

製造業に由来する生産システム・インテグレータ

—自動車部品メーカー・近藤製作所—

榎 本 俊 一

要 旨

近年、工場の生産ライン建設を一括請負する生産システム・インテグレータが注目されている。システム・インテグレータには、機械商社、専用機械メーカーに由来する社に加え、メーカーが自社でFA化・ロボット導入に取り組む過程で、インテグレーション技術を蓄積、インテグレータ化した社が存在する。愛知県蒲郡市の近藤製作所は、自動車部品メーカーから出発してインテグレーションにも進出した企業であり、1980年代のFA化、1990年代のロボット導入の過程でインテグレーションを自動車部品製造に並ぶ事業に成長させた。現在、同社はIoT化に対応し、中小・中堅メーカーの工場全体の「見える化」を新たなソリューションとして提案、新分野開拓しようとしている。

キーワード：生産システム・インテグレータ (Factory System Integrator)、製造業のサービス化 (Servitization)、FA (Factory Automation)、ロボット・システム (Robot System)、スマート製造 (Smart Factory)

I はじめに

近年、生産設備を単体で製造・販売するのではなく、生産ライン構築を一括請負する生産システム・インテグレータが注目されている¹⁾。平田機工(熊本市)は、国内ではトヨタ自動車、日立製作所、クボタ、キャノン、海

1) 『日経ビジネス』(2017年3月6日号)、58～62頁。

外では米 GM、テスラ・モーターズ、英ダイソン、韓国サムスン電子等を顧客として、生産ラインを設計、所要の設備・装置を調達した上で、顧客工場に組立・設置を行いフル・ターンキー納入している。平田機工のようにグローバル・メーカーのものづくりを支える存在として認められたインテグレータだけでなく、現在、省人化と生産効率向上のためロボット導入が製造業の課題となる中、ロボットを活用した生産システムをフル・ターンキー方式で受注するインテグレータが重要な役割を果たすようになってきている。

生産ラインはメーカーの競争力を左右するものであり、基本的にメーカー自身により内製されてきたが、1990年代以降、日本メーカーが海外工場移転を本格化させグローバル生産体制にシフトすると、日本メーカーは国内で生産ラインを新增設する機会が激減し、生産ラインの設計・構築力が失われたと指摘される。こうした中、生産システム・インテグレータはファクトリー・オートメーション（FA）を請け負う事業者として古くから存在してきたが、日本メーカーの生産ライン構築を下支えする存在として成長した。生産システム・インテグレータはライン・ビルダーと称されることもあるが、顧客の製造課題をコンサルティングして生産ラインを企画設計し、生産ライン構築に必要な工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置等を一括調達、自社工場にて生産ラインを仮組立して稼働・性能検査した上で、顧客工場に機械・装置を設置し生産ラインを構築、フル・ターンキー納入する「生産システム」のインテグレータである。

生産システム・インテグレータには、①機械商社が顧客工場に産業設備を納品・設置するためエンジニアリング能力を獲得しシステム・インテグレータとなった社、②顧客ニーズに応じて産業機械を「一品製作」して納品・設置していた専用機械メーカーがシステム・インテグレータとなった社が存在するが、第3の категорияとして「メーカーが自社生産ラインのFA化・ロボット導入に取り組む過程で、システム・インテグレーションに関する技術・ノウハウを蓄積し、自社の技術・ノウハウを活かしてインテグレータ化した

社」が存在する²⁾。

愛知県蒲郡市に立地する近藤製作所は資本金2億2000万円、従業員数316名（2019年8月現在）の中小企業であるが、自動車部品メーカーから出発してシステム・インテグレーションにも事業進出した企業である。1980年代のFA化、1990年代のロボット導入の動きに取り組む過程で、近藤製作所はシステム・インテグレーションに関する技術・ノウハウを蓄積、システム構築に必要な専用機械・周辺装置等を社内で開発して、自社システムを自らインテグレートした。近藤製作所は自家使用のため開発した6軸制御NC旋盤（オークマ製NC装置を搭載）を1974年以降外販化していたが、FAシステム及びロボット・システムに関しても自社製造技術の外販化に取り組み、まずは自社向けに開発したFAシステム及びロボット・システムの周辺装置等を外販化し、基幹事業の自動車部品の開発製造に並ぶ事業に成長させる。

近藤製作所が生産システム・インテグレータ化した契機については、1970年代に同社が外販化したNC旋盤と研削盤向けオート・ロードは標準品であり、個別顧客ニーズに応じたカスタマイズの必要は薄かったのに対し、FAシステム及びロボット・システムの周辺装置等は顧客の工場・生産ニーズに合わせたカスタマイズが不可欠であるため、近藤製作所は周辺装置等の外販化に伴いシステム・インテグレーションにも事業進出し、その結果、FAシステム及びロボット・システムの周辺装置・部品の製造、システム・インテグレーション、自動車部品製造の三部門を事業の柱とする企業に成長した。

近藤製作所の2016年8月期の売上高は81.5億円であるが、内訳はAシステム及びロボット・システムの周辺装置・部品の製造販売が40億円、システム・インテグレーション40億円となっている（2018年8月期の売上高は104億2200万円）。現在、同社は生産ラインの「見える化」と生産監視システム導入を新たなインテグレーション・ニーズと考えて装置・システム開発に取り組んでいるが、これらも同社が製造企業として内部蓄積した技術・ノウハウ

2) 榎本俊一（2018）。

を外販化するものであり、近藤製作所は製造企業に根を置くインテグレータと評することができる。

II 自動車部品メーカーとしての出発

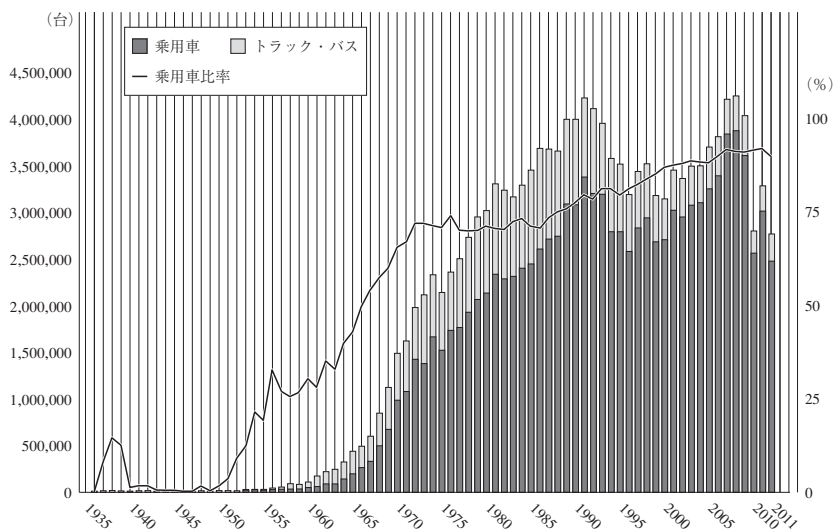
近藤製作所は元来1939年に東京蒲田で自動車部品及び航空機部品製造業として創業された会社であり、終戦後の1946年に愛知県蒲郡市に工場を移転、1951年以降豊田合成株式会社と取引を開始するなど自動車産業では部品構成体に関する各種加工を分担する Tier 3 企業として自動車部品生産に携わってきた。同社はトヨタよりはホンダ、日産との取引を主体としてきたが、同社の自動車部品生産における役割を豊田合成との関係を例に説明する。

豊田合成はトヨタ自動車グループでゴム・樹脂製品の開発・製造を担う Tier 1 企業であり、①ウエザストリップ製品（ドア・窓ガラス・トランク等の自動車の開口部から雨・埃・騒音等が浸入するのを防ぐシール材）、②燃料タンクモジュール構成部品（燃料をタンクに給油する配管、燃料・燃料蒸気を清浄装置に通した上で外気に移送するゴム・樹脂の配管等）、パワートレイン系部品（ラジエータホース、エンジン回転に必要な空気を供給するためのホース等）、ドライブレイン系部品（ブレーキホース等）等の機能製品、③エアバック等セイフティ・システム製品を主力事業とする。

現在の近藤製作所は自動車部品事業の範囲を限定し、ブレーキホースの金口の豊田合成への供給、ダイセルへのエアバック部品（衝突時にエアバックを開披させるための爆薬を容れる容器）の供給を主軸としている。しかし、同社は切削・メッキ・曲げ・かしめ³⁾・溶接等の加工技術を「売り」とし、トヨタ等の海外展開に随伴して設立したタイ工場では（国内工場では事業廃止した）亜鉛・錫・無電解ニッケル等メッキ加工を行っているように、かつては Tier 3 企業として自動車内外装品のメッキ加工を中心として幅広い部

3) 「かしめ」は、薄板に穴をあけリベットを通し頭の反対側を叩きつぶして締結する方法であり、鋼とアルミニウム合金、金属とプラスチックのように合金化しにくい素材部品の機械的結合に用いられる加工である。

図1 国内自動車生産



(出所) トヨタ自動車資料 (https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/data/automotive_business/production/production/japan/production_volume/images/index_graph01.gif)

品加工に携わっていた⁴⁾。

日本の自動車生産は高度成長期以降爆発的な成長を遂げ、トヨタ自動車も1960年に10万台だった国内生産台数は右肩上がりの成長を続けて1990年には410万台に到達しているが、自動車国内生産の急拡大を受けて近藤製作所も自動車部品製造事業を拡大し、1960年には東京大田区の工場を川崎市中原区

- 4) 自動車産業で形成された分業構造では、Tier 1の完成部品メーカーは完成車メーカーに対して完成部品を供給しており資本関係等により完成車メーカーと密接な関係を有しているのに対し、Tier 2の部品メーカーは完成部品メーカーに対して基幹部品・電装部品・車体用部品などの部品構成体をユニット単位で供給する存在であり、さらにTier 3の部品メーカーはTier 2部品メーカーの指示の下に部品構成体のプレス加工、鋳・鍛造、メッキ等の加工工程を分担している（例えば、完成車メーカーから駆動部品のクラッチの発注を受けた完成部品メーカーはクラッチ製造に必要なクラッチ軸構成体・クラッチディスク構成体等の部品構成体をTier 2部品メーカーに発注、Tier 2部品メーカーはTier 3企業に部品構成体の各工程を分業させて部品構成体を製造）。

に移転、1967年には愛知県額田郡に幸田工場を新設して部品加工需要に対応するとともに、1984年には蒲郡市に元町工場に加えて浜町工場を新設している。

Ⅲ 生産財・システム供給事業への展開

1. 1960年代後半に遡る自社製造技術の外販化の取組

1980年代以降、近藤製作所は自社内部に蓄積したFA・ロボットに関するシステム・インテグレーション技術を活用してシステム・インテグレーション事業に進出するが、Ⅱ. で見たように同社は自動車部品メーカーから出発し、高度成長期以降の国内自動車生産の爆発的成長を「追い風」として成長した製造企業である。

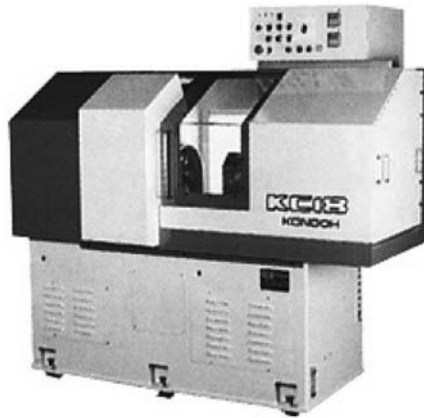
近藤製作所は自ら1980年代のFA化、1990年代のロボット導入に対応する過程で、システム・インテグレーションに関する技術・ノウハウを蓄積し、自社のFA・システム及びロボット・システムに必要な専用機械・周辺装置等を自ら開発したが、同社が他社と異なり個性的だったのは、自社向けに開発した専用機械・周辺装置を外販化し、自社のシステム・インテグレーションに関する技術・ノウハウを活かして、外部メーカーに対してシステム・インテグレーション・サービスにも乗り出したことである。

そして、近藤製作所が自社内部に蓄積した製造技術を外販化する事業展開は1980年代以降に始まったものではなく、Tier 3 メーカーとして自動車完成部品構成体の請負加工で繁忙を極めた1960年代後半に既にスタートしていた点に留意する必要がある。研削盤の生産性・加工精度の向上において、加工対象物を自動的に所定の加工位置に正確に搬送する装置（オート・ローダ）が重要な役割を果たすが、近藤製作所は自社の切削加工に関して開発した研削盤用オート・ローダを1969年に外販化に踏み切っている。

また、1970年代は工作機械にNC化のパラダイム・シフトが発生した時期であり、国内メーカーも自動車産業を筆頭として加工精度と生産性の向上のため生産設備のNC工作機代替を進めたが、近藤製作所も自社使用のためオー

クマ製 NC 装置を搭載した 6 軸制御 NC 旋盤を開発している。自社技術の外販化はオート・ローダだけで終わらず、近藤製作所は引き続き1974年に 6 軸制御 NC 旋盤の外販を開始し、1977年には自動計測検査装置、1979年には KC-18型 6 軸 NC 旋盤（図 2）を開発・販売している。

図 2 KC-18型 6 軸 NC 旋盤



（出所）近藤製作所資料（http://www.konsei.co.jp/cgi-bin/mect_mcn/page.cgi?id=15）

2. 1980年代のFA 関連装置の外販とインテグレーション事業化

石油危機後、世界経済は年平均 5% から 2% の低成長局面に入り、多様化した消費者ニーズに対応するため大量生産から多品種少量生産への転換が必要となっただけでなく、製品ライフサイクルの短期化に対応した生産の柔軟性が課題となった。FA は受注・加工・製造・組立・運搬・検査・測定・保管・出荷などの工場の一連の作業工程をロボット、センサ、情報システム等を活用して自動化することであるが、1970年代以降、多品種少量生産と製品ライフサイクル短期化への対応の切り札として浮上する。

FA はコンピュータ制御を根幹とするためマイクロエレクトロニクスの技術革新が前提となるが、1970年代に集積回路（IC）技術が著しい進歩を遂げた結果、NC 制御工作機械、人間の作業を一部代替できる産業用ロボットの

開発が進み、1980年代に自動車・電機産業を中心として製造工程の一部の機械化・自動化が進められる。日本メーカーは海外メーカーに先駆けてFA化に取り組むことで競争優位に立ったが、この時期、完成車メーカー等は自らFAシステム構築を主導し、産業機械メーカーは完成車メーカー等からの高度な技術要求に応える形で、各社の得意分野に注力しつつ、より高度な産業用ロボット・制御機器を開発することで、国内のFA化は飛躍的に進む⁵⁾。

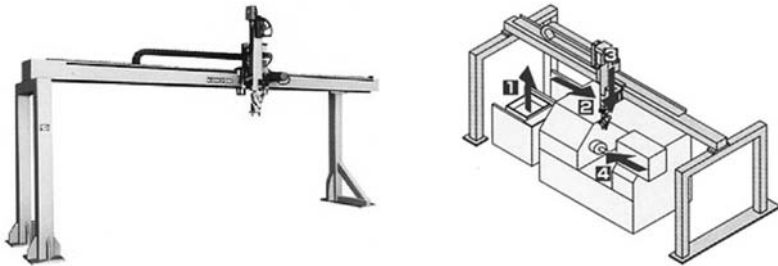
この過程で近藤製作所も自動車部品メーカーとして自社ラインのFA化を求められたが、産業機械メーカーが日進月歩の勢いで開発・上市するFA機器を各社・各工場により異なる生産ラインに導入するには、個別ケース毎にFA機器のカスタマイズと搬送装置・周辺装置等を含めたシステム設計・製造が必要であり、近藤製作所は自社ラインのFA化に関してはFA機器のカスタマイズと搬送装置・周辺装置の製作を社内で行い、FAシステムをインテグレーションしていた。

近藤製作所は1960年代後半以降のオート・ローダ等自社製造技術の外販化に引き続き、FAシステムに関する自社技術の外販に乗り出す。研削盤においてワークを正確に所定位置に搬送するオート・ロードが重要であるように、FAシステムにおいてもワークを正確にピッキング・搬送・セット・回収する搬送装置は生産性・加工精度の向上にとり重要である。近藤製作所は、工場の製造ラインでワークの搬送・セット・回収を行うロボット・アームであるガントリー・ローダ（次頁図3）、工作機械にワークを固定する工具であるチャック（次頁図4）等の汎用性に着目して、1980年以降ガントリー・ローダをシリーズで開発・供給するようになり、1983年にはチャックの外販を開始した。機械商社を介した外販先はメーカーやFAシステム・インテグレータであったが、1992年には、これらの顧客の求めに応じて、各工程で部品・治具を保管するストッカー装置もシリーズ化して販売するようになる。この頃から日本市場の消費形態は多様化し、大量生産・大量消費に適した量産型

5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2014）

の生産から、より新しい製品や個性を求める消費者ニーズに対応する多品種少量生産へと移行すると同時に、ひとつの製品に対するライフサイクルが短期化した。従来の量産型生産システムでは生産効率やコスト、生産管理などが対処できなくなり、この状況に対応できる、多品種少量生産に適したフレキシブルな生産システムが求められるようになった。

図3 ガントリー・ローダ



(出所) 前掲近藤製作所資料、(注) 左図は製品、右図は製品の具体的な適用方法。

図4 チャック



(出所) 前掲近藤製作所資料
(注) 取付け可能な各種チャックを表示。

近藤製作所は言うまでもなくメーカーであり、当初、自社製造技術の外販化にあたっては装置・部品の製造・販売を意図していた。外販初期のオート・ローダは構造的に単純であり、研削盤も旋盤メーカー毎に標準化されていたため、近藤製作所はオート・ローダについては顧客毎のカスタマイズを要せ

ず標準品を量産・量販できた。しかしながら、FA システムの搬送装置・周辺装置は（標準化された旋盤とは異なり）顧客の多様な工場現場・生産ニーズに合わせたカスタマイズが必要であり、製品カタログに掲載された仕様のままで顧客メーカーに納品すれば「取引完了」とはならず、顧客は近藤製作所に対して生産工程への組込・設置も要求するようになる。その結果、同社はFA システムの搬送装置・周辺装置の開発製造だけでなく、自社の生産ラインのFA 化で蓄積した技術・ノウハウを活用してFA システム・インテグレーション事業にも進出することとなる。

3. 1990年代のロボット関連装置の外販とインテグレーション事業化

(1) 1990年代のグローバル製造企業主導のロボット導入

1990年代は、自動車・総合電機等のグローバル製造業を中心としてロボット導入が進み、ロボット・メーカーがシステム・インテグレータを系列化し、現在のロボット・システム・インテグレーションの基本形態が確立された時期である。2. で示したようにFA は「工場の一連の作業工程をロボット、センサ、情報システム等を活用して自動化すること」であり、1990年代のロボット導入は1980年代の工場自動化の動きを更に推し進めるものだった。

引き続きロボット・システム導入を主導したのは完成車メーカー等であり、ロボット・メーカーは彼等からの高度な技術要求に応える形で、各社の得意分野に注力しつつ、より高度な産業用ロボットを開発し続けた結果、日本のロボット及びロボット・システムは急速な発展を遂げた。ロボット・メーカーがシステム・インテグレータを系列化し顧客のロボット・システム構築を担当させたのは、1990年代のロボットによる自動化は工作機械等が従来対象として想定していなかった工程・作業を対象とするものであり、ロボットの性能と適用方法について熟知したインテグレータでなければシステム構築の最適化は難しかったことによる⁶⁾。

6) 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2014）。

すなわち1980年代のFA化では、製造工程にある工作機械等のコンピュータ制御化と自動化が主要なテーマであり、NC化された工作機械・マシンングセンタ等の加工用機械とCAD（コンピュータ支援設計）システムの組合せに技術課題があったのに対し、1990年代は溶接・搬送・組立など工作機械等による代替ができず人手に依存してきた工程・作業の自動化という未知の領域がテーマとなったことから、ロボット時代に入りシステム構築の技術的な難易度が飛躍的に高まった。ただし、ロボット・メーカーには、個別ユーザーのシステム・インテグレーションに対応する組織的な余力はなく、インテグレータを系列化して自社製品ユーザーのインテグレーションに対応した。

(2) ロボット周辺装置の外販

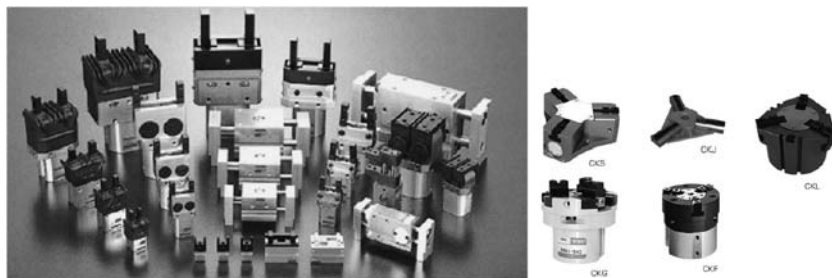
ロボットによる工場自動化の中で、近藤製作所もファナック、安川電機、不二越等の産業用ロボットを自社生産ラインに導入し生産性・精度の向上に取り組んだが、ロボット・システムもFAシステムと同様に個別ケース毎のロボット製品のカスタマイズと搬送装置・周辺装置等の製作が必要であり、近藤製作所は自社工場へのロボット導入に関してロボット製品のカスタマイズと搬送装置・周辺装置の製作を自社で行い、ロボット・システムをインテグレーションする。従来、工作機械等が加工対象としておらず人手に依存していた作業・工程の自動化が目的であるため、ロボットのカスタマイズやシステム・インテグレーションの技術難易度は一層高度化したが、さりとて外注しようにもロボット・システム・インテグレーション草創期には優れたインテグレータは少なく、近藤製作所に限らず、メーカーは自らシステム・インテグレーションに取り組まざるを得なかった面もある。

FA化と同様に近藤製作所は自社工場へのロボット導入に取り組む過程でロボット・システム・インテグレーションに関する技術・ノウハウを蓄積し、自社のロボット・システムに必要な専用機械・周辺装置等を自ら開発したが、1980年代にFA化に係る搬送装置等を外販化していたのと同様に、1990年代のロボット導入期においても自社向けに開発した搬送装置・周辺装置の外販

化に踏み切る。

ロボットには「つかむ」「つまむ」「つかんで回す」「押し込む」「引っかける」等の目的に応じたハンドリング機能が要求されるが、まず近藤製作所は自社向けに開発したロボット装着用ハンド（図5左）及びチャック（図5右）をシリーズ化し、機械商社経由での販売をスタートする。同社は上から挟み込み保持する縦型平行ハンド、横から挟み込み保持する横型平行ハンド、丸物・シャフト系のワークの保持のためのチャックなど市販機種を増やすとともに、1999年以降は大型搬送用のハンドとチャックをシリーズ化して、文字通り数グラムから数百キロのワークに対応できるハンドリング製品を開発・外販化してきた。

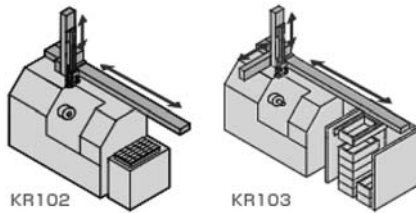
図5 ロボット装着用ハンド（左）とチャック（右）



（出所）近藤製作所前掲資料

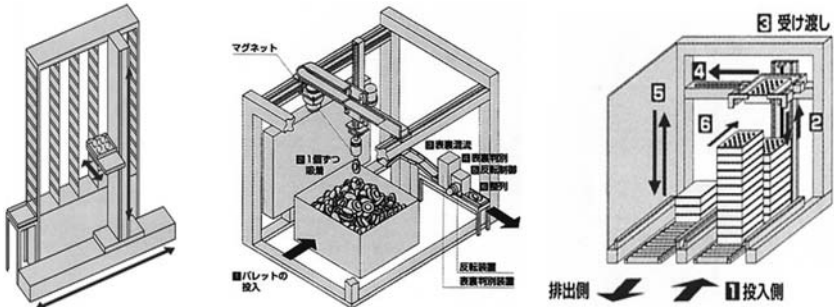
また、近藤製作所はロボットに装着するハンド・チャック等のロボット部品に続いて搬送装置等の外販化にも取り組んだ。1980年代の「FA時代」に、近藤製作所はロング・ストロークで多台連結も可能であるガントリー・ローダに引き続き、1985年には2～3軸制御で各種ワークにも兼用できる小型ガントリーである「直交座標ロボット」を製品化していたが、「ロボット時代」に入った1996年には直交座標ロボットを「直交ロボ」としてシリーズ化（次頁図6）、更には設置スペースに乏しくライン変更が多い場合でも対応できる、折りたたみ式アームで高速運動が可能な搬送用「旋回ロボ」を製品化し、製造企業の搬送自動化ニーズへの対応能力を拡張している。

図6 直交座標ロボット



(出所) 近藤製作所前掲資料

図7 ロボット・システムに対応したストッカー装置



(出所) 近藤製作所前掲資料

さらには、ワーク等を一時保管するストッカー装置に関しても、既に1980年代のFA時代に外販化に向けて取り組み1992年以降シリーズ化していたが、まさにロボット時代において、多品種・多部品のストックに向けたパレット収納による「立体ストッカー」(図7左)、重量のあるワークの大量ストックに向けた、マグネット方式でワークを取り出し整列させる「ランダム・ストッカー」(図7中)、ストッカーへの積替えに時間がかかる又は積替え時に傷つきやすいワークを台車から台車で工程間搬送できる台車式「Boxチェンジャー」(図7右)等を次々と製品化し外販した。

(3) ロボット・システム・インテグレーションへの進出

2. でも述べたように、近藤製作所は創業以来一貫して「ものづくり」を事業としており、1980年代のFAシステムの搬送装置・周辺装置の外販化にあたってシステム・インテグレーションまで手掛けることを当初想定していなかったが、FAシステムの搬送装置・周辺装置は顧客の工場現場・生産ニーズに合わせたカスタマイズが必要であるため、同社は自社FA関連製品の顧客のFAシステム・インテグレーションも併せて引き受ける形でインテグレーション事業に進出した。ロボット・システムはFAシステムよりも技術的難易度は高いとはいえ、工場自動化に関してFAシステムと連続するものであり、その結果、システム関連装置・部品の外販化がシステム・インテグレート化につながる現象はロボット・システムでも再現され、近藤製作所はロボット・システム関連装置・部品の外販化とほぼ同時にロボット・システム・インテグレーション引受けをスタートする。

近藤製作所は自社開発したFAシステム、ロボット・システム関連装置・部品の外販を基本的に機械商社に任せてきたが、商社は顧客メーカーにFAシステム、ロボット・システム関連装置・部品を売り込むと同時に、顧客サービスの一環としてFAシステム、ロボット・システムのインテグレーションも受注しており、近藤製作所はシステム・インテグレーションに関しても豊田通商マシナリー、岡谷鋼機⁷⁾等の機械商社を介した受注を基本としてきた。近藤製作所の顧客の8～9割は自動車関連メーカーであるが、自動車部品取引と同様に、愛知県に立地しているものの顧客のメインがトヨタ系列ではなくホンダ系列、日産系列を得意先としてきた。

また、近藤製作所は従業員約300名の中小企業であり、FA・システム、ロ

7) 岡谷鋼機株式会社は1669年創業（1937年に株式会社化）の名古屋の鉄鋼・機械等を取り扱う名古屋証券取引所一部上場の独立系商社（資本金91.3億円）。鉄鋼、情報・電機、産業資材、生活産業の4分野を中心に事業展開しており、鉄鋼、特殊鋼、非鉄金属、電機・電子部品、化成品、機械・工具、配管住設機器、建設関連、食品などの国内販売・輸出入（三国間取引含む）に取り組み、2017年2月期の売上高は連結7533億円 単体5,129億円を計上。

ロボット・システム関連装置・部品外販やシステム・インテグレーション受注のために東京・大阪・名古屋等に営業所を設けて顧客開拓・サービスにあたる企業体力はない。このため機械商社を介したインテグレーション案件の受注は近藤製作所にとり自明の前提であり、商社担当者が顧客と恒常的にコミュニケーションを取り、FA化やロボット・システム導入のニーズを具体化し、ある程度のシステムの青写真を描いてからインテグレータにつなぐだけでなく、システムに故障・不具合が発生した場合の取り敢えずの対応もしてくれることが同社のインテグレーション事業へのサポートとなっている（ただし、近藤製作所は大企業案件に関しては商社を介さず直接取引を行い、きめ細かいサービスを展開している）。

なお、近藤製作所に限らず、名古屋圏に立地するシステム・インテグレータは必ずしも自動車関連メーカーを主要顧客としているわけではなく、自動車関連メーカーと取引があってもトヨタ系列が顧客というわけではない。トヨタ・グループでは、アイシン、デンソー等 Tier 1 メーカーがシステム・インテグレータも協力企業として組織しており、これらの協力企業はアイシン・グループ、デンソー・グループの専門インテグレータとして活動しており⁸⁾、外部インテグレータがトヨタ系列のインテグレーションに参入することは容易ではないという。近藤製作所は、国内で自動車内外装品のメッキ加工を主力事業としていた時期の縁もありホンダ、日産系列メーカーからのインテグレーションが多い（豊田通商マシナリーも機械商社としては非トヨタ系列との取引拡大を重視しており、近藤製作所へのインテグレーション案件仲介も非トヨタ系列の顧客が多くなっている）。

1990年代のロボット導入においてロボット・メーカーはシステム・インテグレータを系列化したが、近藤製作所はそもそもユーザーとしてファナック、安川電機、不二越等各社ロボット製品を導入しており、ロボット・システム

8) アイシン等により組織された協力企業群に属することで、従業員20~30名規模のインテグレータがグループ企業数社のインテグレーションを引き受けて、システム・インテグレーションだけで企業経営を成り立たせているという。

関連装置・部品も特定ロボット・メーカー仕向けではなくロボット・メーカー各社製品に共通して使用できるものを開発・製造してきた。特定メーカーのロボット製品だけでなく各社製品に精通していることは強みであり、近藤製作所はこの強みを活かしてシステム・インテグレーション案件を受注し各社ロボット製品をシステム化してきた。

なお、近藤製作所は2000年央以降の高寿命・高信頼性・低消費電力・低放熱を特徴とするLED照明の普及に対応して、これまで同様に自社向けに開発したLED照明製品を2005年以降シリーズ外販化しており、LED照明と視覚センサを組み合わせる工作機械・ロボット・搬送装置等の稼働状況等を監視する画像検査システムを2000年代後半からスタートするなど工場自動化ニーズへの対応幅を拡げている。

IV 近藤製作所の事業構造と新たな展開

1. システム関連装置・部品製造企業を土台としたインテグレータ

Iに摘示したように生産システム・インテグレータには、①機械商社が顧客工場に産業設備を納品・設置するためエンジニアリング能力を獲得しシステム・インテグレータとなった社、②顧客ニーズに応じて産業機械を「一品製作」して納品・設置していた専用機械メーカーがシステム・インテグレータとなった社が存在するが、さらに③「メーカーが自社生産ラインのFA化・ロボット導入に取り組む過程で、システム・インテグレーションに関する技術・ノウハウを蓄積し、システムの最適化に必要な専用機械・周辺装置等を開発するのに成功した結果、ユーザーがシステム・インテグレーションを事業化した社」が存在する⁹⁾。近藤製作所は第3のカテゴリーに属するシステム・インテグレータであり、前述のとおり自動車部品メーカーから出発して、FAシステム及びロボット・システムに関連する装置・部品の外販に事業拡張、外販装置等に関連して顧客のシステム・インテグレーションも引き受け

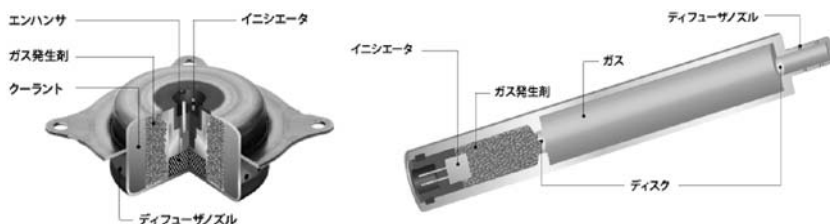
9) 前掲榎本(2018)。

る形でインテグレータ化した。

近藤製作所は資本金2億2000万円、従業員数316名（2017年8月現在）の中小企業であるが、Ⅲ．以下に示した事業発展の沿革を反映して同社は「メカトロ機械部」（FAシステム及びロボット・システムの開発及びインテグレーション）、「メカトロ機器部」（FAシステム及びロボット・システムの周辺装置及び部品の開発製造）、「オプトロ機器部」（LED照明・画像検査システム等の開発製造）の三部門構成を採り、2016年8月期の売上高81.5億円の内訳はメカトロ機械部約40億円、メカトロ機器部約20億円、オプトロ機器部約20億円となっている（内訳不明ながら2018年8月期の売上高は104億2200万円）。依然、装置・部品の製造販売が売上高の50%を占めているように近藤製作所は創業以来のメーカーとしての性格を堅持し続けており、システム・インテグレーション事業も自社向けに開発した関連装置・部品の外販からスタートして顧客の求めに応じてスタートしたものであったように、同社のシステム・インテグレートの実態には製造企業が存在している。

近藤製作所は国内5ヶ所に工場を有しているが、愛知県蒲郡市の3工場のうち浜町工場（本社所在）はFAシステム、幸田工場はハンド・チャック等のメカトロ機器、坂本工場はLED照明・画像検査システム等のオプトロ機器を製造分担しており、埼玉県本庄市の埼玉工場はメカトロ機械、愛知県豊川市の音羽工場は自動車部品を製造する（近藤製作所はFA・ロボット関連のチャックでは国内でもトップ・メーカー）。国内自動車部品生産はブレーキホース用金口、エアバック部品（爆薬容器）（次頁図8）に限定しているが、国内自動車メーカーの海外生産に対応した海外工場では、自動車内外装品のメッキ加工を中心として幅広い部品加工に携わっており、KONSEI Thailand（タイ）では亜鉛・錫・無電解ニッケル等部品構成体のメッキ加工、KONSEI USA（米国ケンタッキー州）及び常州坤世精密機械有限公司（中国）は自動車の空調部品を製造している（なお、海外工場も2017年以降FA・ロボット関連装置・部品の生産を本格化）。近藤製作所では、売上高の部門構成と同様、工場も製造事業を主体とする構成が引き続き維持されている。

図8 エアバックの爆薬容器



(出所) ダイセル資料 (<https://www.daicel.com/msd/product/car.html>)

2. 2000年代後半からの工場の「見える化」への取組

(1) 自動検査装置の自主開発

近藤製作所は1994年に自動検査装置のシリーズ生産をスタートしていたが(ゲージを使った内外径・高さの検査・選別を自動実施する比較検査装置等)、2000年代半以降は視覚センサと画像処理技術の進歩を活用した検査装置の開発に取り組み、次項(2)で説明する生産設備の稼動・進捗状況の監視システムの開発にも取り組むことにより、生産ラインのFA化やロボット導入のみに止まらず、顧客工場全体のマネジメントに係るシステムのインテグレーション能力を獲得して行く。

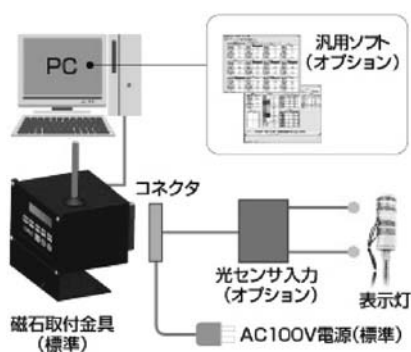
同時期には、国内において高寿命・高信頼性・低消費電力・低放熱を特徴とするLED照明が普及し始めたが、近藤製作所も工場照明のLED転換に対応してLED照明をシリーズ化するとともに、さらにLED照明と視覚センサを組み合わせることでワーク画像をPCに取り込み、画像の面積・色・コントラスト・形状等から異品・欠品・誤組付け・キズを自動判断する画像検査システムを製品化することに成功する。「人の眼による判断は非常に高度で、全てを画像処理に置き換えることは困難」ながら、「可能などころから一つひとつ実現に結びつけ」省人化するとして、同社は生産ラインに画像検査システムの組み込みを提案している。

(2) 工場「見える化」提案

画像検査システムは異常を「見える化」するものであるが、工場内の工作機械・ロボット・搬送装置等の稼働・進捗状況を「見える化」することは異常発見に劣らず生産ラインの「カイゼン」にとり重要である。

国内工場では、特に加工組立系においてMES（製造実行システム）の導入が遅れ、中小メーカーに限らず中堅メーカーでも、生産ラインを構成する工作機械は作業員が一人一台担当で稼働させており、プログラム作成、段取りからワーク着脱まで全て一人で行っていることが多い。その結果、多品種少量のワーク加工では機械毎に稼働率にバラツキが発生し、生産効率化のボトルネックが生産ラインのいずれの箇所にあるかを把握することが難しい。このため、工作機械毎に運転時間・停止時間を計測して稼働状況を「見える化」し、全体最適の観点から、いずれの生産工程で如何なるカイゼンを実行するかを決定することが課題となっている。

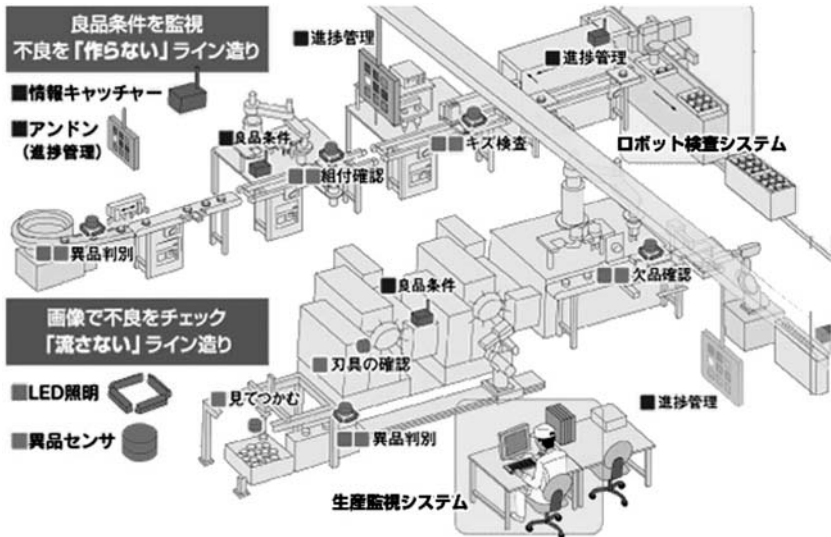
図9 情報キャッチャー



(出所) 近藤製作所前掲資料

しかしながら、中小メーカーにとり、MES等の本格的なITシステム整備は負担であり、各機械・設備にICタグやバーコードを装着し、それらをセンサやカメラで読み取って通信で結び、センサ等から得たデジタル情報をクラウド等に収集し分析するスマート投資も費用対効果の観点から二の足を踏

図10 「工場見える化」



(出所) 近藤製作所前掲資料

まざるを得ない。そこで、2012年、近藤製作所は、新規の巨額投資をせずとも、既存の機械設備の情報端末等を活用して稼働状況を確認できる生産監視システム（情報キャッチャー）を開発、外販化した（図9）。同システムは、PLC装置の装備された工作機械はもちろん、PLC装置の装備されていない「ヴィンテージ」機械についても機械設備の表示から光センサにより稼働データを読み取り、生産監視装置とPCを有線又は無線LANで接続、PC上で、生産効率化を阻害する各種要因を数値化し、問題点を顕在化できる。

具体的には、生産監視システムでは、個別機械について、①機械の稼働状況と停止要因（段取替え・品質チェック・品質トラブル・工程待ち等）、②人の作業時間と停止要因（故障・段取替え・刃具交換・品質チェック・品質トラブル・材料遅れ・改善等）を数値化。同システムは最大で12台の工作機械と接続し監視できるため、中小製造現場であれば工場全体の稼働・作業状況が監視可能であり、工場管理者は各機械の作業進捗率とノルマ達成に必要

な作業時間、稼働・停止・故障の状況を見て、工場内で生産の遅延を招いている工作機械を特定、複数工程を担当し多ライン待ちしている作業者に一番作業の遅れているラインを告知し、生産ライン運営の効率化が可能である。生産監視システムの開発に伴い、近藤製作所は中小メーカーの工場全体の生産効率改善を図る「工場見える化」プラン（図10）を提案、新たな生産システム・インテグレーション・サービス提供に乗り出している。

3. 第4次産業革命に対応したシステム・インテグレーション事業

近藤製作所の生産監視システム「情報キャッチャー」は、まだIoT化が製造企業の課題として認識されていなかった2012年に開発されたものであり、同システムが単機から最大12台の工作機械までに対応とするように、企業情報システム整備や生産ラインのIoT化が一義的な経営課題ではない中小企業を顧客として想定している。

一方、2010年代半以降の第4次産業革命では、第一に、企業情報システムを構成するERP、MES、PLCの垂直統合により、市場の多種多様なニーズに応じて企業全体の生産計画を機動的に見直し、生産ラインの機器を最適制御して、柔軟な生産・出荷を行うことを目指しており、第二に、ワーク・機械・装置にICタグやバーコードを装着、センサ・カメラでデータを読み取ってクラウド上にリアルタイムで収集し、AIによるデータ解析結果に基づいて生産ラインを最適制御することが追求されている¹⁰⁾。

第4次産業革命が実現するのか、実現にどの程度の時間を要するかは誰にも分からないが、国際的に製造企業がIoT化により生産ラインを「見える化」し、ワーク・機械・装置から取得したデータに基づき生産ライン全体の最適制御を行う方向を志向しているのは確実であろう。近藤製作所の生産監視システムは現在の中小製造現場を前提としており、新たにMES導入により生産ラインを中央制御するのではなく、引き続きPCによる工作機械の個別制

10) 榎本（2017）。

御をベースとして生産ラインを「見える化」し、その結果を踏まえて人がカイゼンを考えて生産ライン全体の最適制御を行おうとするものである。取得データはクラウド上で AI の分析を要するほどビック・データを想定せず、近藤製作所の製造経験から得られたカイゼンに必要な最小限度のデータ（個別機械の稼働状況と停止要因、人の作業時間と停止要因、各機械における生産進捗状況等）に止めている。

近藤製作所は画像検査システムによる検査自動化に関して「人の眼による判断は非常に高度で、全てを画像処理に置き換えることは困難」ながら、「可能なところから一つひとつ実現に結びつけ」省人化するとしているが、生産工程の「見える化」と最適制御に関しても同様に、中小製造現場において可能な取組をインクリメンタルに積み重ねるものである。同社の「見える化」のための取得データは限定的でありビック・データ時代に単純過ぎまいかとの見方もあり得るが、「単純なものが最善である」のも一方の真実である。ビック・データを前提とした「見える化」はデータ取得に関心が集中して「手段と目的」の価値転倒をもたらしかねないが、中小製造現場の絞り込まれたニーズに応じて「見える化」するアプローチの方が現時点では成果が上がる可能性もあろう。

近藤製作所は2000年代半以降 LED 照明、視覚センサ、画像検査システムの組合せによる検査自動化を新たな自動化ニーズと考えて、工場の「見える化」に取り組み、顧客開拓はこれからの課題ながら生産監視システムを製品化した。現在、製造企業は IoT 化により生産ラインを「見える化」し、ワーク・機械・装置から取得したデータに基づき生産ライン全体の最適制御を行う方向に進もうとしているが、近藤製作所も生産監視システムを個別 PC 制御方式だけでなく IoT 化にも対応したものとするのか、取得データの範囲と活用方法についても、中小製造現場を前提とするものに止めるのか、より広範な製造現場にも適用できるものとするのかを考えていく必要がある。

本稿は現在進行中の生産システム・インテグレータの事例研究の一環であり、研究に当たり、近藤製作所株式会社・近藤茂社長より多大な協力と支

援を頂戴したことに深謝する。引き続き製造企業に由来して生産システム・インテグレータに事業展開したインテグレータに関する調査を実施し、企業実態のあまり知られていないインテグレータの姿を解明して行きたい。

(筆者は関西学院大学商学部准教授)

【参考文献】

- The Industrie 4.0 Working Group (2013) *“Recommendations for Implementing The Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0”*
- Bundesministerium fuer Wirtschaft und Energie (2016) *Plattform Industrie 4.0 Degitale Transformation “Made in Germany”*
- インテル (2014) 『Internet of Things (IoT) による製造パフォーマンスの向上』
- 榎本俊一 (2017) 「工作機械メーカーのソリューション・ビジネス～日本メーカーは第4次産業革命に対応できるか」、中央大学『商学論纂』第59巻1・2号、515～553頁
- 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 ～第4次産業革命の一翼を担う存在たり得るか」『中央大学商学論纂』第60巻1・2号、449～494頁
- 太田雅晴 (2009) 『生産情報システム (第2版)』日科技連出版社
- 企業活力研究所 (2016) 『IoT がもたらす我が国製造業の変容と今後の対応に関する調査研究報告書』企業活力研究所
- 近畿経済産業局編 (2017) 『ロボットシステムインテグレータ集』
- 久保田和雄 (2015) 「ロボット革命実現に向けて国内 Sler の現状」(日本学術会議機械工学委員会ロボット学科分会主催公開シンポジウム「ロボット革命実現に向けて」『月刊生産財マーケティング』2015年2月号(「自動化で利益を出す 生き残るための国内生産」)
- GE (2014) 『新しいインダストリアル・カンパニーのかたち』
- シスコシステムズ (2018) 『工場のデジタル化に向けたネットワークソリューション』
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2014) 『NEDO ロボット白書2014』
- 瀬川友史 (2015) 「ロボットエンジニアリングの海外動向」日本ロボット学会『日本ロボット学友誌』Vol. 33 No. 5、306～309頁
- 辻直志 (2017) 「製造業のデジタル化と日本の競争力 進む第四次産業革命」野村総合研究所『知的資産想像』2017年2月号、4～9頁
- 寺田充宏、五十嵐剛、柳浦健一郎 (2018) 「デジタル化によって変化する製造業の競争領域」『オペレーションズ・リサーチ』2018年4月号、210～219頁
- DMG 森精機『ジャーナル』2014～2019年各号
- 中村実、正田耕一編 (2000) 『MES 入門：ERP、SCM の世界と生産現場を結ぶ情報システム：製造業の情報化と経営改善のキーテクノロジー』工業調査会
- 日経コンピュータ・日経ものづくり他 (2014) 『すべてわかる IoT 大全 モノのインター

- ネット活用の最新事例と技術』日経 BP
日経 BP 社『日経ビジネス』（2017年 3 月 6 日号）
日本機械学会編（2005）『生産システム工学』丸善
日本機械学会編（2008）『メカトロニクス・ロボティクス』丸善
日本機械工業連合会（2016）『世界の製造業のパラダイム・シフトへの対応調査 研究
～ICTの徹底活用と新しい現場力 TAKUMI 4.0 を目指して～』
日本能率協会編（1983）『FA 生産システム設計法』日本能率協会
日立製作所・日経エレクトロニクス（2014）『稼ぐビック・データ・IoT 技術徹底解説』
日経 BP
ファナック（2016）『ファナックの新たなる IoT への取り組み Field system について』
深谷安司（2017）「オークスマートファクトリーの最新技術」『機械技術』2017年 1 月号
藤岡誠（2017）『IoT & インダストリー4.0とテクノロジーサイクルのご紹介 DMG MORI
が提案する IoT・AI』（DMG 森精機伊賀イノベーション・セミナー資料）
富士通（2015）『IoT 時代にビジネス・社会のイノベーションを引き出すヒント テクノ
ロジー・ソリューション 活用モデル』
法山敬一・斎藤俊之（2002）「ネットワーク利用によるリアルタイム工作機械管理システ
ム」『三菱重工技報』Vol. 39 No. 4、220-223頁
堀部和也、村木俊之（2017）「デジタル化による工場の統合と IoT」『精密工学会誌』Vol.
83 No. 1、36-41頁
森田亮一、小原潜（2011）「産業機械・工作機械業界における M2M 技術の活用」『NEC
技報』Vol. 64 No. 4、53-55頁
ヤマザキマザック『Cyber World』2011～2019年各号
ヤマザキマザック『デジタル化による工場統合と IIoT (Industrial Internet of Things)』
ロボット革命イニシアティブ協議会（2016）『スマートマニュファクチャリングの実践
ケース：工作機械を核とする加工プロセスの生産性向上』

近藤製作所の他、平田機工、日本設計工業、旭興産、三明機工、高丸工業、泉谷機械工業、ヒロテック、バイナス、IDEC ファクトリーソリューションズ、ジェイテクト、MUJIN、ダイドール等生産システム・インテグレータ各社のホームページ掲載の事業資料・技術資料等を参照した。