

# 第4次産業革命等における スマートマニファクチャリングとその対応に関して

水上 潔\*

\* ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会 RRI 産業 IoT アドバイザー 東京都港区芝公園 3-5-8  
 \* Robot Revolution & Industrial IoT Initiative, 3-5-8 Shibakoen, Minato-ku, Tokyo, Japan  
 \* E-mail: kiyoshi.mizukami.jdm@outlook.jp  
 \* ロボット革命イニシアティブトップページ (jmfri.gr.jp)

キーワード：スマートマニファクチャリング (Smart Manufacturing), 第4次産業革命 (Fourth Industrial Revolution), DX (Digital Transformation), Society5.0, システムズエンジニアリング (Systems Engineering).

JL 0012/24/6312-0729 ©2024 SICE

## 1. はじめに

本特集「スマート・マニファクチャリング (以下 SM)」の総論として、第4次産業革命・DX・Society5.0<sup>(注1)</sup>への対応としての SM について、国内外の動向を解説し、日本としての対応、すなわち国や企業や個人として対応に関して、RRI (ロボット革命・産業 IoT イニシアティブ協議会) での経験を元に私見を述べる。物事の捉え方は、さまざまな視点が存在する。視点、知見、経験で認知が変わる。よって、1つの捉え方を提示するが、各自でそれをどう受け止めるかは考えていただきたい。第4次産業革命・DX・Society5.0 への対応、すなわち産業革命として技術により産業社会システムが大きく変革を起し、構造が変わる、これを受動ではなく、変えていこうという能動を1つの流れとして捉え、そうした外面から SM を捉えてみる。皆様の考えるきっかけになれば幸いである。

本稿では、まず、SM を多面的に捉える。その上で、国際動向として、特にドイツや欧州の動向から、彼らの概念形成からのアプローチを整理する。ここで、SM との関係性を考えてみる。その上で、今の日本の動向を概観し、今後どういう対応が必要かを整理する。その中で、計測制御という観点からその位置付けを考えてみたい。

なお、総論としては、掲載記事を総括することも1つの役割だとは思われるが、この点に関しては触れていないことを最初にお詫びしておく。

## 2. スマートマニファクチャリングの定義

SM の定義 (スコープ) はいろいろある。スマート=賢い、マニファクチャリング=製造と見れば、工場の自動化のイメージだが、例え、工場内としても、スマートにするには製造現場だけを見るだけでは範囲が狭い。

<sup>(注1)</sup> 日本ではこうした用語をバズワードとして扱うことが多いが、これら用語を俯瞰した書籍も多々ある。クラウス・シュワブ「第四次産業革命」日本経済新聞出版社 2016 Society5.0 については内閣府「第5期科学技術基本計画及び科学技術・イノベーション基本計画」2016 を手始めに経団連などの資料を参照ください。<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index.html>

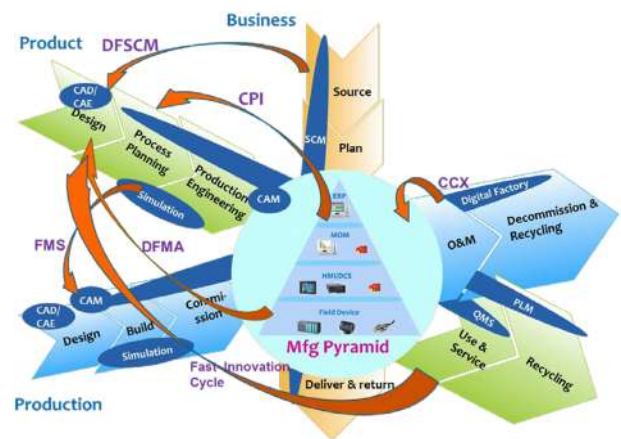


図1 Smart Manufacturing Ecosystem

国際標準化の議論でよく見かけるのが NIST (アメリカ国立標準研究所) の図 1<sup>1)</sup> である。ビジネス・プロダクト・プロダクションの3つのライフサイクル軸が交差し、その交差部分がマニファクチャリングピラミッドとして示され、軸間のプロセスの関係性が語られている。その上でオートメーションハイアラキーがピラミッドから CPS (Cyber Physical System) ベースドオートメーションのエコシステムに変化することが記載されている。

一方、ドイツで Industrie4.0<sup>2)</sup> が始まり、IEC (国際電気標準会議) 下にシステム委員会スマートマニファクチャリングが 2018 年に発足し、新たな文章によるスコープ<sup>(注2)</sup>が決められる。さらに 2022 年ぐらいから独や国際で Manufacturing-X<sup>3)</sup> なるデータスペース関連のあり方の議論が始まっておりこうした動きも理解していく必要があるが、ここではこれら仔細は省くが、業界をまたいだデータ連携の可能性を探っていることは間違いない。

<sup>(注2)</sup> 「スマートマニファクチャリング」は、IEC/SyC (Systems Committee) Smart Manufacturing, ISO/SMCC (Smart Manufacturing Coordinating Committee) により、下記頁のとおり定義されている。<https://www.jmfri.gr.jp/1333/1429/1424.html> 他 IEC を参照ください。<https://www.iec.ch/smart-manufacturing>

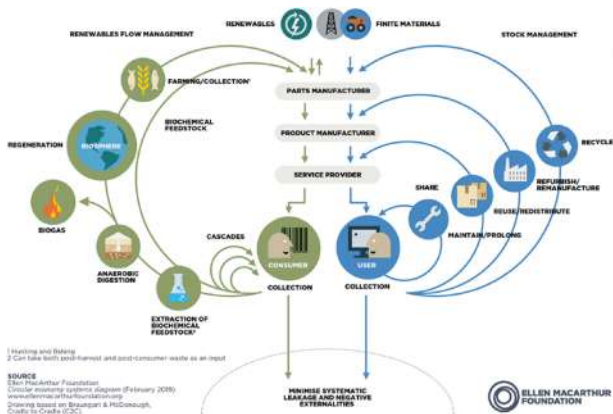


図 2 The butterfly diagram: visualizing the circular economy

マニファクチャリングをどの視点で捉えるかによりスコープが決まる。近年の温暖化など異常気象への関心が高まる中プラネタリーバウンダリーを意識した循環経済化は産業界でも重要な要件になりつつある。単にリサイクルや 3R を中心とした動静脈論ではなく、エレン・マッカーサー財団が 2015 年に提唱したサーキュラーエコノミーは、その概念図（図 2<sup>4)</sup>、通称「バタフライ・ダイアグラム」が国際で共有されるようになった。

以上から、本稿での SM は

- ① 従来の「ものをつくる」という Manufacturing ではなく、ものをライフサイクルで捉え、データ・情報の発生源と活用先をデータ連携でつなぐデータスペースをもち、
- ② ものをライフサイクルで捉えたサービス化特に顧客運用対応のサービス化 (Product Service System PSS)、それもデータを活用したサービス化を含み、
- ③ 循環経済という新たな社会課題解決などの対応を構造に含む

と言ったところになる。

現在、欧米他では政治環境が変化し、自国優先主義が騒がれるようになってきている。しかし、第 1 次・第 2 次世界大戦の教訓として、たとえばドラッカーが「経済人の終わり」<sup>5)</sup> で問うたようにファシズムなどへの道は二度と歩いてはならない。そのためにも商業活動で相互に依存し支え合う構造が望まれる。地球規模での人口増と格差是正のためにも、限られた資源を有効に使い回し、生活を豊かにしていく必要があり、地球規模での経済成長が重要となる。経済成長の最も重要なファクターであるイノベーションを考えると、ローレンス・レッシングが著書<sup>6)</sup> で示したが、デジタル社会を豊かにするにはインターネットにおけるイノベーションの自由を守ること、すなわち、End to End で繋がる世界観が重要である。こうした部分も SM の定義の背景として意識しておくべきだろう。

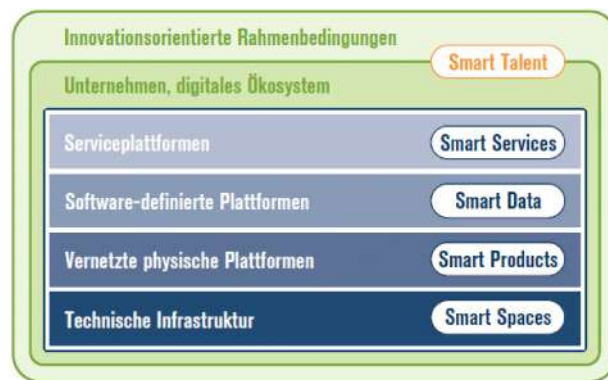


図 3 レイヤーモデル デジタル インフラストラクチャー

### 3. 国際動向 ドイツ・欧州の動向

つぎに SM を考える上で重要な第 4 次産業革命・DX への対応をドイツ・欧州の動向で概観してみる。以下は動向を年代順に概観してみた。

2006 年独はデジタル化対応で「ハイテク戦略」<sup>(注3)</sup> を発表。この時、「経済と科学」研究連盟<sup>(注4)</sup>が発足し、2009 年には成長とは何かなどを白書として纏める。彼らの問題意識は、2018 年 RRI の国際シンポジウムにてカガーマン博士の問いかけ、情報技術による経済発展の恩恵をドイツ、欧州が受けていないということだと理解できる。(この課題は日本も同様と考える。)<sup>7)</sup> この初期の段階からドイツはデジタル化の次代の産業社会を設計問題として捉えていると、RRI の議論を通して 2022 年ぐらいから意識されるようになった。次代の姿の中心的イメージは、2009 年発表の Agenda CPS<sup>8)</sup> に示される CPS を実装した社会像であろう。この後、2011 年に有名な Industrie4.0 が戦略プログラムとして発表される。同時にもう 1 つの戦略プログラムとして Smart Service Welt<sup>9)</sup> も実施される。データを活用したサービス化の検討である。ここで注目すべきは構造化である。図 3<sup>10)</sup> にそれを示す。

この図の解釈はなかなか難しいが、ここでは中の 3 層に着目する。まず、初期の Industrie4.0 の活動はスマートプロダクト化にあった。これはアセット管理シェルと言われるアセットの情報プロファイル化 (データの発生源) である。つぎ、スマートデータとは、プロファイル化されたデータを連携させる仕組みで、後に Fraunhofer からその推進団体として IDSA (International Data Spaces Association)<sup>11)</sup> が誕生するが、いわゆるデータ

(注3) ドイツのハイテク戦略は 2006 年発行後、現在、第 4 期の HTS 2025 が発行されているが、報告書は検索できない。2024 年頃第 5 期が出ると推測される。連邦教育研究省ニュース 2018 <https://www.bmbf.de/de/leitfaden-fuer-die-zukunft-6862.html>

(注4) すでに本組織は解散している。Wiki に概要が残っている。[https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsunion\\_Wirtschaft\\_%E2%80%93\\_Wissenschaft](https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsunion_Wirtschaft_%E2%80%93_Wissenschaft)

スペースのことである。その上位にアプリケーションとしての3つ目のスマートサービスが存在すると理解している。ここで理解したいのは、データの発生源がアセットとしている点だが、アセットと指す物は幅広く、人・ソフト・ドキュメントまでもが入る。その後、2019年欧州クラウド構想と紹介された Gaia-X<sup>12)</sup> が発足し、データスペースの具体例で先行していた自動車業界の Catena-X (2021年)<sup>13)</sup> が注目を浴び、2022年には冒頭に触れた Manufacturing-X が発表される。再びマニファクチャリングが登場する。

ここでこれらの動向を概観し、要点を箇条書きし、少し説明を試みる。

- 産業社会の設計という課題
- イノベーションの活性化（成長の源泉）
- イノベーションの活性化のためのデータ活用（前述の図3の構造などの仕組みによる）
- データ活用の背景にあるビジネスやデータのエコシステム化
- この中でマニファクチャリングが果たす役割
- 産業社会の設計のためのシステムズエンジニアリング

まず、産業社会の設計である。数十年後の未来の設計ゆえに、何をどう設計し、成果が何かは、現時点では概念的にならざるをえない。ただ、ロスコスト、ロスタイムなどは地球規模で大きな損失になるので、それをできるだけ避けるためにも国際規模で協力して設計が要りそうだ。何を設計し、何を設計しないのが重要な課題である。つぎにイノベーションの活性化だが、これは再三 Industrie4.0 の報告書に記載されている。

エコシステム化<sup>14)</sup> は欧米ではよく言われる概念である。エコシステム化で見えてきているのは、システム構築のためのツールが OSS (Open Source Software) で提供されている、開発側と運営側が特定企業の運営ではなく、公募による委託（期間限定）などである。また、いわゆるプラットフォームはそれ自体の要件が提示され、マルチで運用できるなどの工夫がされている。

SM と深く関わる点がマニファクチャリングの果たす役割であろう。以下は欧州の動向を見ていく中で、RRI の中で議論している一部である。ここで本稿では「人工物」を作ることをマニファクチャリングとする。「人工物」とは、吉川弘之先生の提唱した概念<sup>15)</sup> である。人を除くアセットは人工物と見て良いだろう。とすると、すべての産業で使う人工物はマニファクチャリングにより生みだされている。デジタル時代、この人工物の情報プロフィールがさまざまな用途で重要になる。循環経済の情報のベースになるし、顧客運用をサービスする上でもベースになる。こうした考え方からマニファクチャリングがすべての産業に情報を含む製品・サービスを提供する産業の基盤（インフラ）になると捉えると、この情

報プロフィール化は非常に重要になる。従来、製品の情報は、仕様書や取扱説明書だけだったが、製品そのものから使い方の情報も取れるようになれば、その情報は新製品のヒントにもなる。SoS (System of Systems) 化する中で重要な情報源にもなる。どうそれを用意するかが、今後の競争力になるかもしれない。製品開発者に新たな課題が示されている。また、製品やサービスのモデルの提供も求められるであろう。DT (Digital Twin) / CPS としてモデルは重要なパーツになり、サイバー上で動かして適性を見るなどに使われる。

もう1つ注目することは、システムズエンジニアリングである。情報系の SE ではない。RRI では、産業 IoT ロードマップ検討の中で、そのイネブラとして重視してきた。詳しくは産業 IoT ロードマップの報告書<sup>16)</sup> をみていただきたいが、認知、認知バイアス、メタ認知、思考プロセスの可視化などが重要なキーワードである。吉川先生のシンセシス（一般設計学、構成学）<sup>(注5)</sup> にも関連するとみており、イノベーションの重要なイネブラである。

ちなみに、ドイツではエンジニアリング 4.0 という活動があった。エンジニアリングもサイロ化していたが、体系的に連携・統合できることを目指している。

## 4. 日本の動向

RRI 発足 2015 年より、ドイツとの専門家による連携協力をはじめ、さまざまな活動を行い多くの報告書を出してきた。国内では現在に至るまで IVI (Industrial Value Chain Initiative)<sup>17)</sup>、IoT 推進コンソーシアム<sup>18)</sup>、DADC (Digital Architecture Design Center)<sup>19)</sup>、DSA (データ社会推進協議会)<sup>20)</sup> が発足し、Society5.0, Connected Industries<sup>(注6)</sup>、Ouranos Ecosystem<sup>(注7)</sup> などのビジョン発信などが行われた。が、まだ国内では明らかな変化はよく見えない。欧州で検討が進むデータスペース（含むデータスペース間連携）は、実証しながら着実に産業インフラ化が始まっている。こうした動向に対してまだ産業インフラの必要性すら議論がほとんどされていない。過去を見ると現場主義に沿った IT 化はしたが、欧米のような業務改革はされなかった。失われた 30 年という言葉が聞けるが、これまで企業や人の生活で

(注5) 吉川氏の文献はいろいろある。入門書としてたとえば吉川弘之『産業科学技術の哲学』東京大学出版 (2005) を参照。

(注6) 2017 年 3 月に開催されドイツ情報通信見本市に、安倍総理（当時）、世耕経済産業大臣（当時）他が出席し、目指すべき産業の在り方として「Connected Industries」の概念を提唱した。[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/connected\\_industries/index.html](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/connected_industries/index.html)

(注7) 2023 年 4 月経済産業省は、イノベーションを起こして経済成長を実現するため、企業や業界、国境を跨ぐ横断的なデータ共有やシステム連携の仕組みを Ouranos Ecosystem と命名。[https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/digital\\_architecture/index.html](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/digital_architecture/index.html)

失われたことをあまり意識することがなかったが、ようやく最近課題を実感するようになった。これには訳がありそうである。

社会心理学では、西洋と東洋の認知の差を意識するようになった<sup>21)</sup>。日本は、道教、儒教、仏教の影響を受け、包括的思考をしているようだ。この本「The Geography of Thought」(原題)から引用すると「包括的思考とは、人や物といった対象を認識し理解するのに際して、その対象を取り巻く「場」全体に注意を払い、対象とさまざまな場の要素との関係を重視する考え方」と訳者が要約してくれている。また、リアルな現象を捉えることを重視する反面、抽象的概念を重んじない点が指摘されている。このことから、極端に言えば、学問というそのものが西洋の文化であり、日本では学問的体系化があまり得意ではないようだ。その一方で、和算のように江戸時代、特定のアプリケーションですでに微積分を知っていた。ただ、西洋のように数学体系には発展しない。これは、リアルな現象をよく見て考える特性から起きているらしい。われわれはどれも抽象化、一般化、その上での体系化をあまりしないのである。先に述べた欧州と日本のギャップは、この抽象的概念先行の欧州の活動を受入れないという背景があるのではなかろうか。その一方で自動車業界の組込み系ソフトの体系化において、欧州の提示した概念体系を実は日本が現実に即した実装しやすいものにしていくという例もある。実装力が高いのも日本のリアルな現象指向だからと言えそうである。なお、この変革に対して十分ではないとの指摘もあることを追記しておく。マニファクチャリングで言えば、現場主義やトヨタ生産方式に代表される改善文化は正に三現重視＝リアルな現象重視から発展するも、抽象化概念化体系化がなく、強いて言えば道に近い文化だと言えよう。

欧州などの概念からの展開、日本のような具体の現象からの展開、これらは、システムの捉えると両輪のように思える。とすれば、ここに日本の世界貢献できる役割が存在しているのではないだろうか。ただし、日本の指向を海外に説明するには、西洋流の抽象化概念化体系化が必要になる。日本人にこれができるのかと言え、日本にも西洋流の思考ができる人材もいる。こうした人材を活用することでイノベーションでも実装分野での活躍が期待できるのではなかろうか。

とは言え、日本としてどういう産業社会にしていくべきかはしっかりと議論が必要であろう。「日本として」は誰の課題だろうか。国、企業や業界、学界、誰だろうか。この問題が実体経済と深く関わるとすれば、企業自身が、周りの企業や国や学を巻き込んで議論を始める必要がある。この辺は欧州が少し先を行っている。近年他社と話すことが実質的にいろいろ制約されてきたが、そろそろこの辺も産学官でどうあるべきか議論がされるべきであろう。RRIではオープンに議論できる場を用

意して進めている。こうした活動がさまざまに行われ互いに共有されていくことが求められている気がする。

## 5. 日本としての対応を考える

もう少し、日本としての対応を整理してみる。日本の現状を見ると多くのレガシーがある。機械や現場個々のシステムだ。これらで全体システムはすでにでき上がっている。ただし、これらを運用するために人の存在は欠かせない。運用ノウハウは個人に蓄積されている。ここに多くのノウハウが隠れている気がする。一部では、これらのデジタル化が始まっている。RRIでも、中小企業の事例<sup>22)</sup>として紹介している。

昨今話題の欧州のバッテリー規制に着目したカーボンフットプリントだが、視点をカーボンフットプリント全体、循環経済全体へと転じようとする、個社や業界などで個別にシステム化すると多大なコストを要する。自動車用のバッテリーから、その他の用途のバッテリー、自動車用の他の部品、扱う情報もカーボンフットプリントから循環経済に必要な情報とうまく拡大できるやり方が必要になる。関わる組織も、企業の部署内から、部署間、全社、さらには企業間、それも国をまたがると拡大していく。こうした問題への取り組み方法が必要になる。(先に記載したレガシー問題も同様かもしれない。)

欧州は概念化からこれに対応しているが、先に述べたように日本の多くの人の認知や思考は異なっているとすれば、日本的アプローチの開発が必要になる。この課題は単に技術だけではない。業務改革、さらには経営方法などにも及ぶ。しかし、これまでこうした課題がなかったかと言えば似た課題は多くあった。たとえば生産設備で見れば、先に設備系が施行され、この時設計仕様が現場にあったものに変更される。結果、制御系が大幅に仕様変更となることがある。また、システムは普通定常の安定状態を設計するが、立ち上げ調整時の効率化も求められるようになってきている。技術は変化するので設備などが変わることへの対応も必要だ。こうした問題をうまく解決する方法論が求められている。

制御という面で見ると、個々が固定した制御だと上記への対応は膨大となる。よって制御の手法もさまざまに発展してきた。セットポイントコントロール、電力系に代表される系の変化を判断して瞬時に必要な制御を選択できるようにする自律的仕組み、その他、制御単位時間も瞬時的なのか、分、時間単位かで方法が異なるので、こうした要素も意識する必要がある。

デジタル化も具体のアプリケーションから実装し、それをどう変えて、産業インフラをベースにした構造に変えていくのかも大きな課題である。これまで述べてきた課題は、SoSの課題でもあり、環境変化に対してある部分を変更できて、それが問題なく制御可能な構造を必要としているようにも捉えられる。日本発の概念であ

る自律分散<sup>23)</sup>が1つの解であろう。だとすれば、自律分散に対して、コンテキストやセマンティックスなどを含むさらなる工学的発展を期待したい。ドイツでもAutonomousの研究は盛んに行われている。FOA<sup>24)</sup>、さらにはシステム刷新技術<sup>25)</sup>などがその1つのヒントかもしれない。西洋と違うアプローチだからこそ、そこに新たなイノベーションや成長のチャンスがあるのではないだろうか。

国が何をすべきか等と言った部分は私の専門ではない。他の方々がいろいろ議論しているのでお任せするが、戦前、戦争中、高度成長期、その後、今と違っておかしくはない。ある意味国際競争の中で捉えていく必要もありそうだ。

その他、利用側面からの視点で言えば、

#### ● トラスト

企業間がデジタルで連携するための信用とでもいうべき課題である。日本ではDFFT (Data Free Flow with Trust)<sup>26)</sup>を世界に発信して議論を始めている。欧米ではTrustworthinessなる概念が提示され、たとえば、IIC (Industrial Internet Consortium) ではこれをセキュリティー、プライバシー、セーフティー、レジリエンシー、リライアビリティの5つを総合的に捉えた概念としている<sup>27)</sup>。

#### ● 契約

欧州では、機械同士が企業間を越えて自動契約して動くなどの検討が進んでいる。一方で、IECでは規格をマシンリーダブル、さらにはマシンExecutableにするなどの議論もある。契約、法までもがデジタルで形を変えようとしている。

さらに、中小対応、人材教育対応、知識形成対応などの課題もある。技術革新に向けた投資の課題もある。欧州でも米シリコンバレーや中国の深圳などを意識し、ユニコーンなどへの対策も検討されている。また、欧州の活動を見ると、広報、情報発信、情報共有、啓発的教育などもたいへん盛んである。その他、経済政策、イノベーション、プラットフォーム経済、ビジネスモデル、サービス化などなど社会科学や、人と機械(AI含め)のあり方などの倫理・哲学まで幅広い課題解決が必要になっている。すべてができるとは思えないがこうした面にも意識をもたなければならぬ。

企業はというと、考えるヒントはいろいろ記載した。広義の技術的視点から言えば、

- 変化の時代での戦略検討
- 社内の業務改革
- データの体系化
- 欧米で言うエコシステム化の試行
- AIを含めCPSやデジタルツインなどの理解と活用
- スマートサービス化の試行
- これらを含め産学官での国の構造改革への積極的

関与

#### ● 国際との連携協力

などが挙げられる。先にも触れたが、このあたりは、RRIの産業IoTロードマップの報告書なども参考にさせていただけると良いと思う。また、日本人が先に説明した包括的思考を好むとしたら、ここに列挙したものの多くは西洋的である。日本にあった方法論が必要で、そのための研究開発が最近必要だと思うようになった。RRIでも業務改革をテーマに議論を始めている。

最後に個人としての対応として、技術者として気になる点を挙げておく。1つは、欧米式の概念を扱える能力を鍛えることだろう。2つ目は、エンジニアリング能力を高めることで、技術としては機械、電気、制御+情報技術が求められるが、一方で運用についてのエンジニアリング能力も必要になる。3つ目は、認知・メタ認知・思考の認知などについての理解を挙げておく。無知の知を知ることかもしれない。共通して言えるのは、旺盛な好奇心とすべてを疑って考える力を養う点を挙げておく。私が30代後半、課長になった頃、当時の幹部からは、仕事以外に3つの研究テーマをもって取組めと助言をいただいた。たいへん高い目標だと思うが大事な視点だと思う。

## 6. 計測制御への期待

私は2014年秋SICEと関係のある計測展で、第4次産業革命を始めて発信させていただいた。その後、学会でも発表する機会もいただいた。私の出身は管理工学(経営工学)だが、企業ではじめに経験を積んだのは制御システムの分野である。当時は計算制御と呼び、その後、情報制御と呼ばれた。この分野は言わば、情報系と純粋な制御系との間とも言える。また、制御は機械、電気を繋ぎ、顧客の運用やオペレーションとも密接な部分となる。言い方を変えると中枢の機能とも言える。また、モデル化ということも盛んに行われる分野であると理解している。情報系が主に間接部門の帳票系や給与計算などから発展してきた歴史から、対象が人であり、できないことは人に任せるという分野で主に発展してきたのに対して、機械設備を動かす制御は機械側の物理制約という絶対制約を受入れて工夫してきた。機械設備が相手ゆえダイナミックスも要求されてきた。

システム化の要となるのが計測制御と捉えれば、機械設備に留まらず、社会課題解決までを範囲にダイナミックスを意識したモデル化をシステムとして構想できる分野なのではなかろうか。利用できる技術も昨今のAIのような新たなものも登場し、システム設計の概念すら変化する中、文系プログラマ主体のIT分野ではなく、工学系技術者の計測制御分野に今回の課題の解決に向けた活動を大いに期待したい。工場をリアルに動かす計測制御は製造エンジニアリングを体感してきた。本稿で述べ

た SM での情報・データを活用した運用をよく理解している皆様だからこそ、SM の実現を描き、設計し、具体化していく主導者としてのご活躍を願うものである。

## 7. まとめ

本稿では、第 4 次産業革命・DX・Society5.0 という大きな潮流（技術による社会変革＝産業革命）という視点でスマートマニファクチャリングを捉えて見た。一般に産業革命下では、これまでは何が起きているのかはあまり掴めず、後日、産業革命が起きたと分析してきた。そこでは、さまざまな社会問題も引き起こした。こうした経験から今回の産業革命は設計問題として取り組み、できるだけ社会問題を起こさないようにしていこうという試みと見ている。

本稿を要約すると SM の定義、国際特にドイツ・欧州の動向、日本の動向、これらから見えてきた基本的課題、計測制御分野から見た可能性などを述べた。

一方、未知なことを考えることはたいへん難しい。考えるための方法論から考える必要がある。本稿に示したように課題も多岐にわたっている。ひょっとするともっと大事な課題が記載できていないかもしれない。しかしこうしたことに挑戦続けなければならないと思う。

本稿ではスケールの大きな話であり、概念の話であり、論理の飛躍があるかもしれない。ゆえにわかりづらいつらとお叱りを受けるかもしれない。だが、あくまで、一つの視座を提供したに過ぎない。読者の方々にはさまざまな点を疑問視しておられるだろう。もし、そうした違和感を感じていただけたなら幸いである。違和感は問題意識になり、認知を進める。物事はさまざまな視点で捉えられる。このこと自体がイノベーションの源泉となる。本稿が皆様の問題意識を刺激し、止揚して今後の新たな見方や活動などにつながることを望む。なお、本稿の文責は私個人にある。皆様のさまざまなご意見を賜れることも期待する。

最後に、投稿のチャンスをいただき御礼申し上げる。これを機に自分自身の考えの整理にもなった。また、学会誌を纏めている方々、さらには、本稿の考え方につながる RRI などと共に議論させていただいた多くの方々に感謝を申し上げ、結びとする。

(2024 年 8 月 29 日受付)

### 参考文献

- 1) NIST: Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems (2016), <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2016/nist.ir.8107.pdf>
- 2) Acatech: 「戦略的イニシアティブ Industrie4.0」の実現に向けて (和訳版) (2013), <https://www.ieice.org/iss/swim/jpn/presentations/swim2016-17-3.pdf>  
独工業会: インダストリー 4.0 実現戦略 (和訳版) (2015), [https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/\\_Reports/01/c982b4b54247ac1b/20150076.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/c982b4b54247ac1b/20150076.pdf)
- 3) 独プラットフォーム Industries4.0, <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Manufacturing-X/Manufacturing-X.html>
- 4) The Ellen MacArthur Foundation, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>
- 5) ビーター・ドラッカー: 経済人の終わり, ダイアモンド社 (1997)
- 6) ローレンス・レッシング: CODE Version2.0, 翔泳社 (2007) 他「コモンズ」など
- 7) ヘニング・カガーマン: プラットフォーム・エコノミーには、国を超えた協力が必要 (2018), [https://www.jmfrri.gr.jp/content/files/Open/2018/20181019\\_Int\\_Syp/05\\_Keynote\\_Speech.pdf](https://www.jmfrri.gr.jp/content/files/Open/2018/20181019_Int_Syp/05_Keynote_Speech.pdf) <https://www.jmfrri.gr.jp/event/seminar/1026.html>
- 8) Acatech: Agenda CPS (2012), <https://www.acatech.de/publikation/agendacps-integrierte-forschungsagenda-cyber-physical-systems/>
- 9) Acatech: Smart Service Welt Final Report (2015), [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/BerichtSmartService2015\\_LANGVERSION\\_en.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/BerichtSmartService2015_LANGVERSION_en.pdf)
- 10) Acatech: Smart Service Welt Final Report (2015), [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2015/03/BerichtSmartService2015\\_mitUmschlag\\_KURZVERSION.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2015/03/BerichtSmartService2015_mitUmschlag_KURZVERSION.pdf)
- 11) International Data Spaces Association, <https://internationaldataspaces.org/>
- 12) Gaia-X: A Federated Secure Data Infrastructure, <https://gaia-x.eu/>
- 13) Catena-X, <https://catena-x.net/en/>
- 14) ジェームス・ムーア: The Death of Competition (1996) RRI|WG1/THE DEATH OF COMPETITION が描くビジネスエコシステム, <https://www.jmfrri.gr.jp/document/library/4329.html>
- 15) 吉川 弘之: 人工物工学の提唱 (1992), <http://www.race.u-tokyo.ac.jp/open/documents/Yoshikawa.pdf>
- 16) RRI|WG1: 産業 IoT ロードマップ調査研究委員会活動報告書 2019~2023, <https://www.jmfrri.gr.jp/document/library/2473.html>
- 17) <https://iv-i.org/>
- 18) <http://www.iotac.jp/>
- 19) <https://www.ipa.go.jp/dadc/index.html>
- 20) <https://data-society-alliance.org/>
- 21) リチャード・E・ニスベット: 木を見る西洋人森を見る東洋人, ダイアモンド社 (2004)
- 22) ロボット革命イニシアティブ WG1/中小企業が元気になるデジタル活用 AG 活動報告 2022~2024, <https://www.jmfrri.gr.jp/3120/>
- 23) 日立: 自律分散システムアーキテクチャ, [https://www.hitachi.co.jp/products/it/control\\_sys/platform/autonomy\\_dispersion/index.html](https://www.hitachi.co.jp/products/it/control_sys/platform/autonomy_dispersion/index.html)
- 24) 奥 雅春: 現場ナマ情報のグローバル共有戦略 (2013) FOA で実現する製造 DX | 産業機械・建設 | デロイト トーマツ グループ | Deloitte, <https://www2.deloitte.com/jp/ja/pages/manufacturing/solutions/ad/foa-dx.html>
- 25) 飯島 光一郎他: 社会インフラを支えるシステム技術 (2011), [https://www.hitachihyoron.com/jp/pdf/2011/12/2011\\_12\\_08.pdf](https://www.hitachihyoron.com/jp/pdf/2011/12/2011_12_08.pdf)
- 26) デジタル庁/DFFT, <https://www.digital.go.jp/policies/dfft>
- 27) IIC: The Industrial Internet of Things Trustworthiness Framework Foundations (2021), [https://www.iiconsortium.org/pdf/Trustworthiness\\_Framework\\_Foundations.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/Trustworthiness_Framework_Foundations.pdf)

.....  
[著 者 紹 介]

みず かみ きよし  
水 上 潔 君

1979年慶應義塾大学工学部管理工学科卒 同年 ㈱日立製作所入社。以降、一般産業向け製造の計算制御（情報制御）システムの設計、開発およびマーケティング、市場開拓（CAD/CAM/CAE, FA コンピュータ、農業の工場化、画像処理他を含む）に従事。1997年～21世紀の新たな産業創成に関わる活動、スポーツ情報、アミューズメント、eコミュニティ、RFID、産業制御、スマートグリッド、スマートシティ、スマートマニファクチャリングなどの市場創成（国際標準化活動、渉外活動を含む）に従事。この頃、「スマートバレージャパン」や「横浜の協働を考える会」などNPO的活動にも参加。2015年 RRI WG1 IoT による製造ビジネス変革 初代主査、翌年、産業IoT 推進統括としてRRIに出向。2022年日立を退社、現在、RRI 産業IoT アドバイザー。  
.....