

# IoTって何だ

徳島経済研究所技術顧問 工学博士

西池氏裕

## 1. IoT を語る前に

IoT はこのごろ耳にするのだが、どうもほんやりした概念しかつかめない言葉である。これについて周囲の人に聞いてみると、多くの人の感想は、次のようであった。

A氏：IoT という言葉はよく聞く。コンピューターとかネット関係のことらしいね。自動運転システムなんてそれなのかな。世の中ががらりと変わるように言うが、そうかな。確かにスマホで世の中は変わったといえば変わったけどな。

B氏：顧客のデータをいろいろ集めて、効率よくメンテナンスや販売計画に役立てる、そういう動きだろ。在庫管理なんかにも役立つよな。今までもやっているといえはいえる。

C氏：これまでも、IT や3D などの「新技術」がよく登場したけど、直接自分の仕事に関係したかどうかは後になって気がつく。しかし、結局はたいしたことはない。IT の評論家がまた作りだした流行の言葉のひとつだろ。

D氏：ビッグデータを使ったり、ユーザーから直接データを集めて新しいビジネスモデルを作ることだろう。うちは資金力がなからそんなことはできない。どうせ大企業のやることだ、うちでやることではない。

これらの意見を聞いてみて、何か起こりそう

だということは、うすうす感じている人は多いが、変化を見越して自分でも動かなければならないほどのことかどうかは分からない、というのが正直な意見のようだ。少なくとも、大きな社会変化が起こりつつあり、それがビジネスのビッグチャンスかもしれない、と考えるほどシリアスに捉える人はほとんどいない。

IoT は Internet of Things の頭文字である。解説書などには、Internet of Things は「モノのインターネット」とか、「モノがインターネットにつながる」などと説明してあるが、よけいに分かりにくくなる。単一の技術を示す言葉でない故に分かりにくいのであろう。むしろ、このごろドイツを中心に盛んに言われる第4の工業革命という考え方の方が、理解を早めるのに、また、事態の深い影響力を想像するのに適しているのではないかと考えている。

しかし、IoT という言葉は浸透してしまっており、同一の社会的状況を違った角度で見ているだけのことで、結局は同じと理解しても大きな誤りではない。IoT という名称で起こりつつあることが何なのかを、特に徳島の中小企業の立場を前提として考えたことを述べる。

## 2. 大工業社会の生産原理が大幅に変化すること、産業革命に匹敵

IoT によって具体的に、われわれの生活がどのように変化するかは、いろいろな解説書に書かれている。ここでは、あえて、もう少し IoT の意味をドラスティックに考えることから始

める。その方が、徳島に多い中小企業者が、IoTに自分自身でどう向かいあっていくかを考えるための刺激になるはずである。

### ○産業革命を思い出そう

産業革命というのは、生産様式を大きく変える大きな時代の変化のことである。

通常、我々が産業革命という名前を歴史教科等で習ったのは、第1次、第2次産業革命と呼ばれる生産技術(生産システムも含め)の変化である。18世紀から19世紀に英国で始まり順次各国に伝播した、蒸気機関や水力機関などの動力機関を機動力とする生産技術の変化で、自動織機の開発など主として軽工業の発展を促した。これを第1次産業革命と呼び、第2次の産業革命は、20世紀初頭からの重化学工業を中心にして、電力を使った労働集約型の大量生産方式の導入を指している。

エネルギー的観点から、原子力エネルギーを利用する現代を「第三次産業革命」と呼ぶ立場もあるが、むしろこの時期は同時に電子技術も急速に発展し、電子計算機が登場したことで生産方式や生活様式を急変していくことになったことは、現存する多くの人々が実感してきたことである。この辺りは、産業革命と呼ぶより第三次工業化と呼ぶ方が適当なのかも知れない。

これに続く大きな変化が、IoTと呼ばれる技術思想の変化である。実はIoTという名称で呼ばれる変化は、必ずしも名称が統一されているわけではない。ニュアンスの違いは別にして、ドイツではインターネットと人工知能の本格的な導入によって、生産・供給システムの自動化や効率化を革命的に高めようという意味合いから、インダストリーⅣと呼ばれるし、米国では、「インダストリアル・インターネット(Industrial Internet)」と呼ぶ人もいる。

### ○工業化、あるいは産業革命は社会の何を変えてきたか

現在進行中の変化を考えていく場合、IoTに

よって現在の自社の商品の売れ行きがどのように変化するのだろうか、どの商品が増大するのか或いは消滅していくのか、を予想することは必要であるし有効でもある。しかし、その場合だと、対応はかなり受け身にならざるを得ない。それに対し、今どういう価値の変化が生じつつあるのかということを考えれば、現在見えていない先のことでも予想して、逆に市場に発信していくことが可能になる。いわば前者の戦術的な予想に比して、戦略的とも呼べる予想ができる。大きな時代の変化がある場合、やはり戦略的な見方をするかどうかで、将来の自社の在り方が大きく変化することは歴史が語っている。

社会が物質的に豊かになってきたのは、第1次産業革命で人類が経験したように、人間が肉体以上の力や大きなエネルギーを使用する技術を発明したことが、その土台にある。さらに、農水産業や手工業が主である経済構造から、工場による生産方式を編み出したからこそ、物質的に豊かな社会を実現できた。この工場による生産様式の基本的原理は分業であり、また規格化であり、高速化・大規模化・省力化したラインによって同一生産物の大量生産によるコストダウンを成し遂げてきたことである。それを推し進め可能にしたのは、第2次産業革命期で電動機や内燃機関を動力としたことにあるといつてよい。

自然科学も工業化社会以前の哲学や魔法の領域を脱し、種々の自然現象を解明し、新しい物質や原理を提供する化学や物理を急速に発展させた。ただ生産のための原理、つまり大量に安価・良質な商品を作り出すという原理は、第1次も第2次の産業革命でも同じで変化はなかった。

科学技術の発展において、生産のためのシステムそのものに大きな関心をよせるようになった事が、第3次産業革命の推進力となった。どのような生産システムにしたらよりコストの安価で良質な商品を生産できるかとい

うことで、最もコストの割合が大きくなってきた労働力を減少するための技術開発が盛んになった。いわゆる自動化、省力化がそれであるが、それを可能にするには、電子技術の発達がおおいに貢献した。繰り返すが、第3次までの産業革命を突き動かした大きな駆動力は、上述したように大量に安価な商品を作り上げることであった。

しかし、第3次産業革命は実は来るべき第4次産業革命の前触れでもあった。

産業革命の捉え方はいろいろある。マルクス経済学的な生産様式を分類した捉え方、あるいはエネルギーを又は産業を中心とした分類等々がある。ここでは、第1次は農水産業・手工業中心の時代を脱却し18世紀後半の工業化となる黎明期、第2次は19世紀後半の大量生産による庶民の物質文明化、第3次は第2次世界大戦後から20世紀後半の電子技術の発達と、生産設備・システムの進化と捉える。そして、この時代に注意すべきは、日本ではトヨタ生産方式に代表されるリーンな生産方式(贅肉の取れた、ムダのない生産方式)にはじまり、方向として多品種少量、変種変量等究極のカスタマイズを目指す生産思想が現れ始めたことである。

第4次産業革命という名称は、まだまだ定着するには輪郭のぼやけたところがあるが、名前にふさわしい生産システムや社会の変化があるとすれば、IoTによる生産活動のネットワーク化がそれに相当すると考えられる。つまり、市場の需給関係、競争関係に客の好み等を考慮することが可能になり、商品を買う人・顧客の

多様化したニーズと好みを十分に考慮しなくては商品が売れない時代となった変化である。物が入手さえできれば満足するという時代から、個性にあった物をえらぶという時代に移り変わってきた変化である。

以上の変化を表にまとめてみた。

### ○商品に対する要求の変化

～IoTは産業革命だとしたら～

生産の思想、あるいは大工業化社会で培ってきた生産原理が大きく変わろうとしているのが、現代進行しているIoTである。

社会が物質的に豊かになってきたのは、産業革命を経て確立した工業社会という生産方式を人類が発明したからである。歴史的に工業生産方式を振り返ると、お客の満足度を考慮し始めたのはそう古いことではない。お客の方でも、まずは次々生まれてくる新商品を世間に遅れずに購入することが最優先で、自分に合っているかを考えるのは二の次であった。戦後種々の家電製品が登場した時のこと、三種の神器といわれて白黒TV、電気洗濯機、電気冷蔵庫が各家庭に普及し始めたときや、家用自動車を持つことができ始めた時のことを考えれば納得がいく。

しかし、ある程度物質的に充足されると、人間は自分の好みにあった商品を希求するようになる。そして、従来の大工場を中心とする生産方式、規格化した生産方式だけでは、次第に個人個人の要求を満足させられなくなってきた。差別化という言葉は中途半端なことばであるが、商品を生産する側の人間は、自社の商品が少しでも、顧客の要求に合致するように特徴

生産システムの理念を中心とした「産業革命」

産業革命期		生産システムの理念	特徴となる技術	主対象	社会変化
第1次	18世紀後半	工業化黎明期	蒸気機関	軽工業	資本主義社会へ
第2次	19世紀後半から	大量生産	電動機・内燃機関	重工業	庶民の文化へと
第3次	1970年代から	個性化生産黎明期	電子・システム技術・自動化	大工業	カスタマー主導概念の登場
第4次	21世紀前半から	究極のカスタマイズ生産	情報ネットワーク	中小企業、全産業	個性を尊重した文化

を出そうという意味で、そのことでしのぎを削ることになる。その差別化には、性能の優劣だけでなくデザインの優劣など、定量化できない要素も入ってくるようになった。家電でも自動車でも、次々と新しいモデルの市場への投入が必要となってきたわけである。

その突き詰めた形は、個人個人の好みによって生産する究極のカスタマイズにある。いわば、人間が画一化した物質文明に満足できなくなり、使用する人の個性に応じてカスタマイズした商品、個性的な価値をもとめるようになったのが現代である。今までの原理から言うと、大量に品質の一定な商品を生産することでコストダウンを計ってきたことと、カスタマイズした商品を生産することでは、全く矛盾する要求になる。カスタマイズするほど生産コストは上昇する。しかし、市場の需給バランス及びカスタマイズのための種々の技術革新で、損益分岐点は大幅に、究極のカスタマイズを目指す方向に動き始めたということなのである。一口にいうと商品を『規格製品の大量生産によるコストダウン』から、『カスタマイズによる付加価値の増大』に工業生産方式の主要な原理が変化しつつあると言うことである。

これは工業生産という方式を人類社会が発明してからの大きな思想変化といえる。だから、IoT なり第4の工業革命なりの呼称が存在する根源的な理由なのである。

企業が戦略的に未来を考えるとということ、そのような時代の思想の変化に併せて未来の経営を準備していくことではないか。これは大企業のことであるが、ソフトバンクの孫正義氏が7月18日に英国半導体設計大手アーム・ホールディングスを約3.3兆円で大型買収したのも、IoTの将来を見越しての戦略的投資である。

無論本論考で述べたいのは、大企業による企業買収のようなものだけが戦略的に将来を見通す方法でないことで、むしろIoTの将来は地域に密着した中小企業にこそ優位な点がある

ことを強調したい。以下そのことを述べる。

### 3. IoTを支える技術の性格を知る

#### ○大量生産方式の大工業が変革の土台

歴史的にみても、低コストの商品生産の基礎となる大工場制による生産方式が無くなるわけではない。無くなるどころか、ますます発展するであろう。元々が大工場制の生産方式で可能になった大量な物資の上に「カスタマイズ」化が可能になるのであるから、当然といえば当然である。これからの工業は、大量の素材や中間原料を生産するための工場と、現場の消費者に密着してカスタマイズ化を可能にしていくための工場とに、性格的には二分化されていくであろう。

そして素材や中間原料を生産する工場(大量生産工場制とでも呼ぼう)は、これまた究極の自動化、すなわち無人化を目指していくことになるに違いない。つまり、この大量生産工場制は、それほど多くの労働者を必要としなくなる。個々の消費者の要求に応じる究極のカスタマイズを目指す工場は、IoTの有する性格が反映されるであろうから、大工場制工業が主体となるのではなく、地域あるいは消費者の要望を直接聞くことができる、ネットワーク型の中小企業群が主体となるであろう。究極のカスタマイズ化はキット商品を組み立てるように、あるいは顧客が自分のデザインやアイデアを実現化できるように、消費者が自ら生産に加わるような形が主流になることが十分考えられる。

#### ○IoTの時代を到来させる主要な技術

IoTも人によっては第4次産業革命と呼ぶくらい、その変化の駆動力となる技術群がやはり存在しており、IT技術・情報処理技術の発展が最も重大な役割を担っている。それらの基礎の上にAI(人工知能)の驚異的な発展、ロボットの発達があり、スマートデバイスの普及は人や物をつなぐネットワークの何たるかを実感

させてくれている。個々人の要求を満たすための、もの作り技術、情報技術、等々が準備されてきた社会になったのである。

基本的にはITの発展によるものであり、情報の管理技術、自動化の留まるところを知らない進展は、予想のつかないほどの可能性を今後の社会に与えてくれるであろう。3Dプリンター、ドローン、其の次は何？という具合に今後も次々と生活の様子を変えてしまいそうな技術が登場していることを、種々の解説書は我々に告げている。これらの技術はみなIoTという新しい生産方式の担い手となる技術である。

以下の技術の詳細はいろいろな解説書を読んでいただくとして、IoTの観点からの重要なポイントだけを指摘する。

### ○情報ネットワークとその周辺の技術

PCによる情報ネットワーク化が進んでかなりになり、このごろではすでに個人が情報を発信する手段は社会全体に行き届き始めたといえる。また発信のためのデバイスの大工業生産による低価格化は、あらゆるモノが持っている情報を発信することを可能にしつつある。多くの人とモノのデータは、処理方法さえ考えれば有効に利用できる環境が整ったといえる。

### ○自動化と人工知能

集めた情報を処理するのは形式知化された、人間の経験である。それをアルゴリズム化する技術、回路として設計する制御技術と現実の物理的動きに変換するアクチュエーターの開発という分野が無限に横たわる課題である。ロボット工学を中心にこれらの技術分野は発展するが、暗黙知から形式知への変換等では現場の知識を有する方の協力が必要となる領域であり、また中小企業の活躍する場でもある。本論のIoT的観点で言えば、究極のカスタマイズ化のために要する暗黙知を形式知化するための技術者は現場に密着している必要がある

ので、大企業より現場に近い中小企業者が原理的に有利なはずである。その意味でIoTは地域の中小企業が先導する技術革新である。

### ○3Dプリンター

3Dプリンターは、従来の機械屋の目でみると高級な射出成型機にしか過ぎない。であるが、飛躍的に金型生成時間とコストを低下させる等々、単なる加工機の領域をこえるポテンシャルを秘めていることは、すでにあちこちで指摘されているとおりである。本論のIoT的観点でいえば、生産工程をより顧客側に近づける、つまり究極のカスタマイズ化には必要不可欠からざる「成形機」になるということが重要である。

現在は、まだ使用できる素材物質が限定されているなどの開発課題があるが、いずれ解決されよう。また根本的に生産速度が遅いという「弱点」が指摘されているが、究極のカスタマイズという未来を考えれば、すなわち大量生産方式を目指すのでなければ、生産速度は致命的な欠陥にはならないはずである。

### ○流通システムの発達

流通システムの変遷は、派手ではないが、確実に生活のスタイルにあわせて、社会を変化させている。個人商店からスーパーマーケット、そしてコンビニ、ネットショップへの主たる流通の変化を味わってきたものには、恐ろしいほどの変化を体験したはずだ。これらの変化を支えてきた技術には、顧客情報の処理方法がある。商品の在庫管理、流通の管理に今はIT技術は不可欠である。

商品流通のハード的な側面では、自動車輸送が発達してから大きな変化はないようだが、究極のカスタマイズ・エンドユーザへの配達を考えるとどのような技術が今後現れるか想像が働くところである。ドローンが主力になる可能性は当然あるし、無人自動車による配達システムやビル内のエアシューターのような各戸へ

の配達網が発達することも想像できる。

## 4. 徳島中小企業は何を

### ～根本原理から～

#### ○暗黙知から定式化へそして人工知能へ

IoTという変革において、基本となる技術思想の1つが、暗黙知を形式知として一般化することである。簡単にいうと職人技として持っていたノウハウを定式化することだ。料理の鉄人がレシピを作るようなことを想像してもよい。工業技術で言えば、最先端技術であるとされるロケットのこの部分はこの人の腕でなければできない、というような匠の技的なものも暗黙知である。現実の物づくりには、かなり自動化されたラインでも存外オペレーターの勘に頼って微調整をすることがあるが、そのようなノウハウも暗黙知のひとつであろう。

それらの暗黙知を誰でもが再現できる形に、まずはマニュアル化することが暗黙知を形式知に変えていく第一歩である。次にそのマニュアルをもとにアルゴリズムを整理し、プログラムを作り、回路化する作業がある。実際には暗黙知を所有する人やプログラミングする人、制御する人が協力して製品を開発しなければならぬ。実はすでにこのような作業は自動化を進めるに当たって、第3次産業革命の時代から進められてきたことである。そして今は、その作業に、客の好みをどのように反映するか、それが重要な時代になったということである。

究極のカスタマイズの目的は、全ての人(つまり商品を使用する人を含めて)が匠(もちろん自分の好みをいうだけの「匠」も多いであろう)となり、商品を生産することである。IoTはそういう思想を実現する時代の到来を迎えつつあるということである。

#### ○匠の世界の再来には

##### ～ある家具製造業者の場合～

徳島には匠の業が活きた地場産業がいくつ

もある。木工業・家具製造業などはその最たるものであろう。家具もかなり顧客の好み強い商品である、無論大量生産する家具もあるが、顧客の個性・好みに合わせた商品、できれば究極のカスタマイズが望まれる商品とってよい。またデザインのみならず、例えば椅子のように使用する人の体型、使用目的にあわせた椅子も、このごろでは需要がでていることがインターネットを調べれば分かる。

徳島の家具製造業には、デザインの美しい家具を作り、販路を外国にまで広げている企業がある。もともと地場産業としての木工業の技術が活かされている例であろう。この企業ではデザイン性が家具作りには重要な要素になるであろう、そう考えデザイナーとのコラボレーションを行った。この企業は海外デザイナーと協力関係を結んでおり、特に人気のある北欧式のデザインの家具をターゲットに事業改革を進めた。情報の発信にも注力し、それなりの成果を収めてきていると言える。家具の完成品は、梱包すれば体積の大半は空間なので、流通のコストダウンを計るため、ノックダウン方式(分解して輸送し、現地で組み立て販売することでコストダウンを計る方式)を採用して、もともと保有している組立(木工の接合)技術を活かし海外での競争力をつけようとしている。これらの努力は少しずつ成果を上げているようである。

では、このような業種をIoT的観点でみるとどうであろうか。デザイナーとのコラボは、方向性としてカスタマイズには一歩近づいている。デザイナーとのコラボ自体が市場のニーズを踏まえたものになるはずである。しかし、運送コストの削減だけを目指すのであれば、ノックダウン方式というのは基本的には大量生産方式時代の思想である。カスタマイズという方向を見据えるなら、例えばノックダウン方式は自動車が内装の組合せを選択するが如く顧客の好みに応じて部位を組合せることを出来るようにし、そのための接合技術やデザインの研

究ということもありうる。しかし、それも顧客のカスタマイズの要求を全面的に満足させることはできないであろう。

究極は顧客とデザイナーと製造技師が同じ場で討議しながら家具を設計することで、いずれは空間的な障害を受けることなく世界中の市場に対し実現が可能なだけの環境は整ってきている。例えばそういう戦略的方向を目指し企業が自主改造する、それがIoTである。

## ○食品産業とコミュニティ

食品産業を、ここでは食品原料の生産をする農業や野菜工場あるいは原料を加工する産業、調理して消費者に供する給食産業等を含むこととする。

徳島県は昔から、原料となる食品(他の物品もそうであるが)を多く産出しながら、付加価値をあげぬまま県外へ移出してしまうことが多い。とはいうものの、県内には中小企業の食品加工業も多く、今後IoT的戦略で成長する可能性が大いにある分野だと判断している。

例として給食産業を考えてみよう。給食産業は徳島県にとって地産の食品を使用するというのも重要であるが、人口減少・高齢化の進む中では徳島県は給食のニーズが高いという意味で、急ぎ発達させなければならない産業である。

IoT的観点から、徳島県で問題にすべき課題をいくつか挙げる。

給食産業は今や学校給食だけでなく、独居老人への給食、病院での給食、職場食堂等々、で多岐にわたっている。一般的傾向として、特に学校給食の場合がそうであるが、給食の中味は給食が開始された昭和20年代の頃と比較すると、その内容は隔世の感があり向上した。しかし、コストダウンの観点から、学校給食の場合がそうであるように学校内での調理から給食センター的一括調理工場での生産に変化しつつある。同じ内容の食事を皆で摂る、という教育的見解は別として、調理されたものを直ぐ食

する方がおいしく、また食事内容は将来的にはカスタマイズしていく方向が可能になるのではないか。

病院の食事に関しては、カスタマイズ化は焦眉の課題でもある。無論今でも病状にあわせた給食がなされているが、現実はかなり、肌理の粗い対応である。毎日の食事内容や摂取量等が個人毎にデータ化され、処理されれば、治療にも役立つはずである。

独居高齢者等々への給配食産業も、現状でも工夫はなされつつあるが、カスタマイズ化の方向が望まれるし、メニューを給食業者が少数の日替わりメニュー的に示すのではなく、高齢者が自分の好みに応じ、また体調具合に応じてメニューを指定することができれば、個々人の安全健康面への管理もできることとなろう。

## ○中小企業が改革の先頭に

結局IoTは究極のカスタマイズ化を目指すための、生産手段と情報手段のネットワーク化及び人工知能化といえる。それを現実に可能・実現化していくためには、最も顧客に近いところでIoT化の作業がなされる必要がある。それには大企業を頂点とするヒエラルヒー型の生産社会構造では無理である。むしろ大企業は生産材や素材を提供するために生産活動の土台の役割を果たすというスキームに変わるべきであろう。

その際に、最も顧客に近いところでノウハウを蓄積しているのは中小企業ということになる。中小企業のネットワークが顧客の要求を満たしていくというスキームが成立していくのが現在進行中の変革だとすれば、中小企業がその先頭に立つべき事は自明である。

## 5. むすび

### ○ネットワークの勝利へ

IoTは大企業を頂点とする生産システムと顧客を中心とする情報生産ネットワークシス

テムの変換を目指す、いわば全員参加の産業革命といえる。つまりIoTは単なる大きな技術革命ではない。

### ○IoTは中小企業が主体

IoTは中小企業が主体となる技術革命であ

る。生産システムが本当に変化するには、現在中小企業で働く人達、現場で働く人達のスキル・ノウハウが形式知化してネットワークで共有化されるべきである。その時をイメージしながら、企業の改革は進めて行くべきである。

#### 西池氏裕氏略歴

1944年生  
1974年4月 川崎製鉄入社技術研究所  
2000年～2004年 東京大学先端科学技術センター客員研究員  
2006年4月 財団法人徳島経済研究所技術顧問（現）  
2007年8月 徳島県経済成長戦略アドバイザー（兼）  
2008年～ ひまわり俳句会主宰  
2011年9月 徳島県教育委員長（～2012年8月）

