

☆ 委員会報告 ☆

スマートファクトリの動向

論説委員会

IoT や CPS (Cyber Physical System) と呼ばれる分野の飛躍的な進歩は、我々の社会に大きなインパクトを与えている。製造業も例外ではない。センサ、IT、AI を活用した製造業現場の IoT/CPS (以下両者は同義語として扱う) 化、つまりスマートファクトリ化である。本報では、モノづくり・製造現場における革新技術として、今注目されているスマートファクトリについて、その動向と今後の展望や期待について論説する。

スマートファクトリに対する各国の取り組み

まず、スマートファクトリの背景にある第4次産業革命と言われる Industry 4.0 の取り組みについて述べよう。その新しい取り組みは、ドイツからスタートした。2010 年代に入って、GAF A と称せられる米国 IT 企業の急成長、及び東欧、アジアにおける低価格製品の大量生産の拡大は、モノづくり大国としてのドイツにとって大きな脅威になっていた。モノづくりの覇権を維持するためにも新たな戦略の構築に迫られていた。そして2013年、大企業のみならず中小企業も含めた全産業のモノづくりのスマート化、デジタル化を目指したプロジェクトを産官学連携で発足した。翌年、過去の第1次～第3次産業革命に続く、第4次産業革命を意味する Industry 4.0 の構想を打ち立てた(表1)。

表1 ドイツが公表したIndustry 4.0へのステップ

第1次産業革命	第2次産業革命	第3次産業革命	第4次産業革命 Industry 4.0
18世紀後半	19世紀後半	20世紀後半	現在
・水力/蒸気機関の活用 ・工場の機械化	・電力の活用 ・大量生産(ベルトコンベヤーによる流れ作業)	・エレクトロニクス/ITの活用 ・自動生産(FA、産業用ロボット)	・IoT/CPS の活用

一方、米国では2014年GE、IBM、Intelなどシリコンバレーのトップ企業を中心にインダストリアル・インターネット・コンソーシアムIIC: Industrial Internet Consortiumを設立し、世界中の企業に参加を呼びかけた。IICは、モノづくりに限らず、産業全体をIT技術によりスマート化しようとする活動である。そこには消費者を直接ビジネス対象とするようなリテール事業も含まれる。そしてモノづくりも対象になるためドイツの企業も参加するようになり、2015年には、IICとドイツのIndustry 4.0の取り組みは協働する形態になった。

また、同時期2015年に中国政府が「中国製造2025」構想を打ち上げた。これはハイテクの全ての分野で世界のトップに踊り出ようとする遠大なビジョンの第一ステップとして位置づけている。ここでもIndustry 4.0のようなIT技術と製造業の融合による革新的な産業構造の構築を目指している。そし

てビジネスや技術交流面で関係が深いドイツと中国は、Industry 4.0の規格策定に向け協働作業を開始した。

こうした世界の動きに対し、日本の対応は遅れていた。2015年ドイツのメルケル首相が来日した際、Industry 4.0への協力を日本政府に呼びかけた。その後、2017年3月に開催されたドイツ情報通信見本市に安倍総理はじめ政府関係者が出席し、目指すべき産業の在り方としてConnected Industriesの概念を日本から提唱した。コンセプトは、Industry 4.0と同じである。そして、Industry 4.0に関する日独協力の共同宣言がなされた。Connected Industriesは、人類社会の発展、狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く、日本の提唱するIoT/CPSによる超スマート社会 Society 5.0に位置づけられる産業である(図1)。この Society 5.0は産業に加え医療、交通、エネルギーインフラ、農業など社会全体がIoT/CPSにより超スマート化された社会である。

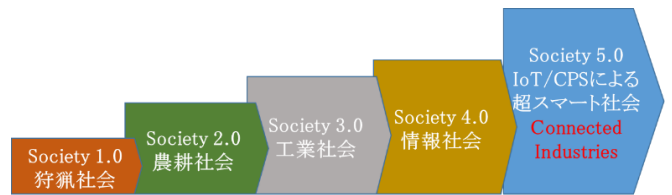


図1 日本が提唱したSociety 5.0

スマートファクトリとはどのような工場か

図2がIoT/CPSによるスマートファクトリの概念である。ビッグデータの解析とAIによる最適解の計算などを行うサイバー空間と工場現場であるフィジカル空間が統合されるシステムになっている。

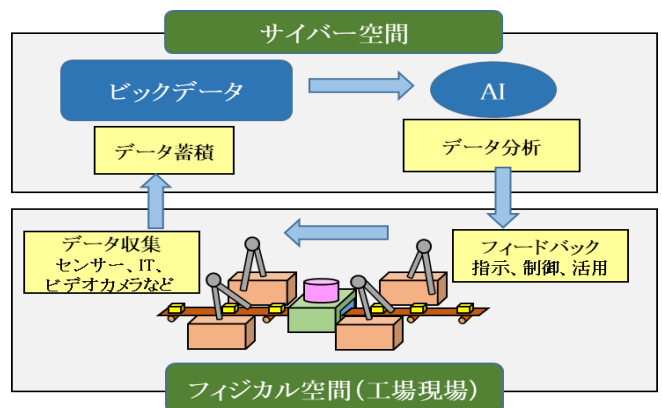


図2 スマートファクトリの概念

製造製品や製造装置の状態、それに作業員の動作などのデータをセンサやビデオカメラで収集し、サイバー空間側のサーバに蓄積する。シミュレータを用いて、設計データ

などの製品情報と蓄積された工場のビックデータを解析、AIを用いて最適解を求める、このようにして得られた結果、知見などを工場にフィードバックして生産の指示、制御などに活用するというサイクルを形成している。このようにサイバー空間に存在するビックデータを用いるシミュレータやAIが工場の頭脳となり、センサやビデオカメラが工場の神経になって、自律的に最適生産を行う工場を実現しようとするものである。

このようなスマートファクトリによって、「品質向上、コスト削減、生産性向上、製品化・量産化の期間短縮、そして人材不足・育成への対応」という従来から存在する製造現場における課題を高いレベルで解決することになる。少品種多量生産を行う製造現場はもちろんのこと、多様化する顧客ニーズに合わせた多品種のカスタム製品を少品種多量生産と同等の生産効率で自動のオーダーメイド生産が可能になる。これが実現すればモノづくりのビジネスモデルに大きなインパクトを与える。

スマートファクトリ化に関する標準化

スマートファクトリでは、工場内つまりフィジカル空間内に存在する様々なセンサ・IT 機器・製造装置・ロボット・ヒューマンインタフェースなどの機器を有機的につなぎ、さらにはこのフィジカル空間とサイバー空間に配置されたサーバコンピュータとをつないで、巨大な制御システムを構築している。フィジカル空間内やサイバー空間内に存在するコンピュータが様々な機器の制御を行うことになるが、機器ごとのモデリング方法や通信プロトコルの相違、工場内イーサネットとインターネット間の通信速度の違い、制御を受け持つコンピュータOSの違い、など制御システムを構築する上では数多くの問題が生じる。そこで、これらの問題を解決する目的で誕生したのが、OPC Foundation (Open Platform Communications) だ。OPC では UA (Unified Architectures) と称する様々な標準化を推進している。例えば、オブジェクト指向による機器モデリング方法の標準化、通信プロトコルの標準化、TSN (Time Sensitive Networking) 技術を利用した異種類ネット間通信遅延取り扱いの標準化などだ。現在この OPC Foundation にはドイツ、米国、日本、中国など 700 以上の企業が参加している。

また、機器のリファレンスモデル(この分野の関係者が参考になる標準的な模範機器)の開発も進められている。日本では政府が提唱する Connected Industries を具体化する活動として、国内の多くの企業が参加するIVI (Industrial Value Chain Initiative) というフォーラムが国からの補助も得てリファレンスモデルの開発やその実証評価などを進めている。

スマートファクトリの現状と未来

まず、スマートファクトリ化の現状として、多品種少量生産現場で進んでいる例を挙げることにする。

最初の例は、日立製作所大みか事業所で運用されている「IoT プラットフォーム Lumada」だ。当事業所では、上下水道制御、新幹線の運行制御、製鉄所の圧延機制御、電力送配電制御、など様々な社会インフラ用制御装置の設計・開発・製造を行っている。製品のすべては一品物であり、一つのフロアを区分けした区画で多品種の一品物の制御装置を組み立てている。組立て作業員の動作はすべてビデオカメラで録画されており、部品トレイなどにあるセンサで部品情報がセンシングされ、作業の進捗状況もセンシングされている。これらの情報を使って様々なデータ処理が行われる。「製品検査工程で不良が見つかった時の不良解析、作業工程の分析、作業時間の短縮方法の検討、工場全体の工程管理、新たな品種の組立てが始まった時のフロア全体の再レイアウトや最適な工程管理表作成」などである。これらの処理には、クラウド側つまりサイバー側の様々なデータ解析システム、AI、そしてシミュレータが用いられる。もちろん蓄積されたベータも駆使される。組立て作業員は、モニタ上に表示される組立図、3D 映像化された複雑な配線経路図、作業手順情報、作業工程表、誤作業への警告、などを見ながら作業を行っている。当事業所では、スマートファクトリ化により、「典型的な制御装置の生産リードタイムを 180 日から 90 日へと 50% の短縮。その内訳は、設計で 20%、調達で 20%、そして製造で 10%。」「今までは、作業員の力量によって生産性に大きなバラツキがあったが、Lumada 導入後はそのバラツキがほとんど無くなった」、という。Lumada 自体日立が開発したプラットフォームであるが、製造現場のみならず、工場全体のエネルギーに関する設備マネジメント、自動製造機器の故障予兆診断、など広範囲に使用されている。(出典: 日立評論 2018 年特別増刊号)

次の例は、Industry 4.0 の代表シーメンスである。シーメンスのアンベルク工場は PLC (Programmable Logic Controller) や HMI (Human Machine Interface) などシーメンスの FA 関連製品の 67% を生産する主力工場である。FA 機器はさまざまな環境で使用されるため、同一モデルが大量に売れるような製品ではない。このため、1 ロットの生産数が小さくなり、需要に応じた変動も大きくなるので、変種変量生産が求められる。アンベルク工場はこの変種変量生産に対応するため Industry 4.0 におけるスマートファクトリ化の取り組みを早くから進めてきた。シーメンスでは、フィジカル空間(工場)の情報を、センサなどを活用して、ほぼリアルタイムでサイバー空間に送り、サイバー空間内にフィジ

カル空間のモノや環境を再現する“デジタルツイン(双子)”を構築する「デジタルエンタープライズ」を提唱している。例えば、サイバー空間の“デジタルツイン”により、現物の試作なしに製品の試行・評価などが行える。アンベルク工場は、この「デジタルエンタープライズ」の実践の場として、ほぼ全面的に採用している。この技術を本格採用した 2016 年以降、生産性の改善のペースは大きく上がり、従来比で 1.3～1.4 倍になったと公表している。また、品質面でも改善が進んでおり、2018 年には初めて 10dpm (defect per million: 100 万個当たりの不良箇所の数) 以下となり、99.999% 以上のプロセス品質を確保できたとしている。

この 2 つの例のように産業機器や産業インフラ機器の工場では、自分たちのソリューションの実践も兼ねて、スマートファクトリ化が先行している。今後もこの分野が産業界をリードして行くことになるだろう。

一方、少品種多量生産の現場である半導体分野では、このスマートファクトリ化の取り組みはどうなっているだろうか、その例を挙げよう。やはり Industry4.0 のお膝元であるインフィニオンが進んでいる。インフィニオンでは、車載用、産業用の半導体デバイスを製造する自社工場をスマート化することで、「つながる生産」を実現した。これにより、サイクルタイムを 50% 削減、設備投資無しで生産性を 10% 向上、自動化レベル 80%、エネルギーコスト年間 100 万ユーロ削減したと公表している(出典:インフィニオン HP)。

また国内のキオクシアは、フラッシュメモリを生産する四日市工場の CIM (Computer Integrated Manufacturing: 生産管理システム) から上がってくる毎日 20 億件のビックデータを元に AI を用いて生産性、歩留、信頼性向上に向けた解析を行い、生産へフィードバックする仕組みについて 2019 年、ISSM (International Symposium of Semiconductor Manufacturing) 戦略フォーラムにおいて発表した。

半導体工場における将来のスマートファクトリの姿はどのようなになるであろうか。7/5nm など最先端半導体の製造では、プロセスが数 100 工程と複雑化し、1nm 以下の線幅や膜厚の制御が必要となり、IoT/CPS によるスマート化は必須になると考えられる。それは、従来とは全く異なる形態の完全自動化生産ラインを意味する。TSMC、Samsung、Intel など半導体トップメーカーは、公表はしていないが、スマートファクトリ化に向け、しのぎを削って開発を進めているに違いない。

スマートファクトリの進展イメージを表 2 に描いてみた。現状は一企業が一工場の一部もしくは全体をスマート化する取り組みがなされている(表2のレベル1、2の段階)。スマートファクトリはこれにとどまらず、次のステップは企業のす

べての工場をつなぎスマート化するレベル 3 に進むであろう。そして、最終的にはレベル4のバリューチェーン全体をつなげてスマート化を実現することで、新たな価値の創造に結び付ける仕組みになるであろう。

表 2 スマートファクトリの進展イメージ

レベル1	・生産ラインなど一部をスマート化 ・全体のスマート化に向けた通信プロトコルなどの標準化
レベル2	・工場全体をスマート化
レベル3	・企業内の他拠点工場も含めてスマート化
レベル4	・製品のバリューチェーンのスマート化 (水平分業の連結)

まとめ

スマートファクトリの実現に向けて、各国のプロジェクトや企業が精力的に標準化や開発を進めている。そして、それに関わるマーケットは 2021 年に 3.5 兆円、2025 年に 7 兆円規模になるといわれている。日本企業の工場はファクトリオートメーション FA 化が進んでいるが、それは過去の第 3 次産業革命の工場である。世界の潮流は、FA 化に加え、急速にセンサ、IT、AI 活用の IoT/CPS によるスマート化で動いている。

我が国が高いシェアを持つ半導体分野においても「スマートファクトリ化が急務」と言える。3D-NAND の分野では、DRAM の二の舞にならぬよう、つまり commodity 化による価格破壊に耐えうるように、スマートファクトリ化による徹底したコスト削減が必要である。またセンサデバイスの製造に関していえば、AI を駆使したスマートファクトリ化による、品質向上(例えば、アナログ回路特性パラメータの製造ばらつき抑制)や生産効率の向上、などが必須だ。

現在、新型コロナウイルスのパンデミックや、激しさを増す米中摩擦もあって世界のサプライチェーンが大きく変化している。各国ともポストグローバル化つまり製造の国内回帰が強いられようとしているが、このことがスマートファクトリ化に拍車をかけることになる。「『モノづくり』を得意とする日本」であるが、日本企業にしかない長年蓄積された『モノづくり』に関する製造現場の豊富なノウハウがあるわけで、このノウハウをうまく反映させることによって、他国には無いスマートファクトリ化が実現できるはずである。

ご意見を論説委員会 ronsetsu@sis.or.jp までお寄せ下さい。

論説委員: 鈴木五郎(委員長) 渡壁弥一郎(副委員長) 井入正博 川端章夫 長尾繁雄 吉岡信行 野中敏夫(アドバイザー)