も可能である。サーボモーター 36 本を搭載し、歩行、走行、脚での上り下り、ターンもできる。シマノは同ロボットを 3D プリンターを活用して開発した。

原発などの狭い現場や厳しい環境下で、上部にペイロードを搭載して配管を通り抜け、階段を上り下りし、障害物がある狭い場所などをオペレーターが指示して自律移動する。東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業で、原子力機構が開発したコンプトンカメラを搭載して建屋の放射性物質の 3 次元分布測定などを行うことを目指している。



図 2.7.2-1 多脚ロボットが走行
出典：日刊工業新聞社

2.7.3 【インフラ・災害対応・建設分野】 3D データ可視化システム 発電所で実証

CalTa は、3D データ可視化システム「TRANCITY」開発の一環で、水力発電所の千手発電所で実証実験を行った。同システムは主にドローンで建物や設備を撮影して点群などの 3D データを容易に生成し、遠隔地から現場の詳細を把握できる。実際の現場でシステム使用環境を検証し、課題も解決しながら早期開発につなげる。2022 年度に、建設工事やインフラの維持管理分野向けに提供を目指す。

CalTa のシステムはパソコンの性能に依存せず、点群や 3D データを高速・高精細に生成し可視化できる。建設分野の 3D モデリング技術「BIM」データと、点群データを重ねて使うことも可能である。遠隔地から現地の状況を可視化し、従来は人手で行っていた現場施工管理の点検、確認、設備の不具合箇所の抽出作業を自動化して現場管理業務の生産性を高めることができる。



図 2.7.3-1
遠隔地から現場の詳細を把握できる
ようにし、効率化につなげる
出典：CalTa

2.7.4 【インフラ・災害対応・建設分野】 建設現場に巡回・監視 6 輪ロボ

清水建設とソニーグループは、建設現場の巡回・監視ロボットの実用化に向けた共同実証実験を開始したと発表した。両社は 2022 年 6 月までの実証実験を通じて、清水の建設現場でハード・ソフトの両面で性能評価と技術検証を行い、ソニーが開発中の移動ロボットの技術開発の推進につなげる。

開発中の移動ロボットは全高 720 ミリ-1220 ミリメートル（500 ミリメートルの可変ストローク）、全長 912 ミリメートル、全幅 672 ミリメートル、バッテリーを含む機体総重量は 89 キログラム。脚と車輪の移動を両立する 6 脚車輪構成で、整地、不整地が混ざった環境で安定、高効率な移動が可能。最大移動速度は毎秒 1.7 メートル。可搬重量は 20 キログラム。

実証実験は清水建設が施工中の「虎ノ門・麻布台プロジェクト A 街区のタワービル」で行う。段差や開口、障害物などがある建設現場で、移動ロボットの検証機を動作させ、従来は人による巡回・監視業務、工事の出来高確認、検査業務などを想定し、歩行性能、監視（撮影）性能、操作性能を検証。導入による有用性の確認やその課題、ニーズを整理する。

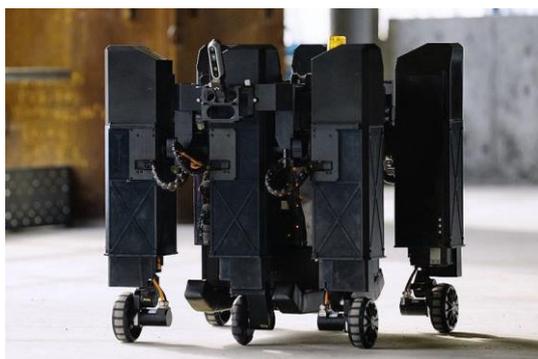


図 2.7.4-1
開発中の移動ロボット
出典：日刊工業新聞

2.7.5 【インフラ・災害対応・建設分野】ドローン 52機 全国 13 地域を同時飛行

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、KDDI、パーソルプロセス&テクノロジーは2021年11月24日、全国13地域で計52機の飛行ロボット（ドローン）を同時飛行させ、遠隔から運航管理する実証実験に成功したと発表した。同様の実証では最大規模だという。KDDIが開発した運航管理システムで携帯回線に接続した複数のドローンを管理し、目視外で衝突を避けて安全に飛行できることを確認した。

実証は、三重県志摩市や福島県南相馬市などで配送や災害対応、警備、測量、インフラ点検など地域ごとに異なる用途を想定して実施した。管制担当者は、東京都内に設けた運航管理室から運航管理システムを通じてドローンやヘリコプターの位置情報や接近を検知し、全国で飛行する機体を集中管理した。プロドローンや中国 DJI など複数メーカーの機体を用いて行った。

2022年度の改正航空法施行により有人地帯での補助者なし目視外飛行（レベル4）が解禁される見通し。物流などでの実用化が期待される。これを見据え、2022年1月に運航管理システムの社会実装やビジネスモデル確立に向けたガイドラインを策定する。



図 2.7.5-1
全国で同時飛行するドローンを都内で一元管理
出典：日刊工業新聞

2.7.6 【インフラ・災害対応・建設分野】電線保守・災害調査でドローン活用拡大

ヤマハ発動機は飛行ロボット（ドローン）と無人ヘリコプターの活用範囲を拡大する。従来の農薬散布などの農業分野に加えて、花粉飛散防止剤の散布や高圧電線保守作業向けの機材搬送、森林計測などで実証実験している。災害調査用でもソフトウェアメーカーなどと共同で開発している。有人地帯で目視外飛行する「レベル4」の解禁などの法整備が進めばドローンの社会実装が増えると見て、用途拡大で需要増に対応する考えだ。

ヤマハ発動機のドローンと無人ヘリは、水田や畑などに殺虫剤や殺菌剤、除草剤、肥料などの散布、直接種をまく直播などで活用が進んでいる。作付面積の小さい場所はドローン、大きい場所や住宅などが混在する場所では無人ヘリをそれぞれ提案、使い分けを図っている。

花粉飛散防止剤はスギ花粉を対象に散布している。ただ費用をどこが負担するかなどが課題になっている。

電線保守向け機材搬送は九州を中心に活用が進み、他地域へ広がる可能性もある。資材運搬では獣害対策の防護柵資材を山間部に運ぶ実験も行った。

森林計測は空撮データから木の大きさや本数を計測して森林状況を把握するほか、境界線確認などに用いる。災害調査はカメラを搭載して土石流崩落現場などの被害状況などを情報収集する。

これらでは特に山間部などで人間が行う場合に比べて大幅に作業効率を高められる。

またヘリのガソリンエンジンを動力ではなく発電機として活用、モーターで駆動するハイブリッド型を開発している。バッテリー単独方式のドローンに比べて航続時間を拡大し、用途拡大を図る。

レベル4の解禁に向けて発信装置の設置義務や操縦免許の国家ライセンス化などの法整備が進む見込み。都市部での活用が広がる可能性がある。



図 2.7.6-1

レベル4 解禁でドローンや無人ヘリコプターの都市部活用が広がる可能性もある

出典：日刊工業新聞

2.7.7 【インフラ・災害対応・建設分野】 災害対策ドローンシステム参入

エア・ウォーターは自治体や消防向けの飛行ロボット（ドローン）を使った防災・災害対策システム事業に参入した。2021年9月に子会社のセプトゥーフアイブが災害対策用ドローンと人工知能（AI）を用いた「被災状況調査分析システム」を合わせて市場投入を開始。災害時の空撮画像から被災状況を把握し、早期の対策に生かす。ユーザーの実証試験や訓練、運用ルール策定も支援する。3年間で計20件の販売を目指す。

災害対策用ドローン（写真）を国内メーカーと共同開発し、OEM（相手先ブランド）供給を受ける。AI画像解析技術を使う「被災状況調査分析システム」は人やブルーシートなどを学習させ、実際の空撮画像から検出して地図上に表示できる。ドローンの飛行軌跡の記録や機体管理も可能。現場で撮影する映像を遠隔地とリアルタイムに共有できる。

災害発生を想定したトレーニングや運用ルール策定のほかシステムで検出する対象物を事前学習させる実証試験も支援する。

年内にドローン複数機を管理する機能を追加し、22年3月までに自動飛行機能を実装する予定。販売面では消防向け設備・機器を手がけるグループ会社のエア・ウォーター防災（神戸市西区）の販路も生かす。



図 2.7.7-1
ドローンと AI を活用する
出典：日刊工業新聞

2.7.8 【インフラ・災害対応・建設分野】 ドローンに避難誘導スピーカー

クオリティソフトは、双葉電子工業製の飛行ロボットに搭載する圧電スピーカーユニットを開発した。人の音声を明瞭で力強く出力することに特化し、ドローンによる上空からの広域アナウンスを実現。人工知能（AI）アナウンス機能により、日本語以外にベトナム語など28カ国語の選択が可能。「アナウンサードローン」の名称で、自治体の防災用などに拡販する。

ドローンは耐風性能が風速15メートルと高く、防水性能も備え、45分間程度飛べる。

災害現場でドローンを検索などに活用し、住民や帰宅難民に避難誘導を呼びかける試みはいくつかの地域でされている。ただ、ドローンの飛行騒音にかき消されて住民からは「内

音が良く聞き取れない」との声も多い。

クオリティソフトの圧電スピーカーはドローンのプロペラ音や周囲の騒音に負けない音声出力と、音声の指向性により、300メートル程度離れていても明瞭に聞ける性能を実現。スピーカーは計5種あり、総重量220—650グラムと軽い。同社はクラウドサービスとパッケージソフトウェア提供を手がけ、今後、ドローンの飛行経路管理や機体相互認証へと事業を広げる考え。



図 2.7.8-1
避難誘導スピーカー双葉電子工業の
ドローンに搭載
出典：日刊工業新聞

2.7.9 【インフラ・災害対応・建設分野】 大学と連携、「復興知」学習

福島イノベーション・コースト構想推進機構が福島県内の小、中、高校生の教育・人材育成に取り組んでいる。県内の先端企業や研究機関を訪問して技術・システムを学び、地域に貢献する人材を育成する狙いだ。全国17の大学・高専や福島県浜通りの自治体、地元学生が参加し、それぞれのテーマで取り組む「復興知」事業も進めている。福島第一原子力発電所事故で被災した福島県の復興への貢献が期待される。

これらの事業は国家プロジェクトの福島イノベーション・コースト構想の柱となる福島県浜通りを中心にした地元学生の教育・育成事業である。最も力を入れているのが県全域の高校が対象の高校生の各種見学・出前講座である。普通高校と農・商・工業高校の枠組でそれぞれ教育プログラムを設定し、企業への見学・学習や専門家による出前講座を実施する。2020年度は県内高校の約3分の1に当たる29校が、21年度プログラムには30校が参加した。

浜通りにはロボット産業や原発廃炉に絡んだ研究機関、エネルギー関連企業の新規立地が進んでいる。こうした先端技術を持つ企業・研究機関を高校生が訪問し、現場で実際に機器に触れ、操作して学ぶ。

これまでに楡葉町の日本原子力研究開発機構・楡葉遠隔技術開発センターではロボットの遠隔操作の実習を行い、いわき市では普通高校の生徒が企業訪問し、現場から課題を整理、

解決策を学習した。

復興知事業は浜通りの15自治体と大学が連携した課題解決プログラムを通し、人材育成基盤を構築する。地元小・中学生も参加する。会津大学は福島県南相馬市でロボット・情報通信プログラムの人材育成を、近畿大学は川俣町で農・産業育成を通じた人材教育を進める。東京大学は飯館村、新地町、いわき市などと農業、地域エネルギーなどに取り組む。県と大学が連携し小・中学生対象の最先端科学技術に触れるスーパーサイエンススクールも開催し、東大は復興知教科書を編集・販売する。

福島イノベーション・コースト構想推進機構ではさまざまな人材育成の教育事業で「学生たちが地元の先端企業を理解し、次世代を担う人材に育って、地元に戻り産業のレベルアップに貢献していけば」としている。



図 2.7.9-1

高校生が廃炉ロボットを学ぶ

出典：日刊工業新聞社

2.8 農林水産業・食品産業分野における最新動向

2.8.1 【農林水産業・食品産業分野】スマート農業プロジェクトの推進

農業分野では、担い手の減少・高齢化の進行等により労働力不足が深刻な問題となっており、現場では、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、省力化、人手の確保、負担の軽減が重要な課題である。

ロボット、AI、IoTなど先端技術を活用する「スマート農業」では、①作業の自動化、②情報共有の簡易化、③データの活用により、農業現場の課題を解決し、若手人材の担い手を増やす目的がある。

スマート農業実証プロジェクトでは、ロボットなどの先端技術を実際の生産現場に導入して、その効果を実証している。実際、導入した農家からは、自動化や導入コスト、データ活用などの具体的な声が上がっており、今後は導入効果の高いロボットなどの先端技術の実装が進められる。



図 2.8. 1-1 スマート農業実証プロジェクトの全体 出典：農林水産省

スマート農業の現場実装の加速化

スマート農業実証プロジェクト⑤ プロジェクトに参加する農業者の声

(作業の自動化)

- スマート農業機械により、水田作で削減された労働時間を活用して、トマトの生産拡大に取り組むことができました。
- 直進キープ田植機を活用することで、新規就農者でも熟練技術者並みの精度・時間で作業が可能となった。
- ロボットトラクタや自動運転コンバインについて、外周は手動で作業しなければならない、不定形で狭小な圃場の多い経営体では、利用圃場が限定される。
- 一部の地域では、スマートフォンによるGPS位置制御が不安定になる場合があり、情報通信基盤の整備が、スマート農業が隔々まで普及する際の課題になりうる。

(導入コスト)

- 中山間地域において、直進キープ田植機等を市町村間シェアリングにより導入すれば、初期投資の負担削減が期待できる。
- 北海道であれば1生産者1台の導入もあり得るが、本州はサブスクリプション（定額制利用サービス契約）での導入を行うなど、経営に必要となる部分を見極めた上でスマート農機の導入を行う必要がある。

(データの活用)

- 生産管理システムを導入することで、データの蓄積・分析によってボタン1つで必要な情報を見られるようになり、どこに問題があるのか、抽象的ではなく数値で分かるようになった。

(その他)

- 輸出できるお茶の原料を生産しており、スマート農業技術を使用することも含め、海外に活路を見出していきたい。
- AIを活用した作業管理等により、労働時間が削減できた。また、削減できた労働時間を営業活動に充てることで、新たな販売先を確保でき、収入の増加につながった。

32

図 2.8. 1-2 実証プロジェクトに参加した農業者の声 出典：農林水産省

2.8.2 【農林水産業・食品産業分野】ハウス栽培を自動化 アスパラで実証

クボタは、スマート農業に関わるスタートアップなど 6 社と共同でハウス栽培のスマート化に向けた実証実験を始めたと発表した。ロボットや人工知能 (AI) などの技術を活用し、アスパラガス栽培の自動化・効率化を目指す。

各社のノウハウによって収集する水やりや施肥、病虫害の予防・駆除、収穫など各栽培工程のデータを相互活用し、新たなソリューションの創出につなげる。ハウス栽培の実証はクボタが 2021 年 3 月に立ち上げた群馬県内の実験専用ほ場で実施する。

ハウスでのアスパラ栽培は生育状況に応じたきめ細かい管理が必要となるため、農家への負担が大きい。クボタなどは軽労化と栽培の最適化に取り組む。

連携で参画する企業は収穫作業の自動化で inaho (第 9 回ロボット大賞受賞)、生育状態推定の AI モデルの構築でオプティム、水やりや施肥でルートレック・ネットワークス、病虫害の予防・駆除でレグミンなど。



図 2.8.2-1
実験専用ほ場で実証する
出典：日刊工業新聞社

2.8.3 【農林水産業・食品産業分野】農機ロボでスマート戦略 衛星測位で安く正確

井関農機はスマート農業の加速に向け、2022 年に新商品を相次ぎ投入する。全地球測位衛星システム (GNSS) を活用した安価で高精度な位置情報サービスを 1 月に開始。2022 年 2 月に有人監視型ロボット田植え機「PRJ8D-R」を発売する。農家の高齢化やリタイアで水田の集積・大規模化が進む一方、コロナ禍の外出不振によるコメ余りもあって、コメ作りの低コスト化や省力化が一層求められていることを追い風に拡販する。

GNSS 位置情報サービスは位置補正機能を持ったトラクターや田植え機を所有する農業法人が対象。電子基準点や N T T ドコモ所有の基準局で衛星測位したデータを活用する。ロボット農機や自動操舵システムに必要な位置補正情報を月 3,300 円 (消費税込み) の低料金で配信する。

農業者が自前でアンテナを建てる必要がなく、初期投資コストを節約できる。使用期間も「トラクターや田植え機を使う3—6月の4カ月間だけ」などと自由に設定可能で、さらに費用を抑えられる。年間1000件の契約を目指す。

ロボット田植え機は8条植えタイプ。最初にオペレーターが作業したい水田の外周3辺を搭乗して植え付けすることで圃(ほ)場マップを自動作成し、後は自動で田植えができる。

ロボット農機は2018年12月発売のトラクターに続くものとなる。従来の田植え作業はオペレーターと、田植え機への苗・肥料の補給を担当する補助者の2人1組で行うことが一般的だった。ロボット田植え機の活用で1人で作業可能になり、田植え機の操作が不慣れな人でも高精度な作業ができる。



図 2.8.3-1
2022年に発売するロボット田植え機
出典：日刊工業新聞社

2.8.4 【農林水産業・食品産業分野】農業ドローン事業、実証成果を農家に提案

エアロセンスは、農業分野の飛行ロボット（ドローン）ビジネスを開拓する。北海道当別町のスマート農業コンソーシアムや、京都先端科学大学のドローンプロジェクトに参加。実証実験で得た成果を、農業法人や大規模農家などに提案する。作物の生育監視や施肥制御、農業機械との連動によるスマート農業などを想定。「2、3年後をめどに全国展開を目指す」（嶋田悟取締役）方針だ。

ドローンはヘリコプターより低空を飛べるため、作物の近くまで舞い降りて高精細動画を撮影できる。画像データはクラウドコンピューターシステムで分析する。生育が良い地域と悪い地域、肥料が十分な地域と足りない地域など、施肥量や水やり、農薬散布量をきめ細かくコントロールし、費用の削減につなげる。

減農薬や味の濃い野菜など、作物単価の向上も見込める。農業従事者の平均年齢が65歳を超えるなど高齢化が進んでいることから「省力化でドローン需要が今後一層高まる」（同）と取り組みを強化する。

農業はコメや小麦、大豆など作物により栽培方法が違うため、実証実験のノウハウが不可欠になる。北海道当別町の実験では、ドローンや可変施肥農機、自動収穫コンバインなどを組み合わせて労働時間を短縮する。浮いた時間を利用し、温室でイチゴやトマトなどを栽培、

収入をさらに増やすことを想定する。京都先端大の農業も、ドローン活用で省力化を見込む。これらで得たデータ、ノウハウを一般農家向けに展開する。



図 2.8.4-1
北海道当別町でのドローン実験
出典：日刊工業新聞社

2.8.5 【農林水産業・食品産業分野】 農薬散布ドローン新型機 アプリで自動飛行

石川エナジーサーチは、従来製品に比べて操作性を向上した農薬散布用ドローン「アグリフライヤー typeR」を発売した。専用アプリケーションによる自動飛行や自動散布機能を搭載し、作業の効率化を図ることができる。

専用アプリをダウンロードしたタブレットとフライトコントローラーを組み合わせで使用する。タブレット画面で農地の衛星画像を見ながら散布範囲の地点を迅速・簡単に登録できる。台形や三角形などの農地にも対応する。タンク内の農薬の残量を画面上で確認でき、補充のタイミングを把握しやすい。1万平方メートルの散布時間は約10分である。

機体には障害物センサーを搭載しているため、前方や後方、下方を検知し、障害物に接近すると停止する機能を備えている。

アームを広げた時の機体寸法は全長1345ミリ×幅1345ミリ×高さ690ミリメートルで、重量は液剤散布装置を含めて16.7キログラム。農薬散布の事業者や中規模農家に加えて、一般のユーザーの利用を広く開拓していく。



図 2.8.5-1
農薬散布ドローン「アグリフライヤー
type R」

出典：日刊工業新聞社

2.8.6 【農林水産業・食品産業分野】ドローン使い山岳物資輸送 林業管理あり方探る

住友林業は損害保険ジャパン、SOMPO リスクマネジメント、トルビズオン共同で、愛媛県新居浜市の社有林などでドローンによる物資運搬実証実験を行った。実験の成果を基に今後シカなどの害獣駆除や森林生育状態の監視、植林苗の運搬などとドローン活用の幅を広げていく。森林管理の効率化や新たな価値創造につなげる。

物資運搬実験では可搬重量がカメラ込みで3キログラム、航続時間が50分程度のドローンを使用した。高低差で600メートル、直線距離で3キロメートル離れたマイントピア別子とマイン工房の2施設で、幕の内弁当を届けたり、銅製記念品を運搬したりするなどの実証を行った。

2施設間の直線距離は短くても、車では時間がかかるうえ、林道が狭く車が入れないことも多いが、こういった問題を解決できる。ドローン制御電波も2・4ギガヘルツ帯電波ではなく携帯電話用のLTE回線を使うことで、広範囲の通信が可能になった。

住友林業は国土面積の800分の1に相当する広大な社有林を全国各地に持つ。今回の物流だけでなく、森林伐採前の現地調査、植林用苗の運搬などさまざまな分野でドローン活用を検討していく考えだ。台風や大雪に見舞われると倒木はもちろん、山崩れなどで森林の形が変わってしまうこともある。

伐採作業以前に人が行って確かめる方法が通例だが、「到着まで時間がかかる上に、大雨直後などは内部の様子が分からないため、近づくこと自体が危険」（住友林業新事業戦略開発室）である。苗木の運搬も人が背負って山奥へ行き来する方法は効率が悪く、ドローンで効率向上が期待できる。

害獣のシカ駆除の需要もある。赤外線や熱センサーを使ってシカを発見し、ドローンで追い払う。また、山奥の仕事では作業中に電池が切れ緊急で必要になることもあり、ドローンの活用が期待される。



図 2.8.6-1
ドローンによる物資運搬実証実験

出典：日刊工業新聞社

2.8.7 【農林水産業・食品産業分野】自律移動ロボにアーム搭載、農業に活用

Piezo Sonic (ピエゾソニック) は、自社の自律走行モビリティの機能を拡張し、用途を拡大する。同社の搬送用自律移動ロボット「Mighty」にロボットアームを搭載し、AI や画像処理技術を用いてエレベーター操作を可能にする。あらゆるフロアに移動・搬送でき、配送の効率化などに貢献する。アームを追加したモデルで農業分野など新たな用途開拓も狙う。

ロボットアームはロボット本体の側面に取り付け、走行時は折りたんで収納し、使用時に展開する。Mighty には電力ゼロで姿勢保持ができる独自の超音波モーターを採用しているが、アーム部にも同モーターを使用し、バッテリーのロスを低減する。

画像処理でエレベーターのボタンの位置などを認識し、アームでボタンを押す。2021 年度中に開発し、22 年の春をめどにテスト販売の開始を目指す。

多田社長は「物流の課題であるラストワンマイルの搬送支援に貢献したい」としている。高層マンションなど、フロア数の多い建物での荷物の宅配などに役立てたい考えを示す。

アームを搭載したモデルは物流以外にも、さまざまな用途での活用を見込む。センサーと組み合わせ、農業では土壌調査や収穫・採取作業などの自動化が可能になるという。顧客と共同で開発を進める。



図 2.8.7-1

搬送用自律移動ロボット、側面にアームを取り付ける

出典：日刊工業新聞社

2.8.8 【農林水産業・食品産業分野】未来型ロボ開発、1人で飲食店運営

コネクテッドロボティクスは、店員 1 人で飲食店を運営できる「未来型ロボットキッチン」を開発した。双腕のそばゆでロボットをはじめ、総菜を冷凍庫から取り出して揚げるフライヤーロボット、食器洗浄ロボット、トレー上の食事を画像認識し自動で支払額を表示する「フードスキャンレジ」などを一連の流れで行う。

外食店の多くはコロナ禍による客数減少と営業時間短縮で経営環境が厳しい。居酒屋やレストランから、持ち帰り商品主体の唐揚げ店やうどん店にくら替えする例も増えている。

こうした店はメニューも食品も単品型のためロボットによる自動化がしやすい。非接触によるウイルス感染防止の効果も見込む。



図 2.8.8-1
定員のサポート範囲が大幅に広がるロボットシステム

出典：日刊工業新聞社

2.9 教育分野における最新動向

2.9.1 【教育分野】「先生ロボ」販路拡大

ソリューションゲートは、小学生向けの学習指導ロボット「ユニボ先生」拡販のため、古河電気工業グループの商社である古河産業と提携した。ユニボ先生の現在の販売は10台程度にとどまっている。新型コロナウイルス感染防止や不登校対策として教育分野のデジタル変革（DX）が注目される中、2022年に100台以上の販売を目指す。

ソリューションゲートは従業員が数人のため、ある学校へ営業に出向くと別の注文に対応できないといった課題があった。古河産業との販売提携で営業面の人手不足を解消。ソリューションゲートは学習指導ロボットの肝である教育ソフトウェア開発に専念し、子どもの状況やレベルに合わせたコンテンツでインターネット塾やタブレット端末教材との差別化を進める。

ユニボ先生はユニロボット製の卓上ロボットがベース。対象の子どもの学習理解レベルに合わせて算数の問題を出題し、正解すると「すごいね」、不正解だと「どこでつまづいたのかなあ」などと声がけし、集中力の持続を促す。

コロナ禍もあって多くの公立小学校では自分で勉強を進められる子と、言われないと勉強しない子の2極化が進行しているとされる。つまづいた子にいかにもやる気を起こさせ、勉強に自信を付けさせるかが重要テーマになっている。

ユニボ先生は、こうした子どもにやる気を起こさせる教材の作成や声がけのタイミングを重要視。個別指導法はネット授業の塾やタブレット端末教材では対応が困難で、ロボットに興味を持ちやすい小学生の年齢と合わせて差別化のポイントに据えていく。



図 2.9.1-1
学習指導ロボット。子供に個別指導を行う。
出典：日刊工業新聞社

2.9.2 【教育分野】プログラミング、親子で学んで従業員向けに

ヤマハ発動機は、次世代エンジニアの育成に注力している。同社従業員の親子を対象にした「キッズプログラミング教室」ではプログラミングの基礎や楽しさを学んでもらう。2022年からは地域の子どもも参加できるようにする。また小学生対象のプログラミング大会などに協賛している。モビリティとロボティクスの両方を事業展開するメーカーとして、動くモノと動かす制御の難しさ、面白さを伝える。

あらかじめ設定されたコースで速度や距離、曲がる角度などを計測して集計し、ロボットカーの走行をプログラミングする。



図 2.9.2-1
キッズプログラミング教室
出典：日刊工業新聞社

2.9.3 【教育分野】ドローンプログラミング 小学生に体験授業

九州電力は小学生に向けたドローンのプログラミング体験授業を福岡県朝倉市で実施した。福岡支店の担当者らを講師に、同市立秋月小学校の6年生30人が飛行コースの計測、設定などを体験した。

地域課題の解決や持続可能なまちづくりを支援する活動の一環である。あさくら観光協

会による、ワーケーションと学校を結びつける事業に協力した。教育現場でプログラミングの指導人材が不足する中、九電のドローン事業のノウハウと組み合わせた。

授業では簡便に操作できる市販アプリケーションを用いて、小型ドローンの自動飛行プログラムを組んだ。



図 2.9.3-1
ドローンプログラミング体験授業
出典：日刊工業新聞社

2.9.4 【教育分野】 ゲーム感覚でロボット操作学習

ニューラルは、ロボットの仕様や使用現場に合わせてカスタマイズして提供する操作教育ソフトウェア「ロボットオペレーションラーニング」を開発した。

ロボットのオペレーターが自分で学習できる。個々のロボットの操作手順の説明を画像と文章で受ける。さらに実機と同様の画面で操作を行い、ロボットの動作を確認する。ロボット別、現場別の切り替えもできる。

テストモードで一連の操作をやってみて、操作手順や所要時間、干渉の有無などに問題がないかをゲーム感覚で確認できる。シミュレーターモードを使って、周辺環境との干渉がないかなど実作業前の確認もできる。

教育用のロボットの実機手配が不要で、生産への支障やミスによる故障が避けられる。教育の標準化や学習効果の見える化もできる。



図 2.9.4-1
ロボットオペレーションラーニング
出典：日刊工業新聞社

2.9.5 【教育分野】メタバースでデジタル人材発掘 大阪の企業連合が構想

3次元（3D）仮想空間「メタバース」を活用したデジタル人材育成計画が大阪で動き出す。i-RooB0 Network Forumは2023年度にも、メタバースを活用した中高生のデジタル教育支援を始め、課題解決能力のある人材の発掘や育成につなげる。2025年の大阪・関西万博に先駆けて、大阪府・市が公開する都市連動型メタバース「バーチャル大阪」の活用を検討する。

メタバース上にプラットフォームを新設し、起業家教育やプログラミング技術教育などの学習コンテンツを整備する。「デジタル部活スタジアム」も設け、メタバース上で部活動や制作活動ができる環境を整える。コンピュータ部や美術部など、デジタルに関連する部活の利用を想定するほか、個人でも参加できるようにする。

学習のアウトプットの間として、デジタル関連の既存大会をメタバース上に誘致する。またデジタル技術を活用したビジネスプランを競う国際大会の創出も検討。2025年の大阪・関西万博会場で“デジタル五輪”の初開催も期待できそうだ。

バーチャル大阪は大阪府・市が万博を見据え2021年12月に一部公開を始めた都市連動型メタバース。2022年2月末にエリアを追加し、街開きを予定している。2021年度事業を受託したKDDIを中心に複数社が共同事業体（コンソーシアム）を組み、2022年度にも「民間事業者で自走する」（大阪府の吉村洋文知事）方針。

アイローボはロボット技術関連企業約350社が加盟する一般社団法人で、大阪産業局などが支援する。体験型教育施設「RoB0&Peace（ロボアンドピース）」を常設し、子ども向けイベントなどでデジタル人材の育成やロボット技術の普及に取り組む。



図 2.9.5-1
昨年12月にプレオープンした
バーチャル大阪
出典：日刊工業新聞社

第3章 ロボットシステムインテグレータの発展と動向

3.1 ロボットシステムインテグレータ (SIer) の成長

ロボットの市場が拡大する中、ロボットの導入を支援し、ロボットを核とした自動化・無人化システムを構築するロボットシステムインテグレータ (SIer) の役割も重要性を増している。

本章では、SIer 企業の幅広いロボットシステムを紹介するほか、FA・ロボットシステムインテグレータ (SIer 協会) の活動の広がりを報告する。

3.2 SIer 企業の取り組み紹介

【AI・ロボ融合、検査装置開発】

自動車車体の溶接・プレス設備の設計・製造を主力事業とするウエノテクニカ (群馬県桐生市) は、自動車産業が集積する群馬県に根ざしつつ、長年にわたりラインビルダーとして技術やノウハウを蓄積してきた。

2012年からSIer事業に乗り出し、国内外のあらゆるロボットメーカーの製品を取り扱うなど、自動化や省人化に関する顧客のさまざまな要望に細やかに対応できるのが強み。

「搬送やピッキング作業に関しては、あらゆる業種でロボット化のニーズがある」(清田和弘副社長)と指摘するように、ゼネコンや飲料メーカーといった車業界以外の企業との取引も増えてきた。特に中小企業では、人材確保が難しくなっている一方、人手による作業が少なくないため、SIerへの期待はさらに高まる見込み。

こうした将来のニーズを見据えて現在、群馬産業技術センターと共同でAIとロボット技術を組み合わせた検査装置の開発に取り組んでいる。不良品の有無を瞬時に判別する作業などに利用可能となる。

今後の課題に掲げているのがエンジニアの育成である。センサーをはじめとする関連技術などの急速な進化に歩調を合わせ、「スキル習得に向けた教育の準備をきちんと進めていく必要がある」(吉原取締役)と強調する。

もう一つのテーマが、バーチャル技術の活用推進となる。これまで実際のロボットで行っていた検証作業をデジタル化することで納期短縮や品質向上といった効果を引き出し、競争力強化を狙う。

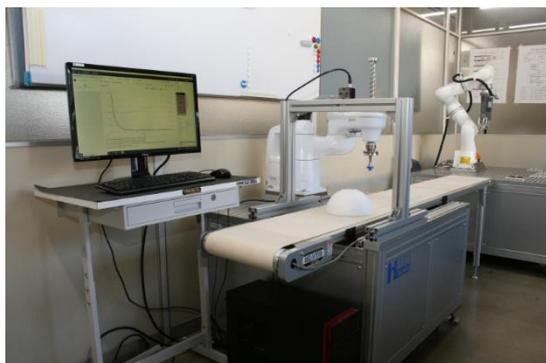


図 3.2-1 AI とロボット技術を組み合わせた検査装置

出典：日刊工業新聞社

【教示なしで取り降ろし、物流自動荷分けのロボットシステム】

豊電子工業は、パレットに混載した多種多様な段ボールを登録や教示なしで取り降ろす物流倉庫用デパレタイジング・ロボットシステムをプリファード・ネットワークス（PFN、東京都千代田区）、PAL（大阪市西区）と共同開発した。人手作業を人工知能（AI）で安定的・効率的に無人化できる。

物流のシステム開発やコンサルティングが主力の PAL が企画。深層学習（ディープラーニング）技術などで高評価を受ける PFN が専用コントローラーを開発し、ロボットシステムインテグレータ（SIer）大手の豊電子がシステム化した。

トラック輸送の上限に近い高さ 2400 ミリメートルまでの積載物に対応。最大 25 キログラムを運べる。質量を測り、3次元画像で形状を認識し、最高毎秒 4メートルの搬送速度を対象に合わせ加減する。深層学習で認識時間を短縮できる。

特別仕様にも対応する。豊電子と PAL は個々でも顧客を開拓する。PAL は千葉県習志野市の物流施設に展示コーナーを設け実証もする。PFN は専用コントローラーを別売りする。

混載段ボールの取り降ろしは、自動化するには画像認識の精度に課題があり、人手が中心だった。人手不足やコロナ禍、コスト競争が相まって自動化の要求は高い。ロボット活用、AI、物流ノウハウで実績豊富な 3 社が連携し需要を深掘りする。



図 3.2-2 デパレタイジング・ロボットシステム

出典：日刊工業新聞社

【医薬・食品製造 幅広く自動化】

OMC（名古屋市中区）は、明治創業の老舗。配合飼料プラントの設計・施工を主力として、食品製造に関連する機器・設備の製造販売を手がける。近年は医薬品・食品製造設備の分野で生産ラインの自動化・無人化の提案に力を入れ、ロボットシステムインテグレータ（SIer）としての存在感を高めている。

同社が SIer 事業に参入したきっかけは約 10 年前に遡る。製薬メーカーの依頼を受け、漢方薬など粉体のミキシングを自動化した。ロボットによるミキシングは 4 軸で攪拌するため、2 軸のミキサーと比べ大幅な時間短縮が可能。ただ、当時は最適な攪拌のパターンを編み出すことが難しく、自動化をやり遂げた OMC が存在感を高めた。

この実績を機に飲料メーカーや食品メーカー向けの、液体や粉体のロボットミキシングの引き合いが増加した。製品によって攪拌には調整が必要なため、エンジニアが最適な攪拌のパターンを考案する。

今ではミキシング以外にも容器洗浄や搬送、開袋などの作業に関し、ロボットによる自動化システムを幅広く手がける。

同社の顧客はリピーターが多いのが特徴だ。まず一つの工場に納入した後、別の工場から依頼を受けるといったケースが少なくないという。ファナックや不二越など、さまざまなメーカーのロボットを使用できるのも強みだ。

現在、売上高の約 9 割を飼料プラント事業が占める。SIer 事業は今後、ロボットを駆使した自動化分野で幅広いソリューションの提案を強化していく。



図 3.2-3 ミキシングロボット。粉体や流体が入った容器ごと回転させて攪拌する
出典：日刊工業新聞社

【打ち合わせ 1 年かけて協働ロボットシステム提案】

熊本酸素は、医療用酸素ガス販売を主業務として 1918 年に創業した。この十数年で溶接などの産業用ロボットをセットアップ含めて約 200 台以上販売。ロボットは単体で販売するほか、SIer として提案する。6 カ月から 1 年の打ち合わせを経て、詳細設計、調達、製作、据え付け、設置、アフターフォローまで手がける。

2 輪車部品メーカーとの取引の中でシステムラインとエンジニアを引き継いだのがきっかけで、SIer 事業に本格参入したのは 2008 年。以前から、商社として各種高圧ガスの販売業務を行っており、溶接技術や溶接ロボット設備をトータルコーディネートで提案してきた。多種多様な顧客から情報やノウハウなどを学ぶことも多い。

溶接ロボットにプログラムを行い、商社部門が持つワーク用ベルトコンベヤー、トレーの選別用自動機なども合わせて設計に組み込む提案をする。門内久哉執行役員部長は「システムが本当に現場にマッチするかどうかポイント」と語る。

ここ数年は、協働ロボットシステムの販売が好調。SIer としてセットアップ契約を結んだのは 2 年間で約 20 台を数える。単純作業は協働ロボットに任せれば、人は付加価値のある業務に取り組める。

協働ロボットの導入は、人を減らすのではなく、限られた労働力の中で競争力を高めるためと強調する。「作業現場の状況は、お客さまと信頼関係を構築し、じっくりと打ち合わせないと見えてこない」（門内執行役員部長）。

「現在市場は、半導体関連の引き合いが多く、活況を呈している」（白瀬社長）という。ロボットの活用やニーズはますます増えるとみており、顧客需要に応じていく。



図 3.2-4 協働ロボットシステム
出典：日刊工業新聞社

【MR でロボ提案 現実空間に仮想ライン融合】

三明機工（静岡市清水区）は、2021 年 4 月に本社社屋内にバーチャルソリューションロボットセンター（VRSC）を開設。これまでの実物大のバーチャルシミュレーションに加え、複合現実（MR）機能を付加し、最適システムを即時に提案する。

同社は 2019 年 12 月に、バーチャルロボットセンター（VRC）を開設した。需要発掘に向け、人材育成や顧客と詳細を検討する場として活用している。

製造現場の現実空間に仮想空間を再現する環境「デジタルツイン」を活用。顧客の要望するロボットシステムを 3 次元（3D）で作図し、200 ンチの大型スクリーンで、ラインの動きを実物大のバーチャルシミュレーションで確認できる。稼働状況を実感できることから受注機会の創出につながる。

今回、3D スキャナー（点群データ）とソフトウェアを約 4,000 万円かけて導入した。既存の工場現場をデータ化し、シミュレーションモデルを当て込んで、操作性や保全性など運用を確認する。顧客とイメージを共有しながら議論を重ねることで、認識の違いを防げる。

MR はリアルとバーチャルを融合した最先端技術として近年注目されている。ロボットシステムインテグレータ（SIer）で本格活用した例はまだ少ない。



図 3.2-5 ラインの動きをバーチャルシミュレーションで確認できる
出典：日刊工業新聞社

【ロボット保守をパッケージ化 用途熟知 SIer が点検】

コスモ技研（愛知県小牧市）は、ロボットシステムインテグレータ（SIer）として過去に納めたロボットシステム向けに、定期実施を促す点検保守のパッケージサービスを始めた。ロボットメーカーへの委託もあった同業務を、周辺機器も含めシステムの仕様や用途を熟知した自社メインとし顧客満足を高める。

作業を 21 項目に分け、頻度別に三つのパッケージにまとめた。振動・異音や機器動作などの 8 項目の簡易パッケージは 1 日 8 時間稼働換算で 3 カ月に 1 度を推奨する。ボルト締め、清掃、バッテリー交換などを加えた 17 項目のパッケージは年 1 度。グリース・ケーブル交換などを含むフルパッケージは 3 年に 1 度で提案。

ロボットの整備不良はライン停止の原因にもなる。しかし、工作機械などに比べ定期点検を徹底するユーザーは少ない。一方、点検保守を自社でできずロボットメーカーに依頼する SIer は多い。

コスモ技研では社員 30 人中 20 人が兼務で保守点検を担当する。増員と教育で原則自社での担当を可能にした。顧客に納入した設備の累計稼働時間を計り点検保守履歴も管理する新システムも稼働し、次の点検保守時期を個々に案内する。定期実施の意識付けに各項目と理想頻度が分かる点検表も配布した。

同社は高難易度のロボットシステムを得意とし、近年納めるシステムにはオンライン接続での状態監視保全機能もオプションで提供しており、新サービスで支援対象を広げる。顧客との関係を強化し将来の工場のスマート化提案にもつなげていく。



図 3.2-6 項目と理想の頻度がわかる
点検表による保守
出典：日刊工業新聞社

3.3 SIer の人材育成

【全国の訓練校で即戦力育成】

2001 年設立の人材サービス企業であるエイジェックは、ロボットシステム開発 (SI) 事業を手がけるグループ会社「エイジェック O&M インテグレート (OMI)」を 2018 年に立ち上げた。

OMI の社員は現在 300 人ほどだが、エイジェックグループ全体では約 1 万 6000 人を擁し、約 8 年前からは毎年 2000 人規模の新卒を採用している。入社後、本人の希望や適正が合致した社員を OMI に配属する。「近年急速に普及し始めた工場ロボットに対し、システム開発や保守運用を担う SIer の数はまだ少ない。また SI 事業者は一部大手を除き地場の中小が多く、新規採用に苦戦する企業もあると聞く。全国対応が可能な点は当社の強み」(渡部昌 OMI 社長執行役員)。

新卒の教育制度も充実している。エイジェックグループでは知事認定の訓練校を全国に 50 校保有している。保全技能士向けをはじめ幅広いコースをそろえ、「文系出身の新卒社員でも国家資格が取れるように基礎から教育している」(渡部社長)。このうち 30 校に、18 年からロボット訓練センターを順次設置した。実機やシミュレーターを設置し、ロボットのメンテナンスや導入のシミュレーションを学ぶ。

エイジェックが日立システムズと共同で開発・製造した学習キット「AToM (アトム)」を使った訓練も全国 9 拠点で行っている。アトムは学習用ロボットを顧客の製造現場にあるロボットに見立てたもので、それを使うことで実践的な訓練を可能とした。約 60 のエラーコードも記録しており、パソコンと連携させて設備の故障解析なども学べる。

20 年には、アトムを小型化して持ち運び可能にした ATEM (アテム) や、設備の稼働監視など IoT (モノのインターネット) を学べる装置も開発した。



図 3.3-1 文系の新卒者は基礎から教育
出典：日刊工業新聞社

【ロボシステム実習設備導入 SIer レベルの人材育成】

近畿職業能力開発大学校（大阪府岸和田市）は、ロボットシステム構築実習用の設備を導入。2020 年秋に開始した「生産ロボットシステムコース」で活用し、システム構築や運用管理・保守ができるロボットシステムインテグレータ（SIer）レベルの人材育成を目指す。

実習設備は国内 4 メーカーの産業ロボットをコの字形に連結したライン。パラレルリンクや双腕、垂直多関節ロボットにより、基板に IC（集積回路）チップの取り付け、外観・通電検査、仕分けなどを行う。ラインはロボットごとの 4 ユニットに分割可能で、段階的な学習ができる。

生産系 3 技術科はロボット工学の学科と実技の共通カリキュラムを取り入れる。基本操作や安全に関する知識、プログラマブル・ロジック・コントローラー（PLC）による制御を習得し、就職後にロボットオペレーターとして活躍できるようにする。

生産合理化や人手不足で企業の自動化設備導入が加速する中、ロボットに関する知識や技術は生産現場で不可欠になりつつある。3 技術科共通のロボットカリキュラム導入と、専門人材を育成するロボットシステムコースにより産業界の人材ニーズに対応する。

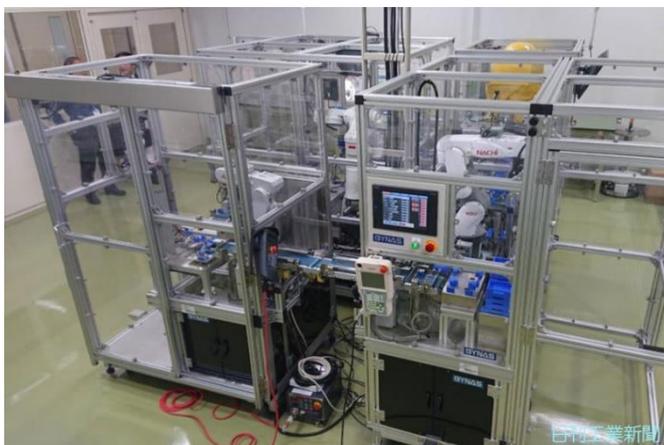


図 3.3-2 導入したロボットシステム実習設備
出典：日刊工業新聞社

3.4 FA・ロボットシステムインテグレータ協会の活動

3.4.1 FA・ロボットシステムインテグレータ協会

FA・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企業の共通基盤組織として2018年7月に144社で設立された。2022年1月現在300社弱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。

3.4.2 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。

3.4.3 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。

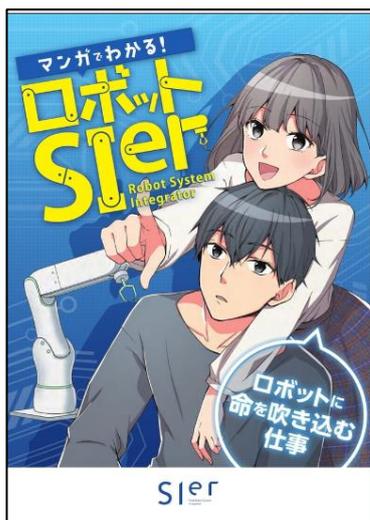


図 3.4.3-1 「マンガでわかる! ロボット Sier」
出典: Sier 協会

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、2021 年度は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作成した。



図 3.4.3-2 YouTube・ロボット Sier
チャンネル サムネイル画像
出典: Sier 協会

3.4.4 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。2021 年度はロボット SI 関連資格・講習一覧表として、スキル標準をもとに作成した。さらに各社での活用法に関する提案も行っていく予定。

【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。2021 年度はリアル・WEB を含めて 9 回実施し、延べ 200 人が受講した。

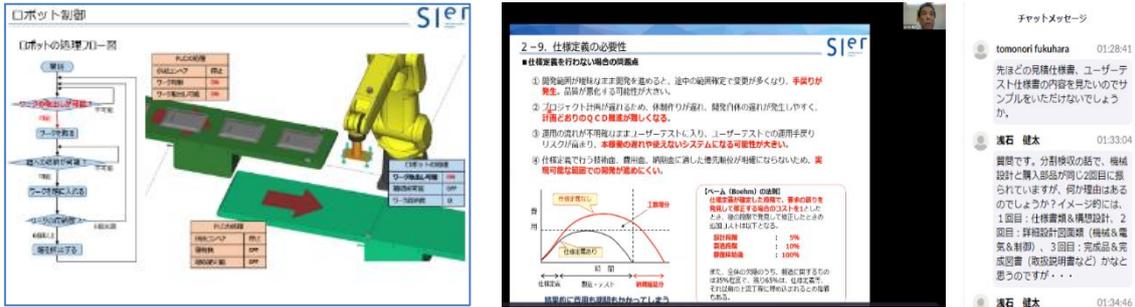


図 3.4.4-1 「ロボット S I 基礎講座」資料
出典：SIer 協会

【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。2021 年度は 8 校にて計 10 回開催し、720 名の学生に SIer の魅力を紹介した。

【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。テキストを作成し、2022 年 2 月に鳥取県産業技術センターにてテスト運用を開始する。

【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。2020 年、2021 年にロボット SI 検定 3 級を会員内で試験実施し、2022 年度より門戸を協会会員以外の人にも広げ一般開放を予定している。

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。

また、2021 年度はさらに上位のロボット SI 検定 2 級の基準作りなど検討を開始した。2022 年 5 月に試験実施予定である。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。



図 3.4.4-2 「ロボット SI 検定」
試験会場の様子
出典：SIer 協会



図 3.4.4-3 ロボット安全特別教育
出典：SIer 協会

第4章 新たな産業分野での活躍と社会課題解決の役割

4.1 新たな産業分野でのロボットの活躍

新型コロナウイルス感染症の影響により、新たな産業分野でのロボットの活用と社会実装が加速している。本章では、施設環境からロボット導入を進めていく「ロボットフレンドリー」の取り組みのほか、破壊的イノベーションを創出する「ムーンショット」研究事業、コロナ禍におけるロボット活用事例などを取り上げる。

4.1.1 ロボットフレンドリーな環境整備の推進

サービス産業に対してロボットを社会実装させるためには、ロボットメーカーやロボットシステムインテグレータ（SIer）が技術面での努力を重ねるだけでは不十分である。

メーカーやロボットSIerとユーザーが協調して、ロボットが働きやすい「ロボットフレンドリーな環境」を実現していくことで、ロボットの社会実装を進めていこうという動きを、「ロボット実装モデル構築推進タスクフォース」が進めている。

経済産業省が2015年に発表した「ロボット新戦略」でもサービスロボットの可能性は大いに注目されたが、当時「産業用ロボット以外の領域、すなわちサービスロボットにおいても、ユーザーニーズを捉えきれずキラーアプリがない、価格が高くメンテナンスも容易ではない、などの理由により、導入・普及が進んでいないのが現状である」と述べられていた。しかし、その後のサービスロボットの導入・普及は決して順調とはいえない。

普及が進まないのは、メーカーの技術力が不足しているからではない。ロボットメーカーとロボットSIerが単価の高い産業用ロボットと同様の製作スタイルで、さまざまなユーザーの希望に応える形でしばしばオーバースペックなロボットを提供してきた結果、汎用化が進まず、コスト高に陥っているためである。

こうした状況を打開すべく、経済産業省とNEDOが2019年秋に立ち上げたのが「ロボット実装モデル構築推進タスクフォース」。同タスクフォースは2020年7月からは「ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会（RRI）」のロボット利活用ワーキンググループ（WG2）に所属する形をとり、活動を推進している。

新たな技術を社会に導入するためには、環境サイドのイノベーションが必要になる。自動車を普及させるには車道と歩道の分離が必要であったし、住宅建材は91×91cmの格子状で住宅設計することで、内部建具の規格化、大量生産が可能になった。ロボットについてもこれは当てはまる。ロボットフレンドリーな環境を実現することで、仕様も固まり大量生産が可能になる。

そこで、「ロボット実装モデル構築推進タスクフォース」が考えたのが、ロボットが利用される場所の環境整備だ。ロボットフレンドリーな環境を実現するには、まずサービスロボット導入のニーズがある現場で、ロボット導入にどのようなハードルがあるのかを把握し

なければならない。そこで、人手不足が深刻化している4分野にターゲットを絞り、業界をリードするユーザーを主体としつつ、メーカーやロボットSIerなどのベンダーからなるテクニカルコミッティー（TC）を立ち上げ、課題を抽出しながら検討を進めている。

施設管理のTCがあぶりだした重点課題は、エレベーターを使用してロボットが複数階の移動ができないこと、フロアの扉の開閉ができないことだ。エレベーターの場合なら、従来であれば、ロボットがエレベーターの呼び出しボタンといったコントロールパネルを探し出し、押せる機能を持たせるといった開発が行われただろう。

しかし、TCはこれをロボットとエレベーターが通信連携することで対応する形をとった。そうすれば、ロボットにコントロールパネルを押すための機能を追加せず安価に抑えることができる。

その際、留意しなければならない点は、その通信連携が、あるメーカーのロボットとあるメーカーのエレベーターのみで実現する形となってしまうと、通信連携におけるカスタマイズが新たに発生してしまい、これが追加コストになってしまうということである。

一般的には何らかの業界標準を定め、業界内で共有していくには時間がかかってしまうが、TCには国内の大半のシェアを握るエレベーターメーカーが参加しているため、参加企業で通信規格の検討を進めれば、それは標準化につなげることができる。

例えば施設管理のTCが目指すのは「いかなるメーカーのロボットであっても、いかなるエレベーターやドアと連携し、どの施設でも自律的に施設内の搬送・製造・警備を実施できる世界」である。

2021年6月には「ロボット・エレベーター連携インターフェイス定義」が完成し、RRIと経済産業省から公表された。エレベーターはロボット専用のものを新設するのではなく、従来型のエレベーターで安全に人と同乗できるように、シンプルで安価な連携システムを組み込むことなどが定義されている。

ロボット側で複数メーカーのエレベーターに別々に対応するのは投資が高額になるため、共通インターフェイスを2021年6月に施設管理TCでとりまとめた。人とロボットが同乗できる形で既設エレベーターに組み込み可能な仕様が策定され、2022年6月以降に国際標準化に向け提案される予定だ。



図 4.1.1-1

エレベーター連携のイメージ

出典：NEDO の HP



図 4. 1. 1-2
 連携インターフェースの定義
 出典：RRI の HP

このように、TC に、ユーザー側のリーディングカンパニーを揃え、そこでの決定を市場のデファクトスタンダードにすることが、このタスクフォースの特徴となる。

小売 TC ではユーザー側にはイオン、セブン&アイ・ホールディングス、ファミリーマート、ローソン、JR 東日本が名を連ねる。コンビニエンスストア大手 3 社に加え、駅のキオスクとスーパーマーケット最大手の一つが解決案を提案すれば、他社も追随するのは想像に難くない。

小売 TC が目指すのは「いかなるメーカー製のロボットであっても、スーパーといった小売店舗で、商品の陳列、在庫管理、決裁などを自律的に実施できる世界」だ。その実現のために必要なロボットフレンドリーな環境は、ユーザーが協調して活用できる「商品画像マスターデータベース」を構築することである。

小売店舗において扱う商品数は極めて多く、新商品が日々入荷する。そのような状況の中、品出しのように商品をタイムリーに認識し、つかむといった動作をロボットに担わず場合、頻繁にプログラムをつくり直さなければならず、極めて大きなコストがかかる。

そこで、ロボットが商品を認識し、動作するにあたって必要な学習用データを規格化し、データベースとして構築することを小売 TC は志向する。その際には、新商品が出たとしても、そのデータベースをアップデートする運用も検討している。

そうすることで、ロボットが棚の商品の陳列や在庫管理を認識できるようにし、レジ決済まで自動化する。コンビニ 3 社や大手スーパーマーケットチェーンなどがこのデータベースを共有することで、ロボットの導入コストの低減が予想される。

食品 TC では、中食である総菜の盛り付けと出荷工程へのロボット導入について、日本総菜協会やコンビニ大手などのユーザーとスタートアップのベンダーで検討を深めている。弁当の製造ラインは多品目小ロット生産が一般的。

例えば、1 工場で 20 程度のライン数があり、それぞれのラインに 20 人ほどが張り付いている。そのためのシフト計算は職人技だ。しかし、ロボットで置き換えればリードタイムも短縮可能だ。需要についても予測 AI を活用できる。



図 4. 1. 1-3
食品定型パッケージのイメージ
出典：NEDO の HP

弁当の盛り付けなどでは、不定形の総菜を弁当箱に取り分けることがロボット導入の極めて高い障壁になっている。AI による高度な画像認識や柔軟物を把持するためのハンド技術により一定のレベルは実現できるが、コスト高になる。そこで食品 TC は、ロボットが総菜単位で盛り付けられるよう定型パッケージ化し、当該パッケージをロボットが把持しやすいようにトップシールで蓋を閉じる方法を考え、その実現に向けて検討している。その際、容器の特定個所を規格化することも検討対象となる。

こうして、惣菜ごとにパッケージ化されたものを消費者が好みの組合せで選択することで、消費者の利便性向上にもつながることとなる。これなら、ロボットに求められる機能をさほど高度にする必要はない。

工業生産品では、ロボットの動きはコンマ 1 mm 以下の精度が必要になるが、惣菜の盛り付けにはそのような緻密な制御は必要ない。また、惣菜単位でパッケージ化される商品設計にすることで、現在の産業用ロボットの機能をそぎ落とし、安価なアームロボットとハンドの導入につなげることができる。

ロボットフレンドリーの実現に向けて、重要なのは迅速性となる。経済産業省では、2020 年度から、ロボットフレンドリーな環境を実現するための研究開発事業「革新的ロボット研究開発等基盤構築事業」を開始しており、2/3 の補助率の予算事業である。

執行管理団体は日本機械工業連合会が担っており、2020 年度は三菱地所、ユナイテッド・スーパーマーケット・ホールディングス、キューピーの 3 社、2021 年度は、三菱地所、森トラスト、ユナイテッド・スーパーマーケット・ホールディングス、日本惣菜協会の 4 社が採択されている。すべてタスクフォースの参加企業。

「補助金を活用して研究開発した成果をタスクフォースにフィードバックし、テストケースの成功とその周知を図りつつ標準化を進めることで、導入までのタイムラグを削減していく狙いがある。企業がコミットするプロジェクトであれば、5 年計画は長すぎる。タスクフォースもそうしたスピード感で動き、ロボットフレンドリーな環境の研究開発と実装までを 2024 年度までには達成していきたいと考えている」（経済産業省ロボット政策室 室長補佐 福澤氏）サービス産業に大量のロボットが導入され、人々の生活を豊かにする日が近づいている。

4.1.2 ロボットフレンドリーに向けた取り組み

三菱地所は 2022 年 1 月 25 日、東京都の大手町フィナンシャルシティでエレベーターや自動ドアと連動したロボットの稼働風景を報道陣に公開した。同社は経済産業省が実施するロボットに優しい環境構築を促す予算事業「革新的ロボット研究開発等基盤構築事業」に参画し、「ロボットフレンドリー」な環境を実現するため、オフィスや商業施設などでのロボット導入を進めている。

すでに警備や清掃、運搬などに約 100 台のロボットを活用しており、今後さらに環境を整備し、ロボットと人が共存できる街づくりを目指す。

当日は、屋内配送ロボット「ユンジ・デリ」がエレベーターを使って飲食店から弁当を運ぶデモに加え、屋外配送ロボット「X-Area Robo (クロスエリアロボ)」がビルの屋外店舗から弁当を屋内に運ぶデモ、清掃ロボット「ルーロプロ」がエレベーター移動して清掃するデモを公開した。

三菱地所の太田清 DX 推進部長は「人手不足の解決に加え、コロナ禍で非対面・非接触の観点でロボットのニーズが拡大している」とし、さらに活用範囲を広げることに意欲を示した。

同社とともに会見を開いた経産省ロボット政策室によると、ロボットとエレベーター、自動ドアの連携は「実用レベルにある」（福澤秀典室長補佐）とした。今後は、床材の工夫や段差をなくすなどロボットが走行しやすい施設における物理特性の標準化が必要になることに加え、複数のロボットを同時制御する「『群管理制御』システムが課題」と指摘した。また、人との共存においては「ロボットの走行が遅くても待つてあげるなど人の寛容さも求められる」とした。

ゲストとしてデモに参加したロボットの吹き替えを得意とする声優の関智一氏は「マンガの世界と思っていた話が現実になってきた」と語り、ビルの中を悠然と走行するロボットの姿に驚きを隠せない様子だった。



図 4.1.2-1
配達デモンストレーションをする
屋外配送ロボット「クロスエリアロボ」
(パナソニック)
出典:ニュースイッチ

4.2 破壊的イノベーションを起こす「ムーンショット」研究事業の推進

政府が進める大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発事業「ムーンショット型研究開発制度」が推進されている。既存秩序を壊し業界構造を変える「破壊的イノベーション」を生み出すことが目的だ。「少子高齢化の改善」と「地球環境の回復」、「フロンティアの開拓」という三つの大目標を掲げ、20～30年後の未来を切り開く。

ムーンショット型研究開発制度は2009～13年度の「最先端研究開発支援プログラム（FIRST〈ファースト〉）」、14～18年度の「革新的研究開発推進プログラム（ImPACT〈インパクト〉）」の後継施策。だが、これらよりも大きな社会課題に取り組むことが目的となる。提案者の物質・材料研究機構の橋本和仁理事長は「30年後の社会の予測が正しいかは分からない。幅広い発展性を重視し思い切ったテーマを決めた」と強調する。

「人工知能（AI）とロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」や「地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」などの長期目標を設定。各目標に対しプログラムディレクター（PD）が全体を統括し、その下のプロジェクトマネージャー（PM）に現場の研究開発を担わせる仕組みだ。

研究開発期間は原則5年間だが、優れたテーマとして研究開発が進めば延長し最長10年間研究できる。目標ごとの単位で3年目と5年目、8年目に研究開発の進捗（しんちよく）状況を審査する「ステージゲート方式」を採用。

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や科学技術振興機構（JST）、日本医療研究開発機構（AMED）、農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター（BRAIN）の資金配分機関がプログラムの進捗を審査し、高い評価を受けたプログラムの研究期間を延長する仕組みとなる。

同制度を担当する内閣府の河合亮子参事官は「毎年の審査や最長10年間の研究体制と民間や国際連携を深める仕組みを取り入れる点などが過去のプログラムとの相違点」と説明する。

4.2.1 「ムーンショット」アフターコロナ対応で新目標

「ムーンショット」事業では、新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け、アフターコロナに対応する新たな目標の設定を検討する。今後の時代を担う若手や女性、海外の研究者などをメインにさまざまな考えを取り入れる取り組み「ミレニアム・チャレンジ」を採用。新目標を調査研究する検討チームを公募。6カ月間の研究期間を経て、その成果を政府の総合科学技術・イノベーション会議で評価する。

40～50年に達成すべき長期目標に向け、オールジャパンの研究開発体制が動き始めた。かつて「月を目指す」ということが壮大な事業だったが、それに相当するような目標を達成できるのか。産学官一体の取り組みが期待される。

目標の一つに、「50年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」が掲げられた。AIとロボットが連携し自ら性能を向上させる技術と、周囲の環境などに適応するため知識や機能を自分で変えられるAI・ロボットを研究開発する。

全体を取りまとめるのはPDを務める名城大学工学部の福田敏男教授。さらに2020年9月に採択された4人のPMとともに研究開発計画を精査し、同年の12月から研究開発を始めている。

さらに「倫理的・法的・社会的課題」(ELSI〈エルシー〉)の解決に取り組む必要も出てくる。国の資金配分機関としてプロジェクトを担当するJSTの小西隆調査役は「AI・ロボットと人の距離感を社会が受容するかが重要になる。法や倫理の面で社会に理解してもらう必要がある」と語る。



図 4. 2-1

人間と AI、ロボットによる共進化のイメージ

※JST の図をもとに作成

出典：日刊工業新聞

4.3 コロナ禍で活躍するロボットの最新動向

4.3.1 自動PCR検査で感染リスク最小化

川崎重工業が開発した自動PCR検査ロボットシステムは、コンテナ内にPCR検査のためのロボットシステムを構築する。幅2.5m×長さ12mのコンテナの場合、1日約2500人分の検査能力がある。1人の検査時間は検体採取後、最短80分程度と短時間で済む。RT-PCR検査方式という世界で認められた方法に沿って検査する。唾液を採取した後、産業用ロボットが分注や核酸抽出、PCR測定などを行う。ロボットによる自動化で医療従事者の負担軽減などにもつながる。

「従来技術をできるだけ活かしてこのシステムを開発した」と話すのは川崎重工業精密機械・ロボットカンパニーロボットディビジョン医療ロボット総括部の亀山篤総括部長。同ロボットシステムは数カ月と短い期間で開発した。「元々、汎用の産業用ロボットを手がけている。ロボットのバリエーションはある。医療・医薬系の会社にはロボットを入れていないわけではない」と話す。

同ロボットシステムでは、工場内でロボットを制御するのと同じような工程管理やプログラムなどを使う。また、手術支援ロボット「hinotori（ヒノトリ）サージカルロボットシステム」などで連携するシスメックスの知見も組み入れる。シスメックスがPCR検査の手順を整備し、工程をロボット化するにあたり川重の技術者らが議論を重ねた。

同ロボットシステムの開発は、橋本康彦社長を筆頭に20年から同社が力を入れている全社横断事業の成功事例の一つと言える。全社横断事業は複数あるが、同ロボットシステムは遠隔で医療に対してアプローチする「遠隔医療プロジェクト」からスタートし、同システムへと形づくられて行った。

中国などでもロボットでPCR検査を自動化する取組みは進んでいるが、大量に検体を集めて大型の検査装置で一度に処理する方式が多い。一方、川重では8検体ずつ処理する。少ない検体の方が短い時間で加熱・冷却することができ、検査の時間を短縮できる。

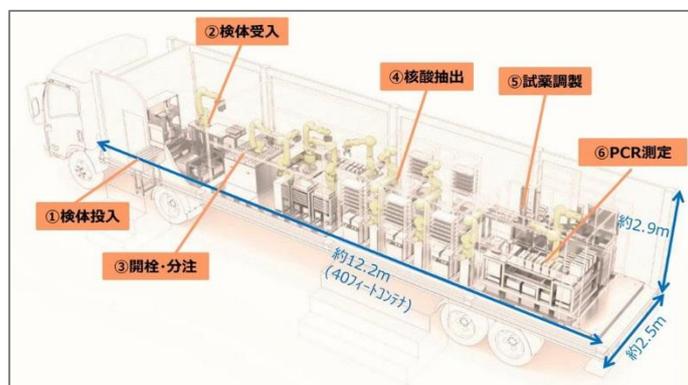


図 4.3.1-1
自動PCR検査ロボットシステム
内部イメージ

出典：川崎重工業のHP

川重のシステムでは、工場のラインを応用することで検体の管理も厳粛化する。検体一つひとつに ID を付与し、上位のシステムで一括管理。検体の処理状態や結果をひも付ける。人手で行う場合は取り間違いや液だれによる混入・汚染（コンタミネーション）などを防ぎ切れない。ロボットは永続的に同じ作業を繰り返せることに加え、人への感染リスクも最小化できる。

これまで「モノ売り」をメインとしていた川重が「コト売り」に事業を拡大しているのも同ロボットシステムの特徴。亀山総括部長は「製品だけでなくサービスを提供することで社会課題の解決につながる」と取り組みの方向性を示す。同ロボットシステムで言えば、検査会社に設備を設置する以外に検体を回収するなど装置以外の対応も多い。「エンドユーザーにアプローチすることで製品をさらに高度化できる」という。

同ロボットシステムは自治体向けの検査で使用されるほか、関西国際空港など空港関連施設にも導入が広がっている。現在、新型コロナウイルスの感染が拡大しているため感染の監視が主だが、今後は安全・安心を目指すための PCR 検査で利用される方向だ。さらにイベントでの活用も始まり、2022 年 3 月の「国際ロボット展」においても事務局および出展社への検査サービスとして同システムが利用される。

川重では同ロボットシステムの知見を活かし、医療・医薬品向けソリューションの拡充を進める。検査会社も人手からロボットなどを活用した自動化へ舵を切っている。「PCR は遺伝子検査の部類。コロナ以外のウイルスにも応用できる。がん細胞を抽出するゲノム解析にも役立つ。全部を手がけるわけではないが、事業拡大の可能性は十分にある」

（亀山総括部長）と展望を語る。

医療というこれまで専門家の領域と考えられてきた分野でもロボットによる自動化が加速している。労働人口減少への対応や安全・安心、働きやすさなどを実現する方向性は業界を問わない。ロボットのさらなる活用が必須になりそうだ。



図 4.3.1-2
自動 PCR 検査ロボットシステム

出典：ニュースイッチ

4.3.2 三密回避や省人化のニーズ受け無人宅配、物流支援に注目が集まる

ZMPは、新型コロナウイルス感染症対策として、倉庫や工場の無人化・省人化に関する自社製ロボット活用や、無人宅配ロボットの公道での実証実験などに取り組んでいる。少子高齢化による人口減少を背景に、運送・物流分野におけるロボット活用ニーズはもともとあったが、コロナ禍で無人化や自動化に対するニーズが一気に加速。同社のコロナ対策関連ロボットに対する引き合いも増えている。

「ロボットが走行しています」、「右に曲がります」。高さ約1mの丸みを帯びた箱形ロボットがマンションに到着し、「商品を取り出してください」と音声案内が流れる。スマートフォンに表示した2次元コードをロボットにかざすと、本体側面の扉が開き、注文した商品を取り出せる。ロボットは「ご利用ありがとうございました」と、来た道を引き返していく。

ZMPは2022年2月、ENEOSホールディングス、エニキャリアと共同で、東京都中央区の佃・月島・勝どきエリアにおいて、ZMP開発の自動宅配ロボット「デリロ」を活用した公道での配送事業の実証実験を行った。今回は第2弾であり、2021年2月に実施した第1弾の実験では佃・月島エリアのみで、デリロの1m後ろから人がついて見張っていたが、今回の実証では人がつかず、遠隔監視による実施となった。

同社の谷口恒社長は「2022年は事業性を検証するため勝どきエリアを追加し、マンションは前回の約1000戸から約5000戸へ増やした。パートナー事業者も11店舗から27店舗に拡大し、一定の効果はあった」と手応えを感じている。実証初日は、「さばききれないほどの注文が入った。われわれの本気度が伝わったのだろう」（谷口社長）と話す。

デリロは無人宅配ロボットとして展開されており、日用品や飲食料品、医薬品、クリーニングの集配、移動店舗などとしての活用が見込める。このほか、公園など街の見回り用にも使える。積載重量は最大50kgで、スマートフォン1台でロックを解除できる。利用者はスマホアプリから商品を選び、配達時間と場所を指定して配達を予約。クレジットカード決済で注文が済ませられる。



図 4.3.2-1
2次元コードをかざして商品を受け取る

出典：日刊工業新聞

宅配ロボの利点は、人の代わりにロボットが飲食物などを住居に届け、人と人との接触が減るため、感染症対策ができる点だ。谷口社長は、「1 台のロボットを複数の外食チェーンが“相乗り利用”するようになれば、宅配コストも下がり、ロボットのシェアリングができるようになる」と語っている。

コロナ禍において、倉庫や工場でもいわゆる三密対策として、物流支援ロボット「キャリロ」の需要も高まっている。キャリロは物流支援向けの台車型ロボットで、台車タイプとパレット積載タイプがある。同社によれば、キャリロは 2016 年から発売し、21 年 12 月時点での累計導入実績は 300 社に達した。発売当初から現場の人手不足解消や自動化・省人化のために活用されてきたが、2020 年の新型コロナウイルス蔓延により、感染症対策としてキャリロの需要が高まった側面もある。

ある物流業者では、台車を押す作業を同ロボットに置き換えたことで、それまで 8 人を要していた集荷作業が 2 人で済ませられるようになった。「特に食品や医薬品を扱う会社には積極的に導入が進んだ。2019 年から 2020 年にかけては、引き合いは 3 倍くらいに増えた」（谷口社長）という。

また、無人フォークリフトと物流支援ロボットを組み合わせた「物流無人化ソリューション」も提案している。その一例で、企業が倉庫を新設する際に、同社が基本設計段階から加わり、無人工程を支援する取組みなどもある。同社のロボットを活用した物流無人化の引き合いは、EC（電子商取引）を取り扱う物流をはじめ、自動車部品などからも多く来ているという。



図 4.3.2-2

「キャリロ」が電子タグ読み取り
ゲートまでカゴ台車をけん引

出典：日刊工業新聞

4.3.3 国内初の紫外線照射ロボット

銀座農園の関連会社の「ファームノイド」が開発した「UV バスター」は、国産機として初の紫外線照射ロボットとなる。

深紫外線 (UV-C) を照射できる低圧水銀ランプを GINZAFARM の自律走行ロボットに搭載する。走行しながら照射する UV バスターの紫外線によって、施設内に存在する新型コロナウイルスをはじめとしたさまざまなウイルスを不活性化させられる。

波長 254nm の紫外線によって短時間でウイルスを不活性化できる点は、UV バスターの最大の特徴と言える。3.35mJ/cm²程度の中出力照度の場合、10 cmの距離からインフルエンザウイルスに照射すると、2.46 秒で 99.99%が不活性することが実証されている。

飯村社長自身も客員研究員を務める日本大学医学部協力のもと、照射距離 30cm から 253.7nm の紫外線ランプを 0 秒、5 秒、15 秒、30 秒で照射する実験を実施。ランプは安全キャビネットサイズの制約により、長さ約 40cm の UV-C サブランプ (UV バスターの車体下に搭載) を使用した。照射試験時には、ウイルス内核酸 (RNA) を破壊し、不活性化を確認した。

この技術を応用して時速 0.5~1.0km で走行しながら紫外線を壁面や机上に照射した場合、新型コロナウイルスがほぼ検出できない状態を実現する。2020 年には紫外線照射ロボット装置として特許も出願済み。

UV バスターは現在、医療施設やテレビ局、小売店の現場に導入されている。「GINZAFARM で培ってきたロボット技術を活用しているため、これまでの海外製紫外線照射ロボットと比べると機能が豊富でコストも安く製造できている。また、照射範囲もかなり広がっている」と、飯村社長は説明する。実際にも飲食店やテレビ局、電車・飛行機のような交通機関を中心に、クラスターが発生しやすいとされる現場でのニーズが急速に高まっているようだ。



図 4.3.3-1 開発・販売している
紫外線照射ロボット

出典：日刊工業新聞社
The Robot

4. 4 コロナ禍での地域の取り組み

4. 4. 1 神奈川県、総合病院で生活支援ロボットを導入実証

神奈川県は人口減少や高齢化社会による政策課題への解決策として国の地域活性化総合特区制度を活用し、2013年から相模原市や平塚市など12市町村の「さがみロボット産業特区」で生活支援ロボットの実用化と普及促進に取り組んできた。

新型コロナウイルス感染症が猛威を振るい、その対策が喫緊の課題となって2021年度、医療施設などでコロナ対策となるロボットの導入実証「新型コロナウイルス感染症対策ロボット実装事業」を実施している。

コロナ患者を受け入れている医療施設に生活支援ロボットを導入すれば感染懸念となる人的接触が減り、施設内のさまざまな業務を代替・省力化できる。院内感染の防止とともに過大な業務負担による“医療崩壊”のリスクを軽減し、患者の治療や看護に専念できる環境整備につながっていく。

こうした背景から、神奈川県は21年度入りを前に実証フィールドとなる県内施設を募集し、さがみロボット産業特区のエリア外だがロボット活用に最も前向きな徳洲会湘南鎌倉総合病院（鎌倉市）を選定。

実証事業の運営をNTTデータ経営研究所に委託してロボットシステムインテグレーター（SIer）などの提案を募り、32件の応募の中から9件のプロジェクトを採択、同病院で21年9月から実証運用・検証を進めている。

まず、全職種の同病院職員にロボットが導入されれば良いと思う仕事について自由記載方式でアンケートを行って課題を収集。多くの回答があった「案内」、「搬送」、「移動支援」、「清掃」にターゲットを絞ってテーマとして示し、プロジェクトを募集した。採択したプロジェクト9件のうち6件は、現実的にこれらの課題解決が見込める「本格検証プロジェクト」で、そのほか3件は将来の導入可能性を確認する「簡易検証プロジェクト」だ。

THKのプロジェクトテーマは「フロア案内ロボット」。同病院は駐車場になっている地下階に受付がないこともあり、行くべき診療科や行き先階に迷ってしまう来院者が多いのが課題だった。入口付近などに大型ディスプレイを搭載したフロア案内ロボットを配置し、来院者が近づくと感知して遠隔オペレーターに切り替わり、フロアマップを表示しつつ口頭で目的の場所を案内する。非接触・非対面を実現し、従来と変わらないコミュニケーションの質を維持して来院者のニーズに応えられるのか検証する。

NTTドコモのプロジェクトテーマは「院内誘導ロボット」。規模が大きい同病院では地上階の各フロアにさまざまな診療科や検査室が配置され、迷っている患者の案内や誘導に職員の対応が必要となっている。施設に不案内な患者に対し、ロボットが先導して目的地へ向かう。行き先はタッチパネルで指定するだけ。エレベーターで階を移動する場合は、各フロアに配置されたロボットが誘導を引き継ぐ。フロア案内ロボットと同様に職員の非接触化および業務効率の向上、患者満足度アップが期待される。



図 4.4.1-1
NTT ドコモの院内誘導ロボット

出典：日刊工業新聞社
The Robot

カンタム・ウシカタ（横浜市都筑区）のプロジェクトテーマは「搬送（重量物）ロボット」。点滴などの薬剤を載せたカートや病棟で必要とされる資材を運搬する台車は重く、職員の身体的負担になっている。産業分野で活用が進む自律走行型搬送ロボット（AMR）で、カート・台車をけん引するほか重量物を架台に積載しての自律移動、タブレット端末によるマニュアル操作もできる。レーザースキャナと3次元カメラで人や障害物を検知し、自動的に回避する。職員の身体的な負担軽減とともに無人搬送が実現すれば、空いた時間を人にしかできない高度な作業に振り向けられる。

日本精工のプロジェクトテーマは「搬送アシストロボット」。医療従事者が院内で患者を搬送するため日常的に用いるストレッチャーに対象を絞り、パワーアシスト機能を検証している。ロボットはストレッチャー下部にアタッチメントで装着する方式。看護師に模擬コースを搬送してもらい、アシスト力に関するヒアリングとともに各種データを計測し、スムーズな加減速とあらゆる方向への移動を実現するモーター制御を追求している。ジョイスティック操作による自走機能も備える。



図 4.4.1-2
カンタム・ウシカタの自律走行型
搬送ロボット（AMR）

出典：日刊工業新聞社
The Robot



図 4.4.1-3

日本精工の搬送アシストロボット

出典：日刊工業新聞社

The Robot

4.4.2 つくば市、感染拡大防止対策にロボットを試験導入

茨城県つくば市は、市内の公共施設に除菌ロボットを試験導入する取組みを、2020年10月から半年間実施した。市内の2社が開発した自律走行型の移動ロボットを採用。人手による作業をロボットで代替することで、新型コロナウイルスの感染リスクを抑制できる可能性を示した。

技術実証の場を提供することで、市内のロボット関連企業の育成にも寄与。「ロボットの街つくば」を掲げる市では、こうした取組みを通じ、ロボット技術を活用した安心・安全な社会の実現を推進している。

試験導入したのは市内の2社がそれぞれ開発した2台の除菌ロボット。市役所庁舎や市立図書館での除菌作業に活用した。内閣府の「新型コロナウイルス感染症対応地方創生臨時交付金」を活用し、両社からロボットをリースする形で2020年10月から翌年3月末までの期間で実施した。

うち1台はサイバーダイン（つくば市）の除菌清掃ロボット「CL02」。巡回マップを読み込み、障害物を回避しながら自律走行できるロボットで、除菌剤を噴霧しながら巡回する機能を搭載した。今回は市役所本庁舎1階部分を主な対象に、閉庁後に来庁者用ベンチなどを除菌する作業を半年で計75回程度実施した。

もう1台はDoog（ドーフ、同）が開発した協働運搬ロボット「サウザー」をカスタマイズし、紫外線の照射機能を付加したもの。同ロボットは作業者の後ろを自動で追従する機能を搭載している。同機能を活用してその後は一度ロボットを誘導すると巡回ルートを記憶し、その後は紫外線を照射しながら自動巡回できる。今回はつくば市立中央図書館などを対象に、閉館後に本棚や座席回りの除菌作業を半年で計80回程度実施した。



図 4.4.2-1
サイバーダインの除菌ロボット「CL02」
出典：日刊工業新聞社
The Robot



図 4.4.2-2
Doog の UV-C 紫外線照射自動巡回
ロボット
出典：日刊工業新聞社
The Robot

今回の試験導入は、殺菌やウイルスの不活化を検証したわけではなく、ロボットが経路を正しく巡回し、必要な箇所に噴霧液や紫外線を届けているかを検証することを目的に実施した。その結果、両ロボットはほぼ想定通りに作業を実行できることがわかり、目的としてはおおむね達成。実際の導入にはコストの問題があるものの、ロボットの活用により、安全かつ正確に除菌やウイルス消毒ができる可能性が示されたと言える。

新型コロナウイルス感染症が世界的に広まって以降、感染リスクが高まってしまうスペースには除菌やウイルス消毒が求められるようになり、官民間問わずあらゆる施設で管理者の負担になっている。そこで、除菌・消毒作業の効率化に向け、ロボット技術の有効活用が期待されている。

試験導入を振り返って、市政策イノベーション部科学技術振興課は「実際に新型コロナウイルスが不活化できているかを確認まではしていないが、少なくとも、従来の人手での除菌・消毒作業にプラスアルファとしてロボットを活用したことで、安全な環境の構築には寄与したのではないかと」している。

コロナ禍を受けての除菌・消毒作業にロボットを導入するのは、つくば市の取組みが自治体としては全国初だったと見られる。市内に拠点を置く2社のロボット開発企業と連携することで、迅速な導入が実現した。

過去に「ロボット大賞」を受賞した実績もあるサイバーダインと Doog の両社はもともと、コロナ禍を受けて既存のロボットを改良し、除菌作業に対応できるロボットの開発に取り組んでいた。2020年3月までに両社はそれぞれの除菌ロボットを開発し、大型ショッピングモールや空港などの施設での導入を進めていた。

そうした両社のロボット開発の動きを見ていたつくば市では、国の補助金の創設を受けて両社に相談し、自治体が運営する公共施設としては全国初の試験導入の決定につながったという。

市が試験導入を決めたのは2020年の夏頃。当時はまだ、除菌・消毒を目的としたロボットは世の中にほとんど存在していなかった。世界中でコロナ禍の大きな混乱が起きて間もない時期から、ロボット技術を世界的な課題の解決に役立てようと独自に技術開発を進めてきた地元企業と連携することで、迅速に試験導入を実行できた側面がある。

国から交付された補助金を活用していた経緯もあり、市の試験導入は2021年3月末で一旦終了。現在はロボットによる除菌作業は実施していない。それでも、市の取組みは、コロナ禍の克服にロボット技術活用の有用性の一端を示したという意味で、意義深いと言えそうだ。

試験導入の意義について、市政策イノベーション部科学技術振興課は「感染リスクの低減はもちろん、ロボット開発にも貢献できたのではないかと思う。ロボット開発では、実際の場面に適用してトライアンドエラーを繰り返し、問題点を検証しながら改善を重ねていく必要がある。検証する機会の提供を通じ、技術の進歩向上に役立てたのではないか。両社とも完成度の高いロボットを提供して試験導入に取り組んでくれた」。

今後も市では、市内のロボット関連企業の育成とともに、市民の課題解決に役立つロボット導入をさまざまな角度から支援する方針。市は「本市は基礎自治体として、市民一人ひとりの抱える細かな課題に対応していく必要がある。ロボット導入に関しても、市民の課題をわれわれがまずきちんと把握し、その解決手段としてロボットが役立つことを確かめながら、積極的に地域への普及を後押ししていきたい」（政策イノベーション部科学技術振興課）としている。



図 4.4.2-3

Doog の協働運搬ロボットの公道走行を
デモンストレーションする五十嵐市長

出典：日刊工業新聞社

The Robot

4.5 社会課題解決に向けたドローンの活用

4.5.1 水中ドローンでインフラ施設の検査を代替

ダムのような重要な社会インフラにおける水中での検査にも水中ドローンの活躍が期待されている。目視による検査に比べて安全性やコストの面で優位性があるからだ。一方、水中ならではのハードルがあり、経験に裏打ちされた技術力が問われるフィールドでもある。

“ドローン”というと空中を飛行するイメージを連想しがちだが、水中もまたドローンの活躍が期待されるフィールドの一つ。日本能率協会総合研究所 (JMAR) の市場規模予測では、2019年に25億円だった水中ドローンの市場規模は、2025年には70億円にまで拡大するとされている。

中でもニーズが大きいと考えられているのが、水中での検査用途だ。例えば下水管や原子力発電所、ダムなどインフラ施設での亀裂、溶接痕、塗装剥離などの検査、また海運・漁業では船底の状態検査や、水中での漁網の状態を検査する用途が考えられる。

近い将来、ダムや港湾などのインフラ施設は老朽化が懸念されるが、ダイバーによる有人検査を行うとなると、一日約数十万円、100m以上の深部では百万円以上の費用がかかる場合もあるという。

潜水検査が義務化されていないこともあり、長く水中部分の検査がされていないダムはかなりの数に及ぶとの予想もある。こうしたこともロボットによる目視代替検査の安全性が注目を集める背景となっている。潜水検査を、安価で手軽な水中ドローンが代替できれば、水に関わるインフラの安心・安全は大きく前進するだろう。

「第5回ロボット大賞」での受賞実績のある水中カメラロボットの開発企業、キュー・アイ取締役営業部長の中島健夫氏は、「水中ドローンが潜水検査を代行するのは、頭で考えるほど容易なことではありません」と語る。

これまで水中での無人検査は、ROV (Remotely operated vehicle : 遠隔操作型の無人潜水機) と呼ばれる水中ロボットで行うことが多かった。同社は海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の黎明期からともに ROV を開発し、しんかい 2000/6500 の深海調査カメラも開発したという、いわば ROV のパイオニア。ほかにも東日本大震災では、福島原子力発電所の炉内を調査するカメラロボットを手がけた実績がある。

ROV は精密な水中探査・検査用途に耐えうるよう堅牢・耐圧・高出力設計で開発されており、打音検査など多様な検査にも対応するが、それゆえ価格帯は数千万円になるものもあり、気軽に導入できる類のものではない。水上からの外部給電や大形コントロールユニットを必要とし、着水もクレーンにて行われる、非常に大がかりなものだ。

一方、水中ドローンに明確な定義はないが、一般的には安価、小型、バッテリー内蔵で姿勢制御などのドローン技術を転用しているものとされる。水中では高い運動性を実現するが、その仕様や本体構成は、インフラ検査など重要な保守点検用途には導入しづらい、ホビークラスのイメージが強いものだった。



図 4.5.1-1
水中ドローン「SDQ-101」は、
コンパクトなサイズに開発

出典：日刊工業新聞社
The Robot

「正直、当社もドローンには懐疑的でしたが、問い合わせも多く、ニーズは非常に高いと感じました。そこで長年の水中カメラロボット開発の知見を活かし、検査用途に耐えうる業務用水中ドローンの開発に取り組んでみることにしたのです」（中島氏）

とくに難しかったのは、水中で安定した画像を撮影することだ。水中検査では、観察したい面を等距離で横移動しつつ鮮明な画像を撮影する動作が求められる。しかし水流のある中、これをコントローラで行うのは熟練者でも容易ではない。「暗い水中で一様なコンクリート面を見る検査では、目視で間隔を維持しようとしても距離感がつかめません。ですから観測面からの距離保持は必須の機能といえますが、水中ドローンはこういう検査に特化した機能がまだ重視されていません」（技術開発部主任の豊島雄樹氏）

同社では以前に開発したダム調査用 ROV に、壁までの距離を水上からレーザ 2 基、水中から超音波センサ 2 基で測定し、一定の距離と角度で壁の正面を向き続ける制御を搭載していた。このセンサをすべて水中用の超音波に置き換え、小型機用にアレンジして搭載した。

また横移動用のスラスターも備えるが、小型の水中ドローンの場合、出力制御だけで機体を安定させることは難しかった。その時役に立ったのが、設計段階から機体の形状、バランス、水の流れを姿勢制御にうまく利用していく、ある意味パッシブな制御技術だ。同社ではジャイロを搭載しない ROV を長く開発していたことから、こうしたノウハウが育っており、これをジャイロ搭載の水中ドローンにも取り入れてみたところ、高い安定性を得ることができた。

実際に動作させてみると、コントローラから手を離れた状態で、丸いプールの内壁を距離 50 c m を維持しつつ回り続けることができた。試行錯誤の末に完成した水中ドローンは、重量 12kg、耐水圧 100m、価格は 230 万円程度に抑えることができた。

ホビー用に比べれば高価だが、ダイバーによる検査費用などを考えれば、船や管理事務所に 1 台備えておくことも可能な金額だ。また人手で運搬・着水させることができ、検査の時間は大幅に軽減される。

コストダウンに大きく貢献したのは、市販部品や樹脂材料、そして 3D プリンターの積極

的な利用だ。特に 3D プリンターはさまざまな形状を試作しトライ&エラーを重ねる上で大変有効な武器となるばかりか、本機のような小ロット受注生産品では、実部品の製造に活用された。

もともと汎用機として開発されたが、ダム検査では非常に優れた性能を発揮するだろうと同社。また配管などの検査でも、小型サイズゆえに使い勝手の良さもある。今後はさらに多様かつ広範囲な機能や専門性の拡張性も期待できる。



図 4.5.1-2

横移動による壁面検査の様子と、実際に撮影された映像

出典：日刊工業新聞社

The Robot

4.5.2 スマートかつ安全に、深海を探索

FullDepth 社の主力製品となる産業用水中ドローン「DiveUnit300 (ダイブユニット)」は、水中の調査・点検などにおける大規模設備や人員が不要となり、スマートかつ安全に水中調査を実現する。そのうえで、独自のクラウドサービスでリアルタイムに水中の映像配信が可能となるほか、水深や水温の情報を記録し、さまざまな検証や解析に活かすことができる。

これまでの海底調査では大型装置や潜水艇を要した場所でも、DiveUnit300 はこれ 1 台を投入すればよく、大幅なコストダウンが見込めることになる。

DiveUnit300 は、本体に 7 基のスラスター（推進器）を搭載。最大潜行可能深度は 300m で、本体サイズは幅 410×高さ 375×奥行き 639.5 mm、重量はバッテリー込みで 28 kg と、産業用としては極めて小型・軽量を実現した。

駆動時間は最大 4 時間で、予備バッテリーと交換することにより継続使用も可能となっている。またφ3.7 mmの光ケーブル接続によって地上との通信接続が可能で、潜水データを遠隔地で視聴することも可能。採取したデータは、独自のクラウドサービス「FullDepth Bridge」に記録でき、調査報告書への添付などで活用できる。

開発当初は、水質調査や水中探索などの現場での導入を想定していた。実際の引き合いはインフラ点検などがメインだったという。筑波大学構内のインキュベーション施設に本社を構えており、2016 年に茨城県で始まった「いばらきロボット実証実験・実用化支援事業」に DiveUnit300 を応募したところ、採択を受けることになる。2018 年には茨城県高萩市の花貫ダムで同事業による公開実験を実施。事業拡大を見据え、2019 年には東京都台東区に主要活動拠点を設置した。



図 4.5.2-1
DiveUnit300 使用機材一式

出典：日刊工業新聞社
The Robot

2021 年 9 月にはホバリング機能やボディピッチコントロールといった、オプション新機能群を発表した。ホバリング機能は、本体を流水の中で一定位置に停止させるという機能だ。水中音響装置 DVL (Doppler Velocity Log: ドップラー対地速度計) を搭載したことにより、同機能を高精度化させて実現した。移動時も自機の位置を検出し続けることで、例えば潮流のある深海や河川でも流されないように自動で補正を行える。

ボディピッチコントロールは、本体の機体角度を調整する機能だ。その場で本体が撮影できる範囲が広がるため、点検作業などを効率化することができる。LED ライトの照射角度調整などにも応用でき、同機能搭載により水中対象物を明るく鮮明に映し出せるようになる。

世の中の水中や深海に関して、ビジネス化できている割合は伊藤社長の体感でも「1%未満」。深海を把握し自在に活用、となるには「道半ば」のようだ。

伊藤社長は「水中ビジネスは黎明期と言える。地上は IoT や AI などの技術が産業分野では浸透してきているが、水中に関する技術や情報収集は未発達。われわれの技術力を駆使し、業界をけん引して地球規模での水中ネットワークを構築したい」と語る。

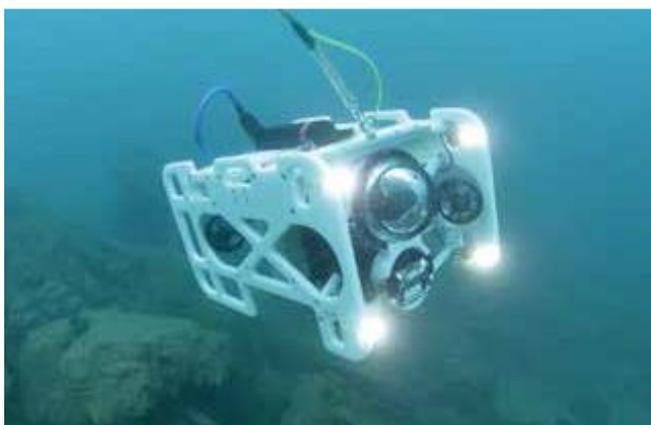


図 4.5.2-2
新機能追加で高精度化、効率化

出典：日刊工業新聞社
The Robot

第5章 「World Robot Summit 2020」本大会の振り返り

5.1 World Robot Summit (WRS) の開催経緯

World Robot Summit (WRS) は、人間とロボットが共生し、協働する世界の実現を目的に、世界のロボットの叡智を集めて開催する競演会である。

WRS は、ロボット産業における生産性の向上や、様々な社会課題の解決につなげていくために、「ロボット新戦略」に基づいて検討が始まった。

「ロボット新戦略」は、2014年5月に、安倍内閣総理大臣（当時）がOECD 閣僚理事会において「ロボットによる新たな産業革命を起こす」と世界に向けて宣言したことを契機として、ロボットメーカー・ユーザー双方の有識者等からなる「ロボット革命実現会議」が総理の下に設置されて各種の検討が進められた。

WRS は、その「ロボット新戦略」の中の重要施策として位置づけられて、競技会と展示会、講演会を同時開催することでロボットの社会実装と研究開発を加速することを目的として、経済産業省と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の主催により開催が決定した。

2018年に東京ビッグサイトでプレ大会を行い、オリンピックの開催年に併せて2020年に愛知県と福島県で本大会を行う予定で進めてきた。

しかし、新型コロナウイルス感染症の影響により、2020年本大会（愛知・福島）の開催を1年延期し、2021年9月9日（木）から12日（日）の4日間、愛知県のAichi Sky Expoで愛知大会を開催。また、10月8日（金）から10日（日）の3日間、福島県の福島ロボットテストフィールドで福島大会を開催した。

WRS2020本大会は、「ものづくり」「サービス」「インフラ・災害対応」「ジュニア」の計4カテゴリーからなる競技会「World Robot Challenge (WRC)」と、最新のロボット技術の展示会である「World Robot Expo (WRE)」の2つで構成されている。

5.2 World Robot Challenge (WRC) の結果

5.2.1 ものづくりカテゴリー

「迅速な一品ものづくり」を目指し、様々に変化する生産要求に、迅速かつ無駄なくスリムに対応できるシステムを構築することを目指して競い合った。

製品組立の要素技術を盛り込んだタスクボードを完成させる「タスクボードタスク」と、ベルトドライブユニットを組み立てる「アセンブリタスク」の2つの競技が行われた。

両タスクともに、部品はトレイ上に配置された状態でロボットに供給され、ロボット自らが部品を認識して取り出す必要がある。「アセンブリタスク」で組み立てられた製品は、製品評価テストをクリアして初めて完成を認められる。

「タスクボードタスク」では、各チームのロボットが製品組立に必要な8種類の要素

作業をいかに早く確実にこなせるかが評価ポイントであり、「アセンブリタスク」では、19種類の様々な部品をどのように把持し、組み立てていくかが評価ポイントとなる。また、事前に評価されていないサプライズ製品にどのように対応していくかも大きな見どころであった。

競技結果は、静岡県のFAシステムインテグレーターであるヤナギハラメカックスの「ROBO-SUPPO Plus」が、参加チームの中で唯一ベルトドライブユニットを独自のロボットシステムで完成させるなど、高いパフォーマンスを發揮して、1位の経済産業大臣賞を受賞した。



図 5.2.1-1 ものづくりカテゴリー会場（競技エリア）

5.2.2 サービスカテゴリー（パートナーロボットチャレンジ）

サービスカテゴリーでは、「パートナーロボットチャレンジ（リアルスペース）」と「フューチャーコンビニエンスストアチャレンジ」の競技が実施された。パートナーロボットチャレンジは、ロボットが子供やお年寄りと暮らす家庭において、人とロボットが助け合い豊かな暮らしを実現することをコンセプトにしている。

競技では、「速さ、滑らかさ、安定、安全」をテーマに技術を競い合い、散らかった部屋の掃除や、家の中の探し物を見つけるといった競技を実施し、トヨタ自動車の「HSR」を利用してソフトウェア・プログラミングの技術を競い合った。

会場では、2チームによる競技を行い、指定のタスクをクリアすると点数が加算されるなど、分かりやすい競技設計を行った。画面上には、リアルタイムで点数が加算されて、専門知識がなくても競技ルールが分かるように改良した。

競技結果は、全ての競技において高いパフォーマンスを示した、北九州学研都市（九州工業大学、北九州市立大学、早稲田大学）の学生プロジェクトチーム「Hibikino-Musashi@Home」が2018年のプレ大会に引き続き連覇を果たした。



図 5.2.2-1 パートナーロボットチャレンジ会場（リアルタイムでの解説と点数表示）

5.2.3 サービスカテゴリー（フューチャーコンビニエンスストアチャレンジ）

フューチャーコンビニエンスストアチャレンジは、生活に欠かせないコンビニエンスストアにおける各種業務の自動化を目的とした競技である。具体的には、近未来のコンビニを舞台に、「陳列」「接客」「トイレ清掃」の3つのタスクを設け、従業員の負担を軽減し、かつ顧客に新たなサービスを提供するロボット技術を競う。

「陳列・廃棄タスク」では、弁当やおにぎり、サンドイッチなど見た目や形状、柔らかさの異なる6種類の商品を対象に、陳列棚の所定の位置に商品を並べたり、賞味期限が過ぎた商品を見分けて回収したりする作業を行う。

「接客タスク」では、ロボット技術が導入されることにより、実現可能となる新たなサービスを参加チームが自由に設定する。ロボットの各種技術を活用し、「提案性」「有用性」「実現可能性」の観点から審査を行い、近未来のコンビニ店舗にふさわしい顧客サービスの提案内容を競う。

「トイレ清掃タスク」では、便器、床に付着した模擬尿やゴミの範囲をしっかりと認識しなければ、かえって汚れを増やしてしまう等、全く異なる対象を清掃する技術とアイデアが試される。

競技結果は、奈良先端科学技術大学院大学、立命館大学、パナソニックのメンバーで構成される「NAIST-RITS-Panasonic」が総合優勝を果たした。清掃・陳列廃棄ともに移動ロボットとアーム（モバイルマニピュレータ）による完成度の高いロボットを開発し、高い評価を得た。

フューチャーコンビニエンスストアチャレンジでは、陳列棚の寸法や取り付け角度をロボットが取り出しやすいように環境サイドを変えていく「ロボットフレンドリー」な考え方を取り入れている好例が多くあった。



図 5.2.3-1 コンビニチャレンジ競技会場（陳列タスク）

5.2.4 インフラ・災害対応カテゴリー

インフラ・災害対応カテゴリーでは、災害現場における人間では困難な作業として「プラント災害予防チャレンジ」「トンネル事故災害対応・復旧チャレンジ」「災害対応標準性能評価チャレンジ」の3競技が実施された。

「プラント災害予防チャレンジ」では、定められた基準に従ってインフラの点検又はメンテナンスを競う。石油プラントでは、設備を維持するために毎日数回の点検を作業員が行っており、危険個所の点検をロボットが行うことによって、事故を未然に防ぐことができる。

競技では、配管結合部の緩み、圧力計の読み取り、バルブ操作などの点検箇所を遠隔操作ロボットが点検する能力を競う。

競技結果は、東北大学の「Quix」が、クローラロボット、ドローン、車輪型（メカナムホイール）ロボットと3つの異なるタイプのロボットをタスクによって使い分け、点検作業の効率化を図ったことが評価されて優勝した。

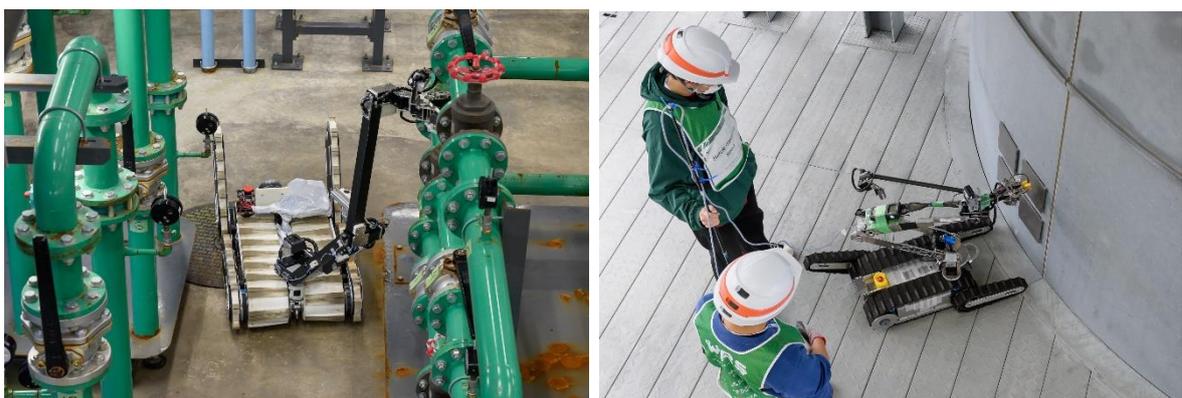


図 5.2.4-1 プラント災害予防チャレンジ（バルブやプラント点検）

「トンネル事故災害対応・復旧チャレンジ」は、トンネル災害における情報収集、緊急対応や災害を未然に防ぐトンネル内の設備点検等を想定したシミュレータを使用して競う。トンネル内で発生した火災の消火、閉じ込められた車内からの救助など、実機の競技では再現が困難な状況をロボットがどのように対応するのか、繊細かつ大胆な動作が見どころである。

競技結果は、筑波大学の「TNK-ROS」がソフトウェアインテグレーション技術に長けている上、ロボットの動作が高速でスムーズだったことが評価されて優勝した。また、地元福島県会津大学の「REL-UoA-JAEA」が3位に入る結果となった。



図 5. 2. 4-2 トンネル災害対応チャレンジ会場

「災害対応標準性能評価チャレンジ」は、災害予防・対応で必要となる標準性能評価を競う。ロボットによる災害対応に必要な基本的性能を「機動性」「移動能力」「障害物等に対する操作能力」「探査能力」に分けて評価を行う。

性能評価に使用する設備は、建設用木材など入手が比較的容易な部品で構成されており、誰でもどこでも簡単に再現できる点を考慮している。

競技結果は、千葉工業大学の「CIT_Rescue」が本チャレンジ唯一の防水ロボットを使用し、高い走破性と信頼性の高いハードウェア、自動地図生成等のソフトウェア面においても高い技術を有していた点が評価され、優勝した。

本チャレンジにおいても、地元福島県の高校生が操縦を担った南相馬ロボット産業協議会の「MISORA」が2位に入るなど、福島勢の活躍も目立つ結果となった。このような結果からも、同カテゴリーの会場となった福島ロボットテストフィールドを核とした技術力の向上、人材育成が進んでいるものと思われる。



図 5. 2. 4-3 災害対応標準性能評価チャレンジ会場

5. 2. 5 ジュニアカテゴリー

ジュニアカテゴリーでは、「スクールロボットチャレンジ」と「ホームロボットミニ／リアルチャレンジ」の2つの競技が実施された。

本カテゴリーは、未来のロボットと人間の協働社会を踏まえて、子供達にロボットがいる学校や家を想像してもらい、ロボットにどのような問題解決をしてもらいたいかのアイデアをプログラミング等で実現するという競技である。

「スクールロボットチャレンジ」の特徴は、国内外のチームがオンラインで実施し、チーム構成は海外と日本の子供たちがコラボレーションしてチームを組むというこれまでにない取り組みであった。

競技では、ソフトバンクロボティクスの「Pepper」を用いて、ロボットがいる学校を想定し、人をサポートしながら学校生活の向上に役立つプログラミングを競い合った。

「ホームロボットチャレンジ」は、人間とロボットが協力しながら生活する家庭を想定し、より良い暮らしを送るためのロボットの製作・プログラミングを競う。また、ロボットの基本性能を試すタスクのほか、自由な発想から生まれるロボット活用による問題解決手法も競われて、ロボット活用の可能性を感じるチャレンジとなった。

競技結果は、「スクールロボットチャレンジ」が「Saku」、「ホームロボットチャレンジ」のミニサイズクラスが「Tamagawa Academy Science Club」、リアルサイズクラスが「The essence of the grey region」が優勝した。



図 5. 2. 5-1 スクールロボットチャレンジ（オンラインによるコラボチーム参加）

5.3 World Robot Expo (WRE) と WRS VIRTUAL

World Robot Expo (WRE) は、企業・団体、自治体などによる最新のロボット技術を展示紹介するとともに、国内外の有識者やスポンサー企業によるステージプログラムを行うものである。

当初は、愛知大会において、リアル展示会とバーチャル展示のハイブリッド形式で開催する予定であったものの、当該大会期間中に愛知県に緊急事態宣言が発出されたことを受け、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止の観点から、リアル展示と一般来場は取りやめて、WRS VIRTUAL としてオンラインでの展示を行った。

WRS VIRTUAL では、PC やスマートフォンを活用して、バーチャル上で自分のアバターロボットを操作し、WRC の競技の LIVE 視聴や競技体験が出来るほか、WRE ワールドでは、スポンサー企業や関連団体の最新のロボットや技術を見て、資料をダウンロードできるシステムを新しく構築した。

また、愛知大会の会場では、凸版印刷が開発したロボットによる遠隔参加システム「Trans Bots」も採用され、複数のテレプレゼンスロボットが会場を回り、リアルタイムで各会場の様子を見ることが出来た。

コロナ禍で海外からの来場も難しい中、自由に参加が出来て、アバターロボットを操作したり、テレプレゼンスロボットを通して参加する新しいイベントの可能性を示すものとなった。



図 5.3-1 WRS VIRTUAL の空間 (エンタランスと展示エリア)



図 5.3-2 競技体験コンテンツとロボットを使用した会場参加

5.4. 企業による連携と支援

WRS では、競技参加者のロボットシステム開発等の各種支援を行うため、スポンサー企業を募集した。2018年のプレ大会では、33社の協賛があり、2021年の本大会では、35社の企業による協賛があった。多くの企業による支援により、WRSの運営が可能になり、さらなる技術開発につながった。

WRS 本大会のスポンサー企業 35 社は以下の通りである。



図 5.4-1 WRS2020 スポンサー企業

5.5 WRS の成果

5.5.1 オープンイノベーションの推進

WRS は、競技会や展示会を通して産学官が連携して、社会課題の解決や社会実装につながることを目指して開催した。

競技設計では、企業の課題やニーズを汲み取り、これまでにない競技ルールを構築した。また、2018年のプレ大会から2021年の本大会に向けて、多くのチームの技術が進歩し、プロフェッショナルな人材が育成された。スポンサー企業からは、ロボットや部品パーツの提供のほか、競技運営のサポートなどに関わり、多くのチームとの連携がなされた。

競技参加者は、他の競技参加者やスポンサーのロボットメーカーやユーザー企業との交流と支援を得ることで、自らの技術レベルを把握し、さらなる技術開発へとつながっており、WRS がオープンイノベーションの場となっている。

WRS を通じて、数年後の暮らしや現場で活用されるロボット技術が生み出され、そして、同様のロボット競技会によるエコシステムが構築されていくことが重要である。次回のWRS は今回の成果をもとに、さらに発展していくことが求められている。

第6章「ロボット大賞」表彰事業

6.1「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、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、農業食料工学会、ロボット革命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、消防庁消防大学校消防研究センター、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、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」と広く定義する。

[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。

【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 介護・医療分野
- ④ インフラ・災害対応・建設分野
- ⑤ 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。

審査の基準

(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) 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。

(F) 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 **131** 件

【応募部門・分野】

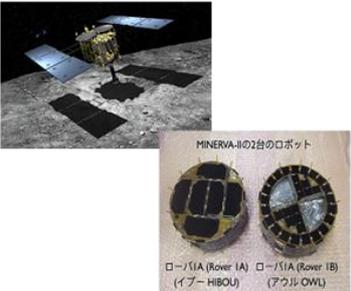
	ものづくり分野	サービス分野	介護・医療分野	インフラ・災害対応・建設分野	農林水産業・食品産業分野	
ロボットビジネス・社会実装部門	3	9	7	9	2	32
ロボット応用システム部門	12	3	0	3	2	21
ロボット部門	11	7	7	4	10	39
要素技術部門	7	0	0	0	0	8
高度ICT基盤技術部門	1	0	0	0	0	3
研究開発部門	3	3	4	6	2	19
人材育成部門	7	1	0	1	0	9
	44	23	18	23	23	131

○これまでの実績

	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 介護・医療分野：18件 インフラ・災害対応・建設分野：23件 農林水産業・食品産業分野：23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

6.2 第9回ロボット大賞 受賞一覧

<p>経済産業大臣賞</p>	<p>協働ロボットCRX 【ファナック株式会社】</p>
	<p>【概要】 「安全、使いやすい、壊れない」をテーマに、内蔵センサによる接触停止機能、アームを直接操作するダイレクトティーチ、タブレット操作でアイコンをドラッグ&ドロップする直感的なプログラミングを実現した。減速機やケーブルなど主要部品の定期保守が不要で、従来定期的に必要だったメンテナンスも必要なく、導入が容易である。</p> <p>【評価のポイント】 ロボットに不慣れな企業に対してロボット導入が促進されるものと期待。 これまでの産業用ロボットに比べて大幅に使いやすさや安全性を向上させている。具体的には、①アームを直接操作するダイレクトティーチに加え、タブレット上のアイコンのドラッグ&ドロップによる直感的な操作が可能、②独自に開発したセンサを各軸に埋め込み、強く当たらずとも、少し接触しただけで安全に停止することが可能、といった点が、ロボット導入の障壁を緩和するものとして秀逸な製品であると評価することができる。</p>
<p>総務大臣賞</p>	<p>家族型ロボット「LOVOT[らぼっと]」 【GROOVE X株式会社】</p>
	<p>【概要】 ナンバー1なコミュニケーションを採用したコミュニケーションロボット。従来のロボットのように人の仕事の代わりはせず、抱き上げた時の体温を再現し、複数のカメラやセンサー、AI（アルゴリズム）を通じ、足のホイールで移動する。人や動物の姿を模した形をしていないことで、模倣による愛着度の低下を軽減。月額でサポート料金を設定することで、本体価格を安価にし、ペットが飼えない世帯向けの需要に対応したロボットとしても活躍できる。</p> <p>【評価のポイント】 コミュニケーションロボットとして非常に優れた技術を搭載しており、インパクトがある。ユーザーの多くが女性であることや、人間科学の視点から愛着を持てるロボットを目指していることから、新たなペットロボットの展開も期待できる。また、投資を募ってビジネスを行っている点も今後の新しいロボット産業の発展のモデルとして評価できる。</p>
<p>文部科学大臣賞</p>	<p>小惑星探査機はやぶさ2/小惑星探査ロボットMINERVA-II 【国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 はやぶさ2プロジェクトチーム/MINERVA-IIプロジェクトチーム】</p>
	<p>【概要】 2014年に打ち上げられた小惑星探査機はやぶさ2は、2018年6月に小惑星リュウグウへ到着し、約1年半の滞在期間を通して、観測や試料回収を行った。未踏天体探査ならではの不確定性と、片道20分程度かかる遠距離通信、地上を介した異常検知と緊急離脱が間に合わない深宇宙という極限環境下で、現場で探査機自身が判断を下し、タッチダウンまでのシーケンスを可能とした。同機に搭載されていたMINERVA-IIは、微小重力天体における最適な移動方法として新しいホッピング機構を採用し、完全自律で小惑星表面の観測を行った。</p> <p>【評価のポイント】 はやぶさ2は極限環境下での自律移動を実現したロボティクス技術であり、様々なバックアップ、パラメータ調整機能、地上シミュレーションを備えたシステムである点を評価。MINERVA-IIは極めて重力の低い環境で、ホッピングという発想で小惑星表面の観測を実現した点を評価した。どちらも科学技術の発展に大きく貢献するものであり世界に誇る技術といえる。関連事業のさらなる挑戦を期待する。</p>
<p>厚生労働大臣賞</p>	<p>移乗サポートロボットHUG T1-02 【株式会社FUJII】</p>
	<p>【概要】 介護の現場において、ベッドから車椅子、車椅子から手洗い場といった座位間の移乗動作や、脱衣場ででの立位保持をサポート。過去の同社製品からデザインを一新し、価格・操作・装置重量を改善し、使い勝手の良い製品となった。介護施設、在宅介護両面での活躍を想定している。</p> <p>【評価のポイント】 介護負担の軽減のテーマの一つとして、「移乗支援」が今、非常に重要となっている。本機は高齢化による代表的な課題の一つである排泄介助用の機器として顧客の主たるニーズである軽量化、使いやすさを細部に至るまで検討し、数多くの工夫を盛り込んで市場から高い評価を得ている点を評価。排泄介助は現場での強いニーズがあるにもかかわらず、現場で比較検討される競合製品もほとんどないことから今後も引き続き導入が進んでいくと考えられる。</p>

<p align="center">農林水産大臣賞</p>	<p align="center">自動野菜収穫ロボットとRaaSモデルによる次世代農業パートナーシップ [inaho株式会社]</p>
	<p>【概要】 自動野菜収穫ロボットを開発し、RaaS(Robot as a Service) モデルによる農業者向けサービスを提供。ロボットを農業者へ貸出し、収穫高に応じて利用料を支払ってもらうビジネスモデルを実現した。初期費用・メンテナンス費用の負担を不要としており、貸出しからメンテナンスまでをサービスとして提供している。</p> <p>【評価のポイント】 ユーザーである農業者のニーズを丁寧に聞きながら、成長度合に応じて人の目で一つずつ判断する必要があった野菜の自動収穫にチャレンジしている点、また、農業者の導入初期コストを低減させるサブスクリプションのビジネスモデルを評価。スタートアップ発の農業ロボットの普及に、大きなイノベーションを予感させる提案であり、今後の展開が大いに期待される。</p>
<p align="center">国土交通大臣賞</p>	<p align="center">トンネル覆工コンクリート自動施工ロボットシステム [西日本高速道路株式会社/清水建設株式会社/岐阜工業株式会社]</p>
	<p>【概要】 トンネル覆工コンクリート自動施工ロボットシステムは、打込みノズル切替えにマニピュレータ方式を採用したことで、従来施工では人力で行っていたコンクリート投入配管の盛替作業を、マニピュレータ方式を持つロボットにより自動化した。またスライド型枠の検査窓から投入していた生コンクリートを、吹上げ方式で投入する新しいシステムである。</p> <p>【評価のポイント】 トンネル覆工コンクリート打込みは作業現場では非常に負担の大きい作業であり、完全自動化は初の試みである。中流動のコンクリートを吹上げ方式で打込みする点、枠組自体を分散加振器で安定的に加振する点、分散圧力センサによって打込みのセグメントごとの完了を検出できる点などに新規性がある。複数のトンネル工事で実績もあげている。作業員の確保が難しいことに対応し、作業量を減らすだけでなく、工期も減らしながら品質を高く安定化させている。</p>
<p align="center">中小・ベンチャー企業賞 (中小企業庁長官賞)</p>	<p align="center">協働運搬ロボット「サウザー」シリーズ [株式会社Doog]</p>
	<p>【概要】 従来のAGVと同様のライン走行に加え、自動追従機能とメモリーストック走行機能を備えた製品。自動追従走行では、前に立っている人をLiDARにより認識し、人を追尾して走行する。障害物も回避しながら、どこでも作業員についていくことができ、複数のサウザーを連なって追従走行させれば、柔軟に運搬量を拡大できる。さらに、メモリーストック走行機能は、追従して走行した経路を記憶し、トレースすることで自律走行が可能である。</p> <p>【評価のポイント】 狭い場所での稼働や人を見分けて追従できる、などの機能を有している。また、同社とユーザーを繋ぐ役割を担い、ユーザーの要望に合わせたシステム提案・構築を行う複数の企業と既に連携しており、ユーザーに合わせたカスタマイズを実施する体制がうまく機能している。</p>
<p align="center">日本機械工業連合会会長賞</p>	<p align="center">製造業における部品調達デジタル革命「meviy」(メヴィー) [株式会社ミスミグループ本社]</p>
	<p>【概要】 製造業における加工部品の調達を効率化するECサービスであり、利用者は設計データをアップロードするだけで、AIが形状を認識し、即時に見積もりを実施、そのまま部品を加工して最短即日に出荷するという革新的なものづくりプラットフォーム。今まで膨大な時間を費やしていた部品調達に関する時間を劇的に削減、ものづくり産業全体のスピードを加速させることが可能となる。</p> <p>【評価のポイント】 日本の製造力強化、労働生産性の向上といった社会的ニーズに対し、大きな足かせとなっていた調達プロセスを劇的に改善するシステムである。日本一のシェアと売り上げ実績がある。部品点数が多く、特有の部品を設計する必要性が高く、試作が繰り返されることが多いロボット領域には極めて有用な仕組みである。競合他社に対して、設計・製作3Dデータの標準化という点で大きくリードしており、ものづくり・ロボット産業の競争力に大きな貢献をする標準プラットフォームとしての貢献が期待できる。</p>

<p>日本機械工業連合会会長賞</p>	<p>自律移動型警備ロボットSQ-2 [SEQSENSE株式会社]</p>
	<p>【概要】 独自のセンサー技術や画像認識技術を持つ自律移動のセキュリティロボット。人手不足が深刻な警備業務を人に代わって、もしくは人と分担して行うことを可能とする。独自の3Dライダーを搭載し、警備対象物件の詳細な3次元マッピングや自己位置推定、移動歩行者をはじめとした動体の発見、環境の変化を検出することで、人と共存する環境でも非常に高精度な自律移動性能を持つ。</p> <p>【評価のポイント】 ビル警備は通常、警備員が目視で非常に多くの細かい箇所を点検していることから、従来の警備ロボットでは確認しきれない多くの場所があった。本機では、視野角の広いカメラでそれらの確認ができる。不動産企業との連携もあり、将来のビジョンもしっかりしていることから、ビル警備会社への導入が加速することが期待される。</p>
<p>優秀賞（ビジネス・社会実装部門）</p>	<p>次世代薬局ロボ（薬剤自動管理）と自動薬剤受取機、デジタル・セルフOTC販売で「患者のための薬局ビジョン」実現 [日本ベクトン・ディッキンソン株式会社（日本BD）]</p>
	<p>【概要】 薬局にて調剤を待たない患者は、薬局壁に据付けられた自動薬剤受取機より、開局の有無にかかわらず薬の受取ができることを実現。薬局での感染リスク低減にも貢献でき、オンライン診療、服薬指導とのシナジーも想定している。また、個人々がOTC医薬品で健康管理が求められる場面で薬剤師等の服薬相談をデジタルサイネージでサポート。服薬相談に必要な情報を手元に、接続されるロボットよりクリックひとつで商品を手元に払出しできる。</p> <p>【評価のポイント】 ハードウェアおよび基本ソフトウェアについてはドイツ企業の製品である。しかし、この製品をベースとして、日本の調剤薬局に特有のワークフローを解析し、店舗の薬剤師とシステムの共同作業としてソリューションに落とし込んでおり、独自性がある。インバッションが従来起こりづかった分野での提案であることから、今後の社会実装への期待を込めて評価した。</p>
<p>優秀賞(介護・医療・健康分野)</p>	<p>研究用マウス飼育自動化システム「RoboRack」 [グローバル・リンクス・テクノロジー株式会社]</p>
	<p>【概要】 本機は、研究用マウスの飼育について、これまで人手で行っていた①ケージの交換作業②敷材の交換③餌や水の補給を自動化している。研究用マウスの飼育を行う場合、飼育環境にも配慮した対応が必要であるが故、飼育を行う研究員には、精神的にも肉体的にも過度な負担がかかっている。本機は、研究用マウスに過度なストレスを与えないようにしつつも、これまで若手の研究員が中心となり手作業で行っていた研究用マウスの飼育を自動化し、過度なストレスを与えない飼育環境と飼育者の安全・安心の確保を両立することが可能となるものである。</p> <p>【評価のポイント】 研究機関・大学などの研究員の負担である「マウスの飼育」を、マウスへの負荷を減らしつつ自動化することで実験動物と人の接触リスクの回避、実験範囲や対象規模の拡大、さらには新たな実験体制の構築を提案するものである。作業時間を有効活用できることで研究の加速が可能となることから、今後の展開が期待できる。中小企業ならではの強みを生かし、ターゲットユーザーのニーズにきめ細かく応え、開発を完成させた点も評価できる。国内では年間約1千万匹の研究用マウスが必要とされていることを踏まえると、重要なシステムであると評価。</p>
<p>優秀賞（農林水産業・食品産業分野）</p>	<p>農機向け後付け式の自動化システム [株式会社トフコン]</p>
<p>お持ちのトラクタが自動化トラクタに！</p> <p>付け替えが簡単に行えるのでトラクタだけでなく、季節性の高い田植え機や輸入コンバインなどにも装着し、使い回しすることができます。</p>  <p>Step.1 トラクタのセンサーを装着 Step.2 キーセンにICコンソールを装着 Step.3 高度なAI機能でONZ位置検出を可能</p>	<p>【概要】 自動操舵システムとは、位置情報を基に事前に設計した走行ラインからの離れ量を計算、その差分を戻すように農機のハンドルを自動で制御させるシステムである。現在国内で販売されている自動操舵システムは大きく二つに分類され、一つは農機に最初から取り付けられているシステムであり、本製品はもう一つの既に所有している農機に後付けするシステムである。</p> <p>【評価のポイント】 後付け式の自動操舵システムは既存農機に使用できるメリットがあり、複数の機械で使い回しが可能で、1台の自動操舵システムで多くの作業に活用でき、北海道を中心に普及が進んでいることを評価。また、マップ機能を用いた可変散布、生育センサーに基づいた可変施肥などのセクションコントロール機能を備えた作業機との連携も農業者にとって有用である。</p>

<p>優秀賞 (社会インフラ・災害対応・消防分野)</p>	<p>建設機械の自動運転を核とした次世代建設生産システムA⁴CSEL (クワッドアクセル) [鹿島建設株式会社]</p>
	<p>【概要】 従来の情報化施工や建設機械の遠隔操作による無人化施工等とは異なり、作業データ（いつ、どこで、何を）を送ると、自動化建設機械が自律・自動運転で作業を行う。原理的には一人で何台の機械でも同時に稼働させることを可能とした、全く新しい建設生産システムである。</p> <p>【評価のポイント】 成瀬ダムでの作業では、23台の重機を自動化して作業を行った。人手不足で作業人員が減少する中、自動化の取り組みにより少人数で作業を可能とした取り組みはほかになく、他社よりも先駆けて実用化を実現している点を評価した。</p>
<p>優秀賞 (研究開発部門)</p>	<p>高速道路のトンネル覆工コンクリートにおける時速100km走行での4K高解像度変状検出システム [東京大学・中日本高速道路株式会社]</p>
	<p>【概要】 高速道路の点検において、高速カメラ、高速画像処理及び回転ミラーなどの高速光軸制御動作により、時速100km走行時に生じるモーションブラーをリアルタイムに補償し、静止時と遜色ない鮮明な4Kレベルの高解像度・高分解能画像を連続して取得可能である。特殊車両を必要とせず、普通車両の上部に市販のルーフキャリアを利用して装置を着脱可能であることから、搭載車両が通常巡回するだけで点検可能な製品である。</p> <p>【評価のポイント】 研究開発に留まらず、すでに高速道路での実証実験を進めている。一般のパトロール車に搭載し、車線規制が行われていない通常の状態の高速道路上を100km/hで走行しながら、定められたクラックを鮮明に捉えることに成功している。高い可能性を秘めた技術およびアプリケーションであり、実用化への期待を込めて評価した。</p>
<p>審査員特別賞</p>	<p>母船レス海底調査を可能とする洋上・海中ロボットシステム [Team KUROSHIO (海洋研究開発機構、東京大学生産技術研究所、九州工業大学、海上・港湾・航空技術研究所、三井E&S造船株式会社、日本海洋事業株式会社、株式会社KDDI総合研究所、ヤマハ発動機株式会社)]</p>
	<p>【概要】 海底観測に用いられる海中ロボットは、一般的に有人支援母船により海域まで輸送・投入され、母船から音響通信で管制される。探査をさらに拡大するため、数に限りがある有人支援母船を用いることなく、海底観測をロボットのみで行う母船レス海底調査システムを開発した。</p> <p>【評価のポイント】 海底観測はまた調査が進んでいない海域も多いが、今までは高額なシフトタイムとAUV運用が可能な母船の調達に難しいという問題があった。本システムにより、母船無しに調査が行えることを示した意義は大きい。本技術が発展することで、同時に複数台の海中ロボットの稼働が期待できる。XPRIZEコンペにおいて、ギリヤ沖等、まったく経験のない場所で本システムを用いた探査、詳細な地図作成に成功し、世界2位（準優勝）を獲得した。膨大な規模の海底調査の効率化により新たな資源の発見などに貢献する可能性が高い点を評価した。</p>

6.3 「第9回ロボット大賞」表彰式

日時：2021年3月12日（金）14：00～15：30

場所：機械振興会館



大宮会長挨拶

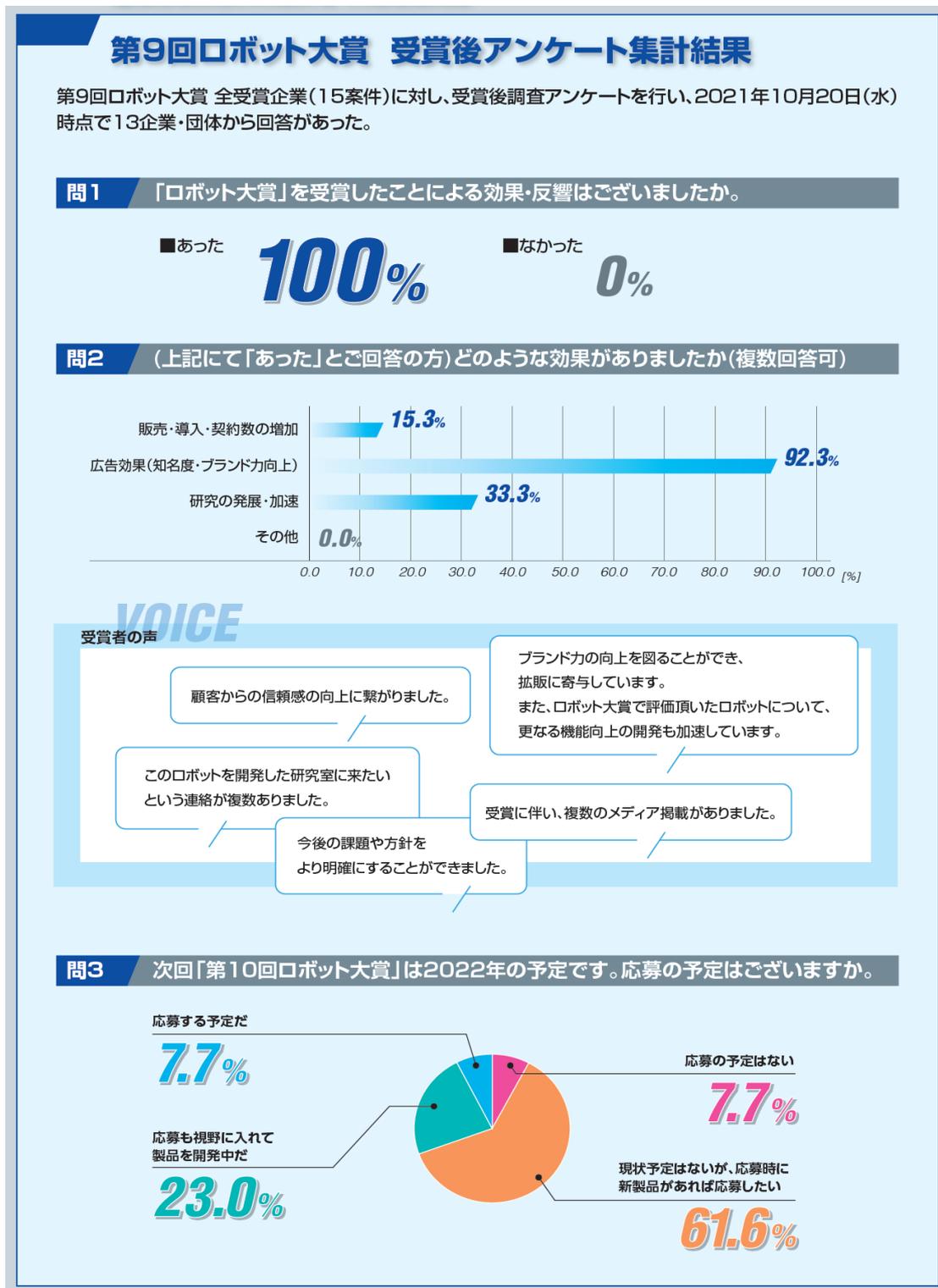


川村委員長挨拶



6. 4 「第9回ロボット大賞」受賞後のアンケート調査結果

「第9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。(15社・団体より回答)



第7章 まとめ「第10回ロボット大賞」表彰事業に向けて

7.1 審査・運営委員会における検討

7.1.1 第1回審査・運営委員会における検討

日時：2021年6月28日

内容：

- ・第10回の節目の会として、特別表彰の授与を検討する。
特別表彰の専門WGにて検討を進める。
- ・外部講師によりロボット動向のヒアリングを行う。
特に中国市場の変化が大きいため、現地の動向について講演を行う。

7.1.2 第2回審査・運営委員会における検討

日時：2021年11月5日

内容：

- ・第10回特別表彰の検討について
特別表彰検討WGでは、過去受賞したロボットの追加調査を行い、その内容を含めて特別賞について検討していくとの方針が出た。
- ・調査研究報告書について
ロボットフレンドリー、スマート農業など最新の取り組みも掲載する。
- ・中国ロボット市場の動向について
中国のロボット関連企業を招いて講演を行った。現在中国では、自動車ラインなどでは多くの日本メーカーのロボットが使用されており、減速機やケーブルなど、日本メーカーの強みはある。一方、中国でもQCD（品質・コスト・納期）の状況で容易に切り替えるようになり、市場の変化は非常に速い。

7.2 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。

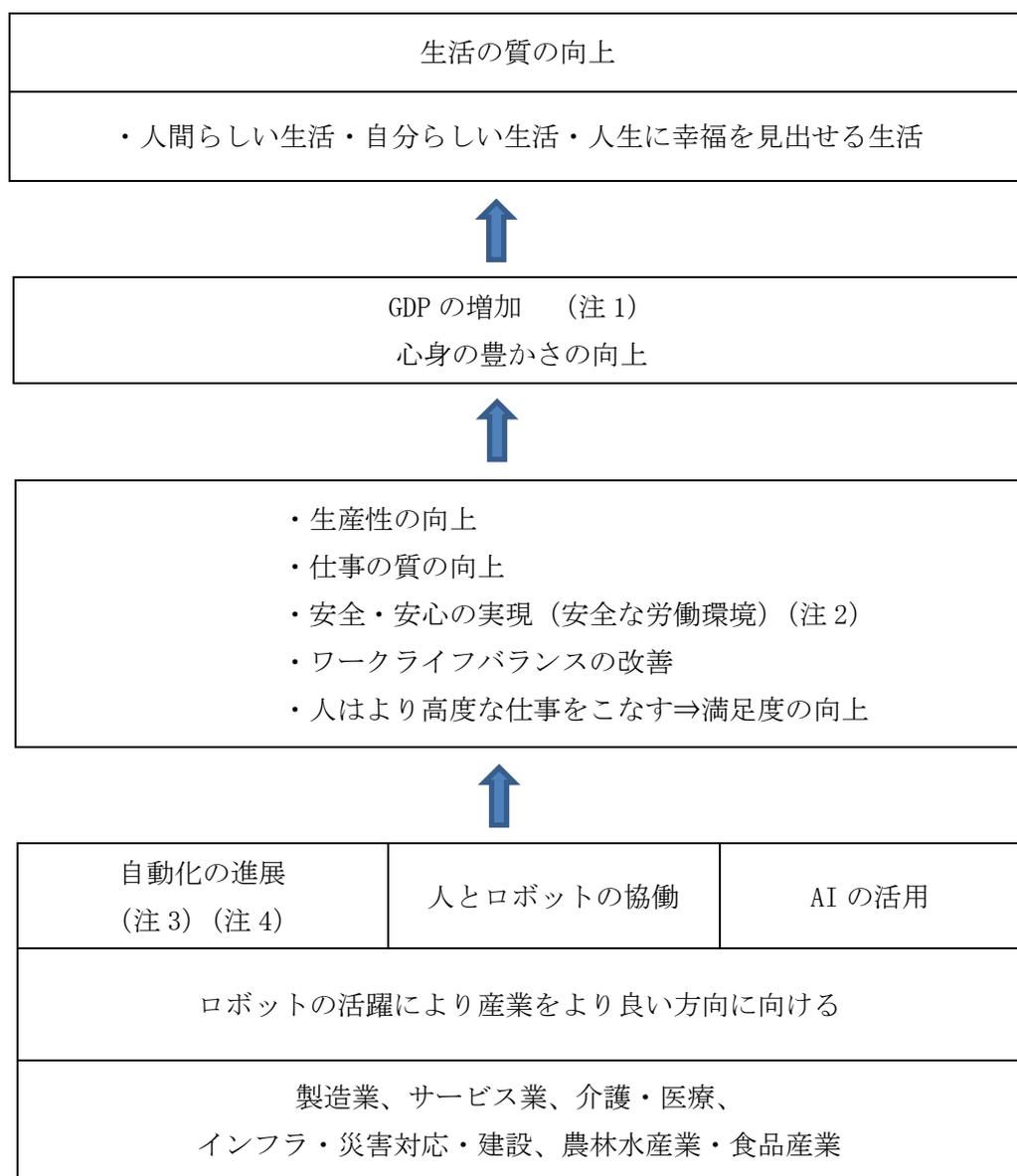
例えば、製造業のロボット化により生産性の向上、安全性の向上を図ることができる。産業の中で膨大な割合を占める単調な作業をロボットが担うように自動化することにより、その結果生じた人的資源の余裕を、よりクリエイティブな仕事に回すことができる。つまり、自動化で人々の仕事の質を良くし、さらには生活の質を良くすることができる。

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

2021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 2021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

