

# “つながるものづくり”による未来の製造業

西岡 靖之(法政大学)

## はじめに

2020年の製造業は、コロナウイルス感染症によるパンデミックの中でサプライチェーンが分断され、大きな試練に立たされた。現在もなお進行中であるコロナ禍の傷跡が解消し、製造業が健全な活動にもどるには、さらに年数を経る必要があるだろう。こうした経験の中で多くの製造業が学んだことの筆頭が、デジタルでつながることの価値と、その未来へ向けての新たな可能性である<sup>(1)</sup>。

未来の製造業として30年後の世界はどのような姿となっているのだろうか。本稿では、デジタル・トランスフォーメーション(DX)の先にある製造業の未来、あるいはポストコロナ時代の新常态における製造業の姿として、3つの類型を示す<sup>(2)</sup>。そして、“モノからコトへ”という大きなパラダイムシフトと、製造業のサービス化という流れを前提として、それらの3つの類型の妥当性と必然性を議論する。

## コンビニ工場

一つ目の類型は、コンビニ型の工場である。コロナ禍において、地産地消型のサプライチェーンの重要性が再認識された。モノの物理的な移動を最小限にするという考え方と同時に、地産地消のものづくりは、最終消費地にもっとも近い場所に生産拠点を設けることで、よりきめ細かな顧客サービスが可能となる。

製品に要求される品質や機能は、地域ごと、あるいは個人ごとで大きく異なる場合が多い。それらの要求を一か所に集約し、一か所で生産するメリットは低く、逆に在庫管理コストや管理工数が増大する。これでは、顧客ごとのきめ細かな対応ができないばかりか、トップダウン型の対応では、個別の要求に答えることに対する現場のインセンティブが働かない。

コンビニ工場では、最終消費者となる顧客が直接足を運ぶことができる距離に生産拠点を設けることで、製品の配送コストを最小化するとともに、その修理やリユース、リサイクルも可能とする。コンビニ工場には、あらゆるメーカーが提供する製品の機能デバイスや構成モジュール、そしてそれらに関する技術仕様が滞りなく提供され、これをもとに組立、および分解・修理、そして新たな機能の追加などを行う。

こうした流れは、例えば家具や園芸、あるいは住宅関連のDIY(do-it-yourself:日曜大工)業界では先行しているといえ

る。また、3Dプリンタを活用したメーカーズ拠点では、さまざまな工作機械を配備し、個別のユニークなアイデアの試作や商品化を支援している。

さらに、見た目は工場とは異なるが、未来のコンビニ工場の姿を予見することができるのが、街中にある携帯ショップである。あらゆるモノがインターネットにつながるIoTの世界が今後さらに発展すると、そうしたIoT製品は、サブスクリプション型、つまり製品の対価を販売時ではなく利用時に得るビジネスモデルに移行する。そうした状況において、製品の最終組み立てばかりでなく、保守や更新を、携帯ショップのようなコンビニ工場が担うことになるだろう。

## シェアリング工場

未来の工場の2つめの類型は、シェアリング工場である。すでに世の中ではシェアリングエコノミーとして、自動車のシェアリング、住宅のシェアリングなど、個人としては高額な資産や耐久消費財を、相互に融通する流れが加速しつつある。製造業における高額な設備として、例えば10mを超える加工物を対象とする超大型工作機械や、サブミクロン単位の精度が要求される超精密工作機械などが挙げられるだろう。

こうした高額な設備は、財務諸表上あるいはキャッシュフロー上で企業経営へのインパクトが大きく、中長期的に安定した需要が見通せない環境の中では、投資に踏み込めない。また、既存の設備についても、当初設定した稼働率で、安定的な操業が見込めないと、経営を圧迫することになる。

機械や設備が高額でなくても、高度な加工技術や生産技術が必要な場合、それを担う技術者や技能者の育成および労務管理コストも考慮すべきである。高度な技術は、多くの経験を要するため、それに見合う良質の仕事が十分になければ、技術を維持することも難しくなる。

シェアリング工場は、こうした製造業が抱える現状の課題を解決するものとして期待できる。特定の製品カテゴリや業種を超えた製造業の生産プロセスの一部を集約することで、需要変動を吸収し、さらにはスケールメリットを出すことで高額な設備投資が可能となる。そしてさらに重要なのは、そうした高度で専門的な設備の運転に関するノウハウが蓄積され、それを担う技術者や技能者が成長する。

シェアリング工場を理解するための身近な例として、衣料品のクリーニング業界がある。1970年くらいまでは、街のク

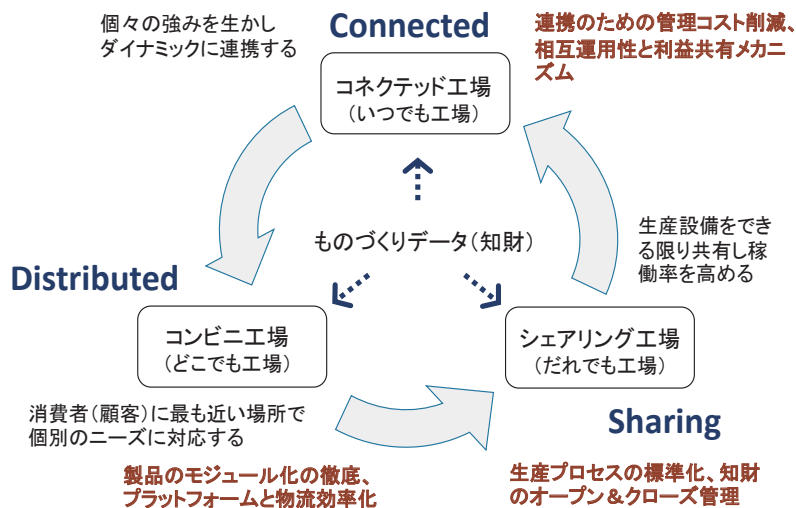


図1 未来の製造業の3類型

リーニング屋の裏手に洗濯機やアイロン台があったが、現在は取次店から集荷した衣服を工場でまとめて処理している。製造業にあてはめると、金属部品の表面処理や熱処理などが同じ業態であり、シェアリング工場の候補となる。より大規模な例としては、電子機器の製造において顧客の要求に応じて生産する製造受託サービス(Electric Manufacturing Service)もこの代表例となる。今後、こうしたビジネスモデルが金型や機械加工など、さまざまな分野に展開すると予想される。

### コネクテッド工場(つながる工場)

未来の工場の3つめの類型は、コネクテッド工場、つまりつながる工場である。自社の製品が、原材料から最終消費者に至るサプライチェーン全体の中のどの部分を担っているかを考えるとき、企業内部の問題から、企業間の関係に視点が移る。それぞれの企業が、それぞれの製品ごとに関与するサプライチェーンは、垂直統合型と水平分業型に分けることができる。

垂直統合型の場合は、要素技術を秘匿し、製品機能の独自性を出しやすい点、あるいは予測可能な需要を前提とした場合のコスト競争力の点で優れている。一方で、水平分業型は、需要変動が大きく不確実性の高い製品、あるいは技術進歩が速く、製品アーキテクチャーがその影響を受けやすい製品を扱う業界において、そうした需要の変動リスクを分散させ、操業を安定させることが可能となる。したがって、不確実性が高まるこれからの製造業の環境では、水平分業型の比重が高まると予想される。

ただし、これまで自社で行っていた生産プロセスを分割し、外部の企業と協力して行う場合の欠点として、管理コストの増大や、納期管理や品質管理の困難さがある。例えば、これまで不要であった発注業務と受注業務、価格見積りや納期照会、そして出荷検査と受入検査などが必要となる。また、品質トラブルが発生した場合など、複数の企業に分かれてい

る場合は、その原因を特定することが非常に困難となり対策も容易ではない。

しかし、生産現場のデジタル化、データ化が進み、IoTを起点としたネットワーク化が進むことで、こうした課題は解決するだろう。そして、さらに受発注に掛る管理コストの削減、品質保証の高度化、リアルタイムな納期管理と情報共有などが実現すれば、必然的にサプライチェーンの粒度はより細くなる。つまり、コネクテッド工場、つながる工場の比率が高まると予想される。

ここで、従来の多くの工場とコネクテッド工場の違いは何か。コネクテッド工場では、製品の価値と同じレベルでつながることの価値を定量化して管理する点が異なる。具体的には、設計プロセスや事後の品質保証などの業務フローも含めた標準化を徹底し、企業間で業務フローやそこで利用されるデータの共有を図れるかを競争力とする。そして、そうしたつながりは、不確実な環境変化に対応して、適宜ダイナミックに切り替えられることが望ましい。

### 製造業のサービス化とデジタル化

未来の工場を議論する上で、「モノからコトへ」という時代の流れが重要となる。モノは交換するのに都合がよく、また大量生産が可能なので、19世紀から20世紀の工業化社会は、モノの時代だった。20世紀の後半から情報化社会が台頭し、そして21世紀となってデジタル経済の激しい広がりとともに、一気にコトの時代になりつつある。

その典型的な現れが、製造業のサービス化(servitization)という概念の具体化である。製造業はモノづくりを基軸とした産業であり、コトに価値を求めるサービスの概念からは最も遠い存在であったといってもよい。以下に、製造業のサービス化を3つの流れを未来の工場の3つの類型と対応づけて説明する。

## 製造業はモノの利用価値を売っている

一つ目は、製造業が製品を販売した後のアフターサービスにより注力するという流れである。これまでは、製品を販売した後のサービスによる収益の割合が、製品販売による収益と比較して少なかった。しかし、デジタル化、ネットワーク化の進展により、消費の現場から得られるニーズの情報や、顧客とのつながりの強化、環境に対応した3Rの推進などの観点から状況が一変した。これは、サービス・ドミナント・ロジックと呼ばれ、製造業は、モノではなく、モノを介したサービスを提供するという考え方が浸透しつつある。

製造業が提供する製品が、いつどのような形で誰に利用されているのかは、販売のみならず、製品企画や設計においても重要な情報となる。IoTに代表されるデジタル化、ネットワーク化の進展により、製造業が直接自社製品のユーザとの接点を得ることができるようになった。そうした流れの中で、製造業は、そうした消費の現場において、提供する製品が利用される場を付加価値の起点として、モノづくりを再構成することが求められている。

消費者の要求は多様であり、移ろい易く変化が予測できない。サービス・ドミナント・ロジックが進むと、製品のアイテム数は増え、ライフサイクルは短くなる。この状況で、工場が一括で管理するタイプのマス・カスタマイゼーションでは限界があることは明らかである。消費者に近いところで、消費者側の視点に立って、複数のメーカーの製品をまとめる形で、オープンなカスタマイズができる環境がおそらく唯一の解決策となる。そして、この流れは、未来の工場の第1類型であるコンビニ工場につながる。

## モノづくりそのものをサービスと定義する

二つ目の流れは、工場で行う加工や組み立てなどの生産行為そのものをサービスとする流れである。電子部品業界では、すでに製造受託サービス(EMS)という用語が用いられ、明確に製造をサービスとして定義している。この理由は、最終的に納入する製品や部品に対して、インプットとなる部材や設計情報などの権利者が、当初より納入先である顧客側にあるという点にある。すなわち、これは、相手側に帰属するモノに対して、加工や組み立てというプロセスを提供することで付加価値をつけ、その対価を得るというビジネスモデルとなる。この意味でいえば、得意先から材料が支給され、製品や部品を納入するサプライヤーは、すてに、製造という行為をサービスとして提供していると定義することができる。

メーカーの製造プロセスの一部を請け負う製造サービス企業は、いわゆる下請け企業として、発注元であるメーカーの傘下のピラミッド構造の中で定義されるケースが多い。一般

に、サービスを提供する企業と、それを受ける(発注する)企業との数的構造が、両者の力関係大きく影響するが、必ずしも発注側の力が強いとは限らない。

従来の下請け構造は、A型、つまり、主要な取引先は1社または数社である一方で、取引先から見た場合は、自社は多数のなかの1社でしかないという関係である。これに対して、V型は、顧客が複数あって分散化しており、1社の動向に影響を受けることが少なくなる。また、規模の経済性の原理より、より多くの取引先を顧客としてニーズを集約することで、コスト競争力がさらに高まり、さらに多くの取引先を増やすという好循環が生まれるだろう。例えば、電子部品の製造受託サービスでは、サービスを提供する側が、発注元である取引先に対する影響力を持っているケースも多い。

下請け型の製造業がこれからさらにデジタル化を進め、取引先との関係を従来のA型からV型にシフトすることで、生産プロセスをサービスとして提供する新たなビジネスモデルが再定義できるとすれば、これは、30年後のシェアリング工場に類型される流れとなる。

## つながる化を新たな価値提供とする

製造業のサービス化に関する3つ目の軸は、つなげる化、そして、つながる化である。生産するという行為は、見方を変えれば、さまざまな要素と要素を関係づけ、つなげることで価値を生み出す行為といえる。工場の生産ラインでは、加工対象と加工設備を対応づけ、あるいは新たな設計図面と加工技術とを対応づける。製造業のサービス化の第3の軸として、生産のためのさまざまな要素をつなげることに注目する。つまり、ここでの議論の対象は、“製品”を提供するプロセスではなく、“製品を作るしくみ”を提供するプロセスとなる<sup>(3)(4)</sup>。

例えば、試作から本番稼働、量産時の設備保全、そしてそれらの廃棄といった工場のライフサイクルがある。こうしたプロセスの一部を担うエンジニアリングサービスは、製品を作るしくみを作るサービスである。既存のさまざまな技術要素を組み合わせ、つなげることで顧客が持つ課題を解決する。

この考え方を、企業を超えたサプライチェーン全体に展開する。工場全体をひとつの構成要素とし、企業をこえてつなげることは、最終的な消費者から見た場合には新たな価値となる。ただし、垂直統合型のサプライチェーンであれば、こうしたつなげる化が可能であるが、水平分業型では、強制力をもってサプライチェーンをつなげる主体は存在しない。

そこで、こうした現実的な制約を踏まえ、“つなげる”のではなく、それぞれの企業が自発的に“つながる”しくみを整えることでこの問題にアプローチすることにする。“つなげる”

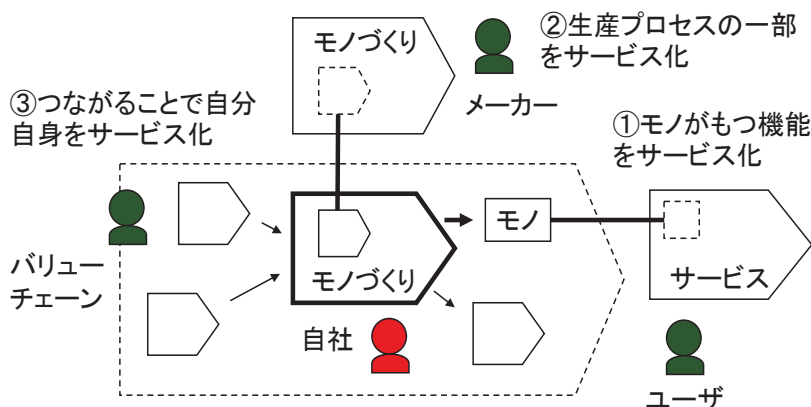


図2 製造業のサービス化の3つの流れ

対象は、その時点で明らかになった客観的な事実のみでなく、その事実に対する解釈や、新たに提示した情報の背後にある意図なども含まれる。

そして、第三のステップは、“つながる化”である。つながる化は、異なる企業が協調して問題に取り組む能力である。これまでのITやデジタル化の主たる目的は、企業内部の効率化、高度化による生産性の向上にあった。しかし、一企業で行うことができる範囲は限られている。これからますます分

業化が進むだろう。そうした中で、企業が、企業を超えてつながることが、企業の存続のためにも不可欠な要件となってくるだろう。

化は、主従関係が明確であるのに対して、“つながる”化は、両者が対等な関係となるのが特徴となる。つながる化は、企業がもつ独自の機能や強みをサプライチェーンの一部に組み込むことで、サプライチェーン全体の付加価値を高める。つながる化は、サプライチェーンに対して、企業全体をサービス要素として提供する行為とも言える。つながる化のアプローチは、つなげる化と比較して、より自律的、あるいは創発的なアプローチである。不確実性がますます高まる環境の中で、こうしたアプローチは、これからさらに注目されるだろう。文字通り、これは、30年後のコネクテッド工場(つながる工場)に類型される。

### 未来へ向けての課題と展望

30年後の未来へ向けて、製造業は今何をすべきなのか。デジタル・トランスフォーメーションというキーワードを、企業内の各業務の現場目線ととらえた場合、それぞれの業務におけるあるべき姿を実現のための共通する手順として、以下の4つのステップを挙げる。

まず、第一のステップは“見える化”である。見える化とは、見えない問題や課題を顕在化することである。IoTにより、生産現場では、さまざまな状態値を、リアルタイムでデータ化することが可能となった。ただし、これは、見える化の入り口でしかない。見える化は、そうしたデータを現場がもつ特性に合わせて再構成し、それぞれの担当者のそれぞれの目的にあわせて、データの意味を解釈可能な形で提示する。いま、どこで、何が起きているか、そしてさらに、いつ、どこで、何が起こりそうかを、明らかにする。

第二のステップは、“伝える化”である。製造業が置かれた環境がより多様化、複雑化する中で、顕在化された問題を解決するためには、担当者が部門を超えて事実関係を共有し、それを課題として認識し、相互に連携協力してその解決のためのプロセスを進めることが必要となる。伝える化の

デジタル・トランスフォーメーションのための最後のステップは、“スマート化”である。スマート化とは、サプライチェーン上の価値の連鎖を通して、自ら学習し成長するしくみに変わることと定義する。価値の源泉となる知識やノウハウをデータ化し、それをレバレッジとしてさらに知識やノウハウの質と量を高めていく。こうしたしくみをいかにして構築するか問われている。スマート化により、それぞれの組織が、社会的にも、経済的にも真の意味で独立した存在となり、自律的な成長を牽引することが可能となる<sup>(5)</sup>。

本稿では、デジタル化、サービス化といった製造業をとりまく現在の大きな流れを踏まえて30年後の未来の製造業を予見した。つながる化、スマート化という新たな基軸が、デジタル・トランスフォーメーションが向かうべき世界を実り豊かなものにすると筆者は期待している。未来の製造業のビジョンやミッションが改めて問われている中で、10年規模の新たな展開のためのヒントとなれば幸いである。

#### 参考文献

- (1) 西岡靖之, IoTの現在地(上) データの潜在力引き出せ, 日本経済新聞, 2020/4/23 朝刊, p.25
- (2) 西岡靖之, 未来の工場～IoTの先に広がる世界とは?～, 工場管理, Vol.66, No.1(2020), pp.12-15.
- (3) 西岡靖之, デジタルトランスフォーメーションでの生産技術の役割, 三菱電機技報, Vol.93, No.12(2019), p.1
- (4) 西岡靖之, つながる“工場”の設計論～思考する組織をデザインする～, 日本設計学会誌, Vol.54, No.7(2019), pp.415-421
- (5) 西岡靖之, ものづくり中小企業を中核としたデジタルトランスフォーメーションの実現方法, 日立総研, Vol.12, No.1(2019), pp.24-29.

#### 西岡 靖之

◎法政大学デザイン工学部 教授、インダストリアルバリューチェーン・イニシアティブ 理事長

◎専門: 情報マネジメントデザイン、知能情報工学、イノベーション工学