

ロボット導入における
システムインテグレータの役割

—ダイドー，高丸工業，HCIの事例分析—

林 隆 一

神戸学院経済学論集

第55巻 第1・2号 抜刷

令和5年11月発行

ロボット導入における システムインテグレータの役割⁽¹⁾

——ダイドー，高丸工業，HCI の事例分析——

林 隆 一

キーワード：ロボット，エコシステム，システムインテグレータ

Keyword: Robot, Ecosystem, SIer (System Integrator)

1. はじめに

産業用ロボットのシステム導入には，ロボット単体コストの3～6倍かかることが一般的である。そのため，ロボット導入時にはシステムインテグレータ⁽²⁾（以下，SIer）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。SIerは，ロボットの導入を検討する企業の現場課題を分析し，最適なロボットシステムを構築するために，様々な機械装置や部品などから必要なものを選別し，システムとして統合する。特に，ロボット導入の知見の少ない中小企業などは，独力で自社に適合するロボットシステムを構築する事は難しい。

NEDO（2014）によると，初期のロボット導入時には大企業が多く，SIerの役割は顧客企業の自前主義に対応した受託開発が中心であり，構築されたロボットシステムも他に展開されることが少なかった。また知的財産権が顧客企

（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，SIer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，制御ソフト組み込み等を行う。

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

業に帰属する場合も多く、顧客が固定しやすく、SIer 間の交流も閉鎖的であり、幅広い業種へのロボット普及が遅れる要因の一つとなっている。これらの状況を受け、2017年に経済産業省によりロボットシステムの構築プロセスを最適化する工程管理手法の「ロボットシステムインテグレーション導入プロセス標準 (RIPS)」が発表され、2018年に「FA・ロボットシステムインテグレータ⁽³⁾協会」が設立され、日本でも独立・独自性を持つ SIer が育ち始めている。

本論文では、日本の SIer の現状を把握し、SIer の役割を明確化するために、先進企業であるダイドー、高丸工業、HCI の 3 社の事業展開と採用システム事例を分析する。本論文の構成としては、まず第 2 章で先行研究によるロボット産業における SIer の位置づけとロボット導入動向を概観し、第 3 章で海外市場との比較による用途別の採用動向など日本の平均的なロボット導入の情報を共有する。その上で事例分析として、第 4 章でダイドー、第 5 章で高丸工業、第 6 章で HCI を取り上げ、第 7 章で 3 社それぞれの役割パターンを分析し、今後の課題をまとめる。

2. 先行研究

林 (2021) は、工作機械産業と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ている。工作機械産業では、産業のモジュール化の進展で、NC などの主要部品を⁽⁴⁾購入し組み合わせれば一定レベルの機械ができるようになり、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 モジュールが工作機械の中小・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み出すことに貢献してきたことを示した。中小企業が新しいイ

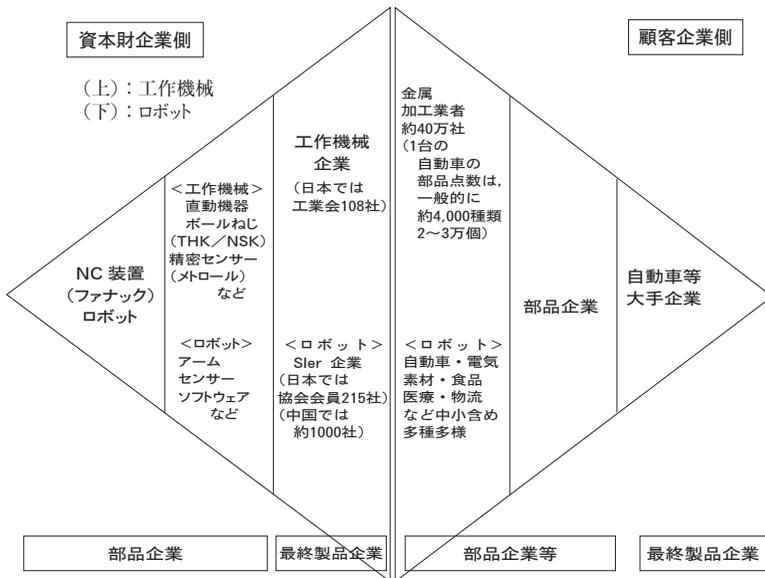
(3) 2023年7月時点で正会員215社、協力会員89社（ロボット企業等）となっている。

(4) 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。

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。工作機械が製造業全般の技術的知識の運搬態の役割を果たし、世界中の金属加工の多様性が維持されている。

ロボット産業を工作機械の産業構造に当てはめると、ロボット単体はNCに相当し、SIerが工作機械企業の役割、つまり技術的知識の運搬態としての役割を担っていると考えられる（図表1）。SIerは個別の顧客ニーズに対応し、「生産ライン」を設計し、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、独自で生産ラインに適合するロボットシステムを構築している。ファナックは、工作機械を中心とするエコシステムの構造安定性・堅牢性の維持とニッチの創出を行ってきたが、産業用ロボット事業の展開も、最終的顧客に対する多様性を維持するためのモジュール供給と解釈できる。

（図表1）工作機械／産業用ロボットと顧客産業の産業構造イメージ



(出所) 林 (2021) より修正・作成

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

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台の目視調査を行い、採用ロボットのシェア・機種などを集計した。また国際ロボット展では、展示された172社806台のロボットのうち、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)・林 (2023) 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」（2016～2018年度、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。「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・生産量などの具体的内容が公開されている。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）を分析対象としている（図表2）。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%）であり、中小企業向けの案件が多数を占めている。また、業種別で

（図表2）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）林 (2023)

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。

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3）。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。

（図表3）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）林（2023）

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%）等であった（図表4）。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

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

ない場合も多くみられた。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。

(図表4) 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) 林 (2023)

なお「ロボット導入実証事業」合計での産業用ロボット企業のシェアは、安川電機が約18%、ファナックが約16%、三菱電機が約8%、川崎重工業が約7%、不二越が約4%などとなっており、国内市場全体の動向と比較しても違和感のない構成となっていると考えられる(図表5)。

(図表5) 2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」のロボット企業シェア

分類	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	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	18%	16%	8%	7%	4%	2%	45%	100%

(出所) 林 (2023)

3. 国別・用途別のロボット導入動向とロボット導入コスト例

日本ロボット工業会（2022）によると、2021年の日本国内生産金額⁽⁵⁾9,391億円、生産台数25.6万台、単純平均単価366万円で、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。供給面で見ると、日本企業のロボット世界シェアは5割弱で世界一を維持しているものの、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、2020年では50社程度まで集約が進んでいる。需要面で見ると、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⁽⁶⁾っている。

⁽⁷⁾ 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348万台である。内訳は、中国が約122万台（構成比35%）、日本が約39万台（同11%）、韓国が約37万台（同11%）、米国が約34万台（同10%）、ドイツが約25万台（同7%）であり、この上位5ヵ国で全世界の約74%を占める。2021年の新規導入台数は過去最高の約51.7万台となっており、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。この上位5ヵ国で全世界の約78%を占め、短期的にも中国を中心にさらなる集中傾向がみられる。

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⁽⁵⁾が約23%（約11.9万台）、金属・機械が約11%（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。自動車は2018年の約30%（約12.6万台）をピークに、台数ベースでも減少している。林（2023）によると、電気・

(5) 電子部品実装含む。

(6) 詳細は林（2022）・林（2023）参照。

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

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

電子向けは、2018年の構成比約25%（約10.5万台）、2019年の構成比約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が、それ以外の用途のすそ野も広がっている。

国別で用途先をみると、中国は全用途で高いシェアを持つが、特に電気・電子向けの構成比が高い。中国市場の約26.8万台の用途別構成も、電気・電子が約35%（約8.8万台）、自動車が約25%（約6.2万台）、金属・機械が約23%（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1.2万台減少したが、拡大に転じている。他の4ヶ国の電気・電子向けでは、日本・韓国の構成比が相対的に高く、米国・ドイツは極端に低く、二極化している（図表6）。一方で、米国・ドイツは自動車向けの構成比が高く、自動車向け全体のシェアでも、日本の水準を上回っている。また、日本では金属・機械向け、米国ではプラスチック・化学や食品向けの構成が高いなどの特徴がみられる。日本は、自動車や電機・半導体でのロボット採用が早期から進み、金属・機械向け比率も高いものの、それ以外の用途への比率が相対的に低くなっているといえる。

（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
自動車	溶接	小	○	○	◎	○	◎
電機・半導体	クリーン仕様	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。

（出所）林（2023）

日本は相対的に用途の広がりには欠ける上に、国全体としても中小企業の構成比が高く、今後のロボット需要におけるSierの役割が大きいと考えられる。前述の通り、ロボット導入にはロボット単体コストの3～6倍となるシステム

構築が必要である。ロボット投資の内訳のイメージとしては、経済産業省「ロボット活用の基礎知識2017」による2つの事例が参考となる。想定例①「部品の工作機械への着脱工程」では、垂直多関節ロボット本体（300万円）、関連装置（70万円）、周辺設備（90万円）の合計のハード費用460万円に対して、システムエンジニア費用が520万円と想定されている。システムエンジニア費用の内訳は、構想設計100万円、機械・電機等の詳細設計200万円、製造組立120万円、運搬設置等80万円、安全講習20万円である。つまり、ロボット本体300万円に対して、トータルコストは約3.3倍の980万円となる。また、想定例②「製造の箱詰め工程」では、パラレルリンクロボット2台本体（800万円）、カメラ含む関連装置（400万円）、コンベアや製函機など設備（2,500万円）の合計のハード費用3,700万円に対して、システムエンジニア費用が1,350万円と想定されている。システムエンジニア費用の内訳は、構想設計200万円、機械・電機等の詳細設計600万円、製造組立300万円、運搬設置等200万円、安全講習50万円である。ロボット本体800万円に対して、トータルコストは約6.3倍の5,050万円となる。

このようにSIerは、ロボット導入を検討する企業の現場課題を分析し、最適なロボットシステムを構築するために、様々な機械装置や部品などから必要なものを選別し、システムとして統合する必要がある。SIerの現状・役割を明確化するために、2022～2023年のヒアリング・施設見学・文献調査を踏まえて、ダイドー、高丸工業、HCIの有力SIer3社のケーススタディを以下に行う。

4. ケーススタディ①（ダイドー、愛知）

ダイドーは、全国40拠点強を持つ大手メカトロニクス専門商社であり、2013年には経団連にも入会している。ホームページによると、2022年11月期売上約900億円、経常利益30億円強、総資産約600億円、純資産約300億円、社員数727名の大手企業である。日刊工業新聞によると、ロボット関連売上は過去10年で約10倍となり、システムを含めたロボット事業売上は約250億円、年間約3千

(8)

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割
台の産業用ロボットを販売している。

ダイドーは、山田貞夫社長の父親（京吉）による1946年創業の伝導機器販売会社「大同商会」から1952年に株式会社として設立（2001年にダイドーに社名変更）されている。様々な分野のニーズやシーズ、求める技術・求められる技術をセレクトし、組合せ、あるいはシステム化の提案の実践で成長してきた。創業初期、プーリー（滑車）需要の増加の背景を探り、遠洋漁業解禁による北海道の缶詰工場の稼働増を突き止め、短期で壊れるため大量の補用品を船に詰め込む必要に対応したり、ベアリング関連部品の拡販につなげたりした。需要増に対応するだけでなく、顧客の現場状況を踏まえ、新たな製品・技術をいち早く提案することで成長してきた。現在は「DEVELOPMENT（メカトロ機器の総合開発）」「KINDNESS（お客様本位の親切心）」「SERVICE（完璧な物流サービス）」の3つを理念としている。

（1）ロボット Sier への展開

ダイドーは「産業界のコンダクター（指揮者）」の役割を自認し、販売先6,000社、仕入先3,000社、取扱いアイテム200万以上のネットワークを活かし、各分野の技術と技術を繋ぎ、新しい価値を生み出すコーディネーターを目指している。いち早くロボット産業の成長性を見越して、1984年に「ロボット教室」を開設し、2008年にロボット事業部を約60人で立ち上げている。2016年に「ダイドーロボット館」（名古屋）、2018年に「ダイドー東京ロボット館」、2019年に「福岡ロボット実験工場」⁽⁹⁾を新設し、合計100台の産業用ロボットを設置し、ロボット実機による適用確認やロボット用ツール選定などを実施している。また2016年にロボット学校を開校し、累計3,000名超の受講実績がある。

（8）ダイドーが受託した大手食品企業向けロボットシステム1億数千万円のうち、ロボット単体のコストは約1割で、残り9割は周辺装置・機器の事例もあった。

（9）取扱いロボット企業は、ABB、KUKA、THK インテックス、川崎重工業、ジェーイーエル、セイコーエプソン、ダイヘン、デンソー、ファナック、FUJI、不二越、三菱電機、安川電機、ヤマハ発動機等である。

（2）当社のターゲット・強み

ダイドー全社の事業分野も、機械部品40%、制御部品25%、システム20%、ロボット10%、物流5%に広がっている。ロボット用途でも、自動化が先行した自動車や電機に加え、食品、医療、化粧品などに新規需要を広げている。その中で、全国のロボットSierや協力企業の約250社で『システム協力会』を構築している。「産業界のコンダクター」として、時代が求める新技術・新製品を組合せ、バランスよく調和させ、美しいハーモニーを生み出すことを目標としている。ダイドーは約100名のロボットエンジニアを擁しており、ロボットに対する様々なニーズが生まれる中、ロボット技術にFA機器のノウハウを組合せ、周辺設備企業まで含めトータルコーディネートすることで、ロボットシステムの「ワンストップショッピング」が強みとなっている。

（3）事業戦略・展開

先述の通り、日本で最大規模の産業用ロボット実験工場「ロボット館」（システム事業部）を、名古屋、東京、福岡で運営している。ロボット館では、各種アプリケーションの展示物や動画を踏まえ、システムエンジニアによる工場診断、操作教育、実験を通して、導入後のリスク削減を進めている。セミナー開催、ロボット実機による適用検討、ロボットシミュレーション検討、ツール選定などを通して、システムや関連機器の販売も行っている。

さらにロボット館の実践版として、2021年には愛知県安城市に「ダイドーオートマチックファクトリー」（ロボット事業部）を開設している。ロボット導入に不慣れな企業では、適切な仕様や費用対効果を具体的に想像しにくいのが、ロボット単体でなく、模擬工場のAI搭載センサによる画像検査や完全無人の搬送などの見学を通して具体的なイメージを掴むことができる。3D設計によるシステム提案で設計工程削減を目指し、バーチャル動作解析で事前に問題解決を図る設計業務も行っている。仕入れ先や取扱いアイテムの多さを活かし、多種多様の用途に最適なメーカー選定を行うことができる。

(4) 事例

ガイドーの受注案件として、2016年度「ロボット導入実証事業」に採択されたクツザワ（秋田）の「FA 向軸受部品の外形形状の切り出し工程へのロボット導入」事例（事業規模19.0百万円）を取り上げる。クツザワは、技能士30名（ものづくりマイスター1名、1級技能士9名、2級技能士20名）を擁し、ベアリングケースやシャフトホルダーなどの産業用機械の部品製造を主力とする企業で、品質の高さからミスミなどを安定販売先としている。機械加工を主にしつつ、表面処理や焼入加工から溶接も社内で行うなど高い技術基盤を持っている。FA 向軸受部品の外形形状加工で、1人1個流し生産方式をとっていたが、最も時間のかかる機械加工と手作業の時間バランスが悪かった。そのため、ファナックの多関節ロボット（M10A/12S）による吸着搬送や加工後のバリ取りを導入することで、手作業時間を減少させ、全体の最適化を図った。その結果、担当人員は2人から1.2人に、サイクルタイムを約半分に短縮することで、労働生産性は約2.9倍となっている。なおクツザワは、自社のロボット活用の技術蓄積をもとに、ロボットユニットを用いて自らSIer事業により中国に進出している。

次に、三琇プレジジョン（愛知）の「協働ロボットによる収納箱交換作業」の事例を取り上げる。三琇プレジジョンは、プラスチック成型機など235台を保有し、自動車や事務機器、精密機器、嗜好品、日用品向け精密樹脂部品を生産している。自動化の先進企業であり、自社の工機部門では画像検査や部品組立の装置内製も一部行っている。既に2016年に協働ロボット（独 Sawyer）、2018年に人型協働ロボット（カワタロボティクス NEXTAGE）を導入している。しかし、協働ロボットの動作スピードの問題から当初想定の使用には適しておらず、有効な活用方法を模索していた。そのため豊富な知見を持つガイドーと、2022年に「協働ロボットによる成形品ストック箱交換作業」の実証実験を行っている。多数の射出成型機が稼働しているため、技術者による成形品ストック箱の交換作業は、動作スピードは問わないものの、大きな負担となっていた。

同レイアウトのまま、明電舎（東京）の自律走行型の無人搬送車（AGV）とファナックの協働ロボット（CRX）を組み合わせることで自動化を実現できることが試行され、今後の水平展開を目指している。

ダイドーは、幅広い潜在的な顧客集客が期待できる展示会でも、高度な技術・製品を組み合わせたロボット展示を行っている。例えば、「2022国際ロボット展（iREX2022）」（日本ロボット工業会、日刊工業新聞社主催）では、短期間で導入可能な三機工業（東京）の無人搬送車（AGV）の走行デモを行っている。この無人搬送車1台にベルトコンベヤーを2台装着することで、搬送物2個同時（50kg）に効率の良い搬送が可能で、世界最速レベル120m/分の速度を想定している。さらに、上位システムが全ロボットの位置と動きを常に監視し、最適ルートの指示を常時出し続ける高機能なソフトウェアを駆使し、レイアウト変更も自由にできる。また他の展示として、厚生労働省による「溶接ヒューム規制」（健康障害防止措置）に対応し、ファナックの協働ロボット（CRX）のアーク溶接とアンレット（愛知）の溶接ヒューム（粉塵）コレクターを組み合わせた独自パッケージも展示している。協働ロボットでは、ダイレクトティーチングに加え、タッチセンシングも多少の位置ずれ補正が可能のため、導入のハードルを下げることを意図している。さらに、テープ貼り付けの専門企業サンテック（兵庫）の「スポンジテープ自動貼付装置 ROBOTAPE」展示では、これまで人手に頼っていた、防音、防湿、防水用途の幅広い用途のスポンジ系テープを、ファナックの6軸ロボットの軌道に合わせて自動で貼付カットする展示も行っている。2023年6月の『FOOMA JAPAN2023』（日本食品機械工業会主催）では、Mech-Mind（東京）のAI搭載3Dビジョンとファナックの人協働ロボット（CRX）によるパレタイズ／デパレタイズも食品業界向けに提案している。

5. ケーススタディ②（高丸工業、兵庫）

高丸工業は、2016～2018年度の「ロボット導入実証事業」で最多⁽¹⁰⁾12件が採択

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

されている SIer である。高丸工業は、高丸純亮（よしあき）氏による1963年開設の機械設計事務所「高丸工業所」を引き継ぎ、1967年に株式会社（高丸工業）として設立され、同年に自動機械製造工場を開設し、1978年からロボット産業に携わっている。1985年の創業者の死去に伴い、現社長の高丸正氏が24歳で二代目社長に就任している。高丸工業はもともと直行型自動溶接機の制御などを手掛けていたが、溶接線検出のための画像センサの開発も同時に行っていたことをきっかけに、大手企業のロボット開発協力企業としての業務を経て、ロボット周辺装置企業・SIer となっている。

（1）ロボット SIer への展開

当初の高丸工業は、複数のロボット企業の下請けとして溶接用の周辺装置の設計製作を行っていた。その際、高丸工業の顧客にあたる複数のロボット企業が、1つの最終顧客のロボットシステム案件を取り合い、ふさわしい知見を持つロボットメーカーが必ずしも受注できなかったことを数多く経験している。そのシステムの本当の難易度を理解していないロボット企業ほど安易な見積もりになることが背景にあると考えられ、結果として、顧客にも、ロボット企業にも、下請けにも望ましくない場合も多かった。そのため高丸工業は、当時の「ロボット企業が自分の得意不得意を理解していない」状況を踏まえ、「ロボットシステムはロボットメーカーが売るべきではない。何故ならばロボットメーカーは競合する他社のロボットを使えないからである」と考え、1998年に下請け業務をやめ、独立したロボット SIer への事業再構築の決断を行っている。将来のロボット産業は、パソコン業界と同様に、完成品のハードウェア以上に、ソフトウェアに付加価値の差別化があると判断した結果である。

(10) ロボプラス（兵庫）と共同の1件を含む。

(11) 2004年には、制御機構をロボットから独立させた溶接用周辺機器（ジェットトーチ、ジェットガン、ピアスガン）の独自開発も行っている。

（2）当社のターゲット・強み

現在では、各社ロボットの差異も収斂し、構造や機能も平準化（モジュール化）が進み、既に大量生産製品に対するロボット化は広く普及してきた。その中で、むしろ高丸工業は「ロボットとは多品種少量生産における省力化装置である」と位置づけ、2007年頃から多品種少量の中小企業向けロボットシステム構築に注力している。高丸工業の受注はもともと重工、重電、電車、建設機械など大手企業向け中心で、溶接加工する大物ワークのアーク溶接ロボットシステムのカスタム対応が多かった。これらの顧客は大手企業だが大量生産でなく、多品種少量の中小企業向けと基本的には同じであり、現在では約7割が中小企業向けとなっている。NC工作機械の場合も熟練工不足の中小企業から日本で普及が始まったのと同様に、⁽¹²⁾ロボットでも今後の中小企業での普及を見込んでいる。ただし、そのためには、人手作業をそのままロボットに置き換えるのではなく、顧客企業の現場課題に基づき、ロボット導入を前提に最適化したシステム構築が必要であると考えている。

ロボット導入目的に関して、大企業の場合はサイクルタイム短縮や人員削減など生産性向上の定量的なニーズが明確な場合が多い。一方で、中小企業の場合は、人手不足や過酷労働などへの対応のニーズに対して、具体的な導入イメージを持っていない場合も多い。また、中小企業の場合は、自社の業務を熟知している経営者が「ロボットを扱う人材がない」ことを理由にロボット導入の検討すらしない場合が多い。特に年配の経営者は、自身ができないことは全社員ができないと思込む傾向がある。そのため、高丸工業の「ロボット導入実証事業」採択12件は全て中小企業向けだが、社長の年齢は50歳台2名、40歳台8名、30歳台2名であり、先入観の少ない若い世代の社長が導入していることに特徴がある。新入社員は少しの講習でロボット操作を習得でき、担当社員が2台目の導入を主導的に進めるケースもでてきており、社員全体の意識変

(12) 詳細の経緯は林（2021）P77～80 参照のこと。

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割
化の点でも効果がみられている。

(3) 事業戦略・展開

高丸工業は兵庫・東京⁽¹³⁾2カ所のロボットテクニカルセンター RTC (Robot Technical Center) を別会社化し、産業用ロボットシステムの導入から、設計、製造、設置、稼働、メンテナンス、オペレータ教育の一連の業務を提供している。溶接・接合・切断・ハンドリングなどの実際の製造現場を想定し、主要8企業ロボットの合計50台強を常設している。これにより産業用ロボット安全特別教育、製造現場を想定した実機による導入前テスト、ロボットシステムの設計製作からメンテナンスまでが可能となっている。

中小企業へのロボット導入推進のため、高丸工業は業界に先駆けて2007年には尼崎ロボットテクニカルセンターを開設している。「中小企業におけるロボット化は、ロボット人材の育成からである」という考えに基づき、RTCで「ロボット安全特別教育」⁽¹⁴⁾も実施しており、2023年3月10日時点で累積7,870名(2022年度1,275名)が受講している。さらに、将来的に中小企業に就職する可能性の高い工業高校の生徒などを対象にロボットの操作研修を実施してきた。これら高校生の習得の速さからも、中小企業での導入可能性の高さを実感している。

一方で、自社の社員には、けがきから穴あけ、タップ加工、溶接など一連の現場作業を経験させ、約30名の従業員の約1/3がインストラクターの資格を保有している。さらに、2011年からJFEスチームの西宮工場内に、本社事務所と大型工場(25×200m、可搬重量25tクレーン)を構え、あらかじめ顧客の生産ラインと同じレイアウトを再現し、完全な試験運転を行い、初期トラブルリスクを低減する体制を整えている。特に生産規模の小さい中小企業の場合

(13) 東京はジーネット(大阪)と連携している。

(14) 労働安全衛生規制第36条第31号、第32号に基づいた安全教育を実施し、特別教育修了証を発行している。3日間で38,500円/人である。

でも旧ラインの生産を継続しながら、新ラインの試作運転が可能であるため、作りだめなどの諸経費を削減できる。また、大型トレーラーや海上輸送なども容易となるメリットもある。

（4）事例

高丸工業の「ロボット導入実証事業」12件は全て中小企業向けであり、用途先は輸送用機械5件、金属製品4件、電気機械1件、生産用機械1件、卸・小売1件となっている（図表7）。事業規模の平均金額は約13.8百万円（最大39.0百万円～最小1.5百万円）であり、採用ロボットは、ダイヘン5台、不二越5台、川崎重工業2台、オリジナル1台となっている⁽¹⁵⁾。ロボット導入目的は、生産性向上5件、熟練・過酷作業の代替4件などに大別され、ロボット導入後の生産量が開示されている10件では、（従来比）横ばい3件、増加6件、不明1件で、平均増加量は51%増となっている。

主な目的を見ると、全12件のうち6件（4社）が溶接関連から受託しており、すべて鉄道関連の大型製品の少量生産である。以下の2社向けでは共に2件を連続的に受注し、ロボット適応の進化がみられる。KPファクトリー（兵庫）は、「鉄道車両重要保守部品の厚肉多層盛溶接作業にロボット導入」（2017年度、事業規模18百万円）でロボットとポジショナーの協調制御により熟練作業を代替している。さらに「鉄道車両重要保守部品溶接におけるロボット活用の効率化」（2018年度、同39.8百万円）では、従来のシーソー状の傾動機構で3軸スライダのピットが必要な生産方法（合計コスト6,300万円）から今回の特殊3軸ポジショナーによるロボットを真上に位置づけする生産方法（同3,980万円）で設置面積の最小化が可能となっている。アコオ機工（兵庫）は、「鉄道車両用サブフロアの溶接工程にロボット導入」⁽¹⁶⁾（2017年度、同39百万円）で大型製品（4×1.4m, 310kg）の人手（4人）によるスポット溶接のロボット化

(15) 1件で2台（2機種）の導入事例があるため、合計数は13台となっている。

(16) アコオ機工の2017年度は金属製品、2018年度は輸送用機械に分類されている。

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

(図表7) 高丸工業の「ロボット導入実証事業」採択一覧

区分	年度	顧客	用途	主な目的	概要	事業のポイント	導入ロボット
1 実証	2017	KP ファクトリー	輸送用機械器具	溶接	鉄道車両部品	熟練技能のロボット化	ダイヘン 垂直多関節
2 実証	2018	KP ファクトリー	輸送用機械器具	溶接	鉄道車両重保守部品溶接におけるロボット活用の効率化	生産の柔軟性向上	ダイヘン 垂直多関節
3 実証	2017	アコオ機工	金属製品	溶接	鉄道車両用サブフロアの溶接工程	労働生産性の向上	不二越 垂直多関節
4 実証	2018	アコオ機工	輸送用機械器具	溶接	可搬ロボットを用いた鉄道車両用床板のワンサイドスポット溶接システムの効率化	生産性向上	不二越 垂直多関節
5 FS	2016	応緑	金属製品	溶接	特注大型門扉製造工程における溶接ロボットのシステム効率化	熟練技能のロボット化	ダイヘン 垂直多関節
6 実証	2018	ホーユーエルディング	金属製品	溶接	大型中厚板部品	品質の安定化	ダイヘン 多関節
7 FS	2016	Izox	輸送用機械器具	検査	大型立体造形物の検査業務へのロボット導入FS	熟練技能者の代替	川崎重工業 多関節
8 FS	2016	Izox	輸送用機械器具	教育	遠隔地への業務指示・教育を行うためのロボット導入FS	社員業務教育	オリジナル 自走式
9 実証	2016	田口鉄工所	生産用機械器具	ハンドリンドグ成形/加工	ロボット減速機部品のバリ取り工程	労働生産性の向上	川崎重工業 人協調
10 FS	2018	シマブンコーポレーション	卸・小売	ハンドリンドグ	鉄スクラップ解体作業のロボット化FS	生産性向上	不二越 垂直多関節
11 FS	2017	日本ニューマチック工業	金属製品	成型/加工	手加工前の荒仕上げ加工	労働生産性の向上	不二越 垂直多関節
12 FS	2017	アイケー電器	電気機械器具	成型/加工 溶接	電器子の整流子メンテナンス工程	過酷作業の代替/支援	不二越 垂直多関節

(出所) 経済産業省「ロボット導入実証事業」(2016・2017・2018年度)より作成

を進め、「可搬ロボットを用いた鉄道車両用床板のワンサイドスポット溶接システムの効率化」（2018年度、同40百万円）では、従来は1t以上の溶接ガン加压が必要で対応ロボットがない生産方法（合計コスト9,000万円）から今回は門型と追加サーボガンを210kg可搬のロボットで制御する生産方法（合計コスト4,000万円）を考え出している。

輸送用機械に分類されているIzox（兵庫）でも、2016年度に「大型立体造形物の検査業務へのロボット導入FS」（同5.1百万円）と「遠隔地への業務指示・教育を行うためのロボット導入FS」（同6.6百万円）の2件でロボット応用がみられる。前者は大型立体造形物（プレス板金型向け流布モールド）の検査で、熟練者の人手作業を、川崎重工業の多関節ロボット（iRS05L）のスキヤナで置き換え、複雑な3次元形状など従来以上に広範囲で客観的な検査データの取得を可能にした。また後者では、オリジナルリモート自走ロボット導入により遠隔地からの業務指示・教育を試みている。未経験の作業者向けにCAD/CAMオペレータ等が事務所より工場の各現場への状況把握と指示・教育が可能となっている。溶接業務を熟知している高丸工業は、従来作業のロボット置き換えや熟練工不足の解消だけでなく、ロボット作業を前提とした精度・生産性の向上方法を模索している。

なお、2017年度の「ロボット減速機部品の3次元バリ取り作業へのロボット導入FS」（同7.4百万円）に採択された田口鉄工所（岐阜）は、2019年からロボットSIerに本格参入している。田口鉄工所は、2工場の工作機械（約100台）による建機、鉄道、ロボット用減速機などの部品加工を主力とし、約250品種を数百個以下の小ロットで生産を行っている。30年前からロボットを導入していたが、自社の変種変量生産への変化に対応できておらず、工作機械の加工物の着脱工程に多関節ロボットを新規に3台導入した。生産レイアウトを再構築した上で、川崎重工業の双腕ロボット（duaro）による3次元バリ取りに取り組んでいる。自社の経験を踏まえSIerに参入し、量産型の完全自動化でなく、中小企業向けで現場作業者が容易に扱うことで人手作業の軽減ができるきめ細

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

かいシステム構築のサポートを目指している。まずは高丸工業のフランチャイジーとして赤坂工場内で「ロボットテクニカルセンター東海」を運営しつつ、他のSIerからの受託から将来的な直販を目指している。

高丸工業は、中小企業向けの延長線上に農漁業関連のロボット適応も進めている。採用事例として「ホタテ貝殻の穴あけロボットシステム」(丸栄(広島))があり、「令和3年度優秀省エネ脱炭素機器・システム表彰」において中小企業長官賞も受賞している。顧客の丸栄は、カキの養殖業者向けに、ホタテの貝殻に針金を通すための直径2ミリの穴開加工を年間2億枚行っている。丸栄はカキ殻の肥料企業であり、カキ養殖業界保護のために、約40年前からカスタマイズの自動機を導入することで、広島のカキの種付け殻の7~8割のシェアを持っていたが、自動機の稼働が不安定で悩まされていた。そのため、2019年に高丸工業は、16台の平行リンクロボット(安川電機)で1ライン目を構築している。毎秒100枚以上流れてくる貝殻を整列してレーザーで穴あけをしたのち検査し、毎秒16枚の製品を製造するシステムを構築している。貝殻の形状は1つずつ違うため、画像センサで捕捉しながらも、生産数を確保するために、(一般的な工業製品と異なり)あえてロスをつくっている。翌年には8ラインを構築し、1日の最大生産量は約50万枚/12時間(従来は約30万枚/20時間)で平均生産量は2倍に拡大し、消費電力は半分以下となっている。加えて、生産の安定や工程のマニュアル化が可能となったことから、オペレータ育成期間が従来の5年から1年に短縮し、設備保全の人員は10名から3名になっている。

さらに、農林水産省の「令和2年度補正食品製造イノベーション推進事業」の「鯉節生産ロボットシステム」(カネニニシ(鹿児島))も手掛けている。ロボット導入前までは、カツオを煮沸したり、熱いカツオの入ったカゴを高いところに持ち上げたりといった職人による危険を伴う手作業が中心だった。過酷な現場での導入であるため、極端な高温多湿で画像センサは全く機能せず、リミットスイッチや近接センサでシステムを構築している。また基本構造をステンレスとし、食品グリスを用い、川崎重工業ロボットにも3Dプリンタで作成

したモーターカバーを用意するなどの個別対応を行った。ロボット導入により複数工程の自動化が進んだだけでなく、ICタグ管理を含めたデータの蓄積により、カツオのサイズや産地に応じた煮熟時間の総合的な管理のため作業効率化も進んでいる。その結果として、作業者は投入に特化できるとともに、従業員確保の課題解決にもつながっている。

6. ケーススタディ③（HCI, 大阪）

HCIは、ケーブル製造装置メーカーとして蓄積した技術を基盤としSIerに展開している。売上のは半は、産業用ロボットシステムとケーブル製造装置の開発・製造を手掛けるI&R（インダストリアルマシナリー&ロボットシステム）事業部となっている。ただし、今後の成長性を見込み、飲食店の配膳ロボットや図書館の検索・案内ロボットを手掛けるS&S（サービスロボット&ソーシャルシステム）事業部、ロボットを使ったカフェなどの運営・仕組構築のF&C（フード&ケア）事業部に注力している。HCIは3事業を従業員60名で展開しているが、インドやインドネシアなど5ヵ国から開発人員を積極的に採用し、AIも自社開発している先駆的な企業でもある。

（1）ロボットSIerへの展開

HCIはもともと、2002年に奥山浩司社長（当時31歳）が、有限会社「克己クリエイト」として設立している。2004年にテレビ付き携帯電話（第5世代移动通信システム）で必要とされる極細線用チューブラー型撚線機（よりせんき）STF-40Aを開発することで、会社基盤を確立している。撚線機は、筒が回転しながら、ケーブルを引っ張り、撚線する機械だが、高速回転になると軸受の振動で金属線が切れてしまう。STF-40Aの後継機、STF-40eBは世界でオンリーワンの磁気軸受を採用し、世界最速の高速回転で、無振動を実現している。2006年にHCI（Hope Create International）に社名を変更し、資本金1,000万円を株式会社化し、2010年に資本金2,000万円に増資し、現在に至っている。

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

2008年のリーマンショックをきっかけに、起業時の目的であったロボット自動機械の製造に乗り出している。ケーブル・ワイヤー・チューブの製造機械の知見を活かし、同業界のロボットシステムから手掛けてきた。まず三菱電機のスカラーロボットで検査工程システムを作り、2014年に三菱電機のロボットSIパートナーとなった後、2016年には三菱電機の世界5社しかないゴールドSIパートナーとなっている。また、川崎重工業や安川電機、KUKA、ファナック、オムロン、ダイヘン、デンソーウェーブ、ヤマハなどのパートナーにもなっている。

(2) 当社のターゲット・強み

HCI がもともと手掛けてきたケーブル・ワイヤー・チューブなどは細い金属線であり、これらの柔軟物や細長物はハンドリングが困難で、自動化が相対的に遅れていた。例えば、金属線の外観は色・くすみ・形状・傷などのバラつきが多い上に、線径の公差が一定でなく、真っすぐでなかったりするため、熟練工が個別の誤差などを微調整しながら作業している場合も多い。代表製品の1つであるワイヤーハーネス（配線用電線を複数束にした集合部品）は、自動車やエレクトロニクスなどに幅広く使用されており、製造業者は国内で約800社（1,000工場）を超えると推定され、大半を占める多芯ケーブルの端末加工は主に手作業で行われている。特に、自動車では電装品搭載数量は機能拡充に伴い増加しており、電装品同士を繋ぐ役割を持つワイヤーハーネスの搭載量も増加する傾向にある。自動車用ワイヤーハーネスの2021年国内シェアは、矢崎総業⁽¹⁷⁾と住友電気工業（住友電装）がそれぞれ約4割、古河電気工業が1割強を占めるが、矢崎総業や住友電気工業はそれぞれ世界シェアでも高いシェアを保

(17) 矢崎総業の2022年6月期連結売上は約1兆7,992億円（海外売上比率65.7%）、グループ法人141社（うち海外45ヵ国96社）、総従業員数23万5,554名（海外比率92%）。住友電気工業の2023年3月期のワイヤーハーネスを含む自動車部門売上約2兆1,868億円、同営業利益約557億円、同従業員数23万1006人。

有しており、これら日本企業だけでも世界で50万人の労働者が従事していると考えられる。人手不足の中、単調作業による労働者負担の軽減や生産性向上が世界的な課題となっている。

2017年に HCI は「多芯ワイヤーハーネス自動製造ロボットシステム・検査 AI システム」⁽¹⁸⁾として、多芯ケーブルを切断し、外装を剥がし、撚線の撚り解し、整線、1本ずつの把持を行うシステムを開発している。これらの自動化を進めるために、安川電機の7軸垂直多関節ロボット（SIA5D）2台をフル活用するだけでなく、ケーブルの微妙な色の差や模様を把握できる3Dビジョンによる画像処理制御システムを開発し、さらにカシメ状態の検査を行うため AI システムを開発することで実現している。3本芯ケーブル加工の熟練作業者のタクトタイム（90秒）に対して、本システムは約3分と2倍となったが、1日24時間稼働が可能であり、1台で1.5人分の生産が可能となっている。⁽¹⁹⁾

（3）事業戦略・展開

HCI は、ロボットの定義を「情報を認知し（センサ系）、判断し（知能・制御系）、動作する（駆動系）」という3つの要素技術を有する、知能化した機械システム⁽²⁰⁾と認識している。HCI は、本社と4工場（大阪府和泉大津市3拠点、同岸和田市1拠点）に加え、2018年に「HCI ROBOT CENTER」（泉大津商工会議所内）、2020年に「HCI ROBOT・AI LAB」（南海電鉄泉大津駅直結）、2022年に「HCI TEST FACTORY」（泉大津市）と「HCI ROBO HOUSE」（本社）を開設している。これらの拠点に、主要ロボットメーカー43台のロボットを保有し、ロボットの「使いこなす技術」の提供を強みとしている。

「HCI ROBOT CENTER」は、近畿経済産業局からの委託を受けて、FA や

(18) 2018年度「ロボット導入実証事業」（事業経費総額32.9百万円）にも採択されている。

(19) 同システム1日8時間稼働のための人手のセッティング作業は20分以内である。

(20) 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や経済産業省ロボット政策研究会でも「ロボット」をほぼ同様に定義している。

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

省人化を推進するロボットシステムの啓蒙の場として開設されている。産業用ロボット9台⁽²¹⁾・9システムの展示を行い、「産業用ロボット安全特別教育」⁽²²⁾も
行っている。さらに「HCI TEST FACTORY」では産業用ロボット10台⁽²³⁾・7システムやケーブル製造装置等を展示している。川崎重工業や安川電機の協働ロボットやKUKAの大型ロボット（270kg可搬）なども備え、顧客の現場に近い使い方で試験を行うことができる。

一方で、2017年よりAIシステム開発を開始し、2018年にはAIシステムを顧客に初納入している。オープンイノベーション活用として、幅広い人材がAI技術のビジネス適用を研究する「泉大津AI研究会」も運営し、画像認識・強化学習・自然言語処理を学んでいる。「HCI ROBOT・AI LAB」では、産業用ロボット14台で要素技術検証や提案、ロボット・AIシステムの提供までをスピード化している。

コロナ禍の2021年から配膳・運搬用サービスロボットの販売も開始している。2022年には自社で実験店舗のロボット食堂「HCI ROBO HOUSE」（235m²・30席）をオープンしている。川崎重工業ロボット（RS007L）3台が、カレーやパスタなどのレトルト食品を加熱、開封し、食器に盛り、搬送ロボット（中国Pudu Technologyロボット）による料理の運搬・配膳に加え、オーダーや決済のシステム化まで行っている⁽²⁴⁾。将来的にはロボット食堂導入の事業化も視野に入れている。

（４）事例

HCIは、センサ系、知能・制御系、駆動系の3要素を組み合わせた自動化

(21) 三菱電機、川崎重工業、安川電機、ファナック、デンソーウェーブ製ロボット。

(22) 労働安全衛生規制第36条第31号、第32号に基づいた安全教育を実施し、特別教育修了証を発行している。

(23) 川崎重工業、安川電機、ファナック、KUKA製ロボット。

(24) 川崎重工業が羽田空港近くの「羽田イノベーションシティ」で開設した食堂と同等のシステムとなっている。

システムに強みを持っており、まず省人化を進めた3つの具体的な事例を取り上げる。

1つ目は、2019年から手掛ける別処電線製造所（大阪）の「ケーブル自動整列巻取ロボットシステム」である。製造時のケーブルは大型ボビンに巻付けられており、顧客に出荷する際には出荷用の小型ボビンに整列して巻付けていくことが一般的である。柔らかく扱いにくいケーブルをボビンに巻取る作業には、熟練者による手作業が必要であった。自動で巻取装置にケーブルを綺麗に巻くためには、通常トラバース（巻き取りリール幅内を繰り返し移動しながら巻き取る）機能・装置が必要となり、各社で多くの開発が行われてきたが、完全な整列に巻く巻取装置はできておらず、別処電線製造所もそれまでに2度にわたって設備機械メーカーに巻替工程の自動化装置を依頼したが、失敗に終わっている。HCIも当初は、ケーブルの線種による特性や癖に対して、3軸の制御でも複雑で使いこなせていなかった。しかし、三菱電機の6軸垂直多関節のロボット（RV-2F）とアーム先端に取り付けられた力覚センサ、サーボモータなどを使い、HCI独自開発の張力制御装置も組み合わせたロボットシステム開発を行い実現した。座標を使う6軸で制御も容易となり、2年がかりで実現し、さらに標準化を進め、システムの外販を目指している。

2つ目は、2021年の大博鋼業（大阪）の「鋼材自動外観検査ロボットシステム」である。大博鋼業は、顧客の指定する長さに切断された鋼材を販売する商社であり、当初は切断も検査も1人で作業していたため、切断機の稼働率は約2割程度に留まっていた。HCIは、三菱電機ロボット2台（RV-FRL-Q、RV-4FR-Q）を使用した自動検査システムを構築している。ベルトコンベヤーで流れてきた切断済みの鋼材をロボットが検査台上に乗せ替えた鋼材をカメラの前で回転させて切断面以外の面を検査する。さらに、もう1台のロボットがつかみ、基準に応じて「OKボックス」と「NGボックス」に区分けて投入する。投入する時も鋼材を置く位置の偏りなく配置し、目視では確認できなかった傷も確認できるようになり、稼働率は5割を超えている。

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割

3つ目は、2021年の Nikki Fron（長野）の「自動加熱プレス樹脂成型ロボットシステム」である。生産対象のフッ素樹脂製ダイヤフラム（弾性薄膜）は、特殊なセンサに使われる製品で、電磁誘導加熱で310度まで予熱した金型にフッ素樹脂を投入して加熱プレスで溶融させ、その後冷却プレスで成形する。特定の顧客層から供給継続を強く望まれていたが、職人の技術でも歩留まりは5割台に留まり、年間の売上高も1,000万円前後と小規模なため、自動化のコストに見合わないと考えられていた。HCIは、川崎重工業の6軸垂直多関節ロボット（RS80N）2台を中心に、加工前に金型を組み立て、金型に残った樹脂をブラスト洗浄装置で除去する工程も含め、無人運転を実現した。金型の温度やプレスの時間など全ての加工条件を最適にコントロールすることで、歩留まりは9割超となり、将来売上1億円を目指す方針を掲げている。

このように HCI は、多くの製造業向けロボットシステムを手掛けてきたが、加工以外のハンドリングやサービスロボットの市場拡大を見込み、さらに必要な AI・IoT を活用したシステムの習得・経験の蓄積を進めている。具体的な試行事例として、2018年度「ロボット導入実証事業」にも採択された「ボビン装着システム開発による協働型ロボット SI 技術高度化」（事業経費総額19.4百万円）が挙げられる。HCI が独自開発する4種類のハンド部分の安全性の検証に注力し実現した。ファナック製の 35kg 可搬の協働ロボットを採用し、撚線機のフライヤーのハンドルをひねってロックを解除し、空となったボビンを外し、新しい満ボビンをセットして、再びロックをする作業を、撚線機 1 台に対して 6~60ヵ所のフライヤーで繰り返す。また非製造業向けである2018年の「屋根塗装作業のロボット化 FS」（事業規模50百万円）では、自走式ロボットにより、ロボプラス（兵庫）とともに竹延（大阪）に提供している。リフトでロボットシステムを屋根に上げると、自律的に縦走・横行を行いながら、屋根全体の塗装を行うことができる。作業人数は1人で変化はないが、生産量は100m²/日と従来比35倍に増加している。

さらに、2019年にはスーパーマーケット・コンビニ向けに「飲料自動陳列

（品だし）ロボットシステム」をロボプラスと共同開発している。センサで商品数を24時間常時監視し、6軸多関節ロボットを使用し、自動的にバーコードを確認し、保管棚からショーケースに1本約20秒で補充するシステムを作成している。ただし、非製造業向けのロボット採用のためには、人件費との相対的なコストが導入の最大の課題となる。例えば、日刊工業新聞によると、HCIと同等規模の厨房ロボ3台、配膳用ロボ6台、冷蔵庫などの機器、モバイルオーダーシステム等を一括導入する場合は約5,000万円掛かると試算されている。⁽²⁵⁾そのため、配膳ロボットで世界シェア4割を占める中国 Pudu Technology⁽²⁵⁾の日本公式代理店として、BellaBot（ベラボット）や PuduBot（プドゥーボット）などの配膳・運搬用ロボットシステムをリースで販売する仕組みも整えている。⁽²⁶⁾HCIの試算によると、これらの配膳ロボットの「時給」は約357円であり、導入のハードルを下げ、自社の「HCI ROBO HOUSE」での取り組みも含め、将来的なさらなるビジネス展開を探っている。⁽²⁷⁾

非製造業向けとして、HCIは、2021年にオープンした「⁽²⁷⁾泉大津市立図書館」には、自走型サービスロボットとRFIDシステムを連動し、利用者の検索本の案内・誘導に加え、不明本の検索や蔵書の点検などにロボットを活用し、省人化を進めている。

7. まとめと今後の課題

本論文では、多様な用途へのロボット導入で重要な役割を担うSIerに関して、有力SIerのダイドー、高丸工業、HCIの事例分析を行った。3社の共通点として、数多くのロボット企業の実機を保有し、顧客の新規のロボット導入を事前にシミュレートすることで新しい顧客・用途を開拓している点が挙げら

(25) 供給実績5.6万台超で、日本ではガスト（すかいらーく）に約3千台を納入。

(26) 5年リースの月額利用料6万円で1日6時間（月28日）稼働した場合の試算。

(27) 2021年6月にHCIと泉大津市は「ロボットを活用した事業連携に関する協定」を締結している。

ロボット導入におけるシステムインテグレータの役割
れる。

一方で3社の戦略や方向性には違いもみられた。大手機械商社であるダイドーでは、啓蒙的なロボット館の運営や展示会での積極的な出展などにより、潜在的な幅広い顧客層を開拓するとともに、SIerやFA先進企業などと各種の機器などの新しい組み合わせ提案・協調により付加価値を生み出している複数の事例がみられた。

高丸工業は溶接技術と大型工場活用を中核に、中小企業向けに注力し、オペレータ教育も含めて顧客の現場を熟知することにより、ロボット適応の深化を進める事例が複数みられた。中小企業や農漁業の実際の現場の用途を基にして、顧客と一緒にロボット活用に最適なシステムの再構築を行っていくパターンがみられた。

HCIはケーブル製造装置のノウハウをベースに、AIやセンサ技術を習得しつつ、既存の人手作業では存続が難しい事業をAI・ロボット化で採算事業として再生している事例が複数みられた。AI・センサ技術などのシーズを踏まえ、非製造業やサービス業での新しいロボット展開（用途開発）の模索もみられた。

このように、3社がそれぞれ各社の個性を活かして、新しいロボットシステムを生み出しているといえる。また興味深い点として、これらのSIerが手掛けた顧客自らSIerとしての事業展開を進めているケースが複数確認されており、今後のSIerのすそ野の広がり期待できる。過去の日本では、「顧客企業の自前主義に対応した受託開発中心」や「SIer間の交流も閉鎖的」といわれていたが、工作機械産業と同様に、ロボット産業でもSIerが新しい顧客ニーズに対応していく役割に変化する兆しが確認できた。

今後の課題として、さらなる有力SIerのヒアリングや文献調査を踏まえて、今回確認した3社（パターン）以外の戦略や方向性を抽出し、国内SIer全体像としてのパターンをまとめていく必要がある。今回は独立系のSIerが中心であったが、商社系・メーカー系などの幅広いSIerの動向も把握する必要がある。さらに、日本以外のロボット主要国でのSIerでの調査・分析を進め、

用途別のロボット採用の進捗との関連性を明らかにしていく必要もあると考えられる。

参 考 文 献

- 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
- 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（2017a）「ロボット活用の基礎知識2017」経済産業省
- 経済産業省（2017b）「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
- 日本ロボット工業会（2022）「ロボット産業需給動向2022年版（産業ロボット編）」
- 日本ロボット工業会（2023a）「50年のあゆみ」
- 日本ロボット工業会（2023b）「ロボット産業ビジョン2050」
- 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
- 林隆一（2023）「日本のロボット産業の実態調査」神戸学院経済学論集54巻4号 P27-45
- 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
- 「robot digest（ロボットダイジェスト）」ニュースダイジェスト社
- 「月刊生産財マーケティング」ニュースダイジェスト社
- 「日刊工業新聞」2019年5月22日，2019年8月1日，2022年1月17日，2023年1月19日
- 「日経ビジネス」2022年2月7月号，日経BP
- 各社ホームページ