

IoT時代の中小製造業

～部品メーカーの取組事例に基づく考察～

名古屋大学大学院教授

山田基成

1. はじめに

この数年、日本政府は機会ある毎に「Society 5.0」——超スマート社会の時代を迎えたとし、各省庁が発表する白書¹⁾では、IoT (Internet of Things)、ビッグデータ、AI (Artificial Intelligence)、ロボットなどの第4次産業革命の技術革新を存分に取り込み、「Society 5.0」を実現するために各種の施策に取り組むことを一様に謳っている。

ちなみに、今や過去の時代ということになる「Society 4.0」に相当するのは情報社会である。これは1980年代に始まったので、期間にして30年余になる。それでは情報社会と現在の超スマート社会では何が異なるのだろうか。とりわけ、企業の経営ではどんな相違や変化が生じるのであろうか。これが出発点としての本稿の問題意識である。

情報社会をあらためて振り返ると、我々の身の回りには多くの変化が生じたが、その象徴はインターネットとスマートフォンの登場である。情報社会の始まりに際して、これからはコンピュータを社会問題の解決や日常生活に常時、使用する時代とされた帰結が、手許のスマートフォンであり、今やこれを使用することなく日々を過ごしてみれば、同じ事を為すのに多くの手間や作業を要することに閉口しよう。専門家の言によれば、現在のスマートフォンには30年前のスーパー・コンピュータを上回る性能のものが組み込まれており²⁾、これとインターネットを介したネットワークが、情報社会がもたらした最大の産物である。

¹⁾ たとえば、総務省『平成29年版情報通信白書』、同『平成30年版情報通信白書』、経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2017年版ものづくり白書』、同『2018年版ものづくり白書』、中小企業庁『2018年版中小企業白書』、内閣府『平成30年度年次経済財政報告—「白書」：今、Society 5.0の経済へ—』など。

²⁾ 一般社団法人中部産業連盟が2017年8月29・30日に開催した「オープン・イノベーション・カンファレンス」における東京大学の中島秀之特任教授の講演による。

思い起こせば、20世紀から21世紀に移行した2000年頃には、IT革命なる用語が巷を席卷し、情報技術の進展が社会の有り様を一変させると喧伝された。企業経営も「ITの利活用」により大きく変わるとされ、中小企業へのITの導入と活用を支援するための多様な施策が展開された。しかしながら、他の新技術のケースと同様に、ITも大企業に比すと中小企業への導入と活用には時間を要し、10数年の歳月が経過した現在でも、中小企業における「ITの利活用」は主たる施策テーマとして存在している。

こうした中で、ここで取り上げる「IoTの利活用」は、これまでの「ITの利活用」とは何が異なるのか。それは単に「ITの利活用」の延長線上に位置づけられるものなのか、それとも従来の「ITの利活用」とは本質的に異なる特質や成果を有するものであろうか。この課題に焦点を当てて中小工場を事例に考察するのが、本稿の主たる目的である。

2. 今、何が起きているのか

それでは、手始めに現在、社会で起きつつある変化がいったいどんなものなのかを整理することから始めよう。第4次産業革命と称される大きな変化は、概ね以下の4つの技術の進展とそれを利用した経済活動の変容を指している³⁾。

- ① センサーなどを介して多くのモノがインターネットでつながり、社会の多様なデータを容易に収集できる・・・IoT
- ② 収集した膨大なデータを分析することで、新たな価値を創出できる機会が増えている・・・ビッグデータ
- ③ データ分析を行うコンピュータが自ら学習して、人間を超える高度な判断が可能になりつつある・・・人工知能（AI）
- ④ AIを搭載した機械により複雑な作業や仕事の自動化が容易になっている・・・ロボット化

人間に例えれば、神経としてのIoTを介して、ビッグデータを収集し、これを頭脳としてのAIが分析し、それに基づいて筋肉としてのロボットが行動する。

³⁾ 経済産業省産業構造審議会『新産業構造ビジョン——一人ひとりの、世界の課題を解決する日本の未来』2017年5月30日。

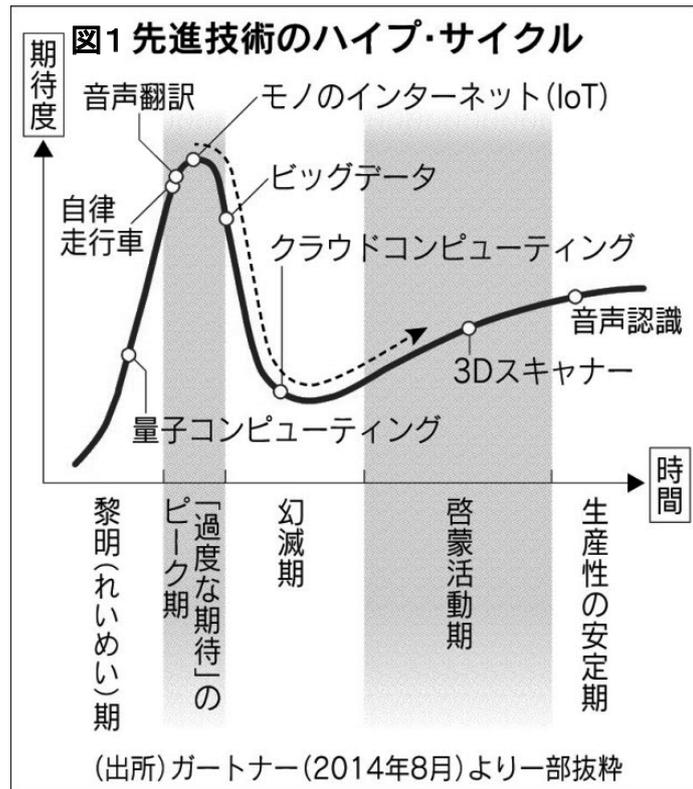
したがって、これらの技術革新を活用することで人間の能力は飛躍的に高まり、これまでは遠い未来の夢であった多くのことが実現できる社会が到来——超スマート社会を迎えたというのが現状の説明である。それでは、これが情報社会で想定していたものとどう異なるのかであるが、端的には次の2点を指摘することができる。

1つは、「IT」ではなく「IoT」と表現することである。より具体的には、従来のインターネットは、あくまでも人間同士の情報交換を前提にしたものであったのに対して、「IoT」はあらゆるものをインターネットでつなげる、つながる状況を想定している。そして、これを可能にするのが各種の情報を収集するためのツールとなるセンサー類が多様になり、価格も低下したことである。その結果として、ビッグデータと呼ばれる膨大な情報を自動的に収集することが容易になった。もちろん、これを時間の経過に伴うインターネットの普及と拡大と捉え、従来の延長線上にある事象と位置づける見方もあるだろうが、些か大袈裟な表現であるとしても、地球上の全てのものをインターネットで結合しようとする試みは、人や組織間の情報伝達やコミュニケーションのツールとして考えていたIT時代とは、質的に異なるものと言えよう。

もう1つは、2010年代の後半に入ってAIの用途が飛躍的に広がったことである。深層学習（ディープ・ラーニング）と呼ばれる新たな手法によりAIの技術が飛躍的に向上し、多様な場面でAIを利用してデータ分析と判断を行うようになってきている。もちろんこれも、AIが注目されたのは今に始まったことではなく、その端緒は1950年代にまで遡り、1980年代の情報社会の中でも第2次のAIブームが起き、今回は第3次ブームであるので、過去からの延長線上の出来事と捉えることも可能である。

しかしながら、技術普及のハイプ・サイクル（[図1参照](#)）に照らして位置づけられれば、明らかに過去のブームはその効果が期待されたにもかかわらず、実際にはその後に幻滅期を経験し、期待が萎んだがゆえにブームと称されたのに対して、今回は啓蒙活動の時期を超えて社会の中で広く使用されつつあるという点において、明らかに次元の異なる状況にある。

加えて、このことが同時に意味するのは、蒸気機関の発明に端を発する18世紀後半の第1次産業革命から、約150年後の20世紀初頭の電力とモーターを利用し



出所:『日本経済新聞』2015年7月9日朝刊

た第2次産業革命、それから70~80年後のコンピュータを活用する第3次産業革命、さらに30年余が経過した現在の第4次産業革命と、各革命間の期間がおおよそ半減していることである。これも単なる偶然と片付けることはできるが、人類が大きな技術変化を生み出すスピードを短縮しているのは紛れもない事実である。

図1は2015年7月9日付けの『日本経済新聞』朝刊からの引用であるが、この時点で「IoT」や「ビッグデータ」は「過度な期待」のピーク期に位置づけられていた。しかしながら、それから3年ほどの時間が経過した現在ではこうした状況にあることが、現代社会の技術革新のスピードの速さを物語っている。

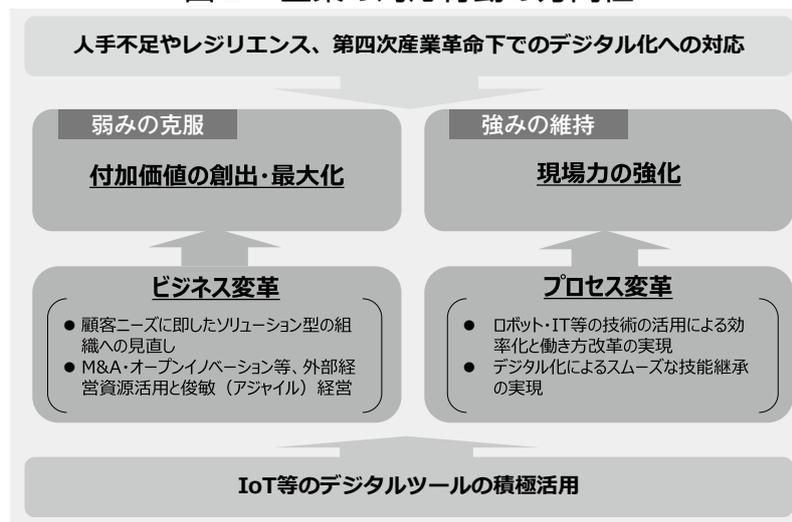
3. AIやIoTは企業経営にどのような影響を及ぼし得るのか

それでは企業は、これらの技術革新をどのように活用することができるのだろうか。

経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2017年版ものづくり白書』では、IoTなどのデジタル技術に対する企業の対応行動について詳細な検討を行っており、図2はデジタル技術を活用した企業の取り組みの方向性を示したものである。そ

ここでは大きくは2つ、各企業の強みの維持としての「現場力の強化」と、弱みの克服としての「付加価値の創出・最大化」を挙げるとともに、これらの成果を実現するためには、「現場力の強化」には「プロセスの変革」、「付加価値の創出・最大化」には「ビジネスの変革」が必要であるとする。

図2 企業の対応行動の方向性



出所：経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2017年版ものづくり白書』p.59

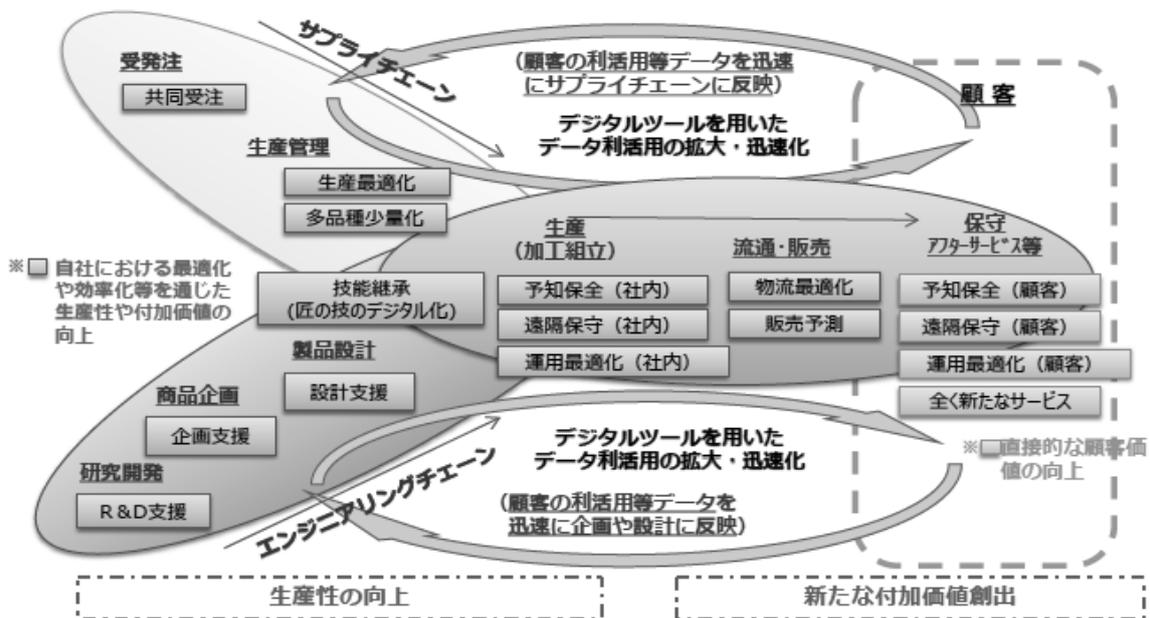
その上で、デジタル技術を活用して可能になる具体的な活動を例示しており（図3参照）、企業内の研究開発－製品設計－生産－保守などの「エンジニアリングチェーン」と、受発注－生産管理－生産－流通・販売－アフターサービスなどの「サプライチェーン」の双方の各所で活用が可能とする。要するに、企業内のほとんど全ての活動や場面で利用し得る。

ただし、同時に一口に製造業といっても、産業や企業の業態などによる取組の方向性には相違があるとし、以下のようなタイプ別の行動を示唆している⁴⁾。

- ① 最終製品：自動車、電気機器、航空機、日用品、食料品、医薬品・化粧品など
- ② 部品・部材：輸送用機械部品、電子部品、金属製品など
- ③ 素材：化学、石油製品、鉄鋼、非鉄金属、窯業、パルプ・紙、繊維など
- ④ 設備：産業機械など

⁴⁾ 経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2017年版ものづくり白書』p.62.

図3 デジタル技術を活用したソリューション例



出所：経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2017年版ものづくり白書』p.62

本稿では中小製造工場に焦点を当てるので、②部品・部材に着目するが、中小部品メーカーの対応行動としては次の5つの活動例が挙げられている⁵⁾。

- (ア) 部品・部材ユーザーへのサービス提供
- (イ) 受発注を仲介するビジネスモデル（プラットフォーム）の提供
- (ウ) IoTの活用によるカイゼン・ノウハウのサービス提供
- (エ) ものづくりのデジタル化による製造プロセス最適化
- (オ) その他（工場間の連携など）

以下では、上記の中の（ウ）IoTの活用によるカイゼン・ノウハウのサービス提供について、筆者の地元である愛知県内の自動車部品メーカーの事例を通じて考察を深めることにする。

4. 中小部品メーカーにおけるIoTの活用事例

(1) 旭鉄工株式会社

旭鉄工株式会社（本社：愛知県碧南市）は、自動車のエンジン部品やボディー

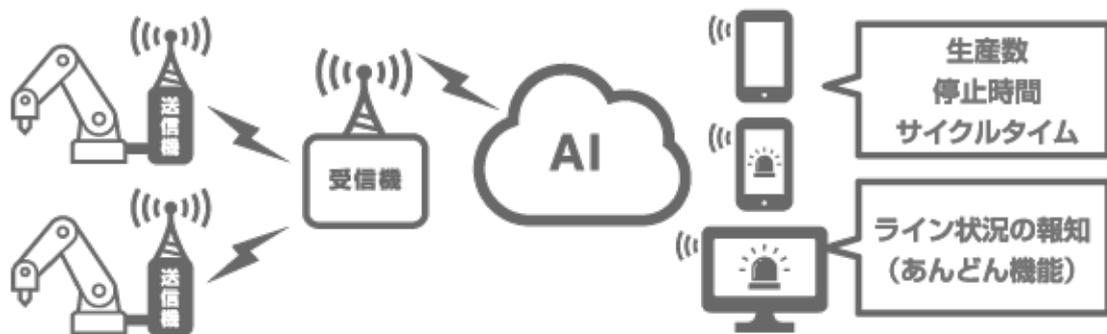
⁵⁾ 前掲書、pp.77-85.

部品の製造を行う従業員480名の部品メーカーである。工場の製造ラインにおける生産個数や稼働時間などの情報を、スマートフォンで見える化したIoTシステムを自社開発し、生産性の向上や設備投資の削減、作業時間の短縮などを実現し、経営面での顕著な効果を創出している⁶⁾。

取引先の大手自動車メーカーから生産工程の見える化に取り組むよう指導があったことがきっかけとなり、IoTシステムの開発に取り組み始め、部品の生産数や機械設備の停止時間などの製造現場の情報を、リアルタイムに自動で検出し、見える化することに取り組んだ（図4参照）⁷⁾。

「必要最低限のデータのみ取得する」「初期投資は安価に抑える」という開発方針の下、2014年に生産設備の異常停止情報をクラウド上に蓄積する第一世代を開発した。翌年には、第二世代として、リアルタイムに設備の稼働・停止状況を汎用ディスプレイに表示する「iスマートアンドン」や、秋葉原で購入した数百円のセンサーを使って製品1個あたりの生産時間である「サイクルタイム」を測定するシステムを開発したが、第三世代は機能をさらに強化するために外注化をした。

図4 IoTを利用した取組内容



出所：i Smart Technologies 株式会社ホームページによる
(<http://istcco.jp/service/index.html>)

経営上の効果としては⁸⁾、社内の切削ラインでは月産の加工出来高が69%増加

⁶⁾ 前掲書、pp.155-156.

⁷⁾ 中部経済産業局のホームページ「中部発きり企業紹介Vol.106：i Smart Technologies株式会社」(http://www.chubu.meti.go.jp/koho/kigyo/106_i-smart/index.html 2018年6月12日閲覧)による。

⁸⁾ 2017年11月16日に中小企業大学校瀬戸校で開催された『経営トップセミナー』における旭鉄工株式会社の木村哲也社長の講演による。

して⁹⁾、工程内不良率も劇的に低下して品質も向上した¹⁰⁾。そのおかげで生産ラインの増設は不要となり、残業もほぼゼロになった。会社全体で見ると、こうした成果による設備投資の削減効果は年間で約4億円にもなり、労務費も月1,000万円ほど低減したという。

2016年には、自社で開発してきたこのシステムを拡販するために子会社 i Smart Technologies 株式会社を設立し、10万円前後の初期投資と月々の数万円のサービス使用料という金額で中小工場でも導入が可能なIoTシステムとして販売を行い、これまでに試験導入を含めると約100社に導入してきた¹¹⁾。

(2) 日進工業株式会社

自動車部品の樹脂成型加工などを主力事業とする日進工業株式会社（本社：愛知県碧南市）は、日本で第4次産業革命と騒がれ始める以前の2013年頃から、自社工場のIoT化に取り組み、2015年に新設した武豊工場においてIoTシステムを導入した「Nissin Smart Factory」の運用を開始した¹²⁾。

これは工場内の射出成形機にセンシング装置を取り付けてデータを収集し、作業員が担当する工程ごとに設置されたモニター画面に、稼働率や不具合の発生の有無などを表示するものであり、生産現場のフロア全体から見える大型モニター（電子アンドン）も設置して、機械が生産停止（チョコ停）すると、担当者の携帯端末やスマートフォンにも画面と音声で指示が出るシステムを構築した。これにより作業員は自身が担当する設備の稼働状況を手許で常時、確認することができ、設備に不具合が生じたときには、停止した設備に駆けつけて不具合を解決するとともに、その原因をスマートフォン上の選択肢から選んで入力する。このようなデータを累積することで、チョコ停が生じる原因の分析が可能になり、チョコ停解消のために要している時間も明らかとなり、生産性を向上させる上での貴重な情報源となる（**図5**参照）。

今後は中国などにある海外工場の生産状況も見える化することで、グループ内の工場同士が生産効率や品質の高さを競い合ったり、蓄積したデータをAIで分

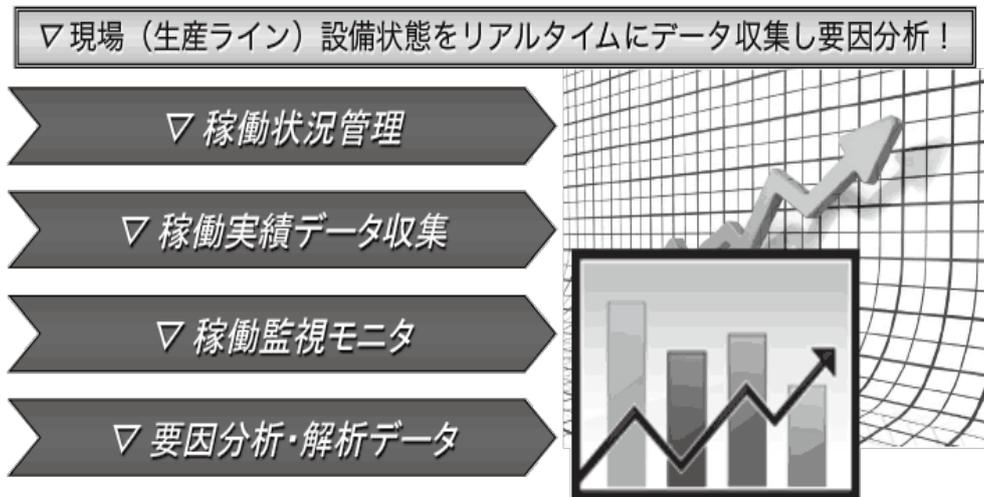
⁹⁾ 2015年2月と2016年3月の出来高の比較による。

¹⁰⁾ 2015年と2016年の比較で工程内不良率は20分の1に低下し、0.01%を大きく下回る状態にある。

¹¹⁾ 『日本経済新聞』2018年6月6日朝刊（中部版）。

¹²⁾ 2017年4月21日の訪問調査における長田和徳社長へのヒアリングによる。

図5 IoTシステムの機能



出所：日進工業株式会社ホームページより
(<http://www.enissin.com/theme65.html>)

析して原価率の高いものを見つけて改善活動に取り組んだりすることを計画している。また、製造現場の見える化で業務をスピードアップすることができたので、間接業務の見える化にも取り組んで仕事の標準化を進め、2020年には残業をゼロにすることを目指している。

さらに、自社内のIoT化にとどまらず、この設備稼働状況の監視システムを子会社である株式会社サンアドバンスを通じて外部にも販売しており、中小製造業でも手軽に導入できるように1セット10万円の低価格で地元の愛知県を中心に販売している¹³⁾。既に国内だけで1,000セット程度の販売実績があり、中国企業など海外への拡販にも取り組んでいる。

(3) 久野金属工業株式会社

久野金属工業株式会社（本社：愛知県常滑市）は、高精度のプレス加工品の開発から量産までの一貫対応を手がける従業員300名の部品サプライヤーであり、高いサービス品質と高生産性を武器に、多くの大企業のものづくりを支えている。

同社は、経済産業省の「攻めのIT経営中小企業百選」に選定されるなど、ITの先進的な導入に取り組んでおり、30年ほど前の1988年よりITを活用して200台

¹³⁾ 経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2018年版ものづくり白書』p.135.

を超える機械設備の稼働状況をモニタリングしてきた。また、2013年にはソフトウェアの関連会社である株式会社マイクロソフトリンクとの共同開発により、製造作業の動作解析ソフトをiPhone用のアプリとして開発した。月500円で誰でも利用が可能であり、映像撮影のビデオ機器が無くても、スマートフォンで作業の様子を写真に撮り、動画として再現することもでき、作業時間を0.1秒単位で計測して改善活動のためのツールとなるものである。言語は日本語のみであるが、国内だけでなく海外35カ国で導入実績があるという¹⁴⁾。

2016年12月には、金型部品を加工する研磨機にセンサーを装着し、加工中の音や振動などの情報を収集して研磨状態を分析することで、熟練技能者の長年の技に頼ることなく加工条件の適正化に結びつけるIoTの導入に着手した。さらには工場の稼働状況を把握するために、プレス部品の加工ラインにIoTのモデルラインを設け、取り付けしたセンサーで情報を収集し、社員はスマートフォンで稼働状況を確認することで、設備の生産能力を最大限に活用することに取り組んできた¹⁵⁾。このIoTシステムは、マイクロソフト社が提供するクラウドサービス（Microsoft Azure）をベースにしたものであり、公衆のインターネット回線を使用することで費用をかけることなく工場内のワイヤレス化を実現した。2017年7月の社内データによると、1ヶ月のプレス機の平均稼働率はシステム導入以前の前年6月の32%から58%へと大幅に向上した¹⁶⁾。

そして2018年4月からは、このシステムをマイクロソフトリンクで月額1万円台からスタート可能な製造業向けIoTサービス「IoT GO」として外部向けに販売を開始した。

5. 3社の事例を通じた考察

前節の事例で紹介した3社は、いずれも愛知県内にある自動車部品のサプライヤーである。この3社におけるIoT化の取組には多くの共通点を見出すことができるが、その中でも重要と考えられるポイントを整理してみる。

¹⁴⁾ 2017年7月3日の訪問調査における久野功雄専務取締役へのヒアリングによる。

¹⁵⁾ マイクロソフト社のホームページの顧客事例集（<https://customers.microsoft.com/en-us/story/kunokin-manufacturing-azure-iot-edge-jp-japan> 2018年9月23日閲覧）による。

¹⁶⁾ 『日刊工業新聞』2018年3月14日。

(1) 経営者自らが率先するIoT化への取組

3社の経営者はIoTに強い関心を持ち、自らが率先して活動に取り組むとともに、これを実現する個人的な能力を備えていた。日進工業の長田社長は、学生時代よりコンピュータのプログラムを作成することを趣味とし、簡単なものなら自らプログラムを書くことができる。旭鉄工の木村社長は、自動車メーカーでの勤務経験を活かして生産現場の見える化のツールとして、自らプログラミングの勉強をして簡単なシステムを、できるだけお金をかけずに構築するとの方針で、2014年に機械設備の正常と異常の時間を測定する第1世代のシステムを立ち上げた。また、日進工業や久野金属工業は、会社としてITの利活用において先進的な取組を展開してきており、昨今のIoTブームの中で今回の取組を始めたわけではない。

(2) IoT導入の段階的な拡大プロセス

IoT化への取組プロセスは、3社ともほぼ同様な手順を経ている。これは多くのIoT導入企業に共通するものであり、次のプロセスに沿って段階的に活動範囲を拡大していくのが一般的である¹⁷⁾。

- ① 生産工程の機械単体の稼働状態の「見える化」を行う
- ② 生産ラインないしは生産工程全体の稼働状態について「見える化」を行う
- ③ 生産ラインや生産工程に関わる人員の稼働状況も「見える化」する
- ④ 工場内もしくは取引先企業との間で、生産品や部材のトレーサビリティ管理を行う

すなわち、IoTの活動範囲を、①単体の機械設備から始まって、②ラインや生産工程全体、③設備だけでなく人員の稼働状況も把握、④工場や企業を超えた活動へと拡大していく。製造工場のIoT化の第一歩は、特定の機械単体にセンサーを取り付けてデータを収集して、機械の稼働率や生産性の向上に取り組むことから始まる。久野金属工業では高精度な研磨作業の加工条件を、熟練作業員の長年の経験による技能に頼ることなく、研磨機に取り付けたセンサーを介して振動や温度、回転速度などのデータをリアルタイムで収集してAIで分析し、最適条件

¹⁷⁾ 経済産業省・厚生労働省・文部科学省『2017年版ものづくり白書』p.33.

を導き出すことから取り組んだ。その後、主力のプレス機の生産ラインのIoT化へと拡張した。こうしたIoTの段階的な拡張は、旭鉄工や日進工業においても同様であり、日進工業では作業の自動化を工場内からさらに広げ、生産した品物を自動倉庫に収納して、取引先への納入スケジュールに合わせて出荷口へ取り出して伝票を発行するシステムにまで拡張している。

(3) 改善活動の経験と能力の蓄積

製造工場にIoTを導入することで生み出される成果は、機械設備の稼働率アップによる生産性の向上やコストダウン、品質の向上、それらの結果としての設備投資の削減や人員抑制など幅広い。しかしながら、これらの成果はIoTの採用により自動的に生まれるわけではなく、あくまでも収集したデータを分析して機械設備や生産工程の改善活動に取り組んだ結果としてもたらされる。

また、1日当たりの機械の稼働時間が長くなることで生産性の向上やコストダウンに結びつく前提として、機械をフル稼働するだけの仕事量があることが必要である。3社が従事する自動車部品は、現在の日本では数少ない安定した量産作業である。旭鉄工を例に取れば、エンジン部品（バルブガイド）月産1,000万個、トランスミッション部品（フォークギアシフト）月産70万個、ブレーキ部品（レバーパーキングブレーキシュー）月産40万個、サスペンション部品（ストラットロッド）月産40万個などを製造している¹⁸⁾。したがって、量産工場であるがゆえに、機械設備の停止時間や生産のサイクルタイムの短縮効果は業績の向上に直結し、IoTの導入により大きな効果を上げている。

加えて、これまでの自動車部品の仕事を通じて、品質・コスト・納期などについての改善活動の豊富な取組経験とノウハウを有している。3社はいずれもトヨタ自動車関連の仕事に従事しており、いわゆるトヨタ生産方式による改善活動を取引先によって鍛えられ、お手のものである。IoTにより提供されるデータは、改善活動のヒントやアイデアを与えるインプットの役割を果たしているに過ぎず、収集したデータを活かして最終的に経営成果を生むことは組織の改善能力しだい

¹⁸⁾ 旭鉄工株式会社のホームページの企業概要（<http://www.asahi-tekko.co.jp/about/profile/> 2018年6月10日閲覧）による。

である。量産部品の生産ラインとこれらの改善能力を保有する職場だからこそ、IoTを活用できたとも言える。

(4) IoTシステムの外部への販売

各社の事例紹介で言及したように、3社ともに自社で開発したIoTシステムを、子会社・関連会社を通じて外部に販売することに取り組んでいる。そのさいに、自分たちと同じ中小企業への販売を念頭に置いて、先ずはお試しとして1ラインからでも導入して効果や実績を確認できるように配慮し、導入コストも安価になる工夫を凝らすことで、大企業が提供するIoTシステムとの差別化を図っている。旭鉄工や日進工業では既に多くの納入実績もあり、IoTを社内の「ものづくりのデジタル化による製造プロセス最適化」から、「IoTの活用によるカイゼン・ノウハウのサービス提供」へと広げ、自社の新たなビジネスとして確立することに成功している。ただし、機械メーカーをはじめとする大手企業はもとより、他の中小企業にあってもIoTシステムの販売に取り組む企業は急増しており、これを安定した収益事業とするには、3社ともにさらなる工夫やビジネスとしての独自の強みが求められよう。

6. 結びに代えて

第4次産業革命の技術革新は、人間の能力を飛躍的に拡張するものであり、経済社会の幅広い場面で大きな可能性とチャンスを生む新たな展開が期待される。こうした中で、IoTが企業にどのような便益をもたらすのかといえば、既に触れたように大きくは次の2点を指摘できる。

- ① 生産性の向上により、既存事業の強化に役立てる
- ② 新たな付加価値の創出により、ビジネスモデルの構築や新事業の創出を図る

本稿で紹介した3社は、自社工場へのIoT導入により既存事業の強化を図り、その成果をIoTシステムとして外部に販売する新たな事業創出に取り組んでいる点で、この2つに同時にチャレンジしている。

しかしながら、だからといって多くの中小企業がIoTの導入とそのメリットの享受を、同様に実現できるわけではない。前述のように3社は部品の量産工場で

あり、それとは異なる試作品や多品種少量生産の工場におけるIoTの導入と便益となると、その内容は別のものとなろう。また、製造業務以外の間接業務や管理業務の職場におけるIoTの導入も、今後に残された課題である。

2000年代の情報社会における「ITの利活用」では、日本企業が上げた成果の多くは、①生産性の向上に留まり、②新たな付加価値の創出にまでは至らなかった。それと同じことを「IoTの利活用」でも繰り返さないことこそが重要である。とりわけ、米国のGAFAに代表されるIT企業群は、新たな付加価値の創出によるビジネスモデルの構築や新事業の創出に成功することで、時価総額1兆ドルのメガ企業に急成長したことを肝に銘じておくべきである。