

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——

榎 本 俊 一

目 次

1. はじめに
2. ライン・ビルダー概論
——生産システムのシステム・インテグレータ——
3. ライン・ビルダーを巡る経営学上の論点
4. 結 び
——第4次産業革命で変革される生産システム・インテグレーション関連産業——

1. はじめに

(1) 隠れた存在から注目を集め始めた「ライン・ビルダー」

——日本のものづくりを支える生産システム・インテグレータ——

近年、生産設備を単体で製造・販売するのではなく、生産ラインを一括請負するライン・ビルダーが注目されている。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、キヤノン、海外では米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、顧客工場で組立・設置を行いフル・ターンキー納入している¹⁾。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ライン・ビルダーだけでなく、近年、省人化と生産効率向上のため生産システムへのロボット導入が国内製造業の課題となっている中、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ライン・ビルダー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て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（特に量産ライン）を新增設する機会が激減し、生産ラインを設計・構築する力が失われたと指摘される。平田機工の企業活動が1980年代から一部で注目されていたように²⁾、ライン・ビルダーは生産ラインのファクトリー・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、顧客である自動車・総合電機産業、鉄鋼・化学産業等のグローバル・メーカーの事業活動の陰に隠れて目立たなかった。

しかしながら、2016年以降、生産システムへのロボット導入により人手不足解消と生産効率向上を目指す「ロボット革命」が国内で大きな動きとなっており、ライン・ビルダーは改めて日本製造業の競争力を下支えする存在として認知されつつあり、産官学で産業団体を立ち上げて一つの産業として確立しようとする動きも見られる。ライン・ビルダーは、「情報システム」のインテグレータと似て、顧客の製造課題をコンサルテーション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、顧客工場で機械・装置を設置し生産ラインを構築、改めて稼働・性能検査を行った上でフル・ターンキー納入する、

1) 日経BP社『日経ビジネス』（2017年3月6日号）、58-62頁。

2) 日経BP社『日経ビジネス』（1982年12月13日号）、200-202頁。

「生産システム」のインテグレータである。

(2) 日本標準産業分類上のライン・ビルダーの取扱い

——製造業とサービス業の隣接領域に存在する業態——

① ライン・ビルダーと法人登記等できないライン・ビルダー個社

日本標準産業分類（2013年10月改定）上、「生産システム」のインテグレータである「ライン・ビルダー」というカテゴリーは、大分類はもちろん中分類・小分類を含めても存在しないが、現実社会に存在する個別企業として、ライン・ビルダーも法人登記、法人事業税等において自己の業種を申告する必要がある。

通常、ライン・ビルダーは顧客の生産ライン構築に必要な装置・機器をすべてでないにせよ何かしらは製造しており、自社製品を生産ラインの組立・構築に用いる。その限りで、ライン・ビルダーは「有機又は無機の物質を物理的、化学的変化を加えて新生産物を製造し、これらを卸売する事業者」³⁾として大分類Eの製造業に分類できる（主に「中分類26 生産用機械器具製造業」「同27 業務用機械器具製造業」）。このため、ライン・ビルダーは法人登記、法人事業税等において「生産システムのシステム・インテグレータ」ではなく、生産ラインを構成する装置・機器等の製造事業者として自己を登記・登録して済ませている。

② 生産ラインの製造業

しかしながら、法人登記等上は生産ラインの組立・構築に用いる装置・

3) 大分類Eは製造事業者に「製造加工」と「製品の卸売」の二要件を求め、「製造加工」は「新たな製品の製造加工」とあり、「完成された部分品を組み立てるだけの作業」も含むが、「土地に定着する工作物」については組立作業であっても対象としないとする（http://www.soumu.go.jp/main_content/000290724.pdf）。

機器の製造・販売事業として自己規定しても、ライン・ビルダーの付加価値は「生産ラインの企画・設計，生産ライン構築に必要な機械・装置の調達，顧客工場における生産ラインの組立・構築」にある。生産ラインという製品カテゴリーはないが，複数の工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置等から構成される生産ラインを一つの「製品」として見なせるのであれば，「ライン・ビルダー」は日本標準産業分類の大分類E「製造業」に帰属させ得る（ライン・ビルダーの製造・販売する生産ラインは，顧客の業種・業態と顧客の千差万別な生産ニーズに応じてカスタマイズされ，同じ物は二つとない究極の「一品製造」である）。

ただし，今後，ライン・ビルダーに関する経営学的な研究を行う上で，ライン・ビルダーが役務提供を業とするサービス業に近い業態であることに留意する必要がある。製造業に分類しても，ライン・ビルダーの競争力は，どれだけ顧客ニーズをコンサルテーションにより把握できるか，顧客の経営資源の制約を踏まえた上で，どれだけ顧客ニーズを満たす生産ラインの企画・設計ができるか，調達できた機械・装置により企画・設計通りの性能を有する生産ラインを組み立て構築できるか，納品後直ちに顧客のオペレータが生産ラインを運転・操作できるように教育・訓練できるか等により決まる。「製品」の製造だけでなく「役務」提供が企業活動に占めるウェイトが高い。

③ サービス産業等との親近性

本来事業である生産ラインの構築・組立に着眼して見ると，ライン・ビルダーは「建設業」に類似する。日本標準産業分類は大分類Dにおいて建設業を「主として注文又は自己建設によって建設工事を施工する事業所」と規定し，「建設工事」を「現場において行われる次の工事」とした上で「(3) 機械装置をすえ付け，解体若しくは移設すること」も含むことから，ライン・ビルダーは建設業に分類できるように見える。もっ

とも、ライン・ビルダーの事業は単純な「機械のすえ付け」ではなく、生産ラインの企画・設計に従い、工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置等を組み立てて一つの生産システムに構築することであり、「建設業」の単純な「機械装置のすえ付け」とは似て非なるものである。この意味でライン・ビルダーを建設業に分類することは適切でないが、「現場」において「工事」を行う事業体として、ライン・ビルダーは建設業と類似性があり、産業組織上もゼネコンと下請企業の重層的分業関係で共通する。

また、大分類Dは「(6)石油精製，化学，製鉄，発電等のプラントを対象として，企画，設計，調達，施工，施工管理を一括して請負い，これらのサービスを提供する事業所は大分類L（学術研究，専門・技術サービス業）に分類される」と追加規定する⁴⁾。ライン・ビルダーは，石油精製，化学など例示列挙された生産設備を含むプラント（複数の機械・装置を組み合わせた大型産業設備）に関しても，企画・設計，（機械・装置等）調達，施行（機械・装置の組立及びシステム構築），施行管理（フル・ターンキー納入）を行っている。このプラントエンジニアリング業との業態上の親近性を考えると，ライン・ビルダーは生産ラインの「製造業」として大分類Eではなく，大分類Lの「サービス業」に分類すべきだろうか。

改めてライン・ビルダーの付加価値を考えると，それは生産ラインの組立・構築に関連して顧客に販売される装置・機器にあるのではなく（自社製の装置・機器を生産ライン構築に用いないケースもある），顧客企業の生産課題をコンサルテーションして，顧客の課題を解決する生産ライン（ソリューション）を企画・設計し，生産ライン構築に必要な機械・装置等を調達，その上で生産ラインとして構築し，顧客の製造現場に設置しフル・ターン

4) 大分類Lは「その他の技術サービス業」として「プラントエンジニアリング業」を例示列挙 (http://www.soumu.go.jp/main_content/000290731.pdf)。

キー納入する「エンジニアリング・サービス」（顧客のオペレータへの教育・訓練等を含む）にある。とすれば、ライン・ビルダーは新たなプラントエンジニアリング業の一つとして「その他の技術サービス業」に分類するのも一案であろう。

④ ライン・ビルダー研究における留意点

ライン・ビルダーは新しい業態であり人口に膾炙しているとは言い難いことから、2.において、ライン・ビルダーとは如何なる事業体で、重層的下請制等如何なる産業組織をとるのかを詳説するが、それに先立ちライン・ビルダーの産業分類を詳細に論じたのは、ライン・ビルダーの企業経営・経営戦略等を考察する上でライン・ビルダーの業際的性格を念頭に置く必要があるからである。

平田機工等は生産ライン構築に用いる機器・装置等を開発・製造・販売しており、法人登記上等は自らを製造事業者と規定しているが、本音では「工場建設請負人」すなわち生産システム・インテグレータであることを自負している（前注1参照）。平田機工が「工場建設請負」業と自己規定するように、ライン・ビルダーは建設業やプラントエンジニアリング業等の技術サービスを提供する業種と親近性の高い業種であり、「製造業のサービス化」等の論点はライン・ビルダーの企業経営・経営戦略等の分析においても一つの論点たり得る。このためライン・ビルダーがサービス業に隣接した製造業であることを認識する必要がある。

(3) 本稿の目的

① ライン・ビルダーに関する基礎提供

近年ライン・ビルダーとして注目される平田機工が早くも1980年代に顧客の委託を受けて生産ライン構築を業としていたように、ライン・ビルダーは必ずしも近年新たに誕生した業態ではない。ただし、B to B、B to C

のいずれに属するにせよ、経営学の研究対象とされてきた製造業は自動車、総合電機、鉄鋼・化学など各時代の産業構造において主導的地位を占め、国の競争力を担ってきた部門であり、これらのメーカーが本来的には内製してきた（基本的に内製し続ける）生産ラインの構築を一部「下請」してフル・ターンキー納入するライン・ビルダーは、あくまでも製造企業の本来機能を補完する付加的存在に過ぎず、経営学の分析対象と観念されてこなかった。

しかしながら、自動車・電機のグローバル・メーカーも、2000年代以降先進国・新興国メーカーとの熾烈な競争を勝ち抜くべく、新製品の生産ラインを迅速に立ち上げる必要から平田機工等のライン・ビルダーを盛んに活用するようになってきている。また、日本では、新興国メーカーとの競争上更なる生産性向上が必要であり、同時に少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少が製造業の人手不足を惹起していることから、生産ラインのロボット化が課題となっており、このためロボット・システムをインテグレートするライン・ビルダーの果たす役割が大きくなっている。

本稿では、これまで経営学の研究対象として十分に取り扱われていないライン・ビルダーに関して、(i) 企業ヒアリングに基づき業態・事業特性・産業組織など産業実態を明らかにするとともに（ヒアリング調査は2018年度内以降報告書として公表予定）、(ii) 今後、ライン・ビルダーを経営学の対象とする場合に検討すべき論点について考察の一端を述べ、今後の研究に微力ながらも寄与貢献したい。

② 経営学上の論点——「製造業のサービス化」関連

前項の通りライン・ビルダーにはいまだ日本標準産業分類上明確な分類がない。究極の「一品製造」である生産ラインが「製品」として整理されるならば、ライン・ビルダーは製造業に分類できるが、その場合でも、ライン・ビルダーの付加価値は「生産ラインの企画・設計、生産ラインの組

立に必要な機械・装置の調達、顧客工場における生産ラインの組立・構築」というエンジニアリング・サービスにある。ライン・ビルダーは製造業とサービス業の隣接領域に存在する業態であり、そこで経営学上「製造業のサービス化」の観点から分析することが考えられる。

製造業のサービス化に関しては、1970年代から1990年代末までは、生産財市場における生産財製造者によるサービス（インダストリアル・サービス）に関する研究が主であり、顧客は製品に対する補完的なサービスとして何を重視するかが研究されてきたが、1990年代末以降、製造業の高付加価値化の観点から製造業のサービス化が論じられるようになり、バリュー・チェーンにおいて組立製造プロセスではなく下流のサービス販売や保守サービスに注目して、顧客の活動自体をサポートする高付加価値サービスの研究が主となった。この研究はソリューション研究とサービタイゼーション研究に大別でき、前者では、製品とサービスの組合せにより顧客の課題を解決するソリューション・ビジネスを対象として、企業は如何にソリューション・プロバイダに移行できるか等が研究され、後者では、製造業が如何に顧客との関連性を高め、新たな収益源を生み、競合他社に対する参入障壁を構築するか等に関して研究が行われている（3. 参照）。

ライン・ビルダーは、(a) 機械商社が顧客メーカーに工作機械・産業機械等を販売する過程で生産ラインのシステム・インテグレーションも引き受けるようになり、製造能力も獲得してライン・ビルダー化したケース、(b) 顧客に産業機械を「一品製作」して納品・設置していた専用機械メーカーが、自社製品の使用の有無に関わりなく生産ラインのシステム・インテグレーションを本業化してライン・ビルダー化したケース、(c) 自動車部品製造など本業を別に持ちながら、自社工場のFA化・ロボット化でシステム・インテグレーション技術を蓄積し、自家用インテグレーション関連装置・部品の外販、さらには、製造企業他社の生産ラインのシステム・

インテグレーションを副事業化したケース、(d)FA システム・インテグレータとして創業しロボット・システムにも事業拡大してきた専門ライン・ビルダーのケースに大別できる（2 (3)参照）。

3. で論ずるが、(b) 及び (c) に関しては、製造業のサービス化のうちソリューション、サービタイゼーションのいずれの枠組でも議論が可能であるが、(a) も「製造能力の獲得」過程を通過していることから、ソリューションの枠組で取り扱い得る。一方、(d) は創業時よりライン・ビルダー専門企業であり、(b)(c) のように、顧客との関連性を高め、新たな収益源を生み、競合他社に対する参入障壁を構築するためにインテグレータ化したわけではない。ただし、(d) に属するライン・ビルダーの成立史を丁寧にみると、創業時に製造能力とシステム・エンジニアリング能力を同時に獲得する経験をしており、彼等は純粹サービス企業ではなく製造企業の特性を有する事業体としてスタートを切っており、広義の製造業のサービス化のケースとして取り扱うことが可能であると考ええる。

以下、2. においてライン・ビルダー産業を概観し、3. においてライン・ビルダー産業を巡る経営学上の論点整理を行うこととした。

2. ライン・ビルダー概論

—生産システムのシステム・インテグレータ—

ライン・ビルダーは「工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置等を組み合わせて生産ラインを構築する」システム・インテグレータであるが、日本標準産業分類上の位置づけは必ずしも明確でなく、業法（特定業種の営業に関する規制条項を含む法律）による定義もないため、ライン・ビルダーを包括的に網羅した企業リストはない。ただし、日本ロボット工業会がロボット・システム・インテグレータとして自主申告のあった企業リストを公表しており、通常、生産ラインのシステム・インテグレータは産業機械

の典型例であるロボットも活用して生産ラインを構築するため、同リストはライン・ビルダー・リストとしても活用できる⁵⁾。そこで2017年度に同リストに基づきライン・ビルダー30社に行ったヒアリング調査に基づき、2. では「ライン・ビルダー産業」を概観する。

(1) システム・インテグレーションとは何か

① 生産ラインのシステム・インテグレータ

ライン・ビルダーはロボット革命の関係で着眼されるようになったが、2017年11月以降設立準備が進行中の産業団体が「FA・システムインテグレータ協会」と仮称されるように⁶⁾、ライン・ビルダーはロボット・システム・インテグレータのみを指すわけではなく、FA（ファクトリー・オートメーション）システム、ロボット・システムを含む生産ラインのシステム・インテグレータである。

産業用ロボットは、ティーチング（Teaching）により作成された動作プログラムに基づき、プログラムに「記録」された動作を「再生」することで（Teaching playback）、所定の作業を行う機械である⁷⁾。1980年代以降、自動車・電機産業が生産ラインのロボット化を進め、生産ラインのシステ

5) 日本ロボット工業会ホームページ（<http://www. robo-navi.com/Siers/index>）。

6) 2017年11月、日本ロボット工業会は経済産業省の支援下にシステム・インテグレータの能力向上と不足解消に向けて「FA・ロボットシステムインテグレータ協会」（仮称）設立準備をスタート。同協会は①業界ネットワーク構築、②システム・インテグレータの事業基盤強化、③システム・インテグレーション能力の高度化をミッションとして想定。

7) 経済産業大臣が工業標準化法に基づき定める日本工業規格（JIS）は国際標準規格に基づき産業用ロボットを「自動制御によるマニピュレーション機能または移動機能を持ち、各種の作業をプログラムにより実行でき、産業に使用される機械」（JIS B 0134）と定義。

ム・インテグレーションではロボットの存在が際立っているものの、ロボットはあくまでも生産システムを構成する機械・装置の一つに過ぎず、ライン・ビルダー即ロボット・システム・インテグレータではない。また、上記協会の仮称ではFAが特記されているが、FAシステムもロボット・システムと同様に生産システム・インテグレーションの代表例であるが、それに尽きるわけではない。

FAは日本工業規格（JIS）により「工場における生産機能の構成要素である生産設備（製造、搬送、保管などにかかわる設備）と生産行為（生産計画及び生産管理を含む。）とを、コンピュータを利用する情報処理システムの支援のもとに統合化した工場の総合的な自動化」⁸⁾と定義されるが、FAシステムとは生産ライン全体をコンピュータ制御により統合した自動化システムである。個別機械・装置に限らず生産ライン全体のコンピュータによる統合制御がITC技術の発展により可能となった1980年代以降、生産ラインのFA化が自動車・電機産業に牽引される形で本格化し、ライン・ビルダーの多くもFA化の波に乗って成長し、さらに1990年代以降のロボット化の動きに対応してロボット・システムにもインテグレーション事業を拡張し、ライン・ビルダーとしての地位を確立してきた。

こうした経緯から、現在のライン・ビルド事業においてFAシステム、ロボット・システムのインテグレーションが大きなウェイトを占めることは事実であるが、生産システム・インテグレーションは両者を包含する広義のものであり、生産システム・インテグレータは、工作機械・産業機械（ロボットを含む）・搬送装置・周辺装置等から生産ラインのシステム・インテグレーションを行う事業者であると定義できる。

8) JIS B 3000 (<http://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrJISUseWordSearchList?toGnrJISStandardDetailList>)。

② 工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置のインテグレーション
では、生産ラインのシステム・インテグレーションとは如何なる行為であらうか。生産システム・インテグレーションは、工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置等を組み立てて物的ラインに組み立てる作業と、FAシステム、ロボット・システムなど生産ライン全体の統合制御のための情報システムを物的システムと一体となって構築する作業から成るが、まず、本項では物的ラインの組立・構築について取り扱おう。

視覚的な理解が早道であろう。SONYのAiboやソフトバンクのPepperと異なり、産業用ロボットはそれ自体では完成品ではなく、周辺装置とともにシステム化されて生産ラインに組み込まれて始めて価値が発揮される。ロボットはロボット・メーカーより購入した形では生産ラインに組み込めるわけでも使用できるわけでもない(図1-1)。例えば、自動車製造工場であれば、プレス・溶接・塗装・エンジン製造・組立・検査等各工程の目的・特性に応じて、ロボットを他の工作機械・産業機械・搬送装置等と組み合わせて装置化し(図1-2)、さらにそれらを一つの生産ラインにまとめあげる必要があり(図1-3)、この物的ラインの構築がシステム・インテグレータの仕事の一つである。

図1-1 産業用ロボット

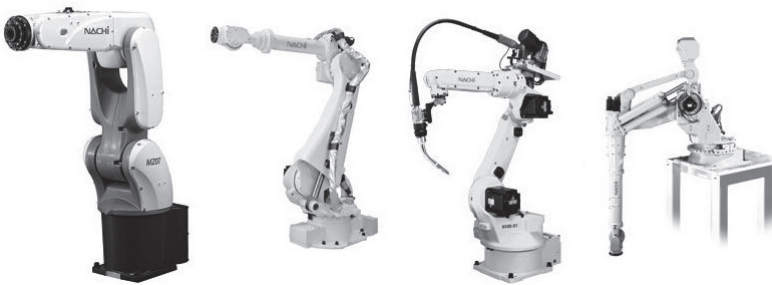
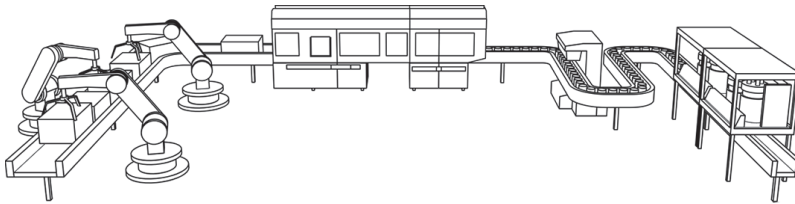


図 1-2 ロボット，産業機械等を組み合わせた生産ラインの構成部分



図 1-3 ターンキー操作可能な状態に仕上げられた生産ライン



（出所） 不二越，オムロン，アステクノス各社ホームページ

③ 生産ライン全体を統合制御するための情報システムのインテグレーション

製造業の IT システムは，生産現場のフィールド機器の制御を司る PLC，各工場生産実行管理を行う MES，企業の全工場を対象として生産管理・在庫管理・購買調達管理・プロジェクト管理等を行う ERP の 3 層構造を採る（図 2）。

通常，工場では導入年代・製造会社が異なる設備・機器が使用され，通信規格・管理システムは統一されていない。FA 化には個別機器の通信規

図2 製造業の IT システム

ERP (Enterprise Resource Planning)
<ul style="list-style-type: none"> 生産管理・在庫管理・会計管理・販売管理を統合管理するシステム
MES (Manufacturing Execution System)
<ul style="list-style-type: none"> 基幹システムの指示する生産計画を受けて、最適化された形で個別機器を連携し生産ラインの実行・管理を実施、活動結果はフィードバック 経営者は最新の生産状況と市場需要動向を踏まえ生産・販売計画を最適化、改めて生産現場に指示 生産現場は計画修正に対応して MES により生産活動を改めて最適化
PLC 制御システム
<ul style="list-style-type: none"> PLC (Programmable Logic Control) により個別機器のリレーやタイマー等を制御、機器をコントロール PLC 制御される機器を情報システムに接続、集中的にコントロールし生産ラインの全工程を自動化
個別設備・機器
(導入年代・製造会社が異なり通信規格・管理機器は非統一)

(出所) 筆者作成

格・管理システムに互換性が必要であり、全機器に同一の制御 PLC⁹⁾を装着するか、個別機器の制御 PLC のプログラムを相互に通信・統合管理できるように書き換え、個別機器のリレーやタイマー等をプログラムに従ってコントロールできるようにする必要がある。その上で、PLC 制御される工作機械・ロボット・搬送装置・周辺装置を通信ネットワークで相互接続するか、企業 IT システムに接続して集中制御し、生産ラインの全工程を自動化することが、ライン・ビルダーのもう一つの仕事である「情報システム・インテグレーション」である。

9) シーケンス制御 (予め定められた順序又は手続に従って機械が段階的に作動するよう制御すること) 専用のマイクロ・コンピュータを利用した制御装置。パソコンや専用の入力機器により制御内容をプログラム化、機器にプログラムを逐次実行させる。

(2) システム・インテグレーション例

ここでは、システム・インテグレーションを理解するために、二つの実例を示そう。

① 事例1 鋳物鋳造ライン

自動車は軽量化のためアルミニウム製部品を大規模に採用しているが、基幹モジュールであるエンジン等には鋳物製品を使用しており、鋳物メーカーは1980年代に人件費高騰とコストダウン要求に対応するために生産ラインのFA化を進めた。鋳物メーカーの要求に応じて、ライン・ビルダーは、鋳物製造のうちで作業負荷が大きく、かつ高温等により危険性が高い工程の自動化に取り組んだ。

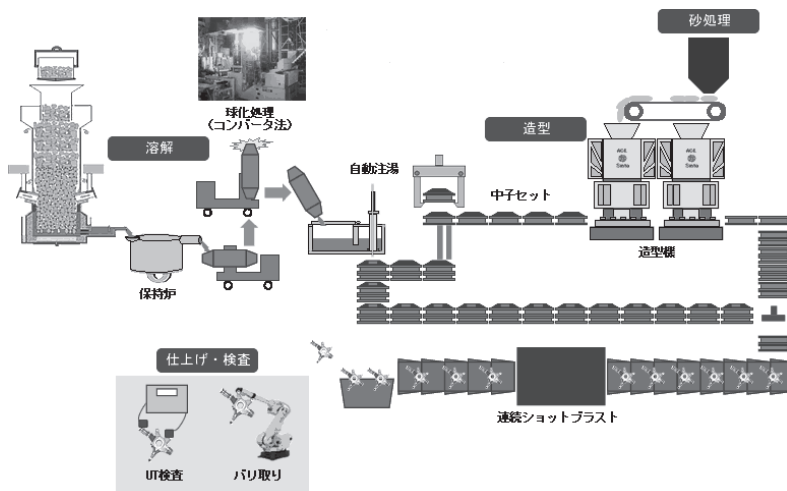
前工程では、荷重の大きく不定形なインゴットを大量にキュポラ¹⁰⁾に投入する工程に関し、自動材料集荷装置とインゴット投入機を開発し（集荷・投入はコンピュータにより統合制御）熔解材料自動供給を実現するとともに、インゴットの品質と投入量に合わせて人手で操作していた熔解工程では、キュポラのコンピュータ自動制御化により（人手のように一回一回調整のため溶解を中断しない）連続熔解を実現する。

溶湯注入・鋳造・抜型後の取出し工程（図3右端）に関しても、ライン・ビルダーは加工品に空洞や複雑な形状を作り出すために鋳型に入れる砂型（中子）¹¹⁾の自動取出し装置を開発するとともに、加工品には堰（湯溜まり

10) キュポラ（cupola）は溶銑炉ともいい鋳鉄製造用の円筒形鋳型炉。原料は銑鉄・屑鉄・燃料コークス及び溶剤で、これらを炉頂の開口から所定の順序で装入し、炉腹下部の羽口（送風口）から送風してコークスを燃焼させ原料を溶解する。炉温は羽口付近で最高1800℃、溶融銑温度は1500℃。炉の寸法は内径0.6～1.5m、炉高3.5～7mであり、溶解速度は大型炉ほど大であり1時間当たり2～25tと差が生ずる。特殊鋳鉄の製造には原料に合金鉄を添加するが、炉頂から入れる場合と湯口（溶融金属流出口）で添加する場合がある。

11) 中子は、中に空洞がある鋳物を造る時に空洞部分として鋳型に嵌め込む砂

図3 鋳物製造プロセス



(出所) 浅間技研工業資料に基づき作成

など溶湯との接続部分) 及びバリ (型の繋ぎ目や亀裂部分に形成される素材のはみ出し部分) が不可避免的に生ずるところ、堰を叩き折り溶湯から切り離すことで加工品をショットブラスト工程 (加工品に投射材を衝突させてバリ取りと表面加工を実施) に移す抜型に関し、自動堰折機を開発し工程を省人化・自動化した。

そして、鋳物製造の主要工程の順次 FA 化に成功していく過程で、顧客からの信頼を勝ち得たライン・ビルダーは、顧客から生産ライン全体のインテグレーションも委託されるようになり、搬送システムによる工程間の接続、生産工程集約等も含めた生産ライン全体のシステム・インテグレ-

型で、形状の複雑なものを鋳造する時に使用。主型と呼ばれる鋳型の中に、砂型 (中子) を入れ、熔解鉄を流し込み、最後に砂型を崩して造形する。約 1700~1800 度の高熱に耐えられる特殊配合の砂を使用し、半冷却後、ショットを与えて砂を取り出す。

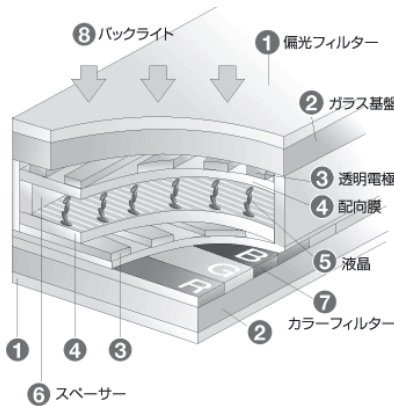
ションも業とするようになる。

② 事例2 液晶パネル製造ライン

1990年代から2000年代末に日本の電機産業の花形だった液晶パネルは、PC、液晶テレビ等のディスプレイに使用され、偏光フィルターとガラス基盤の間に透明電極、配向膜、液晶、カラー・フィルター等を層状にサンドイッチのように挟んだ構造体である(図4-1)。

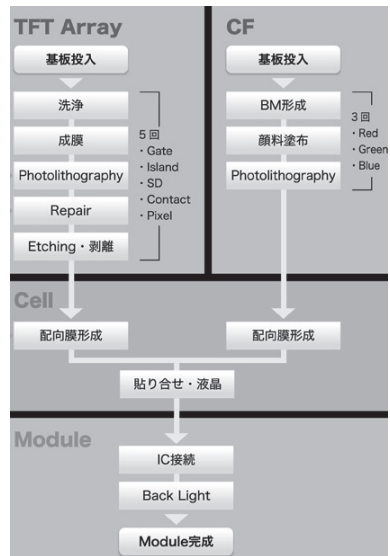
製法としては、ガラス・メーカーより調達した大板ガラスを1~6枚のガラス基板に切り分けた後、アレイ側とカラー・フィルター側で別加工する。アレイ側ではフォトリソ工程と成膜工程を繰り返し、薄膜トランジスタや透明電極、それらを繋ぐ配線等を形成し、最後に配向膜処理を実施。カラー・フィルター側では、遮光用にメタル膜の額縁を格子状に形成、格

図4-1 液晶パネル構造



(出所) Sharp ホームページ

図4-2 液晶パネル製造工程



(出所) 筆者作成

子状の目のそれぞれに赤・緑・青の樹脂をドット状に埋め込み、共通電極となる上ITO成膜を行った後、最後に配向膜処理を行う。

続くセル工程では、アレイ側とカラー・フィルター側の間にスペーサーを散布し位置合せをし、液晶物質を注入。さらに各種パネル・サイズに切り分けた後、偏光板等のフィルムを接着し液晶セルを製造し、モジュール工程では、液晶セルやバックライトを筐体にセットし、駆動用ICや電源を接続して液晶パネルとして完成させる(図4-2)。

この製造プロセスから理解できるように、液晶パネル生産では、(i)大型ガラスの切断工程後、ガラス基板は(ii)アレイ工程、(iii)カラー・フィルター工程に分かれて流れ、再び(iv)セル工程でアレイ、カラー・フィルター工程を経たガラス基板を張り合わせて各種パネル・サイズに切り分けて液晶セルとなり、各種サイズに分かれた液晶セルは(v)モジュール工程に移され液晶パネルとして完成される。この過程で大型ガラス板が途中サイズを変えながら高速で製造工程を流れ、最終的に複数種のサイズの液晶パネルが産出される。

したがってガラス基板の搬送システムが液晶パネル製造システムの根幹であり、この搬送過程において、(ii)ではフォトリソ工程と成膜工程を反復して、薄膜トランジスタや透明電極を形成し、それらを配線でつなぎ、配向膜処理を施し、(iii)では、遮光用のメタル膜の格子状額縁を形成、格子目の赤・緑・青の着色を行い、ITO成膜形成、配向膜処理を施すが、これらの加工のための装置を搬送ラインに組み込ることとなる。

搬送ラインに加工装置を組み込むのは、セル工程、モジュール工程でも同様であり、価格競争の激しい液晶パネル生産では「スピード」と「歩留まり」が重視されることから、ライン・ビルダーは高速で効率的な搬送の可能な生産ラインを設計し組み立て、各工程に液晶パネル製造装置メーカーより調達した製造装置を据え付け、前後工程が円滑に協働して加工機能

図5 日本設計工業の液晶パネル関連インテグレーション



ガラス縦搬送装置

ガラス基板ローディング／アンローディング装置

(出所) 日本設計工業ホームページ (<http://www.nissetsuko.co.jp/>)

を發揮できるように調整し、その上で生産ライン全体をコンピュータにより統合制御する情報システムを構築しなければならない。

ライン・ビルダーは液晶パネル製造装置を開発・生産しているわけではないが、各種製造装置に性能・特性を理解した上で、サイズや加工状態が製造プロセスで変化していくガラス基板を高速ながらも傷つけることも塵埃も付着させることもなく（液晶パネル工場は「クリーン・ルーム」である）移動させるため、縦搬送、傾斜搬送、エア浮上式の非接触搬送などの搬送システムを開発し、簡易走行ロボットを活用したガラス基盤ローディング／アンローディング装置、ストック及びバッファ装置¹²⁾の標準化を行い、通常、液晶パネル工場完工予定前3～8ヶ月の短期発注にもかかわらず、ガラス基板の大型化とともに高度化する生産インテグレーション・ニーズに応えた（図5）。

(3) ライン・ビルダーの類型

では、ライン・ビルダーはかかる高度な生産システム・インテグレーション能力を如何に獲得したのだろうか。

12) バッファはプリント基板生産ラインで工程間に置いて一時的に基板をストックする装置。

① システム・インテグレーション能力の獲得経路に着眼した類型

生産ラインのシステム・インテグレーションは、工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置等を組み合わせて生産ライン（物的部分）を構築する能力とともに、FAシステム、ロボット・システムで要求される生産ラインをコンピュータ制御する情報システム構築能力の双方が要求される。ライン・ビルダーは両能力を獲得する必要があるが、その能力獲得の経路によりライン・ビルダーを類型化できる¹³⁾。

すなわちライン・ビルダーには、(a)機械商社が顧客に工作機械・産業機械等を販売する過程で機械等の設置だけに止まらず、顧客ニーズに応じて工作機械等を組み込んだ生産ラインのシステム・インテグレーションも引き受けるようになり、その過程で製造能力も獲得してライン・ビルダー化した社、(b)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、顧客の求めと販路拡大のために、自社製品に限らず生産ラインのシステム・インテグレーションに進出し本業化した社、(c)自動車部品製造などを本業とする傍ら、自社生産ラインのFA化・ロボット化に取り組む過程でシステム・インテグレーション技術を蓄

13) 瀬川（2015）はシステム・インテグレータを「ラインビルダ」「特定用途型 SIer」「業界対応型 SIer」「周辺装置型 SIer」に分類。「ラインビルダ」は生産ライン全体の構築を行う能力のあるゼネコン、「特定用途型 SIer」は液晶製造ラインで搬送システムに強みのある日本設計工業等のようにマテリアル・ハンドリング（マテハン）技術を活かして、コンビニエンスストアの冷凍・冷蔵倉庫の自動搬送システム等に業務拡大するライン・ビルダー、「業界対応型 SIer」は例えば鋳物製造に専業し鋳物製造ラインのインテグレーションに特化したライン・ビルダー、「周辺装置型 SIer」は生産ライン全体を構築する力はなく一部工程のインテグレーションを行うライン・ビルダーとする。同分類は「特定用途型 SIer」の日本設計工業が「ラインビルダ」でもあり、「業界対応型 SIer」の三明機工が鋳物からアルミダイカストにも事業展開し「特定用途型 SIer」でもあるように、インテグレータの特徴を列記しただけで厳密な分類となっていない。

積したメーカーが、副業として自家用インテグレーション関連装置・部品を外販し、さらには製造業他社のシステム・インテグレーションも引き受けるようになった社、(d)FAシステムのインテグレーション企業として創業し、その後、ロボット・システムに事業拡大した専門ライン・ビルダーが存在する。

② 機械商社に由来するライン・ビルダー (①(a))

まず前項①(a)のライン・ビルダーを見る。三明機工（静岡市清水区）は「機械技術，電機技術，ロボット技術を駆使して製造ラインの自動化を推進する」インテグレーション能力を強みとして、アルミダイカスト製造ライン，鋳造プラント等のインテグレーションを行っている。同社は機械商社に淵源を有し，三明（旧「三明商事」），三明電子産業（制御機器，精密機器，半導体・電子部品）とともに三明グループを構成している。

もともと三明は本来システム・インテグレーションを業としていたわけではなく，機械商社として生産設備を販売する過程で，顧客の求めに応じて生産設備の据付け・試運転・不具合対応等を行うために機電両面のエンジニアリング力を習得，安川電機の産業メカトロニクス製品を取り扱う過程で機電能力を高度化させ，救済合併した合板メーカーの工場を遊ばせないため1970年代に自動車の内装材製造事業に進出する。

製造部門にも進出した同社が製造事業も営む機械商社から生産システム・インテグレータに成長する契機は1980年代にあり，同時期に安川電機がサーボ機構等から産業ロボットの製造にシフトし飛躍するのを目撃した三明は工場FA化にビジネス・チャンスを見出す。自動車の内装材生産をしていた三明は自動車の鋳物部品製造のFA化を事業対象に選択し，(2)①の事例のように鋳物製造のFA化に欠かせない基幹機械・装置を自主開発・製造をしつつ，段階的にインテグレーション能力を蓄積しライン・ビルダー成りを果たした。

その後、同社は1990年代に自動車部品のアルミ化に対応してアルミダイカスト製造に生産システム・インテグレーションの対象を拡げ（鋳物製造のシステム・インテグレーション能力とノウハウを転用）、2000年代には鋳物・アルミダイカスト製造で培った搬送システム構築能力を活かして液晶パネル製造にも事業対象を拡大した。

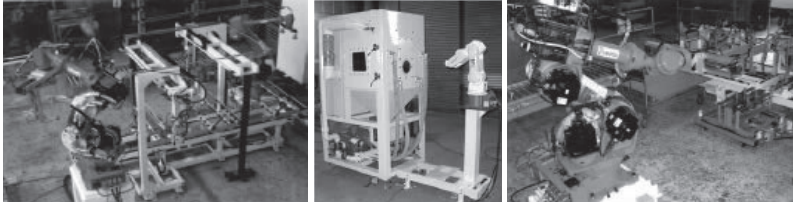
③ 専用機械メーカーがインテグレーションに進出し本業化したライン・ビルダー (①(b))

ライン・ビルダーには、平田機工のように複数の生産ラインを同時に引き受ける能力を持ち、自社が中核工程を引き受けて他工程は下請に分割発注するゼネコンもあれば、三明機工のように鋳物製造等の特定分野において生産ライン全体を引き受ける専門インテグレータもいる一方で、顧客の生産ラインの特定工程向けに一品製造した専用機械を中心に部分的システム・インテグレーションを行っているインテグレータも多い。

例えば、泉谷機械工業は大阪府堺市で専用機械メーカー兼ロボット・システム・インテグレータを営む小企業であるが、1970年代までは堺市近傍に集積するベアリング・メーカーの協力企業を顧客として旋盤等の工作機械を製造供給していたが、1980年代に工作機械NC化を進める大手工作機械メーカーとの競争に敗れた結果、顧客メーカーの注文に応じて新素材・デバイス関連加工機、クリーン・ルーム対応システムなど専用機械をカスタマイズ製作するようになり、次いで顧客からのシステム・インテグレーション依頼に応え（専用機の販路拡大のためにも）顧客の生産ラインに専用機械と周辺装置を組み合わせて納入するインテグレーションに進出した。

事業転換後の泉谷機械工業は、1990年代のロボット化の波に乗りロボット・システム・インテグレーションにも参入、工場建設プロジェクトを引き受けるゼネコン商社の協力企業としてプロジェクトの一翼を担い、溶接・自動搬送・ピッキング・組立工程に関して三菱電機製ロボット等を顧

図6 泉谷機械のシステム・インテグレーション



ワーク移載ロボット

部品供給払出しロボット

大型・中型ハンドリング・ロボット

(出所) 泉谷機械工業ホームページ (<http://www.izutani.co.jp/>)

客ニーズに合わせて改造し、専用搬送・組立装置を製造してシステムにまとめ上げて納品するインテグレーションにも事業展開している。

④ 自社の生産システム・インテグレーション能力を事業化したライン・ビルダー (①(c))

マツダが自動車製造に用いるドア生産を引き受けるヒロテック（広島市）は、自社の自動車ドア生産ラインのFA化・ロボット化能力を活かして、米自動車メーカーGM等のドア生産ラインのインテグレーションを引き受けてきた。ヒロテックのように自社主力事業と同一部門でライン・ビルドを行うのは例外的であり（競合他社に塩を贈る行為）、通常は自社の基幹事業と競合しない部門において、自社のインテグレーション能力を活かしてライン・ビルダー化したメーカーが少なくない。

例えば、近藤製作所（愛知県蒲郡市）は、自動車部品メーカーながらライン・ビルダーも兼業する企業である。1980年代のFA化、1990年代のロボット化に取り組む過程で、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・周辺装置を社内で開発して、自社生産ライン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周辺装置等を外販化し、自動車部品の開発製造に並ぶ事業に育てる。

ただし1970年代に近藤製作所が外販化した NC 旋盤と研削盤向けオート・ローダは標準品であり、顧客ニーズに応じたカスタマイズの必要が低かったのに対し、FA 及びロボット・システムの周辺装置は顧客の工場・生産ニーズに合わせたカスタマイズが不可欠であったため、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手を染めることとなり、その結果、同社はFA 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、自動車部品製造を事業の三本柱とする企業に成長した。

現在、近藤製作所はIoT 革命に対応した生産ラインの「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・ノウハウを外販化しようとするものであり、同社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。

⑤ 創業時よりライン・ビルダーを本業とするビルダー (①(d))

ライン・ビルダーには、機械・装置等を組み合わせて生産ライン（物的部分）を構築する能力と、生産ラインをコンピュータ制御する情報システム構築能力が要求され、多くの場合、製造事業を専業とした後、情報システム構築能力を獲得しているが、1980年代のFA 化の波に乗りライン・ビルダーとして創業した企業は、こうした段階的な能力獲得プロセスを経ずに、生産システムの物的部分とIT 部分の構築力をほぼ同時に習得した。

例えば、液晶パネル製造ラインのインテグレーションに強みを持つ日本設計工業は1973年に浜松で設立されたが、浜松出身の「20代の若者達」が自分の会社を経営してみたいという思い以外に、創業時に明確なビジネス・プランがあったわけではなかった。1974年、同社は創業者の農業協同

組合とのコネを活かして20世紀梨の自動除袋装置及び果樹用外径形状選果機の開発・外販に乗り出すが、選果ライン等に関する技術・ノウハウを持たない農業協同組合は日本設計工業にプラント建設も委託する。

選果プラントは、外径による果実選定プロセス（一定の半径を基準として、バーをくぐらせ、果実を大きさにより分別）だけでなく、果実の袋取り、果実の選果機投入から選別済み果実の搬送、箱詰めの中核プロセスを取り扱うものであり、各工程を効率的につなぐ搬送システムが重要である。日本設計工業は、選果プラント等の製造開発に取り組む過程で意図せずマテリアル・ハンドリング（マテハン）技術を蓄積し、製造ラインの設計・構築とコンピュータ制御技術を同時習得する。

1980年代に国内製造業にFA化の波が到来すると、日本設計工業は、製造ラインの設計・構築とコンピュータ制御能力とマテハン技術を活用してPanasonic、日産等のFAシステム・インテグレーションを引き受けライン・ビルダーとして成長する。1990年代には電機メーカーの液晶パネル生産の本格化に対応して、選果プラント以来培ってきたマテハン技術を武器として、2(2)②で見たように大型ガラス基板搬送システムを中核としたシステム・インテグレーションで顧客メーカーの信頼を獲得する。

液晶パネルは1992～2009年に10世代にわたり大型化し、その都度、国内メーカーが大型生産ラインを立ち上げたことが日本設計工業の成長の原動力となった。2000年代前半、日本メーカーの多くが大型パネル生産から撤退したが、薄型テレビを主力製品とするシャープ等が引き続きパネル大型化に取り組んだため日本設計工業は液晶関連インテグレーションに注力し、エア浮上式搬送システム等の技術開発により国内液晶産業を下支えした。

(4) 情報システム・インテグレータ (SI) との類似性

ライン・ビルダーの業務プロセスとプロジェクト運営は情報システムの

インテグレータ (SI) に類似する。SI は「受注ソフト情報システムの企画提案 (コンサルティング) からウェア開発要件定義, 開発・構築, 運用, 教育に至るまで, システム構築に係る一切を総合して提供するサービス (LAN 等ネットワーク構築を含む)」¹⁴⁾を行う事業者であるが, 生産システムと情報システムの違いはあれ「システム」のインテグレータという点でライン・ビルダーと共通する面が多い。

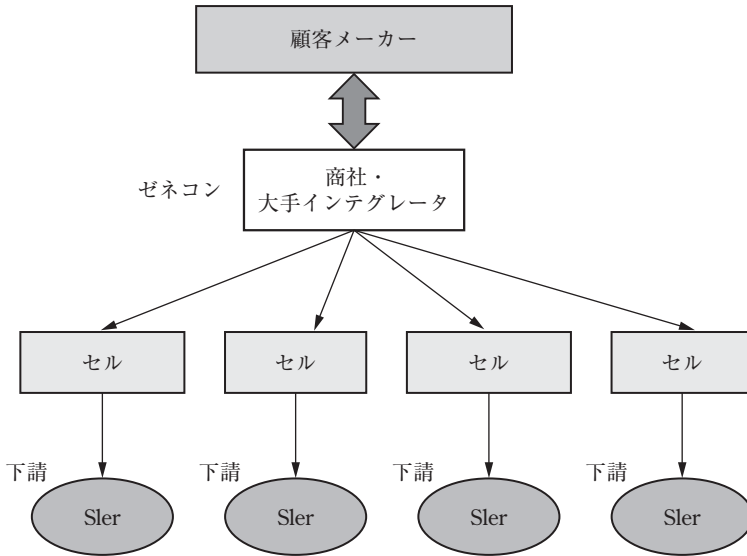
第一に, 成立経緯に関して, SI の業務はもともと顧客企業の情報システム部門が担当したが, システム高度化が進み自社だけでは運用管理ができなくなった結果, システム構築がアウトソースされて産業化したことは, 顧客メーカーの内製が基本である生産ライン構築がライン・ビルダーにアウトソースされるに至ったのと同様である。

第二に, 業務プロセスに関しても, SI の「顧客の業務内容を分析し, 必要な情報システムの企画・設計, ソフトウェア開発, システムを構成するハードウェア及びパッケージ・ソフトの調達, 現場への設置とシステム構築, エンドユーザーへの教育・研修等を総合的に行う (使用開始後の運用・保守や, 更新・改善等も含む)」は, ライン・ビルダーの「顧客製造業の業務内容を分析し, 生産ラインの企画・設計, 生産ラインを構成する機械・装置等の調達, 顧客工場での生産ライン構築, エンドユーザーへの教育・研修等を総合的に行う (使用開始後の運用・保守や, 更新・改善等も含む)」と同一である。

第三に, プロジェクト運営におけるゼネコン・システムでも両者は共通

14) 日本標準産業分類を踏まえた経済産業省の「特定サービス業実態調査」における定義。米国 IT 調査会社ガートナー (Gartner) 社による定義「An enterprise that specializes in implementing, planning, coordinating, scheduling, testing, improving and sometimes maintaining a computing operation. SIs try to bring order to disparate suppliers.」(<https://www.gartner.com/it-glossary/si-system-integrator>) とほぼ同一。

図7 生産システム・インテグレーションのゼネコン・システム



(出所) 筆者作成

する。SIでは、一定規模以上のインテグレータは上流工程（営業、企画、設計等）や、顧客窓口やプロジェクト進捗管理、下請企業との受発注管理など管理・調整業務に特化し、プログラミングなど現場作業は下請企業に外注する。そして、下請企業は受注業務を細分して更に二次下請へ、二次下請が三次下請に外注する多重下請が行われ、建設業に準えて大手インテグレータは「ITゼネコン」と呼ばれる。ライン・ビルダーは1980年代のFA化、1990年代のロボット化の波に乗りシステム・インテグレーションを事業化する過程で図7のようにSIに類似したゼネコン・システムを成立させた（ただし、多層下請を採らない点で異なる）。

一般に、国内の工場建設・改造プロジェクトでは、機械商社又は大手インテグレータがゼネコンとして顧客と下請インテグレータの間に入り、プ

プロジェクトをマネジメントする。工場全体ないし生産ライン全体のインテグレーションを引き受けられるライン・ビルダーは数が限られるため、生産システムをセル単位に分割し、個別セルを請け負う多数のインテグレータを協同させてシステム構築する必要があるが、プロジェクト・マネジメントには高度の能力・ノウハウ・経験の蓄積が必要である。

顧客メーカーはプロジェクト管理者として商社又は大手インテグレータを指定し、このゼネコンが生産システムを具体的にセル単位に分割し、個別セルを請け負うインテグレータを確保、その上で顧客の工場建設スケジュールに従いインテグレータが協同してシステム構築するよう進行管理を行う。また、顧客サイドで計画変更・システム変更等があれば、ゼネコンが下請インテグレータと調整を行い、インテグレータが貸与図の瑕疵等の問題を抱えた場合には必要に応じて顧客との調整を行っている。

ゼネコン・システムは中小インテグレータにとり引合いの確保というメリットもあるが、SIと同様の問題も指摘されている。第一に、欧米ではインテグレーション代金は契約時に3分の1、システム納品時に3分の1、検品完了時に3分の1が支払われるためインテグレータは資金繰りに苦しまないのに対し、日本では、契約締結後、3～6ヶ月のプロジェクト期間中に代金支払はなく検品完了により始めて全額支払がなされるため、インテグレータは恒常的に資金繰りに悩まされ事業拡大できないとされる。第二に、プロジェクトがセル単位に分割されて発注されるため、下請インテグレータはプロジェクト全体を俯瞰する機会がなくプロジェクト・マネジメントの技術・ノウハウを蓄積できず、いつまでも協力企業の立場から脱却できないとされる。

3. ライン・ビルダーを巡る経営学上の論点

ライン・ビルダーには日本標準産業分類上いまだ明確な分類がないが、

顧客ニーズに応じて「一品製造」される生産ラインが「製品」に該当すればライン・ビルダーは製造業に分類できる。そして、その付加価値は「生産ラインの企画・設計，組立てに必要な機械・装置の調達，顧客工場における生産ラインの組立・構築」というエンジニアリング・サービスにあり，ライン・ビルダーは製造業とサービス業の隣接領域に存在する業であることから，経営学上「製造業のサービス化」の観点からアプローチすることが考えられる。

(1) 「製造業のサービス化」に関する先行研究

「製造業のサービス化」に関する先行研究を整理すると，1970年代から1990年代半までは生産財市場における製造者によるサービス（インダストリアル・サービス）に関する研究が主であり，顧客は製造業の製品に対する補完的なサービスとして何を重視するかが論じられてきた。1990年代半以降，エレクトロニクス産業を中心として製品のコモディティ化等により製造業者が製品のみでは収益確保が困難化すると，B to B市場においても，製品とサービスを組み合わせることにより，顧客との関連性を高め，新たな収益源を生み，競合他社に対する参入障壁を構築する企業戦略が重視されるようになるが，それに伴い，1990年代半以降「製造業のサービス化」も高付加価値化の観点から研究が進められるようになる。

① ソリューション研究

1990年代以降の研究はソリューション研究とサービタイゼーション研究に大別でき，ソリューション研究では，製品とサービスの組合せにより顧客課題を解決するソリューション・ビジネスを対象として，企業は如何にソリューション・プロバイダに移行できるか等がテーマとなった。ソリューション・プロバイダとしての製造業者は，バリュー・チェーンにおいて組立製造ではなく下流のサービス販売や保守サービスに注目すべきであり

(Wise and Braumgartner (1999)), 製品に対するサポート的なサービスに代わり顧客の活動自体をサポートするサービスが重要になると主張された(Mathieu (2001))。

ソリューションは、先行研究では顧客のニーズに働きかけるような製品とサービスの組合せと捉えられ (Hax and Wilde (1999); Shepherd and Ahmed (2000); Foote, Galbraith, Hope and Miller (2001); Galbraith (2002); Davies (2004); Brady, Davies and Gann (2005)), Evanschitzky et al (2011) はソリューションを「インタラクティブにデザインされ、顧客の抱える複雑な問題解決のためにカスタマイズされた提供物であり、価値が構成要素の和以上となるような製品とサービスの組合せにより、統合的な価値を提供する」ことと定義する。

また、ソリューション研究では、如何に企業はソリューション・プロバイダに移行できるかに関心が置かれ、組織変化や所要能力について議論されてきたが (Hax and Wilde (1999); Shepherd and Ahmed (2000); Foote, Galbraith, Hope and Miller (2001); Galbraith (2002); Davies (2004)), Davies (2004) では、企業は顧客の問題解決のためにベンダーを問わない製品やサービスを統合して提供するシステム・インテグレータの役割を担うことで、ソリューション・プロバイダ化していくことが事例研究により明らかにされ、Shepherd and Ahmed (2000) はソリューション実施のための必要な能力として、技術知識、統合的な知識、市場・ビジネスに関する知識を挙げた。

② サービタイゼーション研究

1990年代半以降の「製造業のサービス化」研究の一翼であるサービタイゼーション研究において、サービタイゼーションとは製造業のサービス化、製造業のサービス戦略と同義であり、顧客に焦点を当てて製品にサービスを付加することで価値創造するプロセスをいい、Baines, Lightfoot, Benedettini and Kay (2009) は先行研究を整理して「製品販売から製品サ

ービス・システム販売への移行を通じ、相互的な価値を一層生み出すような組織能力とプロセスのイノベーション」と規定している。

サービタイゼーションには、(i) 製品とサービスの組合せ提供、(ii) 機能のみの提供の二種があるが、(i) について、Stremersch, Wuyts and Frambach (2001) は、製品とサービスを包括的に組み合わせるフル・サービスとして長期継続的に提供することにより、特定のメンテナンス・コストの削減ではなく、顧客企業のコスト削減やパフォーマンス改善等を実現することに付加価値があるとした。(ii) は製品の所有権が顧客に移転されないまま、提供物の機能のみが顧客に提供されるケースであり、顧客は製品のもたらず機能のみを購入し、システムの運用・保守について責任を負わない、純粹サービスの提供である (Markeset and Kumar (2003) ; Kumer and Kumer (2004))¹⁵⁾。

このようにサービスに製造業の付加価値がシフトすると、製造業者はそもそも製品開発・販売段階から「顧客は如何なるサービスを求めており、それらはどこで、如何に、いつ提供され、どの程度の期間求められるのか、それらは誰に提供され、どのような資源が必要となり、なぜ提供され

15) 先行研究は製造業におけるサービスの分類も試みており、Gebauer, Edvardsson, Gustafsson and Witell (2010) は Oliva and Kallenberg (2003) の分類を発展させ、カスタマー・サービス (情報サービス、助言サービス、資料、輸送、設置)、基本設置基盤サービス (トレーニング、ヘルプデスク、調査サービス、診断サービス、修理サービス)、メンテナンス・サービス (予防保守、フル・メンテナンス、一年間のメンテナンス活動、サービス・レベルのメンテナンス契約、プロセス最適化)、R&D 志向サービス (プロセス・デザイン、プロセス志向エンジニアリング、開発サービス、サービス・デザイン、製品・プロセス開発における事業コンサルティング)、オペレーショナル・サービス (全体のメンテナンス機能のオペレーション、製品のオペレーション、スペアパーツの管理、修理チームのオペレーション、トレーニングと人材開発の管理) と詳細な分類を行った。

るか」を詰めた上で、一貫した企業戦略と事業計画に基づきサービス提供を行う必要に直面することとなり、確固たる戦略の有無が収益性に大きく影響する (Kumar and Markeset (2007))。このため、サービタイゼーション研究では、サービス戦略と収益性との関係がテーマの一つとされてきた¹⁶⁾。

サービス戦略は製造業者の収益性向上に資するとの立場から、Oliva and Kallenberg (2003) は、従来の製品志向かつ短期的な相互作用のサービスに加えて、顧客志向かつ関係的なサービスの提供により製造業者はサービスを新たな収益源にできるとし、Baines et al. (2009) は、製造業者はサービス戦略により顧客との関係性を強め、新たな収益源を生み、競合他社に対する参入障壁を構築できるとした。これに対し、Gebauer, Fleisch and Friedli (2005) は、製造業者がサービス戦略を実行しても投資分のリターンが得られないサービス・パラドックスに陥っていると主張、その原因として、過度のサービス志向、サービス開発プロセスの未確立、顧客価値提案にフォーカスできていないサービス、関係性マーケティングの不実施、サービス戦略の欠如、独立したサービス組織の欠如、サービス文化の醸成不足等を指摘。その後、製造業者がサービス戦略から得られる収益が如何なる要因で阻害されるかに関する研究蓄積が進むこととなった。

この点に関連して、サービスを開発・提供できる体制が整った組織であ

16) 製造業者のサービス戦略として、Gebauer, Fleisch and Friedli (2005) はアフター・セールス・サービス戦略、カスタマー・サポート・サービス戦略、開発パートナー化戦略、アウトソーシング・パートナー化戦略を挙げ、四つのサービス戦略の移行パターン (① カスタマー・サービス戦略からアフター・セールス・サービス戦略, ② アフター・セールス・サービス戦略からカスタマー・サポート・サービス戦略, ③ カスタマー・サポート・サービス戦略から開発パートナー化戦略, ④ カスタマー・サポート・サービス戦略からアウト・ソーシング・プロバイダー化戦略) を明らかにした。

るほど、明確なサービス戦略を策定・実行することができ、サービス・レベルの向上、収益性向上につながれると考えられることから、先行研究では、サービス戦略と収益性の関連について組織的要素に関する研究が蓄積されている。Gebauer, Edvardsson, Gustafsson and Witell (2010) はサービス戦略の4分類に基づき製造業者のサービス志向性に関するアンケート調査を実施したところ、サービスの開発・提供組織の整ったサービス・プロバイダほどサービス志向性が高くなることを明らかにしたが、組織内でのサービス開発・提供組織の存在はより高次元のサービス戦略が採用される要因となると考えられる。

また、サービスの収益性の向上を阻害する要因として、価値提案能力が議論されており、この点、先行研究では価値提案の定義は明確にされず定量的な検討も十分であるとは言い難いものの、企業ケース・スタディから価値提案能力の重要性が確認されている。例えば、Westergren (2011) は油圧ドリル・メーカーの遠隔サービスに関する事例研究を行ったところ、顧客の環境を理解しない企業の顧客や、企業が説明と提案を十分に尽くしていない顧客は、企業から提供された遠隔サービスから、どのような価値を得られるかを理解できていないことを発見した。同様に KuÈssel, Liestmann, Spiess and Stich (2000) もドイツの工作機械メーカーに対してアンケート調査を実施、多くの顧客は遠隔サービスからどのような価値が得られるかを理解できていないことを報告している。

(2) 「製造業のサービス化」とライン・ビルダー

① 付加価値をサービスに置くライン・ビルダー

ライン・ビルダーは、顧客ニーズに応じて生産ラインを「一品製造」する製造業であるが、その付加価値は生産ラインの企画・設計、組立・構築というエンジニアリング・サービスにあり、製造業とサービス業の隣接領

域に存在する。生産ラインのシステム・インテグレーションというエンジニアリング・サービスが本業であり、その限りでは「製造業のサービス化」のように製造業者がサービス業に進出したケースとは同一ではない。

すなわち「ソリューション・プロバイダ」化では、B to B市場で産業用製品の製造・販売を営むメーカーが、製品とサービスを組み合わせることにより、顧客との関連性を高め、新たな収益源を生み、競合他社に対する参入障壁を構築しているが、引き続き産業用製品の製造・販売が主たる事業である。「サービタイゼーション」では、製品の所有権が顧客に移転せずに機能のみが提供される場合、製造事業者はその限りでサービス業に転化しているが、引き続き製品の開発・製造は続けており、また、製品とサービスの組合せによる提供のケースでは、そもそも製造業者は産業用製品の製造・販売事業者であることを一瞬たりとも止めていない。

であるならば、日本標準産業分類L「サービス」の技術サービスに分類することも一案と考えられるライン・ビルダーは、1990年代半以降、製造業の高付加価値の文脈で論じられてきた「製造業のサービス化」の枠組にはフィットしないのだろうか。

② 製造業者としてのライン・ビルダー

2(3)の通り、ライン・ビルダーは、(a)機械商社が顧客の求めに応じて生産ラインのシステム・インテグレーションも引き受けるようになり、製造能力も獲得してライン・ビルダー化した社、(b)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、顧客の求めと販路拡大のために生産ラインのシステム・インテグレーションに進出し本業化した社、(c)自動車部品製造等を本業とする傍ら、自社工場のFA化・ロボット化の過程でシステム・インテグレーションの技術を蓄積、自家用のインテグレーション関連装置・部品の外販、製造業他社の生産ラインのライン・ビルドを副業化した社、(d)FAシステム・インテグレータとして創業した専業

インテグレータに大別できる。

この中で(b)はまさに「製造業のサービス化」が分析対象としたケースであり、ソリューション、サービタイゼーションのフレームワークにおいて議論・分析が可能である。(c)に属するライン・ビルダーはライン・ビルド事業を営んでいるものの、本業は自動車部品製造等であり、一見ただけでは同企業がライン・ビルド事業を営むに至った経緯が分からず、「製造業のサービス化」の枠組で取り扱えるかが判断できない。そこで愛知県蒲郡市でエアバック部品等を製造する近藤製作所等のケースを子細に見ると、彼等は自動車部品製造が本業であるが、まず生産システム・インテグレーションに用いる装置・部品の製造を副収益源とするようになり、次いで機械商社・顧客メーカーの依頼に応じて（自社製装置・部品等を用いた）インテグレーションを副業化している。自社製のインテグレーション関連装置・部品は市販よりもシステム・インテグレーションでの使用を前提としており、顧客には生産ラインのインテグレーションという「統合的な価値」(Evanschitzsky et al. (2011))を提供している。これは、ソリューション研究において、ソリューション・プロバイダが製品とサービスの組合せをフル・サービスとして顧客メーカーに提供するのと同様である。

また、(a)は機械商社に起源を有するライン・ビルダーであるが、顧客の生産ラインに工作機械・産業機械を据え付けるには製造プロセスに関する理解を要し、更に生産ラインのシステム・インテグレーションには、自ら製造企業として生産ラインを構築し運転・保守管理する能力が必要である。例えば、三明機工は機械商社・三明のライン・ビルダー部門が独立した会社であるが、三明は静岡県旧清水市に立地し地元漁業者相手に小規模ながら漁労機械製造を行っており、1970年代末に地元合板メーカーの救済合併を頼まれて、継承した工場の機械設備をムダにしないため自動車の内装材生産に取り組むなど製造能力を蓄積していた。三明機工は三明におけ

る製造能力の蓄積を基礎として、自動車関連鋳物部品メーカー向けにFAシステムなどのインテグレーションを行うようになった。(a)は機械商社に起源を有するが、先ず自ら製造企業として生産ラインを構築し運転・保守管理する能力を獲得し、次に機械商社の取り扱う工作機械・産業機械を用いたシステム・インテグレーションに必要な機械・装置の内製に乗り出し、本格的な生産システム・インテグレータに転化している。したがって、(a)に属するライン・ビルダーは機械商社から製造企業を経由することで、(c)と同様に「製品とサービスの組合せ」を顧客メーカーに提供するに至ったものと言える。

(d)はFAシステム・インテグレータとして創業しロボット・システムにも事業拡大した専門ライン・ビルダーであるが、生産システム・インテグレーションを行う上で自ら生産ラインを構築し運転・保守管理する能力が必要であることは変わらない。例えば、浜松市の液晶関連ライン・ビルダーの日本設計工業は、1974年に地元出身の若者が「自分達の会社を持ちたい」として創業した会社であるが、1980年代にFAシステム・インテグレーション事業を本格化する前に、梨専用選果機の開発・製造と同機械を用いた選果プラントを農業協同組合に納入するだけでなく、農協に代わり選果・袋箱詰め工場の生産ラインを設計・構築し運転・保守管理する経験を積んでいる。同社の製造業者の歴史は短く、すぐに専門ライン・ビルダー成りしたが、一応、専用機の開発設計と代行業的ながら生産ラインの設計・建設の経験があり、ライン・ビルダー专业化後も自社で(搬送システムに関連するものが主体とはいえ)インテグレーションに用いる機械・装置は内製し、それをを用いたインテグレーションにより顧客に「統合的な価値」を提供していることから、「製品とサービスの組合せ」の顧客提供の一つのパターンと見なすことができよう。

(3) ライン・ビルダーの「製造業のサービス化」を巡る論点

以上、ライン・ビルダーは「製造業のサービス化」の枠組で論ずることができ、まずは以下の諸点が研究課題となると考える。

第一に、1990年代以降製造業の高付加価値化が主要テーマとなる以前には製造業に附帯するサービスは何か論じられていたが、同様に生産システム・インテグレーションがインダストリアル・サービスとして如何なる特性を持つかが分析されるべきであろう。サービタイゼーションのうち提供物の所有権が移転せずサービスのみ提供する場合は別として、「製造業のサービス化」においても顧客企業への製品提供が（仮にサービスが主たる収益源となっても）目的であるのに対し、生産システム・インテグレーションでは生産ラインの企画・設計、組立・構築等のインダストリアル・サービス自体が第一目的である。ライン・ビルダーが自社生産する機械・装置等をインテグレーションに使用しても副次的であり、自社製品を使用しないケースも少なくない。そもそも生産システム・インテグレーションは最低成果物に着目すればサービスという行為ではなく顧客工場における「生産ライン」の製造であり、ライン・ビルダーは平田機工の言を借りれば「工場建設請負人」である。ライン・ビルダーの企業能力・経営組織等の考察にあたり、生産システム・インテグレーションの特性の把握が先行されなければならないだろう。

第二に、本稿ではライン・ビルダーをインテグレーション能力の獲得パターンにより分類したが、Davies (2004) も、製造企業が顧客の抱える問題解決のためにベンダーを問わず製品やサービスを組み合わせ、「統合的な価値」を提供するインテグレーション能力を如何に獲得したかに着眼して、製造企業のソリューション・プロバイダ化に関する事例研究を行っている。ライン・ビルダーのインテグレーション能力獲得について事例研究を重ね、Davies (2004) 等の先行研究の「製造業のサービス化」パターン

との関係を明確にする必要がある。また、「製造業のサービス化」動機に関して、先行研究は顧客志向かつ関係的なサービスの提供による顧客確保、サービスの新収益源化、競合他社に対する参入障壁の構築を指摘するが (Oliva and Kallenberg (2003); Baines et al. (2009)), ライン・ビルダーにも当該動機は共通するのか、異同があれば何かを解明することはライン・ビルダー理解において重要なポイントとなろう。

第三に、ライン・ビルダーが生産システム・インテグレータとして求められる能力は何かである。現在の「ロボット革命」でも、高い能力を有するシステム・インテグレータの不足が指摘されているが、システム・インテグレーションの能力には定義も指標も存在していないため、2017年度に経済産業省がプリミティブながらインテグレータの能力を判断するための「スキル標準」「(インテグレーション) プロセス標準」¹⁷⁾を策定している。

Shepherd and Ahmed (2000) はソリューション実施に必要な能力として、技術知識、統合的な知識、市場・ビジネスに関する知識を挙げたが、生産システム・インテグレータに必要な「技術知識」「統合的な知識」「市場・ビジネスに関する知識」が何かを研究する必要がある。特に、サービスタイゼーション研究では、価値提案能力がサービスの収益性を左右するとされ、Westergren (2011), KuÈssel, Liestmann, Spiess and Stich (2000) 等の事例研究が存在するが、ライン・ビルダーにおいても、価値提案能力とは何か、パフォーマンスや収益性に価値提案能力が如何に影響するかは検討すべき問題である。

そもそも顧客は必ずしも自社製造の問題を理解しておらず、ライン・ビルダーとのコンサルテーションを通じて問題が発見・明確化され、顧客ニーズにマッチした生産ライン構築が可能となるのも珍しくない。顧客の業

17) 経済産業省ホームページ (<http://www.meti.go.jp/press/2017/06/20170616001/20170616001.html>) 参照。

種・業態や個別ニーズに応じて「一品製造」される生産システムのインテグレーションにおいて、ライン・ビルダーの価値提案能力が何であり、パフォーマンス等を如何に左右するかが解明されなければならない。

第四に、Gebauer, Edvardsson, Gustafsson and Witell (2010) が、サービスの開発・提供組織の整ったサービス・プロバイダほどサービス志向性が高くなることを明らかにするなど、サービタイゼーション研究では、サービス戦略と収益性の関連について組織的要素に関する研究が蓄積されているが、ライン・ビルダーに関しても、生産システム・インテグレータとしての組織能力が何かが問われるべきである。

また、ライン・ビルダー産業ではゼネコン・システムが採用され、機械商社なり大手ライン・ビルダーが顧客メーカーより生産システム・インテグレーションを受注し、ゼネコンとしてプロジェクトをマネジメントする慣行が確立されている。多数のインテグレータを協同させてシステム構築するには高度の能力・ノウハウ・経験の蓄積が必要であり、プロジェクト管理を行うゼネコンと生産システムの一部のインテグレーションを引き受ける下請では、プロジェクト運営に係る資金を負担する資本力だけでなく、プロジェクト・マネジメントに要求される組織能力など大きな懸隔が存在する。

現在、ライン・ビルダー大手を自認する平田機工も、当初からプロジェクトのゼネコンを務めてきたわけではなく、下請ライン・ビルダーからスタートを切っている。生産システム・インテグレータとして要求される組織能力は何かだけでなく、ゼネコンに要求される能力・組織は何であるのかも解明されなければならないと考える。

(4) その他——システム・インテグレータは製造機能分化の「鬼子」か？

2000年代、台湾等で電子製品の受託生産を行う EMS、半導体分野でチップの受託製造を行うファウンドリーが登場し、20世紀前半の米国製造業を典型とする垂直統合モデルに代わり、国際的に製品企画・開発と量産を水平分業するモデルが登場した。EMS、ファウンドリーは特定企業の受託生産ではなくグローバルに受託生産を引き受けることで「規模の経済」を達成し、いまや国際製造ビジネスにおいてアップル等の最終製品メーカーと並ぶ影響力を持つ存在となっている。

EMS等は製造業の機能分化の結果として誕生したが、システム・インテグレーションも製造業の機能分化の顕れとして考えられるだろうか。本来、生産ラインは製造業の競争力の源であり、生産ライン設計・構築はアウトソースできないと考えられてきたが、グローバル企業も自社技術陣を先端製品開発に注力させる関係で生産ライン建設を手掛ける余裕がなくなっており（自動車産業が電気自動車、水素自動車、ハイブリッド車等だけでなく、本来 IT 企業の領域である自動走行に対応せざるを得なくなっている状況を想起されたい）、生産ラインを基本設計までして詳細設計・仕上げを外注している。

とはいえシステム・インテグレータは、顧客が本来自社内で処理する生産ライン構築を請け負うものであり、現在の低迷する設備投資環境では、国内製造業からのインテグレーション請負だけでは企業成長に限りがある。台湾 EMS はグローバルな受託製造で企業成長を可能としたが、システム・インテグレータも企業成長するにはグローバル展開せざるを得ないが、はたしてグローバルな生産システム・インテグレーション市場がライン・ビルダーを EMS 等に準ずる地位まで押し上げる規模に達するだろうか。ライン・ビルダーを EMS 同様に製造企業の機能分化として分析でき

るかはそれ次第であろう。

4. 結 び

——第4次産業革命で変革される生産システム・インテグレーション
関連産業——

本稿では、近年注目を集めるライン・ビルダーに関して、生産システム・インテグレーションの業態、インテグレーション能力獲得の経路に応じた類型、インテグレーションの業務プロセスとゼネコン・システムについて分析するとともに、ライン・ビルダーを経営学の研究対象とする場合の論点を「製造業のサービス化」を中心にまとめた。

一部から「目新しい業態に飛び付いた」と批判されることを覚悟で本稿を書いたのは、第4次産業革命が追求する「生産システムのデジタル化」では、製造業の生産システム構築における工作機械メーカー、産業機械メーカー、ライン・ビルダー、ソリューション・プロバイダ等の関係が一変してしまう可能性があり、ライン・ビルダーもその変化の一翼を担うことが期待されるからである。

2 (1) で示したように、製造業の生産システムは、工作機械・産業機械・搬送装置・周辺装置等より構成される物的システムのみで完結せず、ITシステムと一体化することで完成するが、従来、ライン・ビルダーが機械・装置等の最適組合せを考え、各機械・装置の制御を司るPLCを含めた生産ラインの組立・構築を行う一方で、製造業のITシステムの基幹を成すERP・MESのインテグレーションはSIが担当する棲分けがなされてきた。しかしながら、デジタル化された生産システムでは、生産ラインとITシステムの完全一体的なインテグレーションが必要であり、ライン・ビルダーとSIは互いに相手方の事業領域に進出して生産ラインとITシステムを総合インテグレーションするか、あるいは両者が協業してイン

テグレーションすることとなる。

すなわちドイツの主導する第4次産業革命は、第一に、製造業のITシステムにおいてERP、MES、PLCを垂直統合し、経営陣が市場ニーズに応じて企業全体の生産計画を機動的に見直し、全工場の生産ラインをコンピュータにより最適制御し、企業グループ全体で柔軟な生産・出荷を行うことを目指している。第二に、各工場では、製品・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上でリアルタイムに収集・分析、生産ラインを解析結果に基づき最適制御するCPSに、ドイツは先進国製造業の競争優位性を求めようとしている¹⁸⁾。

このデジタル化された生産システムでは、ライン・ビルダーが顧客製造企業に対して提供するインダストリアル・サービス（工作機械・搬送装置・周辺装置等を組み合わせた生産ラインの物的部分の構築）はシステム・インテグレーションの一部を構成するに過ぎない。ドイツが描くように製造業の付加価値が市場ニーズに即応した柔軟な生産・出荷にシフトすれば、市場動向に応じて企業全体の生産計画を機動的に見直し、全工場の生産ラインを最適制御し、企業グループ全体で柔軟な生産・出荷を行うITシステムが製造業の競争力を左右することとなり、仮にライン・ビルダーがSIと協業するようになったとしても、付加価値配分はSI側に傾かざるを得ない。

工作機械メーカーの中には、生産システムのデジタル化に伴う付加価値配分の変化に危機感を感じ、もともと製品販売促進の一環として始めたライン・ビルダー事業を本格化し、将来はSIとの提携により総合インテグレーションを行うことで、工作機械製造依存から脱却を考える企業もあ

18) Bundesministerium fuer Wirtschaft und Energie (2016) の他, Wright (2013), Negahban (2014), Petri Helo et al. (2014) 参照。

る。デジタル化された生産システムのインテグレーションで SI と直接的に競合するライン・ビルダーは、① IT ベンダー並みの IT システムに関する「技術知識」「統合的な知識」「市場・ビジネスに関する知識」を獲得し総合インテグレータとなる、② SI と企業統合・提携することで総合インテグレーションを行う、③ SI をゼネコンとするプロジェクトの協力企業になるかのいずれかを選択することになろう。

これはライン・ビルダーにとり危機であると同時にチャンスでもあるが、工作機械メーカー、産業機械メーカー、ライン・ビルダー、SI 等の関係が大きく変わると予想される中、生産システムの物的部分と IT 部分を総合した「価値提案能力」と「プロジェクト・マネジメント能力」を獲得したライン・ビルダーは大化けすることとなろう。一聴すると夢物語のようだが、第 4 次産業革命による生産デジタル化の動きは急であり、明日も夢のままかは分からない。

参考文献

- 今枝昌宏（2006）「製造業のサービス化とサービスマネジメントへの 2 つのアプローチ」『一橋ビジネスレビュー』54 巻 2 号、36-50 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
- 北原洋明（2004）『新液晶産業論：大型化から多様化への転換』工業調査会
- 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
- 高梨千賀子（2015）「Industrie4.0 時代の競争優位についての一考察 日独 FA システムメーカーを事例に」立命館大学イノベーション・マネジメント研究センター Discussion Paper Series、No. 24
- 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 BP 社『日経ビジネス』（2017 年 3 月 6 日号）

- 日経BP社『日経ビジネス』（1982年12月13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
- 日本鑄造工学会編（2002）『鑄造工学便覧』丸善
- 日本能率協会編（1983）『FA生産システム設計法』日本能率協会
- 日本半導体装置製造協会編（2007）『液晶ディスプレイ製造装置用語辞典』日刊工業新聞社
- 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
- マイケルE. ポーター, ジェームズE. ヘルマン（2015）「IoT時代の競争戦略」『Harvard Business Review』ダイヤモンド社
- 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ュアリングの実践 ケース：工作機械を核とする加工プロセスの生産性向上
- 〔平田機工, 日本設計工業, 旭興産, 近藤製作所, 高丸工業, 三明機工, 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, ダイドー等ライン・ビルダー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。〕
- Baines, T. S., H. W. Lightfoot, O. Benedettini and J. M. Kay (2009), "The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges" *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 20, No. 5, pp. 547-567.
- Brady, T., A. Davies and D. Gann (2005) "Creating value by delivering integrated solutions," *International Journal of Project Management*, Vol. 23, No. 5, pp. 360-365.
- Bundesministerium fuer Wirtschaft und Energie (2016) *Plattform Industrie4.0 Digitale Transformation "Made in Germany"*.
- Davies, A. (2004) "Moving base into high-value integrated solutions: A value stream approach," *Industrial and Corporate Change*, Vol. 13, No. 5, pp. 727-756.
- Evanschitzky, H., F. V. Wangenheim, and D. M. Woisetschläger (2011) "Service & solution innovation: Overview and research agenda," *Industrial Marketing Management*, Vol. 40, No. 5, pp. 657-660.
- Foote, N., J. Galbraith, Q. Hope and D. Miller (2001) "Making solutions the answer," *The McKinsey Quarterly*, Vol. 3, pp. 84-93.
- Galbraith, J. (2002) "Organizing to deliver solutions," *Organizational Dynamics*, Vol. 31, No. 2, pp. 194-207.
- Gebauer, H., E. Fleisch and T. Friedli (2005) "Overcoming the Service Paradox in

- Manufacturing Companies," *European Management Journal*, Vol. 23, No. 1, pp. 14-26.
- Gebauer, H., B. Edvardsson, A. Gustafsson and L. Witell (2010) "Match or mismatch : strategystructure configurations in the service business of manufacturing companies," *Journal of Service Research*, Vol. 13, No. 2, pp. 198-215.
- Hax, A. C., and D. L. Wilde (1999) "The deltamodel : Adaptive management for a changing world," *Sloan Management Review*, Vol. 19, No.4, pp. 11-28.
- Helo P., M. Suorsa, Y. Hao and P. Anussornnitisarn (2014) *Toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing*, *Computers in Industry*, Elsevier Ltd.
- KuÈssel, R., V. Liestmann, M. Spiess and V. Stich (2000) "TeleService a customer-oriented and efficient service?" *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 107, No. 1, pp. 363-371.
- Kumar, R. and U. Kumar (2004) "A conceptual framework for the development of a service delivery strategy for industrial systems and products," *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 19, No. 5, pp. 310-319.
- Kumar, R., and T. Markeset (2007) "Development of performance - based service strategies for the oil and gas industry : a case study," *Journal of Business & Industrial Marketing*, Vol. 22, No. 4, pp. 272-280.
- Lightfoot, H. W. and H. Gebauer (2011) "Exploring the alignment between service strategy and service innovation," *Journal of Service Management*, Vol. 22, No. 5, pp. 664-683.
- Markeset, T. and U. Kumar (2003) "Design and development of product support and maintenance concepts for industrial systems," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9, No. 4, pp. 376-392.
- Mathieu, V. (2001) "Product services : from a service supporting the product to a service supporting the client," *Journal of Business and Industrial Marketing*, Vol. 16, No. 1, pp. 39-58.
- Negahban, A. and J.S. Smith (2014) Simulation for manufacturing system design and operation : Literature review and analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, 33 Mellor. Elsevier Ltd., pp. 241-261.
- Oliva, R., and R. Kallenberg (2003) "Managing the transition from products to services," *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 160-172.
- Shepherd, C. and P. K. Ahmed (2000) "From product innovation to solutions

- innovation : A new paradigm for competitive advantage," *European Journal of Innovation Management*, Vol. 3, No. 2, pp. 100-106.
- Stremersch, S., S. Wuyts and R. T. Frambach (2001) "The purchasing of full-service contracts : An exploratory study within the industrial maintenance market," *Industrial Marketing Management*, Vol. 30, No. 1, pp. 1-12.
- Westergren, U. H. (2011) "Opening up innovation : the impact of contextual factors on the co-creation of IT-enabled value adding services within the manufacturing industry," *Information Systems and e-Business Management*, Vol. 9, No. 2, pp. 223-245.
- Wise, R., and P. Baumgartner (1999) "Go downstream The new profit imperative in manufacturing," *Harvard Business Review*, Vol. 77, No. 5, pp. 133-141.
- Wright, P. (2013) *Cyber-physical product manufacturing. Society of Manufacturing Engineers*, Elsevier Ltd.