

日本のロボット導入の実態調査

—ロボット導入実証事業データベース分析—

林 隆 一

神戸学院経済学論集

第54巻 第4号 抜刷

令和5年3月発行

日本のロボット導入の実態調査⁽¹⁾

——ロボット導入実証事業データベース分析——

林 隆 一

キーワード：エコシステム、モジュール、ロボット、システムインテグレータ
Keyword: Ecosystem, Module, Robot, Sler (System Integrator)

1. はじめに

日本ロボット工業会（2022）によると、2021年のロボット（電子部品実装機含む）は日本国内生産金額9,391億円、生産台数25.6万台、単純平均単価366万円となっており、生産金額の約79%、および生産台数の約82%が輸出されている。日本企業はロボット世界シェアの約3分1を占めている。ただし、自動車向けが中心だった1990年代の9割前後のシェアから長期低下傾向がみられる。1995年には日本のロボット企業数は250社を超えていたが、2018年では55社まで減少し、1社当たり生産額は約8倍に集約が進んでいる。一方で、国内の産業用ロボットの累積稼働台数は中国の3分の1以下、従業員1万人当たりロボット導入台数は韓国の2分の1以下に留まっている。

産業用ロボットのシステム導入費用は、ロボット単体コストの3～6倍となることが一般的である。ロボット導入では、システムインテグレータ（以下、⁽²⁾Sler）がソフトウェアからハードウェアまでのトータル設計を行う場合が多い。特に、自社に専門家がいない中小企業などは、独自で生産ラインに適合するロ

(1) 本論文はJSPS 科研費 22K01646（基盤研究(C)）の助成を受けたものである。

(2) ロボットのシステムインテグレータ（System Integrator）は、Slerと呼ばれ、生産ラインの詳細な設計、ロボットの設置、ソフトウェア設計等を行う。

日本のロボット導入の実態調査

ロボットシステムを構築する事は難しい。SIerがロボットハンドやソフトウェアなどの周辺機器・機械等を選び、「生産ライン」を設計・構築（供給）する必要がある。一方で、大手企業の多くは、自社でロボットの仕様を決める傾向がある。日本企業の手ロボットユーザーは、ロボットの取り扱いに慣れていることもあり、カスタム仕様を好む傾向がある。

2021年の日本のロボット導入の業種は、比較的に大手企業が多い電気・電子（34%）と自動車（26%）の2つで6割を占めている。NEDO（2014）によると、今までの日本は顧客企業の自前主義に対応し、SIerは受託開発（すりあわせ）が中心になり、構築されたロボットシステムが外販されることは少なかった。また知的財産権がユーザー企業に帰属する契約の場合も多く、顧客が固定しやすく、SIer間の交流も閉鎖的であった。SIerは需要の多様性を確保する役割を担っており、産業用ロボット採用の多様性への機能をさらに分析していく必要がある。

しかし、消費財と異なり、資本財の場合は企業秘密の関係で取引ネットワークのデータにアクセスすることが困難な場合が多く、日本のロボット導入状況は十分に把握されていない。そのため、林（2022）では、日本のロボット産業のエコシステムの現状を把握するため、日本経済再生本部の「ロボット新戦略」に基づく「ロボット導入実証事業」（経済産業省）からデータベースを作成し、分析を試みている。2017年「ロボット導入実証事業」では123件の補助金対象の公開データから、ロボット導入の目的ごとの生産性上昇結果やロボット企業別の動向などの集計・分析を行っている。

本論文では、これらの分析対象を拡張し、2016～2018年の「ロボット導入実証事業」の3年分295件の集計・分析を行うことで、日本のロボット導入の実態の把握を試みる。本論文の構成としては、まず第2章で関連する先行研究を概観した上で、第3章で主要国のロボット導入動向をアップデートする。第4章で「ロボット導入実証事業」データを集計した上で、日本の新規採用動向を分析し、第5章で結論と今後の課題をまとめる。

2. 先行研究

人工物の設計とそのプロセスを研究した Baldwin & Clark (2000) は、設計者が「デザイン・ルール」を設定することで、モジュール相互間の自由度が確保され、新しいイノベーションの創出が可能になると主張している。これに続く研究成果を踏まえ、Iansiti & Levien (2004) は、ウォルマートやマイクロソフト、TSMC 等の研究を通して、「産業」と「市場」に対して「ビジネス・エコシステム」というフレームワークを示した。Gawer & Cusumano (2002) は、インテルなどの IT 企業の研究を通して、広範な産業レベルにおける特別な基盤技術の周辺で、補完的なイノベーションを起こすように他企業を動かす能力を「プラットフォーム・リーダーシップ」と定義している。

プラットフォーム・リーダーシップ戦略に関して、IT や小売、医薬品企業等の事例研究が数多くなされてきた。しかし、立本 (2017) によると、プラットフォーム戦略の先行研究では欧米国内の展開を念頭にしており『プラットフォーム企業の成功が地域経済の産業成長にどのような影響を与えるかという問いについて既存研究は十分に答えてない』。要因として『取引ネットワークのデータにアクセスすることが、通常は非常に難しい』ため、この種の既存研究はほとんど存在しないためとしている。また『日本企業でオープン標準を活用した戦略は非常にまれ』であり、製造業での研究事例は比較的少ない。

林 (2021) は、プラットフォーム・リーダーシップ戦略について、工作機械産業を分析対象とし、グローバルの産業構造への影響を分析している。工作機械のモジュール化の進展で、NC などの主要部品を購入し組み合わせれば一定レベルの機械ができるため、工作機械企業は多種多様な金属加工の先端ニーズ対応に専念している。NC モジュールが技術的知識の運搬態として、中小・新興企業に供給されることで、加工法の多様性が維持され、新しい最終製品を生

(3) Numerical Controller の略。数値による信号指令を用いるプログラムで工作物に対する工具の位置や送り速度などを制御する工作機械等の中核部品。

日本のロボット導入の実態調査

み出してきたことを示した。中小企業が新しいイノベーションを生み出し、大手企業の機械がその加工範囲を順次取り込み、アジアに広がる業界全体のエコシステムが維持されてきたと解釈した。工作機械は、製造業全般の技術的知識の運搬態として、世界中の金属加工の多様性が維持されている。ビジネス・エコシステムにおける製品供給の「標準化」(モジュール)と需要の「多様性」(すりあわせ)を両立させる仕組みが機能していると考えられる。

一方でロボット産業に同じ構造を当てはめると、各国のSIerが需要の多様性を確保する役割を担っていると考えられるが、各国のロボット導入の詳細は必ずしも明らかになっておらず、SIerの機能も十分には解明されていない。製造業全体を対象に榎本(2018)は、製造業のライン・ビルダーの類型を整理し、ソリューションビジネスによる能力獲得(統合的な知識の蓄積)に注目しているが、産業用ロボットエコシステムにおいても、ライン・ビルダーとしてのSIer企業の機能をさらに分析していく必要がある。

産業用ロボット導入を対象とした先行研究では、大木・池尻(2020)が島津製作所の事例研究からローコスト・ロボットが「破壊的イノベーション」になりうることを指摘している。ただし産業用ロボットの場合、先行研究の半導体やHDDのように、性能を一義的な数値などでは把握できないため、単純に「コスト」だけでは比較しにくい。

Hayashi(2017)ではロボット産業のビジネス・エコシステムを、ファナックのプラットフォーム・リーダーシップ戦略の視点で分析を行った。林(2021)では、2018~2019年の日欧中の見本市で工作機械企業が機械と組み合わせで展示した産業用ロボット595台の目視調査を行った。さらに、2019 iREX(国際ロボット展)で展示された172社806台のロボットの調査で、SIer企業の展示ロボット30社93台の集計も行い、用途別にロボット採用を使い分ける主要SIerの特性の一部分を明らかにしている。林(2022)では、主要なロボット企業の事業展開を概観した上で、ロボット産業のエコシステムの現状把握を試みている。その際に日本経済再生本部の「ロボット新戦略」に基づく「ロボット導入

実証事業」（経済産業省）からデータベースを作成し、集計を行っている。本論文では2016～2018年の3年分の「ロボット導入実証事業」に分析対象を広げて行う。

3. 主要国のロボット導入動向

林（2022）では、2020年のデータを基に世界のロボット産業構造を分析しているが、同年は新型コロナ流行による市場の混乱の影響もあった。本論文では、大きく変化した2021年のデータを基に、改めて世界のロボット導入の状況を概観する。

⁽⁴⁾ IFR（2022）によると、2021年時点の世界の産業用ロボットの累積稼働台数は約348万台（前年比15%増）である。内訳は、中国が約122万台（前年比27%増、構成比35%）、日本が約39万台（同5%増、同11%）、韓国が約37万台（同7%増、同11%）、米国が約34万台（同9%増、同10%）、ドイツが約25万台（同7%増、同7%）であり、この上位5ヶ国で全世界の約74%を占める。第6位のイタリアが約8.9万台（同14%増、同2.6%）、第7位の台湾が約8.4万台（同11%増、同2.4%）と上位5ヶ国とは大きな格差がある。

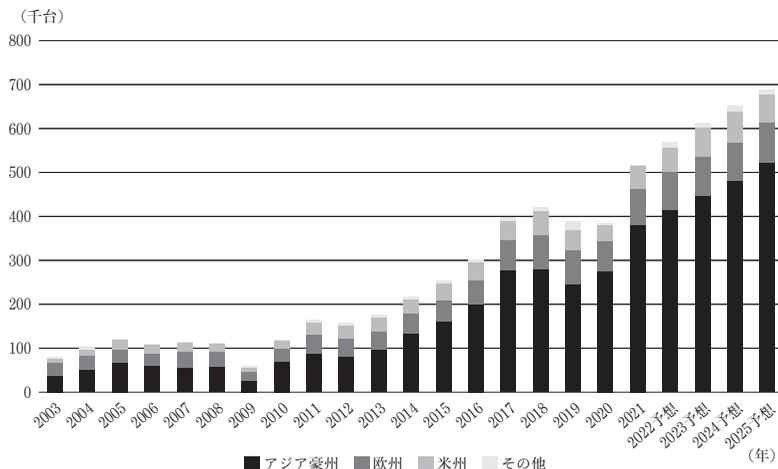
世界の2021年の新規導入台数は過去最高の約51.7万台となっているが、今後もさらなる拡大が見込まれている（図表1）。2021年の産業用ロボット需要台数51.7万台の国別内訳は、中国が約26.8万台（構成比52%）、日本が約4.7万台（同9%）、米国が約3.5万台（同7%）、韓国が約3.1万台（同6%）、ドイツが約2.4万台（同5%）である（図表2）。この上位5ヶ国の構成比は約78%となっている（図表2）。

中国の累積稼働台数に占める構成比が35%であるのに対して、2021年の新規導入の構成比は52%となっており、短期的にも中国を中心にさらなる集中傾向がみられる。中国政府は、2015年5月発表の「中国製造2025（メイド・イン・

（4） International Federation of Robotics（国際ロボット連盟）。

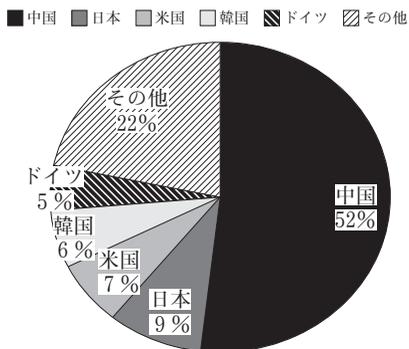
日本のロボット導入の実態調査

(図表 1) 世界の産業用ロボット市場動向



(出所) IFR (2022) より作成

(図表 2) ロボット市場の国別台数内訳 (2021年)

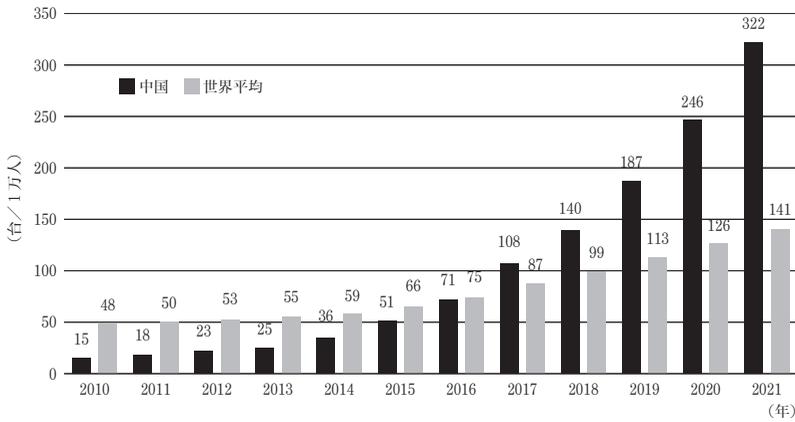


(出所) IFR (2022) より作成

チャイナ2025)], 2016年4月発表の「ロボット産業発展計画(2016-2020年)」を踏まえ、2021年には「第14次五ヵ年計画及び2035年ビジョン目標要綱(2021~2035年)」を発表している。製造業の競争力強化に向け、ロボットを含めた

8大重点産業分野の集中的な育成を掲げ、中国企業のロボット普及を支援している。中国の製造業の従業員1万人当たりのロボット導入台数は、2017年に世界平均値を超え、2021年には322台まで加速的に高まっている（図表3）。

（図表3）従業員1万人当たりロボット導入台数（中国と世界平均）



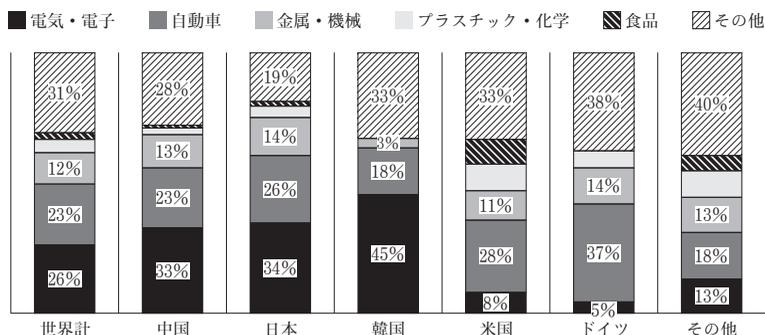
（出所）IFR（2022）等より作成

2021年の世界市場の約51.7万台の用途別構成は、電気・電子が約26%（約13.7万台）、自動車約23%（約11.9万台）、金属・機械が約12%（約6.4万台）、プラスチック・化学が約5%（約2.4万台）となっている（図表4）。2018年の自動車は約30%（約12.6万台）をピークに減少し、2021年に回復したものの、台数ベースでもピーク水準に戻っていない。逆に、電気・電子向けは、2018年の構成比は約25%（約10.5万台）と、2019年の構成比は約23%（約8.9万台）から急拡大し、用途構成で最大となっている。

中国は全用途で高いシェアを持つが、電気・電子向けの構成比が最も高くなっている（図表5）。中国市場の約26.8万台の用途別構成も、電気・電子が約33%（約8.8万台）、自動車約23%（約6.2万台）、金属・機械が約13%（約3.4万台）となっている。2018年の自動車は約25%（約3.9万台）から2年で台数が約1.2万台減少したが、2021年は前年比倍増となっている。電気自動車の立

日本のロボット導入の実態調査

(図表4) 国別のロボット用途別構成 (2021)



(出所) IFR (2022) より作成

ち上げに関するロボット導入が増加したと推測される。

(図表5) 産業用ロボットの用途別の国別シェア

(2021年)	中国	日本	米国	韓国	ドイツ	その他	合計
電気・電子	64%	12%	2%	10%	1%	11%	100%
自動車	52%	10%	8%	5%	8%	17%	100%
金属・機械	53%	11%	6%	2%	5%	24%	100%
プラスチック・化学	25%	8%	14%	0%	6%	46%	100%
食品	27%	7%	23%	0%	0%	44%	100%
その他	47%	6%	7%	7%	6%	28%	100%
合計	52%	9%	7%	6%	5%	22%	100%

(出所) IFR (2022) より作成

各国で相対的に強い業種を以下にまとめた(図表6)。世界の過半のシェアを持つ中国は幅広い業種での採用が進んでいるが、日本は電気・電子と金属・機械の相対的なシェアが高い。同様に、米国とドイツは自動車とプラスチック・化学等、韓国は電気・電子が高くなっている。

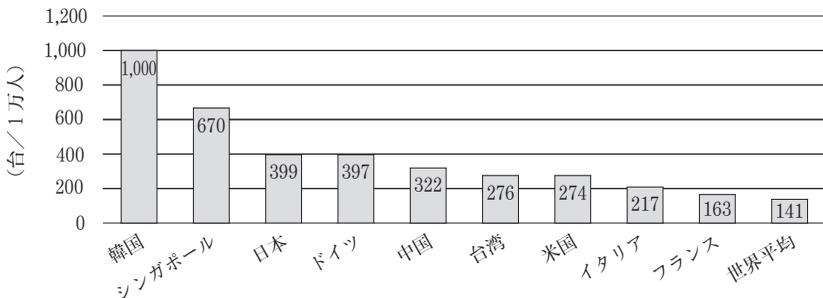
電気・電子向け構成比が相対的にも高い韓国では、製造業の従業員1万人当たりのロボット導入台数(2021年)が1,000台と突出して高く、他の主要国と比較してもロボット密度が2倍以上となっている(図表7)。この背景として、韓国のロボット事業者は2,000社強の約97%が中小企業であり、特に過半を占

（図表6）国別の産業用ロボットの採用業種

主な想定業界	主な役割	SIer 役割	中国	日本	米国	韓国	ドイツ
電気・電子	クリーン仕様含	小	◎	◎		◎	
自動車	溶接	小	◎	◎		○	◎
金属・機械	搬送	大	◎	◎	○		○
プラスチック・化学	検査	多様	○	○	◎		◎
各種	包装・梱包	多様	○		◎	◎	○
導入世界シェア（IFR2021）			52%	9%	7%	6%	5%

（注）業種の（使用）シェアは推定値。各国の◎は各国内で相対的にロボット使用が進んでいる分野を示す。

（図表7）従業員1万人当たりロボット導入台数（2021年）



（出所）IFR（2022）より作成

める小企業が多様なロボット開発を支えていると考えられる。2021年に韓国政府が発表した「知能型ロボット実行計画」では、2023年までの累積70万台を目標に、①韓国における3大製造業であるプリ産業（鋳造，金型，焼成加工，溶接，表面処理，熱処理などの業界），繊維産業，食・飲料産業を中心に産業用ロボット導入を拡大，②介護ロボット，ウェアラブルロボット，医療ロボット，物流ロボットの4大サービスロボット分野の集中的育成，③ロボット産業のエコシステム強化などを主要課題として掲げている。

電気・電子向け構成比は，中国よりも日本・韓国が高い一方で，米国・ドイツは極端に低く，二極化している（図表6）。ただし，電気・電子向けの中には，半導体・液晶などの製造過程のクリーンルーム仕様のロボットが含まれる

日本のロボット導入の実態調査

一方で、小型の組立加工やハンドリングを行うロボットも多いと考えられるため、一律の評価は難しい。例えば、世界の液晶生産は中国や韓国に集中しているが、クリーンルーム仕様の液晶向け「ガラス基板搬送ロボット」は日本電産サンキョーが大半のシェアを占めている。半導体製造に使用されるロボットも、クリーンルーム仕様や半導体製造装置組込み仕様が多く、「ウェア搬送ロボット」では川崎重工業や安川電機、ローチェ、平田機工などが一定のシェアを持っている。これらの特殊仕様のロボットの顧客も特定の大企業の特定の仕様が継続するケースが多いと考えられる。しかし、小型の組立加工向けなどでは、中小企業の個別ライン対応も多いと考えられ、ライン構築における Sier の役割にも大きな違いがあると推測される。

自動車向けの構成比は、中国だけでなく、米国・ドイツの構成シェアが相対的に高くなっている。この要因の1つとして、米国やドイツは自動車生産大国であり、欧州発祥の主要ロボット企業である ABB と KUKA が自動車向けに強いことも背景にあると考えられる。ただし、自動車向けにも、一般のハンドリング・搬送ロボット以外に、主に完成車企業がボディ生産のために大量に採用する「スポット溶接」や自動車部品の溶接工程で使用される「アーク溶接」の特定ロボットが含まれる。スポット溶接は、2枚の母材を圧着しながら熱や圧力を「点」に加えて抵抗熱で接合するもので、厚さ3ミリ以下の鋼板を接続する。1つの自動車生産ラインに大量に採用され、欧米企業に強い ABB や KUKA に加え、ファナックのシェアが高い。一方で、アーク溶接は、火花を利用して金属を熔融することで「面」を接合するために、アーク溶接トーチを装着している。自動車のフレームやサスペンション部品など大きな力が加わる箇所は溶接に使用され、ダイヘンや安川電機に加え、上記企業などが高いシェアを持っている。

金属・機械向けの構成比は、中国に加え、日本やドイツの使用シェアが相対的に高い。3ヶ国の金属・機械の産業基盤の強さに加え、アーク溶接ロボットが金属家具、建設機械、建設資材などの厚板向け溶接にも適応されている事も

要因の1つである。さらに、特に日本やドイツでは、過酷労働の代替のために塗装ロボット普及の進展が挙げられる。塗装に使用するロボットは、溶接ほどの細かい位置制御は不要だが、塗装ガンを手首に装着し、可燃性の溶剤などに対する防爆仕様が必要となる。

食品加工向けの構成比は、特に米国の構成シェアが相対的に高い。同様に、米国では食品加工向けでの使用が多いパラレルリンクロボットの採用も進んでいる。ABBが保有していた屈曲型パラレルリンク（Parallel Link）⁽⁵⁾式の特許が1997年に切れ、ファナックは2年の開発期間を経て、小型パラレルリンクロボット（ゲンコツロボットシリーズ）を発売している。その後、オムロンや川崎重工業など多くの企業がパラレルリンクロボットに参入し、軽加重でスピードが重要である食品・医薬・化学品などの用途開拓が進んでいる。

4. 「ロボット導入実証事業」の集計

本章では、日本経済再生本部の「ロボット新戦略」に基づく「ロボット導入実証事業」（経済産業省）2016～2018年度から作成したデータベースを分析する。「ロボット新戦略」は、「ロボット革命」の実現に向けて、我が国として世界一のロボット利活用社会を目指すことを2015年2月に決定したものである。これに基づき、「ロボット導入実証事業」は、幅広い分野でロボットが活用される社会の実現に向けて、ものづくり・サービスの分野のうち、これまでロボットが活用されてこなかった領域におけるロボット導入の実証や検証を進めていくための事業である。そのため既に十分に導入が進む業種や用途の比率は相対的に低くなる傾向があると考えられる。

「ロボット導入実証事業」では、実証事業ごとに、採用企業とSIer企業の社名、事業規模、業種、採用ロボット（企業名・機種詳細）、導入目的に加え、投資額、実現された省人化人数・労働時間・生産量などの定性・定量内容が公

(5) ABBは食品向けに特化しており累積販売台数は1,000台程度にとどまっていた。

日本のロボット導入の実態調査

開されている。ただし、年度により若干の形式の違いがみられる。採択された事業は「ロボット導入実証事業」と「ロボット導入FS（Feasibility Study，実現可能性調査）事業」の2つに分類され、補助率はいずれも大企業が1/2，中小企業が2/3となっている。

定量結果が明示されているロボット実証・FS事業295件（2016年度116件，2017年度120件，2018年度59件）を対象とした（図表8）。内訳は，実証事業209件（構成比71%），FS事業86件（同29%）で，企業規模別では大企業が80件（同27%），中小企業が215件（同73%）である。業種別では，製造業が221件（同75%），サービス業が66件（同22%），その他8件（同3%）となっている。

（図表8）2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」の事業内訳と構成比

（年度）	件数	実証事業	FS事業	大企業	中小企業	製造業	サービス業	その他
2016	116	76	40	27	89	95	19	2
2017	120	86	34	41	79	90	26	4
2018	59	47	12	12	47	36	21	2
合計	295	209	86	80	215	221	66	8
2016	116	66%	34%	23%	77%	82%	16%	2%
2017	120	72%	28%	34%	66%	75%	22%	3%
2018	59	80%	20%	20%	80%	61%	36%	3%
合計	295	71%	29%	27%	73%	75%	22%	3%

（出所）「ロボット導入実証事業」（経済産業省）データより作成

用途（複数回答）373件の内訳は，ハンドリング93件（構成比25%），組立・成形（加工を含む）57件（同15%），搬送・投入49件（同13%），検査34件（同9%），溶接・塗装31件（同8%），食品加工23件（同6%）等となった（図表9）。用途は幅広く分散しているものの，相対的に，組立・成形や搬送・投入，食品加工を含むハンドリングの構成比が高くなっている。ハンドリングや搬送・投入では，ロボットビジョンやセンサによって目的物を認識するケースが多かった。つまり，直近の画像処理やAIなどのIT技術の進化を踏まえて，今まで出来なかった領域におけるロボット導入が進んでいる可能性が指摘できる。食品加工向けでは，センサ技術を応用し，マニピレータが繊細な動きをする

ことで初めて使用できる場合もある。

（図表9）2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」の用途内訳と構成比

（年度）	件数	ハンドリング	組立・成形	搬送・投入	検査	溶接・塗装	食品加工	その他
2016	137	24	32	13	14	12	11	31
2017	156	46	20	15	11	13	11	40
2018	80	23	5	21	9	6	1	15
合計	373	93	57	49	34	31	23	86
2016	137	18%	23%	9%	10%	9%	8%	23%
2017	156	29%	13%	10%	7%	8%	7%	26%
2018	80	29%	6%	26%	11%	8%	1%	19%
合計	373	25%	15%	13%	9%	8%	6%	23%

（注）「組立・成形」には「加工」分類の用途を含む。

（出所）「ロボット導入実証事業」（経済産業省）データより作成

導入の主な目的（複数回答）323件の内訳は、（労働）生産性向上139件（構成比43%）、省人化・省力化（単純作業の代替を含む）66件（同20%）、過酷作業の代替（安全性向上を含む）46件（同14%）、熟練技術のロボット化29件（同9%）、品質の安定化17件（同5%）、少量多品種の対応10件（同3%）等である（図表10）。なお、2017年度の省人化・省力化は1件に留まっており、実質的に生産性向上と合せてみる方が実態を表している可能性がある。生産性向上や省人化・省力化などのコスト低減を目的とするケースが半分強を占める一方で、過酷作業や熟練作業の代替を目的とするケースも多かった。それらのケースでは、ロボット導入前後で生産性が上昇しない場合もみられた。また、比率は小さいものの、品質の安定化や少量多品種の対応の目的もあり、ロボット導入の評価は必ずしもコスト指標だけでは出来ないと考えられる。

導入されたロボットの機種別（複数台の導入ケース含む）304件の内訳をみると、垂直多関節ロボットが159件（構成比52%）、双腕ロボット／人協働ロボットが42件（同14%）、スカラロボット（直角座標型ロボットの表記含む）が28件（同9%）、自走式ロボットが24件（同8%）、パラレルリンクロボットが20件（同7%）、パワーアシストスーツが7件（同2%）となっている（図表11）。

組立や搬送など今まで人間が行っていた作業を置き換えるために、双腕ロ

日本のロボット導入の実態調査

(図表10) 2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」の導入目的と構成比

(年度)	件数	(労働)生産 性向上	省人化、省力化/ 単純作業の代替	過酷苦渋作業の 代替/安全性向上	熟練技能の ロボット化	品質の 安定化	少量多品種 対応	その他
2016	137	40	53	18	6	8	2	10
2017	122	60	1	25	22	4	7	3
2018	64	39	12	3	1	5	1	3
合計	323	139	66	46	29	17	10	16
2016	137	29%	39%	13%	4%	6%	1%	7%
2017	122	49%	1%	20%	18%	3%	6%	2%
2018	64	61%	19%	5%	2%	8%	2%	5%
合計	323	43%	20%	14%	9%	5%	3%	5%

(出所)「ロボット導入実証事業」(経済産業省) データより作成

(図表11) 2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」のロボット種類と構成比

(年度)	件数	垂直多関節	双腕/人協働	スカラロボット	自走式	パラレルリンク	パワーアシスト スーツ	その他
2016	120	62	12	11	9	9	5	12
2017	121	69	23	8	5	7	2	7
2018	63	28	7	9	10	4	0	5
合計	304	159	42	28	24	20	7	24
2016	120	52%	10%	9%	8%	8%	4%	10%
2017	121	57%	19%	7%	4%	6%	2%	6%
2018	63	44%	11%	14%	16%	6%	0%	8%
合計	304	52%	14%	9%	8%	7%	2%	8%

(注) スカラロボットには、直角座標型ロボットの表記を含む。

(出所)「ロボット導入実証事業」(経済産業省) データより作成

ロボットや協働ロボットの導入も進んでいる。協働ロボットは、組立作業や搬送など人の作業の置き換えを目的に、人に近い動作、作業内容、作業環境での利用を想定して、「規定された協働作業空間で、人間と直接的な相互作用をするように設計されたロボット」である。日本では、2013年12月の労働安全規制や2015年3月の日本工業規格(JIS)の改正まで、安全確保を条件に高出力のロボットを安全柵なしで稼働できる基準が明確でなかったこともあり、日本企業での採用は遅れていた。しかし、トルクセンサや電流値モニタなどの進化で、人との接触を感知し安全に停止することが可能となっている。協働ロボットは、大手企業よりも中小・中堅企業などの繰り返し作業や品質の安定化を要する工程などに導入され、人の作業負担を軽減する目的が大きいと考えられる。

導入されたロボット企業名が明示されている297台（複数台の導入ケースを含む）におけるロボットシェアは、安川電機53台（シェア18%）、ファナック49台（同16%）、三菱電機24台（同8%）、川崎重工業21台（同7%）、不二越11台（同4%）、ユニバーサルロボット6台（同2%）他となっている（図表12）。主要企業の特徴として、安川電機の53台のうち、ハンドリング15台、溶接7台、塗装5台が多い。一方で、ファナックの49台のうち、ハンドリング18台、組立・成形（加工を含む）5台が多い。両社ともにハンドリングを中心としながら、安川電機は過酷労働の代替が多く、ファナックは生産性向上用途が多いと考えられる。なお世界の4大メーカーは、安川電機とファナック、ABB、KUKAだが、日本市場ではABBやKUKAの採用は限定的である。

（図表12）2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」の企業別導入台数と企業シェア

企業名	安川電機	ファナック	三菱電機	川崎重工業	不二越	ユニバーサル ロボット	その他	合計
2016	17	20	9	7	2	2	59	116
2017	26	22	12	10	7	4	41	122
2018	10	7	3	4	2	0	33	59
合計台数（台）	53	49	24	21	11	6	133	297
2016	15%	17%	8%	6%	2%	2%	51%	100%
2017	21%	18%	10%	8%	6%	3%	34%	100%
2018	17%	12%	5%	7%	3%	0%	56%	100%
合計シェア	18%	16%	8%	7%	4%	2%	45%	100%

（出所）「ロボット導入実証事業」（経済産業省）データより作成

採用ロボット企業に関しては、過去の関連展示会でも集計シェアを集計している。林（2021）では、2018～2019年における世界の工作機械展示会、JIMTOF（日本）・EMO（ドイツ）・CIMT（中国）に加え、2019年のiREX（国際ロボット展、日本）で、ロボット企業のシェア調査を行っている。工作機械展示会では、自社の工作機械に外部の産業用ロボットを組み合わせたケースが大半であり、1社当たりのロボット平均展示台数は1～2台に留まる。一方で、iREX（国際ロボット展）では、ロボットの展示がメインであり、自社のロボットを大規模に展示している場合も多く、1社当たりのロボット平均展示台数は4.7

日本のロボット導入の実態調査

台となっている。これらの展示会におけるロボット企業のシェア比較表を作成した（図表13）。iREX（国際ロボット展）は、日本開催で日本企業がロボット企業・顧客企業ともに中心であり、展示されるロボットはサービスロボットも含めて多種多様であり、「ロボット導入実証事業」と類似点が多い。国際ロボット展のシェアと比較して、用途展開を積極的に進める安川電機と川崎重工のシェアが高くなっているものの、概ね主要企業が採用されていると言える。

（図表13）実証事業/ロボット展示会別の企業シェア

企業名	国名	導入実証事業				単純合計 シェア (4展示 会計)	EMO 2019 ドイツ	CIMT 2019 中国	JIMTOF 2018 日本	iREX 2019 日本
		2016年	2017年	2018年	合計					
安川電機	日本	15%	21%	17%	18%	8%	4%	4%	7%	11%
ファナック	日本	17%	18%	12%	16%	27%	43%	26%	71%	15%
三菱電機	日本	8%	10%	5%	8%	6%	2%	1%	2%	9%
川崎重工	日本	6%	8%	7%	7%	2%	1%	1%	2%	3%
不二越	日本	2%	6%	3%	4%	6%	2%	8%	5%	8%
UR	デンマーク	2%	3%	0%	2%	7%	10%	3%	1%	8%
KUKA	ドイツ・中国	1%	2%	0%	1%	5%	11%	9%	2%	2%
ABB	スイス	3%	1%	2%	2%	2%	1%	6%	-	1%
その他	-	46%	31%	54%	42%	37%	26%	42%	10%	43%
展示台数	(台)	100%	100%	100%	100%	1,401	306	190	99	806

（注）各企業の事業展開・特徴の概要は、林（2022）参照

（出所）林（2021）、「ロボット導入実証事業」（経済産業省）データより作成

担当 Sier が開示されている292件のデータベースも作成したものの、分散しているため、全体の Sier のシェアや傾向を分析するには至らなかった。ただし、個別の Sier の特徴的な活動を収集することができた。例えば、最も多い11件を担当した Sier の高丸工業（兵庫県）は、地元の中小企業向けを中心に、あえてニッチな業種や用途のライン構築に注力しており、続く5件を担当したサンビット（福岡県）は、九州地区の食品加工向けを中心に対応しており、両社とも採用ロボット企業も適材適所で採用している。一方で、同5件を担当した大手専門商社のサンワテクノス（東京都）は安川電機製ロボットを中心に全国の大小企業向けに、同5件を担当したテイミス（兵庫県）はファナック製ロボットを中心に非鉄や塗装向けに展開している。同4件を担当した THK イン

テックス（東京）は、自ら周辺機器を提供し、協業しているカワダロボテックス製ロボットでハンドリング分野に展開している。また、金銭処理機大手のグローリー工業（兵庫県）も同5件を担当しているが、自社での導入経験を踏まえ、他社向けのSIerとして展開しているケースもみられた。

5. 結論と今後の課題

本論文では、2021年までの産業用ロボットの各国の採用動向をまとめた上で、2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」295件のデータベースを作成し、日本の新規のロボット採用の実態を分析した。

「ロボット導入実証事業」の用途別では、ハンドリングや搬送・投入など、画像処理やAIなどのIT技術の進化を踏まえたロボットビジョンやセンサを使用したロボット導入が進んでいる可能性が示された。導入目的では、省人化などのコスト低減を目的とするケースが半分強を占める一方で、過酷作業や熟練作業の代替を目的とするケースも多く、ロボット導入の評価は必ずしもコスト指標に限定できないことが明らかになった。導入されたロボット機種別では、引き続き垂直多関節ロボットが主流を占めているものの、双腕ロボット／人協働ロボットが組立作業や搬送など人の作業の置き換えを目的に導入が進んでいることも示された。

採用されたロボットの企業別シェアでは、トップの安川電機やファナックでも2割以下に留まり、幅広いロボットが採用されていた。担当のSIerは広く分散しているが、一部では個別の特徴的な活動傾向がみられた。具体的には、高丸工業やサンビットのように特定用途に適材適所でロボットを採用するパターン、サンワテクノスやテイミスのように特定ロボット（企業）を中心に得意領域に展開するパターン、THK インテックスやグローリー工業のように自らもロボットユーザーでありながらロボット企業と協業するパターンなどがみられた。今までの日本のSIerは、顧客企業の自前主義に対応した受託開発中心で、顧客が固定的で、SIer間の交流も閉鎖的であったといわれてきたが、

日本のロボット導入の実態調査

2018年には「ロボットに命を吹き込む仕事」と称して、FA・ロボットシステムインテグレータ協会が設立され、変化の兆しもみられる。

今後の課題として、SIerの視点からの分析が必要と考えられる。本論文では、顧客の視点から日本の新規のロボット採用の実態を分析したが、個別のSIerの強み・特徴から需要の多様性を確保するために、どのような役割を果たしているかを明らかにする必要がある。その際には単純な業種別の分類ではなく、画像処理やAIなどのIT技術やロボットの機能別の動向を把握する必要もある。具体的な方法としては、「ロボット導入促進のためのシステムインテグレータ育成事業」などの情報からの分析が考えられる。この事業は「ロボットを使用した機械システムの導入提案や設計、構築等を行う「ロボットSI」事業を行うのに必要な知識や技能、提案能力の習得や、提案型のロボットSIを行うことができる環境の整備、ロボットシステムのモデル構築等を目的」としている。これらの分析を踏まえた上で個別事例研究への展開も考えられる。

さらに、主要5ヵ国のロボット産業を中心とするビジネス・エコシステムの用途や競合関係をさらに分析する必要がある。主要ロボット企業はグローバル展開しているため、同一ロボットで比較すれば地域毎の相違点を明確化できると考えられる。その際、欧州や中国ではSIerが業種（役割）ごとに対応し、顧客ニーズがフィードバックされることで新しい現地ロボット企業が台頭している要因も分析することが今後の課題である。

参 考 文 献

Baldwin, C.Y. & Clark, K.B. (2000) Design Rules: The Power of Modularity, Vol. 1, Cambridge, MA, MIT Press. (安藤晴彦訳「デザイン・ルール — モジュール化パワー」東洋経済新報社, 2004年)

Gawer, A. & Cusumano, M.A. (2002) Platform leadership: how Intel, Microsoft, and Cisco drive industry innovation, Boston: Harvard Business School Press. (小林敏男監訳「プラットフォームリーダーシップ: イノベーションを導く新しい経営戦略」有斐閣, 2005年)

Hayashi, R. (2017) “The Significance of After-Market Strategy in FANUC — Case Study

- of Platform Leadership Strategy –” Kobegakuin-keizaigakuronosyu, No. 48-4.
- Iansiti, M. & Levien, R. (2004) The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability, Harvard Business School Press (杉本幸太郎訳「キーストーン戦略 イノベーションを持続させるビジネス・エコシステム」翔泳社, 2007年)
- IFR (2022) “Executive Summary World Robotics 2021 Industrial Robots, The International Federation of Robotics” IFR
- NEDO (2014) 「NEDO ロボット白書2014」, 新エネルギー・産業技術総合開発機構
- 榎本俊一 (2018) 「生産システム・インテグレーションとライン・ビルダー」中央大学商学論纂 60巻1, 2号
- 大木清弘・池尻正尚 (2020) 「ものづくり現場におけるロボットの導入をどう推進するか? ローコスト・ロボット導入の含意」東京大学ものづくり経営研究センター 2020-MMRC-535
- 経済産業省 (2016) 「ロボット導入実証事業事例紹介ハンドブック2016」経済産業省
- 経済産業省 (2017) 「ロボット導入実証事業事例紹介ハンドブック2017」経済産業省
- 経済産業省 (2018) 「ロボット導入実証事業事例紹介ハンドブック2018」経済産業省
- 産業タイムズ社 (2022) 『ロボット産業 最前線2022-2023』産業タイムズ社
- 重化学工業通信社 (2022) 『産業機械工業年鑑』重化学工業通信社
- 立本博文 (2017) 『プラットフォーム企業のグローバル戦略』有斐閣
- 日本ロボット工業会 (2022) 「ロボット産業需給動向 2021年版 (産業ロボット編)」
- 日本ロボット工業会 (監修)・日刊工業新聞社 (編集) (2022) 『今日からモノ知りシリーズ トコトンやさしいロボットの本 第2版』日刊工業新聞社
- 林隆一 (2021) 『工作機械・ロボット産業のエコシステム』晃洋書房
- 林隆一 (2022) 「ロボット産業エコシステムの現状と考察」神戸学院経済学論集54巻1・2号 P1-33
- 富士経済 (2022) 『2022年版 ワールドワイドロボット関連市場の現状と将来展望 No. 1 FA ロボット』富士経済
- 富士経済 (2022) 『2022年版 三位一体型 FA システムを実現するシステムインテグレータの事業実態調査』富士経済
- 矢野経済研究所 (2022) 『2022年版 協働ロボット市場の現状と将来展望』矢野経済研究所