Discussion Paper Series

RIEB

Kobe University

DP2021-J10

企業の DX 改革–モノづくり

香坂　千佳子
伊藤　宗彦

2021 年 5 月 12 日

*この論文は神戸大学経済経営研究所のディスカッション・ペーパーの中の一つである。
本稿は未定稿のため、筆者の了解無しに引用することを差し控えられたい。

神戸大学 経済経営研究所

〒657-8501　神戸市灘区六甲台町 2-1

企業の DX 改革―モノづくり

神戸大学経済経営研究所

1. はじめに

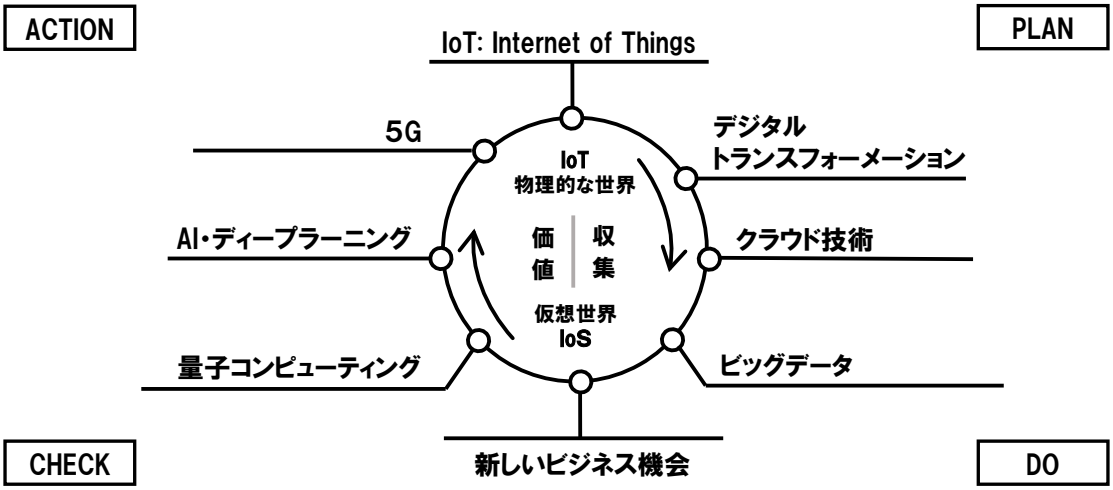
20 世紀までの日本は、技術力の高さで世界を凌駕してきた。その要因として、職人的技術志向、つまりすり合わせという日本独自の製品開発の考え方があり、世界的なモジュール化と対比されてきた。つまり、日本人は長年の経験と勘による技法の擦り合わせを得意とし、性能や品質にあくなき追求を続ける傾向にある。しかし近年、日本のモノづくりの強みが失われ、競争力ランキングにおける日本の順位も下降傾向が続いている。また、Industrie4.0 に代表されるように、デジタル技術革新が急速に広がり、モノづくりの現場に入り込むようになってきた。つまり、日本のモノづくりは今、早急にデジタル技術を中心としたパラダイムシフトに取り組むことが求められている。日本の産業界のパラダイムシフト、それは、コンピューティング技術を活用するデジタルトランスフォーメーションであることは言うまでもない。本稿では、事例を基に、モノづくりにとって重要な概念である、デジタルトランスフォーメーションについて考える。

《キーワード》デジタル化、ERP、MES、PLC、IoT、API、3D-CAD
デジタルトランスフォーメーション、Industrie4.0

2. Industrie4.0 とは

第一次産業革命は、蒸気機関による動力の獲得で起こった。その後、第二次はモーターによる動力の革新、第三次は IC とプログラムによる自動化で起こった。これらに次ぐ新たな産業構造の変革の契機として、AI やクラウド、ビッグデータなどの IoT を活用した技術革新は「Industrie4.0：第四次産業革命」とも呼ばれており、世界経済へ大きな影響を与えるものと考えられている。Industrie4.0 は、アナログデータを使用していた従来のビジネススタイルから、デジタル化を進めるという単純な思想ではない。データが最適にデジタル化され、AI、クラウド、ビッグデータなどを駆使し、デジタルによるビジネスの創出や改革をするデジタルトランスフォーメーションによりパラダイム変革を行うことが中心概念となる。あらゆるモノや情報がインターネットを通して繋がり、それらが互いにリアルタイムで情報をやり取りする相互協調、人間の指示を受けずに判断し機能する自律化、システム全体の効率を高め、新たな製品やサービスを創出し高度化する。こういったデジタルトランスフォーメーションで産業界にイノベーションを起こすことが Industrie4.0 の基本概念である。世界では様々な形で Industrie4.0 への取り組みが始まっているが、日本企業では立ち遅れているのが現状である。ではなぜ、日本企業は、Industrie4.0 への取り組みが遅れてしまったのであろうか。Industrie4.0 はドイツ政府が進めているプロジェクトで、コンセプトの中心にあるのは、「スマートファクトリー：つながる工場」である。図 1 は、スマートファクトリーの概念を説明したものである。

図１ スマートファクトリーの概念



物理的なモノの世界・IoT でサプライヤー、工場、サービスが繋がり、プロダクトの製造・販売が行われる。一方、仮想世界・IoS でビッグデータをリアルタイムで収集・解析し、AI で販売予測などを行い意思決定のサポートをする。この過程で生成されたスマートデータからも新しいビジネスが生み出される。つまり、物理的なモノの世界と仮想世界をクラウドで連携させ PDCA サイクルを回し、技術革新、生産性の向上、技能伝承など様々な課題を解決しビジネスを発展させていくのである。

3. 生産性向上のためのデジタル化

クラウド社会におけるデジタル化は、第１層として企業内レベル（開発、生産、流通、マーケティング、経営）、第２層には、サプライヤーを含む産業レベル、そして第３層には社会の SDGs といった組織を結ぶ社会ネットワークが形成されることになる。こうした仕組みは、プラットフォーム、エコシステムといった用語で語られるが、日本企業は、こうしたバーチャルな仕組みには投資したがらないため、現在の GAFA のような強力なプラットフォームビジネスに競争力をそがれてしまう傾向がある。それでは、モノの製造とこうしたプラットフォームとはどのような関係があるのであろうか。

GAFA 以外にも、製造業によるプラットフォームビジネスの成功事例も多い。たとえば、サプライチェーンのデジタル・トランスフォーメーションについては、香港の大手企業、利豊（リー＆フォン）の事例が最もよく知られている。顧客は、欧米のアパレルのブランドホルダーやリテールのユーザーである。こうした顧客に対して、世界中で数万社と言われている縫製工場、生地メーカー、ボタンなどの副資材メーカーが、ネットワークでつながっている。このネットワークでは、標準的な３次元 CAD データが使用されている。３次元でどういうデザインにするのか、どういうサイズにするのかとか、どういうボタンにするのか、これらは全て、世界中のバイヤーと香港の利豊と縫製工場、ボタンの工場の在庫、こういった

生産に必要なすべてのサプライヤーがネットワークで結ばれ、その場で重要な部分はすべて決められる。いままでは、この製品開発段階には、約半年かかっていた。というのは、このようなプラットフォームビジネスができる前までは、実際にサンプルを作ってニューヨークのデザイナーのもとに持ち込み、そこでデザインや部材の変更を現物サンプルを基に議論して最終デザインを確定し、量産化までの計画を立案していたため、製品開発の期間が長期化するのが当たり前であった。それに対して、現在では、3 次元の立体 CG でデザインを創り込む。そのため、毎回、そのまま SNS で顧客に公開できるし、生産現場では、3 次元のデータを 2 次元の縫製に直接、コンバートして用いている。例えば、それが縫製工場のカッティングマシーンと即座に連動することができる。このようなデジタル化によるプラットフォームの仕組みは、アパレル産業ではすでに 10 年前に完成していた。このようなサプライチェーンに関するプラットフォームは、利豊が直接、運営しているわけではなく、複数の同業企業が利用できるようになっている。こうしたプラットフォームは、アパレル業態だけではなく、多数、存在している。

もう一つ、物流の関係で、シンガポールに本部を置く世界最大の港湾運営会社 PSA インターナショナル（Port of Singapole Authority）の事例がある。この会社はシンガポール公安局であり、公安局が自ら開発したコンテナ・ターミナル・オペレーション・システムをクラウド化して、世界数十ケ国のコンテナーターミナルの運営をクラウドで受託し、その運営サービスを行っている。これも一つのプラットフォームである。これには、様々な機能モジュールの標準化ができており、国際貿易物流や国際分業生産の体制の基盤が出来上がってる。

ところ日本では、このような生産の事例がなかなか出ていない。なぜ、このような高生産性を産む仕組みが日本でできないのか、同様のことが現在のデジタルトランスフォーメーションにおいても起こっている。日本では、自社に関わる現実的な問題が顕在化しない、あるいは、地味な活動で表に出てこないためメディアに取り上げられないことから、あまり社会的に認知されない、という傾向があるのであろう。結論から言うと、世界ではデジタル化がますます進んでいるが、日本企業にはあまり変革が起きていない。

製品（モノ）がサービス化しプロダクトサービスシステムとして産業構造が変化しているのに対して、日本はこの点で遅れているという議論がある。生産現場として一番重要なのは生産効率であるが、この点に関しては、日本のモノづくりは現場が支えており、見方を変えると品質管理のノウハウは、今でも世界的にも優位な分野であることは間違いない。しかし、現実として、これまで標準化されてこなかった企業独自の非構造的なデータの分析など、社内で人海戦術でやってきたことも事実である。これが日本企業の強みであった。一方、工場では、それだけの人手を確保するのが難しく、さらに、品質管理の熟達者の高齢化の問題にも直面している。製造業は、企業の強みとしている品質管理能力をできるだけデジタル技術により形式知化し、組織知としてコンサルティング、あるいは、ソリューション・サービスとして世界中に提供するビジネス機会があると思われる。こうした背景には、様々なセンサーが発達し、画像認識技術など、今までシステム的に対応が困難であったものがようやく対

応できるようになってきたという技術革新の事実がある。また、設計や生産現場では、3 D-CAD が標準化され、3 次元化が進んできた。しかし、最終的に品質を担保していく技術は、非常に複雑で繊細なノウハウであり、これを日本企業の得意分野として、形式知化・組織知化してプラットフォームサービスに乗せて世界中に展開していくというサービスビジネスを立ち上げ、事業を拡大していくという可能性があると思われる。こうした日本が得意としてきた、モノづくりに関する形式知化のノウハウを競争力としてとらえるのであれば、アナログからデジタルへという変換だけでは不十分であり、デジタル・トランスフォーメーションによる、企業全体の意識・組織改革が必要なのである。

4. DX 改革に取り組む日本企業の事例

モノづくりを得意とする日本企業がなぜ、DX 改革に取り組まねばならないのか、本章では、その点に着目したい。日本企業の現場力については、前章で述べた。おそらく生産効率という点での優位性よりも、品質管理技術の方に着目すべきだという意見を述べた。それでは、日本企業のデジタル化について、その現状を調べてみよう。企業のデジタル化への取り組みについては、2021 年度、日本政府はデジタル庁を設置し、強力に社会のデジタル化を推進しようとしている。日本企業においては、アナログデータを中心にビジネスを進めている企業はさすがに少ないと思われる。しかし、事務所、工場、研究部門、販売部門など、それぞれの部門内でのデジタル化は進めているが、部門間の横ぐしがうまく機能していないというのが多数の日本企業の姿であろう。このあたりの実態については、多くのシンクタンクの実態調査レポートが報告されている。例えば、2018-2019 年に行なわれた、「我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査」（三菱 UFJ リサーチ＆コンサルティング）によると、日本企業は、自社のデジタル化は企業変革力の強化に有効であることは間違いないが、社内のデジタル化やデータ活用は、製造工程についても、マーケティングとの連携についても十分に進んでいないと考えている。その原因については、社内の老朽化した基幹系システム（レガシーシステム）が依然として残存し、運営費・保守費が増大化し、DX 改革の足かせになっていると考える企業が 70%を超えているという調査結果が報告されている。また、自社の効率性や生産性を重視する企業の IT 投資の主たる目的は、旧来の基幹システム更新や保守が目的であり、不測の事態に対する柔軟性を重視する企業では、ビジネスモデル変革が IT 投資の対象となっていることが分かっている。このような実態を踏まえ、デジタルトランスフォーメーションによるパラダイムシフトという課題に、いち早く取り組んでいる国内の企業の事例を見て行くことにする。

4-1 平田機工株式会社

データ管理で工場全体をスマート化する取り組みを実現している熊本県にある平田機工の事例を見ていこう。平田機工は、「工場をつくる工場」いわゆる工場のラインビルディン

東証1部	
本社所在地	〒861-0918 熊本県熊本市北区植木町一木111
設立	1951年12月29日
事業内容	生産ラインの製造
代表者	代表取締役社長 平田雄一郎
資本金	26億33百万円(2013年3月)
売上高	連結773億円、単体578億円（2019年3月期）
従業員数	連結 2,201名(うち正社員 1,849名)

グを担っている。特に、自動車や家電、半導体など世界中の様々な産業分野の製造企業のモノづくりを支えるエンジニアリングメーカーとして知られている。エンジン組み立てライン、半導体関連生産設備、家電製品組立ラインなどあらゆる生産設備の開発・提案、設計、部品製造、組み立て検証、生産立ち上げ、保守サービスまで全てのプロセスを担っている。特に、平田機工のセル化されたラインビルディング、「アッセンブリー・セル・システム」は多くの企業より高い評価を受けている。また、作業員を単純作業から解放することを目的に生産ロボットによる完全自動化の工場生産設備の構築も手掛けている。その特徴は、生産設備に必要な全てのシステムを自社内で一貫して構築し、ソフト面ハード面において独創的で卓越した技術を有している点にある。

当社は、2020 年に新工場を建てたわけですけれども、その新工場のコンセプは 24 時間稼動の工場でございます。あるいは、まぁ 24 時間稼働と言いながらですね、一方ではやはり変種変量生産というのも要求されますので、まあこれは Industrie4.0 で言われてますけども、マスカスタマイゼーションというのが可能な工場っていうのを目指すべきであろうと。あるいは一方でスマートファクトリーということも取り組んでおりますので、スマートファクトリーっていうのは最終的には自律的な工場、つまり工場が工場なりの判断で全体最適を狙うというコンセプトなんですけどもそういった自律的な工場を目指べきであろうという風に考えております。（2021/1/19 平田機工株式会社グローバル事業本部 IoT ソリューショングループ 次長 神田橋嗣充氏）

平田機工では、2018 年、製造業のスマートファクトリー化やものづくり現場のプロセス改革を推進するソリューション、Congnitive Factory（コグニティブ・ファクトリー）を開発した。ネットワーク、クラウド、セキュリティなどあらゆる ICT を活用し、モノづくり現場のデジタルトランスフォーメーションの促進や IoT・AI 技術の活用による生産管理の自動化・最適化によるプロセス改革を実現する取り組みである。近年では VR(Virtual Reality:仮想現実)のシステムを導入し、顧客とのコミュニケーションツールとしても活用している。データの標準化は、デジタルトランスフォーメーションの推進上、最も重要な課題である。生産現場と経営層はクラウドを介したネットワークでつながっており、製品の 3 D- C AD データ、生産データなど、様々なデータフォーマットが存在する。貴重なデータを有効に活用するためには、データの標準化が求められていることは言うまでもない。IoT という言葉は、2015 年あたりよりよく使われてきたが、平田機工では、 それ以前より設備にセンサーを付

け、情報の収集・分析を進めていたため、現在の IoT については、技術的には困難ではないと判断している。ただし、IoT 技術は、単体の製品ではなく、顧客に対しても説明しにくいという理由より、「認知する工場」という意味のコグニティブファクトリーとして商標登録した。工場の見える化、自動化を推進し、さらに言葉とし商標として、顧客に伝わるようなものを提案したのである。3D-CAD をはじめとしたさまざまな情報がの標準化、さらに、標準化されたデータ・図面、難解な仕様書といった資料は、顧客にはなかなか理解してもらえないため、アニメーションやバーチャルリアリティなどのツールを用いて、やり取りをしている。ドイツの Industrie4.0 においても、標準化は非常に重要視されているが、日本企業では、このデータの標準化が進まないのが実状である。こうした事実は、国際的な競争にさらされるという現実を前に、日本企業のデータ、仕様書などの標準化への関心の低さが、日本企業のモノづくりの競争力の低下に影響していることは明白である。

4-2 オプテックス株式会社

東証1部略称	
本社所在地	〒520-0101 滋賀県大津市雄琴5-8-12
設立	2016年7月15日
業種	電気機器
代表者	代表取締役社長 上村透
資本金	3億50百万円
売上高	連結:375億万円(2019年12月期)
営業利益	連結:29億万円(2019年12月期)
総資産	連結:439億万円(2019年12月期)
従業員数	連結:2,171名(2019年12月期)

滋賀県大津市の琵琶湖畔にあるオプテックス株式会社による、取得したデータから新しいソリューションを生み出そうという取り組みが次の事例である。オプテックスは、自社の製品から得られるデータで新しいビジネス領域の拡大を目指している。オプテックスは、1980 年に世界初の遠赤外線利用の自動ドアセンサーを開発した。以降、様々なセンシング技術を応用し、自動ドア、セキュリティをはじめ特定分野においてグローバルニッチ No,1 を生み出し続けることを目標に、製品やサービスの提供をしている。オプテックスのセンシング技術から得られるデータ活用の事例として、自動ドアの遠隔モニタリングシステムに SIM 入りゲートウェイを設置し、クライアントサーバへ自動ドアの各種データを送信する、CAN 自動ドアシステムがある。このシステムの特徴は 2 点ある。まず、生産性と保守品質を向上させ、保守メンテナンスによる停止を可能な限り抑制することである。また、人の流れや通行者の動向など、導線管理のためのデータを取得し、ビジネスに生かすデータ・ソリューションを提供できる点である。自動ドアの他にも、駐車場のワイヤレス満空管理を行うシステムがる。これは、ワイヤレス車両検知センサー、ゲートウェイセンサーなど、複数のセンサーから構成され、車両の進入や存在、離脱を検知し、遠隔でモニタリングできるシステムを提供している。こうした車両の出入りデータの収集を行うことにより、AI による予測など、顧客が考える新たなビジネスモデルのソリューションを先取りしている。さらに、水質検査の分野でも、独自の簡易水質計測システムを開発し、水環境問題が深刻化

している発展途上国のさまざまな現場で簡単で迅速に水質を計測できるソリューションの提供を行っている。

お客さんはセンサーが欲しいわけではなくて困っていることを解決してほしいということで、よりものではなくてサービスでの提供を求められてきたっていうのは我々の業界でも10年位前から起き始めまして、それで我々は2013年からになるんですけども、ものではなくてソリューション、サービスをお届けする会社になろうじゃないかということで、センサーというものとそのセンサーというものから出てくるデータ、これをどううまくお届けするかというようなソリューションビジネス、サービスビジネスというものを多く立ち上げ始めているということです。（2020/10/28 オプテックス株式会社代表取締役社長　上村透氏）

こうした事例からも分かるように、センサーとインターネットは容易につながり、センサーから得られるデータは現在の産業界では不可欠で、データに関する価値認識はますます高まっている。つまり、オプテックスのデジタルトランスフォーメーションは、センサーから得られる各種データを連携させて生産性を向上させることに他ならない。

4-3 三浦工業株式会社

東証1部
本社所在地 〒799-2696 愛媛県松山市堀江町7番地

設立	1959年5月1日(創業:1927年)
事業内容	貫流・水管ボイラー、軟水装置、水処理機器
代表者	代表取締役兼社長執行役員兼CEO 宮内大介
資本金	95億4400万円
売上高	連結:1,436億4,500万円(2020年3月期)
営業利益	連結:185億4,000万円(2020年3月期)
総資産	連結:1,872億4,100万円(2020年3月)
従業員数	連結:5,855名(2020年3月31日現在)

三浦工業は、1959年、愛媛県松山市に設立された。現在は主にボイラの製造販売やメンテナンスを軸に事業を展開するグローバル企業として知られている。ボイラは、日々の運転状態の確認と定期メンテナンスが重要である。三浦工業では、1989年、オンラインでのボイラのメンテナンスを開始し、トラブルを未然に防ぐデータに基づく予防保全を確立した。インターネットがまだ商用化されていない時代からボイラにマイコンと通信機能をいち早く搭載し、機器の遠隔操作を実現したのである。

その当時少しマイコンなんかも流行りだした頃に今、主流になっているAIを使ったその頃はJISボイラって言ったんですけども、自分で自己判断をして通信がつなげるようなボイラができて、お客さんところに行かなくても通信でデータを見ながら管理できるようになったので、その頃からメンテナンスが今のビジネスのモデルの中核になっているような形になっています。ブザー止めて電話かけてうちの営業所に呼び出してっていうことをずっとやってたのがボイラから自動発砲されてうちのオンラインセンターがそれを受けて、お客

さんが異常がある前に電話かけるとかですね、どこもやってなかったですかね、そういう時代、30 年前は…（2020/10/27 BP 事業推進ブロック　ブロック長　廣井政幸氏）

メイスクラウドっていう新しいクラウド上でですね、エネルギー管理ができるようなサービスの提供をし始めましてお客様に納品させていただいている商品とデータ通信をつないで、エネルギー管理をお客さんにしていただけるようなサービスを提供を開始しまして、それも今年から新しくメイスクラウドプラスという形でそれまでは自社製品だけのエネルギー管理しかできなかったものを他社商品も含めてエネルギー管理できるような商品の発売、提供できるような過程となりましたのでそういうのを使って CO2 の削減であったり省エネルギーを図っていくという活動は今どんどんお客さんの方も広がってきているということになります。（2020/10/27 メンテ戦略ブロック　ブロック長平間勝洋　さん）

現在では、全国およそ 100 ヶ所の拠点に配置されたサービスエンジニアがクライアントのもとに出向き、定期点検を実施している。予見される故障を、先行で部品交換や調整を行うことにより未然に防いでいる。また、蒸発量や燃料使用量などを収集した運転情報を基に、クライアントごとにカスタマイズしたボイラの省エネ運転に関する提案や、月ごとの報告書を提出している。さらに、アラーム種別毎の発生回数を社内のビッグデータとして蓄積し、メンテナンスの改善、製品の改善や新商品の開発にも活用している。30 年以上前からデータを活用し、サービス向上を図ってきた三浦工業の取り組みは、デジタルトランスフォーメーションの原点とも言えるであろう。

4-4 株式会社クボタ

東証1部
本社所在地〒556-8601大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号
設立　1930年12月22日(創業 1890年)
事業内容　農業機械・エンジン・産業機械
代表者　木股昌俊(代表取締役会長)
資本金　841億円(2017年12月期)
売上高　連結:1兆9200億42百万円(2019年12月期)
営業利益　連結:2016億54百万円(2019年12月期)
総資産　連結:3兆1393億18百万円(2019年12月期)
従業員数　連結:41,027名(2019年12月期)

1890 年、大阪に創業した株式会社クボタによる、食料、水、環境に関わる社会課題の解決を、データの AI 分析で技術の進歩を実践している事例である。クボタは、農業機械では世界第 3 位に位置している。日本の農業は、現在、就農人口の減少と生産性・品質の課題を抱えている。農業に寄り添い、農業が抱える課題に取り組んできたクボタは、自動・無人化による超省力化とデータを活用した精密農業で、生産から経営管理までを効率化するスマート農業に取り組んでいる。スマート農業について、農林水産省は、「ロボット技術や ICT 等の先端技術を活用し、超省力化や高品質生産等を可能にする新たな農業」と定義している。　その核となるのが、スマート農業を実現する KSAS（ケイサス）である。KSAS

(Kubota Smart Aglicalture System)は、農業機械に最先端技術と ICT（情報通信技術）を融合させたクウドサービスであり、圃場（ほじょう）や作業などの営農情報と、KSAS 対応農機で構成されている。特に圃場にかかわる情報は、レイヤーマップとして一枚の圃場を数メートル程度のメッシュ状のエリアに分割し、食味や収量、施肥状況、生育状況といった様々なデータを蓄積し、活用することができる。また、KSAS 対応農機は、GPS を搭載し、収穫や生育などの各種データの収集と KSAS レイヤーマップの指示に基づいた精密な作業を実現し、より高度な PDCA サイクルを回すことが可能になる。つまり KSAS は、農業経営を見える化し、消費者が求める「安心・安全でおいしい農作業」の効率的な生産をサポートする営農・サービスシステムなのである。クボタはまた、人とロボットの共存にも取り組んでいる。クボタは、早くからスマート農業機械の開発に力を注いでおり、2010 年からは GPS で受信した位置情報をもとに自動操舵できるオートステアリングシステムを実用化した。2020 年からは有人監視での自動化・無人化を、今後は、遠隔監視での無人運転で農道も走行可能なマルチロボットシステムの開発を目指している。

農業につきましては非常に人手がかかっておりますので、農業労働力というのが毎年減っていく中でですね、農業作業にかかる労力というものを機械化していくことが非常に大きな課題ではないかというふうに思っております。特に大きいデータを使いまして、今、やはりビッグデータを AI で分析をして、尚且つそれを、実際農業ですから作業として落とし込まなきゃいけないと。作業として落とし込む上でロボットとか様々なマニュピュレーターを使いまして、今まで人がやったりした作業をそういう意味での体系としてですね、人が介在しないでもできる作業に出来るということが大きな強みではないかと思っております。現在クボタのシェアというのが 50%、約、大体ですね、でございますので、ノンクボタのお客様もおられるということで、残りの 50%の方に対してもやはりある程度のサービスができないと、まぁナショナルなサービスができませんのでクボタおよびノンクボタのですね方といかに結び付けていくかということで、今オープン API ということで、それぞれのメーカーが作ってきたデータを統合してできるだけ活用しようじゃないかという動きがございますので、そういった活動の中で日本全体としてですねデータが利用できればいいんではないかと考えております。（2021/1/22 株式会社クボタ　取締役専務執行役員　機械事業本部長　イノベーションセンター所長　渡邉大氏）

アグリロボットの実現により、耕うん、田植え、収穫など、自動運転機能を装備した農業機械で行うことが可能になる。自動運転用のマップを作成し、効率的な作業を機械が自動で行うシステムが開発されている。KSAS のシステムと融合させることにより、無人農業も夢ではなくなってきている。今まで人が携わっていた業務をロボットが行うことにより、大幅な生産性向上が実現できるようになると、ロボットが耕したものを人間が管理をするという状況が出来る。そうなれば、人間はより付加価値の高い業務ということに携われるため、ロ

ボット化というものは結局、高効率化だけではなく、高付加価値化につながると考えることができる。今後、地球そのものが人口増という、地球上の最も重要な課題に直面することになる。クボタが、ロボット化や新しいサービスによる持続可能な農業の実現に取り組む狙いはこの点にある。農業を支えることは、人々の食を支えることと考えている。持続的に農業を発展させることは、世界中の人々の願いである。ICT やロボットを活用した未来型の農業に今、大きな期待が寄せられている。

4-5 まとめーDX 改革とモノづくり

日本のモノづくりの特徴は、大企業を中心に、その傘下の得意分野を持つ中小企業が、下請けサービスを担うことであった。一方、Industrie4.0 の考え方では、デジタル化を推進することにより、プラットフォームを中心に大企業やサプライヤーが必要に応じて連携をとることが標準的な仕組みとなっている。このようなプラットフォームを主体とした仕組みでは、無駄を省いたエコシステムの実現が可能となる。このように、20 世紀までは大企業を中心にしたサプライヤーシステムが日本のモノづくりの強みであったものが、デジタル化によるデータを中心としたネットワークが構築され、そのプラットフォーム上でモノづくりが進むことが当たり前になると、強みが弱みに代わってしまう懸念が生じているのが現在の日本のモノづくりの現状である。その中で、デジタル技術を活用したモノづくりの新たなパラダイムシフトの構築を進めている日本企業の事例を紹介した。次章では、では、どのようにすれば、日本企業は従来のサプライヤーシステムから新たなプラットフォームビジネスへと変革することができるのかを考えてみる。

5. モノづくりの DX 改革における課題

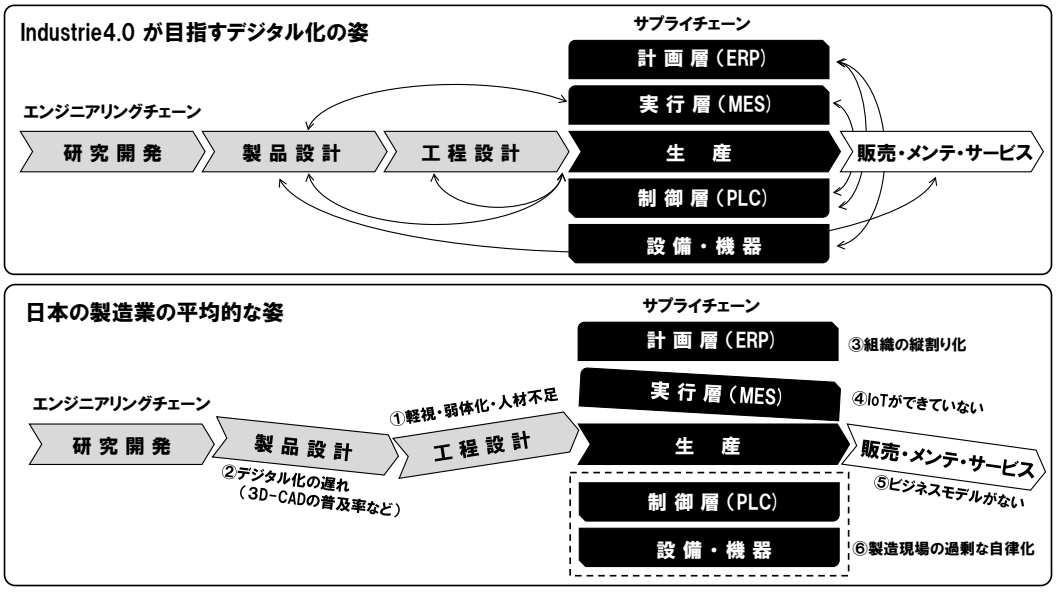
DX 改革に関しては、日本では AI の活用、IoT でのデータ収集、ビッグデータ解析など、要素技術に着目された議論が多い。これは、システムベンダーやコンサルティング企業が、DX 改革をビジネス機会としてとらえ、商業化を進めていることが一つの要因であるかもしれない。しかしながら、DX 改革の本質はパラダイムシフトであり、製造業のサービタイゼーションという言葉に表されるように、すべての産業がプロダクトサービスシステムに移行していく中で、新しい事業戦略を考えていくことなのである。それではなぜ、世界では、製造企業のデジタル化が要求される Industrie4.0 が様々な形で見えるようになってきたにも拘わらず、日本企業は、こうした潮流に、あまり危機感を感じていないようにも見受けられる原因はどこにあるのであろうか。

今まで日本企業が信じていた QCD（品質・コスト・納期）の優位性を強調するビジネスモデルが、サイバー空間上での新しいビジネスモデルに代わっていってしまったという指摘がある。日本企業が成功してきた QCD によるビジネスから、データの可視化のための工程の標準化とサプライチェーンという、今まで日本企業が取り組んでこなかった考え方を理解する必要性が生じている。

5-1 製造業の DX 改革への取り組みの課題

図 2 は、経済産業省製造産業局による、2020 年モノづくり白書から、日本の製造業のデジタルトランスフォーメーションの課題について引用したものである。製造業には、研究開発、製品設計、工程設計、生産という一連の流れであるエンジニアリングチェーンと、受発注、生産管理、生産、流通・販売の流れであるサプライチェーンが存在している。日本は従来、“現場力”がその優位性の要因とされてきたが、現状では、その優位性を否定するような様々な問題が存在している。この図の下部は、日本の製造業の平均的な実態を示している。製品設計、製造ライン設計（工程設計）、生産、そして販売・メンテナンスにおいて情報を統合するのがエンジニアリングチェーンである。たとえば、CAD で製品を設計し、3 次元モデリングや切削シミュレーションなどの試作品で加工方法を検証し、実際の製造ラインを構築するとか、図面や部品表（BOM: Bills of Materials）などのデータを効率良く共有することで、製品の開発から保守に渡るライフサイクルコストを低減することを指す。まず、下図にあるように、工程設計における、①軽視・弱体化・人材不足、の問題がある。かつては、製造業における生産技術部は社内でも花形の部門であり、多くの企業は生産技術研究を自ら行ってきたが、現在ではそのような企業は少ない。製品設計上の問題は、②デジタル化の遅れ、に起因することも多い。例えば、３D-CAD などの占有率も他国に比べても低く、そのために BOM などの自動化の整備不足、また、プロトタイプ製作時におけるシュミレーションにかかる時間、コスト増大などの問題が顕在化している。また、設計不良による生産工程からの「手戻り」の問題もある。サプライチェーンにおける問題は、③組織の縦割り化の問題が大きい。特に、サプライヤーを含め、設備の老朽化・複雑化・技術的負債化、事業部ごとの縦割り化、垂直統合の硬直性などが指摘される。

図2 製造業の DX 改革への取り組みの課題



ここで、垂直統合とは、図2にある、計画層（ERP）、実行層（MES）、制御層（PLC）の3階層の統合を指す。生産管理・在庫管理・販売管理などを担うERP（Enterprise Resource Planning）のレイヤー、工場内の工程管理を担うMES（Manufacturing Execution System）のレイヤー、それにシーケンス（順番）を制御するための PLC（Programmable Logic Controller）のレイヤーを加えた3つのレイヤーを接続して情報の相互活用を行うことである。MES（Manufacturing Execution System）とは、製造工程の把握や管理、作業者への指示や支援などを行う「製造実行システム」である。MES は広義の生産管理システムの一つであるが、工場の生産ラインの各製造工程との連携できる点が特徴である。作業手順管理、入荷・出荷管理、品質管理、保守管理など、必要に応じて機能が発揮される。図中、④IoTができていないとあるが、この問題は、やや複雑である。MES の概念は、1993 年、米国の調査コンサルタント企業、AMR Research 社が提唱した、3 層モデルが原典になっている。AMR Research 社は、製造業の機能を、本社が担当する計画層（ERP）、工場が担当する実行層（MES）、機械の稼働を行う制御層（PLC）、の3層の垂直統合モデルを提唱した。ここを担うITシステムはERPである。また最下層の制御レベルで動くのは、たとえばPLCなどのシステムである。日本企業の問題点は、まさにこの統合の部分にある。もともと、人手の多い機械設備が多い工場では、自動化しにくくMES導入の必要性が低い。そのために、PLC を持たない機械や、手作業が多く存在する。したがって、MES に必要なデータ収集、IoT のような仕組みの導入が進まない。そのために、垂直統合が進まないのである。つまり、⑥製造現場の過剰な自律化が起こっている、これは、繰り返しになるが、手作業が多いため、データ未収集・未活用、属人的なカイゼンが行われたり、人手不足、高齢化、設備・機械の老朽化などの問題を抱えていることが、サプライチェーン、エンジニアリングチェーン上の日本企業が抱える課題となっている。

30 年前は欧米も同じような状態であった。1984 年、アメリカでは、トヨタ自動車がアメリカに進出し、カリフォルニア州フリーモントにある NUMMI（New United Motor Manufacturing, Inc.）というGMとの合弁会社を作り、GM の工場と作業員を使って高い生産性を示した。それを契機に、ハーバート大学をはじめとするアメリカのビジネススクールが生産性の調査を行った。この調査結果により、アメリカのビジネススクールは、オペレーション・マネージメントに大きくシフトしていくことになった。この時、オペレーション・マネジメントという言葉が非常に注目されたのは、オペレーションは全行程つながっており、すべての工程がつながったサプライチェーン全体を管理・設計して運用していくのは経営の役割であると、1990 年代半ばごろには、明確に意識されるようになった。

一方、日本はモノづくりで優位性があることを初めて自覚した。現場に任せておけばいい、あるいは、現場の動機付けをすればいいという現場主義の思想になったのも、この時期からであろう。逆に世界は日本の現場主義を見習い、それをシステム化して、現在、 DX という概念となっている。

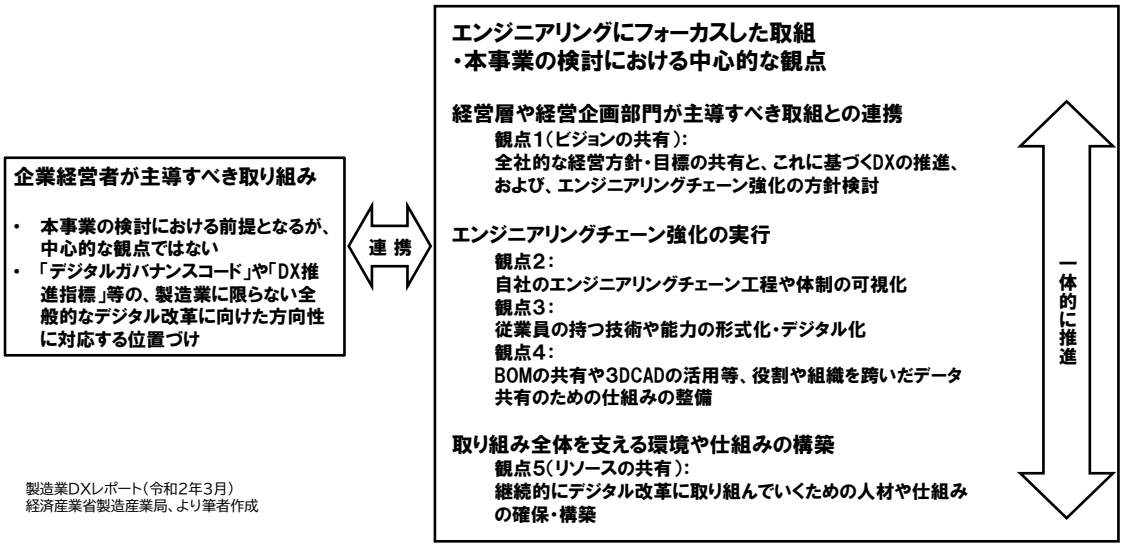
5-2 日本の製造業の DX 改革推進の課題

なぜ、日本企業は独自のプラットフォームの形成ができない、あるいは、関心がないのであろうか。図 3 は、経済産業省による「令和 2 年度製造業 DX レポート」から、DX 改革に向けて経営者が取り組むべき課題をまとめたものである。日本の製造業の最大の課題は、大きく 3 点に集約されている。経営層や経営企画部門が主導すべき取り組みとの連携、エンジニアリングチェーン強化の実行、取り組み全体を支える環境や仕組みの構築、の 3 点である。

まず、経営層や経営企画部門が主導すべき取り組みとの連携の問題である。製造業の DX 改革は、単にアナログをデジタル化するというものではない。部門ごとのオペレーション効率を最適化できても、会社全体の最適化とは連携しないかもしれない。同様に、その企業が属するサプライチェーン全体の取り組みの最適化とは、ほとんど連動できていないことも考えられる。このように、サプライチェーン、つまり企業間、産業間全体の最適というのは、部門ごとに取り組んで解ける問題ではない。経営層、自らが、主導して、社会全体の中での生産性向上についての、様々な要因の最適化に取り組まねばならない問題である。

次に、エンジニアリングチェーン強化の実行の問題である。製品設計、製造ライン設計（工程設計）、生産、そして販売・メンテナンスにおいて情報を統合するのがエンジニアリングチェーンである。たとえば、CAD で製品を設計し、3 次元モデリングや切削シミュレーションなどの試作品で加工方法を検証し、実際の製造ラインを構築する、図面や部品表（BOM）などのデータを効率良く共有することで、製品の開発から保守に渡るライフサイクルコストを低減することである。製造業におけるエンジニアリングチェーンの課題は、いかに全体を可視化できるか、各プロセスの知識、強みについて形式化、つまりデジタル化により標準化、継承化ができるか、そして、そのデータを各プロセス間で共有・活用していくことができるかという問題につながっていく。

図 3 製造業の DX 改革に向けて経営者が取り組むべき課題



製造業DXレポート（令和2年3月）
経済産業省製造産業局、より筆者作成

こうしたデジタル人材の育成、システム構築についてはこうした問題に長年、取り組んできた野村総研へのインタビュー調査を行った：

これが日本の場合の特別な事情かと思います。なので実際に分かる人間をユーザーさんの方におそらくかなりの規模でおいて、試行錯誤はこれは請負契約ができないので試行錯誤をやりながらデベロップメントしていくと、そういう新しいビジネスモデルを開発していかなくちゃいけないこと、我々はそういう事はご支援してつもりでございます。人材育成をしなくてはいけないということで、データ・サイエンティストという言葉ですね、かなり言われてきております。もちろんそれ自身、否定するものではないんですが、データサイエンティストというのは、どちらかというと数学の知識、統計学の知識を利用して分析をするというアプローチなんですが、現実は先ほど申し上げましたように AI はもうかなり民主化して、誰でも使えるようになってきています。これだけクラウドが発達すると別にプログラムのコードを書かなくても人工知能が使える。問題はそれを何に使うのかと、こういうあのどちらがかというとビジネス側で何をしたいのか、何をするべきなのかと、これを分かる人材を作るべきなんだろうなというふうに思いました。そういう意味では受け売りになりますが、オペレーションズ・マネジメント、むしろ経営とオペレーションをどう繋ぎ込むのか、ここの接点の知識体系をできるだけ早く日本の企業の方々に学習していただくのが早いのかなというふうに思います。どう統計を使うとか、どう AI を使うとかっていう話については、実は非常に早い勢いでコモディティ化してきている。しかし何に使う、どうすればビジネスが価値を生むような構造に持っていけるのか。これはビジネスそのものをきちんと学習していただく必要があります。ビジネスといっても財務会計の知識でございません。いったいどういう形でサプライチェーンが高度化していくのか、しかも自分の企業の範囲を越えて、さらに開発のプロセスはどういう形で世界中とオープンイノベーションができていくのか。こういうことをきちんと頭で描けてですね、具体的に動いてその時にデータはどういう形で API （アプリケーション・プログラミング・ インターフェイス）を通じて企業の外の組織と共有するのか、それによってどうレバレッジを効かせていくか、こういうビジネスそのものをきちんと設計していくこと、これが非常に重要な戦略なってきます。（2020/12/18 野村総合研究所　主席研究員　藤野直明氏）

最後に、取り組み全体を支える環境や仕組みの構築の問題がある。図 2 上図に示すように、Industrie4.0 のようなデジタル化を根底にした仕組みでは、矢印のようなデータの流れができておらず、サプライチェーン、エンジニアリングチェーンの形成には大きな問題があることを示した。その理由の一つに、企業内で仕組みやシステムを構築する、デジタル人材の問題が存在する。日本の製造企業、特にその生産部門に IT に詳しい人材が少ない。IT 産業の特徴として、基幹システムを作る際、外部の IT ベンダーと契約をし、委託するケースが多い。つまり、システム設計の段階より、IT ベンダーと請負契約をするという形態が、こ

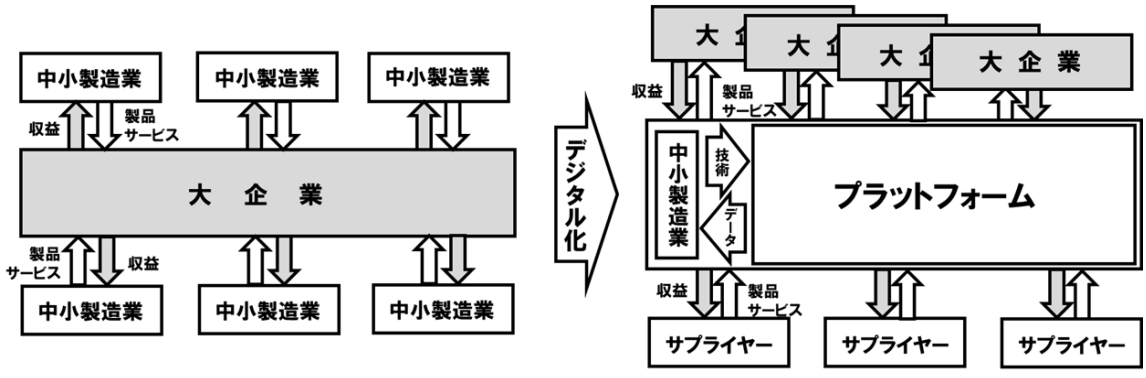
れまでの日本の製造業の特徴であった。しかしながら、Industrie4.0 のように、計画層（ERP）、実行層（MES）、制御層（PLC）の 3 階層の統合というように、独自に試行錯誤をしなければ、システムは独力でしか設計できない。今後、重要となるのは、サプライチェーンにおいて、サプライヤーを含め、生産、販売、サービスが一体となった独自のプラットフォームをいかに作り上げることができるかという点にある。

6. まとめ―日本のものづくりにおける DX 化

DX 改革というのは、社内の個々の部門がボトムアップで改善をしていくという活動の延長上にはない。機能組織を横断し、意匠設計、構造設計、生産技術設計、製造運用保守、廃棄まで含めて、全体の情報を共有しつつ再設計をしていくという取り組みとなる。部門間、企業間、産業間のオープンイノベーションでエコシステムを作り、それをドライブしていく人材が大量に必要であることが DX 改革の成功の条件となる。MIT の P.Weill はこれを“エコシステム・ドライバー”と名付けている。日本企業の DX 改革が難しい点は、このように、これまでの日本の企業の勝ちパターンとは異なる、“組織横断のトップダウン”という経営者の役割が非常に重要になってくる。これまで日本企業が経験したことがない取り組みであることが、DX 改革がうまく進まない第一の原因であろう。

次に、日本の産業構造の問題がある。図 4 を参照したい。図中、左の図は、大企業を中心にし、1st ティア―、2nd ティアーという具合に、ヒエラルキー構造のサプライヤー関係が構築され、親会社と下請け企業という関係を示している。現在のようなデジタル化が進んだオープンイノベーションの時代には、図中、右図のように、こうした産業のヒエラルキー構造を無くし、そのインターフェイスを国際標準にしつつ、世界中で良いものがあったらイコールパートナーとして取り組んで行くネットワーク型の産業構造に変わってきていることを示している。この点について、製造業を始めとして日本企業の経営者がなかなか気付いていない。ここが最も重要なポイントとなる。

図4　製造業の DX 改革―産業構造の変化



Industrie4.0 というのは、従来のサプライヤーシステムを断ち切り、各企業の役割をモジュールとして明確化し、言語体系の共通化、インターフェースの国際標準化を進め、世界中の使える技術をそこに集結させ、オールスターチームを形成し、ネットワーク産業を発展させていこうという考え方である。これまでの産業のヒエラルキー産業構造とは全く異なった構造を持っているのである。

以上、述べてきたように、モノづくりのデジタルトランスフォーメーションは、企業の利潤の追求だけにとどまらず、社会全体や人々の暮らしにも大きな影響をもたらすものである。2015 年、国連で開かれたサミットの中で世界のリーダーによって決められた SDG s（持続可能な開発目標）。その目標達成には、企業や社会全体のデジタルトランスフォーメーションが大きなカギを握っているともいえるであろう。

参考文献：

藤本隆宏・K.B.クラーク、田村明比古（翻訳）（2009）「製品開発力―自動車産業の「組織能力」と「競争力」の研究」ダイヤモンド社

Stolterman, E. And A. C. Fors（2004）.”Information Technology and the Good Life,” Information Systems Research, IFIPAICT, volume 143, pp 687-692

Peter Weill,P. and S. Woerner（2018）.“What's Your Digital Business Model?: Six Questions to Help You Build the Next-Generation Enterprise、” Harvard Business Review Press
ピーター・ウェイル（著), ステファニー・L・ウォーナー（著), 野村総合研究所システムコンサルティング事業本部（翻訳)『デジタル・ビジネスモデル 次世代企業になるための 6 つの問い』日本経済新聞出版