

【コラム】

「シーメンス社（独）工場視察結果報告

ーソフトウェアの蓄積による生産工程変革ー」

経済研究所 首席研究員 金子 実

1. はじめに

筆者は、シーメンス社が主催したドイツ・ハノーバーメッセ 2025（2025 年 3 月 31 日～4 月 4 日）の視察ツアーに日本から参加の約 30 名の方々とともに、2025 年 4 月 3 日に、同社のアンベルグ工場及びエアランゲン工場を視察させて頂いた。シーメンス社は、デジタルインダストリーズ、スマートインフラストラクチャー、モビリティ、シーメンスヘルスケア、シーメンスフィナンシャルサービスの 5 部門に分かれているが¹、アンベルグ工場もエアランゲン工場もデジタルインダストリーズの工場で、デジタルインダストリーズの本社が置かれているニュールンベルグからバスで 1 時間前後の場所にある。

両工場とも、シーメンス社の DX（デジタルトランスフォーメーション）のモデル工場で、世界経済フォーラムが第 4 次産業革命による変革を実現した工場として選定するライトハウス認定工場になっている²。中国の成都で 2013 年に操業を開始したシーメンス社の工場もライトハウス認定工場になっているが、シーメンス社によれば、同工場はアンベルグ工場のコピー工場であり、アンベルグ工場を凌ぐ低い不良率を実現しているとのことである。

シーメンス社によれば、同社は 2007 年に組織再編を行って以降、DX カンパニーに転換し、米国等のソフトウェア企業を買収するために€100 億を超える投資を行っているとのことである³。日本の機械産業においても、多くの企業、工場で DX が課題となっており、シーメンス社の DX のモデル工場で DX がどのように進んでいるかについての情報は、日本の機械産業にも参考になる情報を含んでいると考えたことから、アンベルグ工場、エアランゲン工場の視察結果を本コラムで報告させて頂くこととした。本コラムの冒頭にあたり、両工

¹ <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:344347ec-a1bd-44cb-aaaa-711d1b3ec1b8/Siemens-Annual-Report-2024.pdf>

² <https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/home>

³ <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-driving-digital-transformation-10-billion-investment-us-software-companies>

場への視察をお受け入れ頂いて、詳細なご説明等を頂いたシーメンス社の方々に、謝意を表させていただきます。

2. アンベルグ工場視察結果

アンベルグ工場は、2つの工場に分かれており、1つは1948年に設立されたスイッチギアなどの機器の工場、もう1つは1989年に設立されたEWA (Electronic Works Amberg) と呼ばれるPLC (Programmable Logic Controller) などの電子機器の工場である。視察させて頂いたのは、EWAの方で、それに加えて2021年に設立されたIMPULSE と呼ばれるビジターセンターも視察させて頂いた。

最初に、IMPULSE を視察させて頂いた。そこでの展示のメインテーマは、デジタル・ワールドとリアル・ワールドの統合、IT (インフォメーション・テクノロジー) とOT (オペレーション・テクノロジー) の統合である。その象徴として、三階建ての建物の吹き抜けになっているところに、建物の最下層から最上層まで届く木が置かれていた。

IMPULSE で最初に見た展示は、携帯電話を生産するためのロボットの展示だった。そのロボットはKUKA社製でシーメンス社製ではなく、ロボットの設計及び設計したロボットのシミュレーションをデジタル・ワールドで行うことにより、設計にかかる時間やコストを削減するためのシステムを、シーメンス社が提供しているとのことだった。そして、そのようにして設計されたロボットを、生産現場でセットアップするとともにITにつなぐために必要なハードウェアやソフトウェアを、シーメンス社が提供しているとのことだった。

そのようなハードウェアやソフトウェアを格納するための制御盤が展示されており、その中に産業用PC (Personal Computer)、PLC、電源、安全装置、モーションコントロールなどが設置されていた(図1参照)。制御盤及び制御盤に設置されている各種機器はシーメンス社が開発、生産したもので、PLCはアンベルグ工場、産業用PCはドイツのカールスルーエにある工場で生産されたものとのことだった。産業用PCは、ITにつなぐためのエッジデバイスになるものであるが、その中にAIが格納されることもあるとのことだった。

その後、別のロボットやAGV (Automated Guided Vehicle) の展示もあったが、いずれもシーメンス社製ではなく、それらを動かすためのソフトウェアがシーメンス社により提供されているとのことだった。それらの説明においては、DXは、省力化に資するものであるが、従業員を脅かすものではなくサポートするものだとして従業員に理解させることが重要であることが強調されていた。

IMPULSE で視察した最後の展示は、生産された製品のEPD (Environmental Product Data)を知るためのシステムだった。そのシステムでは、生産された製品にシリアルベースのIDの入ったQRコードがつけられ、シリアルベースで製品のウェブサイトへアクセスして、製品の生産の際のCO2排出量などを知ることができるとのことだった。



図1：ロボットを生産現場でセットアップして IT につなぐための制御盤
注) 最上段に設置されているのが産業用 PC で二段目に設置されているのが PLC
出所) IMPULSE において筆者撮影。

なお、IMPULSE の展示についてではないが、IMPULSE へのビジターが身に着けることを求められる名札には、RTLS (Real Time Location System) のタグがつけられており、ビジターが建物内のどこにいるかがわかるようになっているとのことだった。確かに、建物の壁には、RTLS のためのシーメンス社製の UWB (Ultra Wide Band) のアンテナがつけられていた。

続いて EWA を視察させて頂いた。EWA では、年間約 1500 種類の製品が約 2 千万台生産されているが、これはこれまで毎年約 6% ずつ生産される製品の種類及び台数が増加してきた結果で、5 年前には年間約 1000 種類の製品が約 1 千 4 百万台生産されていたとのことだった。他方、従業員数は、今日まで約 30 年間約 1100 人でほとんど変わっておらず、生産される製品の種類、台数の増加は、技術の向上の結果だとのことだった。

EWA で視察させて頂いたのは、SMT (Surface Mounting Technology) と呼ばれる技術を使って PCB (Printed Circuit Board) と呼ばれる基盤の上に約 400~500 の電子部品等を固定する等により電子機器を組み立てる工程の生産ラインだった。1 秒間に 1 台の製品が完成

しているが、99%のトレーサビリティが確保されているとのことだった。

トレーサビリティを確保する方法について、次のような説明があった。まず、PCB と呼ばれる基盤には、ベンダーから仕入れる段階ではバーコードがついておらず、シーメンス社でシリアルベースの ID の入った QR コードがレーザーマーカでつけられる。そして、これがシーメンス社のシリアルベースの ID の入った QR コードのついたハウジングと組み合わされる。次に、たくさんの種類の電子部品が、バーコード、QR コード等によりシーメンス社の ID がつけられた上で、基盤の上にはんだ付けされる。はんだ付けができると、カメラ検査や光学検査が行われ、不良品がチェックされるとともに、製品の ID とともに検査結果が記録される。基盤に電子部品が固定される工程で、同じ QR コードが 10 回程度は自動的にスキャンされているとのことだった。

製品のトレーサビリティの記録も見せて頂いたが、全品についてシリアルベースでトレーサビリティが記録されており、カメラ検査の結果の映像もすべて記録され、製品の ID を特定すると、すぐに見ることができた。各月の不良率も自動的に計算されており、目標の 9.9dtm 以下（100 万個の製品が生産された際の不良が 9.9 以下）がクリアされたか否かがすぐにチェックできるようになっていた。使われた電子部品の不良率も、仕入先毎に自動的に計算されており、不良率の高い仕入先には、改善を求めたり、仕入れを中止したりする措置をとるとのことだった。生産ライン別の不良率も、自動的に計算されていた。

トレーサビリティのデータは、すべてオンプレミス（工場内）のサーバに記録されている一方、予知保全や AI のためのデータは、PLC 等からクラウドに送られているとのことだった。工場で収集されるデータの量は、1 日に 10～15TB（terabyte：テラバイト）で、そのうち、約 3 分の 1 はオンプレミスのサーバに記録され、残り約 3 分の 2 はクラウドに記録されており、クラウドとしては AWS と Microsoft Azure をおおよそ半々で使っているとのことだった。予知保全や AI のためにクラウドに送られるデータのサンプリング周期は、約 500ms（milli second：ミリ秒）だが、より短いサンプリング周期が必要な場合には、PLC と組み合わせられている産業用 PC 使えば、はるかに短いサンプリング周期を実現できるとのことだった。

EWA で生産された製品は、ニュールンベルグにある倉庫に出荷され、その在庫が外部からの発注を受けて減少した製品について、追加生産の指示が出されるとのことだった。追加生産の指示は、外部から受けた発注の状況に加えて、部品の在庫状況、EWA の生産設備の状況も勘案して、EWA の MES（Manufacturing Execution System）に出され、それを受けて MES は、EWA で生産される製品のプライオリティを変更するとのことだった。

製品のプライオリティの変更の指示は、MES から PLC 等にネットワークを通じて出され、現場の作業員が承認のボタンを押すと、実行されるとのことだった。現場の作業員のすることは、承認のボタンを押すかどうかを決めることと、押した場合に必要な投入する原材料の変更等の作業で、必要な作業は、コンピュータのモニター等によって作業員に示されるとのことだった。製品毎に、一度に生産されるロット毎の生産数が決まっており、

その数が生産されるまでは、それまで生産されていた製品の生産が続き、その数の生産が完了すると、MESからの指示に従った段取り変えが実行されるとのことだった。

MESは、オンプレミス（工場内）のサーバに置かれており、ニュールンベルグにある倉庫との情報のやりとりも、シーメンス社内部の情報としてのやりとりとされているとのことだった。シーメンス社は、MESのためのOpcenter Executionなどの標準ソフトウェアを外部に提供しているが、EWAはテストグラウンドであることから、標準のソフトウェアではなく、プロトタイプソフトウェアを使っており、EWAで使って得られた新たな知見を、標準のソフトウェアのバージョンアップの際に反映させているとのことだった。

3. エアランゲン工場視察結果

エアランゲン工場は、1971年に設立された工場で、CNC（Computer Numerical Control：コンピュータ数値制御）、モーションコントロールシステム、ドライブシステムなどの生産を行っている。同工場は、GWE（Gerätewerk Erlangen）と呼ばれており、シーメンス社のモーションコントロール事業部の中心となっている工場である。同事業部傘下の工場は、GWEを含めて世界に9か所あるが、それら工場の本部機能はGWEに置かれている。GWEには、Impactと呼ばれるデジタルトランスフォーメーションのエクスペリエンスセンターも置かれており、GWEを視察させて頂いた後、Impactも視察させて頂いた。

GWEでは、様々な製品について中程度の量の需要がある市場のニーズに対応して、製品開発のデジタル化と柔軟な生産自動化を進めることに成功しているとのことだった。生産する製品の市場における需要の違いを反映してのことと考えられるが、アンベルグ工場のEWAでは、ニュールンベルグにあるシーメンス社の倉庫の在庫状況などに応じて一定のロットをまとめて生産するとのことだったが、エアランゲン工場では受注に応じて生産するとのことだった。

また、GWEでは柔軟な生産自動化が進められているためではないかと思われるが、アンベルグ工場のEWAの自動化率は75%なのに対し、GWEの自動化率は100%とのことで、GWEではMESからの指示が、作業員の承認のプロセスなく実行されるとのことだった。さらに、アンベルグ工場のEWAでは、組み付ける電子部品等は地下から生産ラインに供給されているとのことで、生産ラインにはAGVがほとんど見られなかったが、GWEでは、部品を運ぶAGVが、生産ライン沿いを多数、頻繁に動いていた。

GWEの生産ラインには、基盤に電子部品等を固定する工程の後に、電子部品等に比べて大きい冷却装置などの部品を組み付ける工程があった。基盤に電子部品等を固定する工程における検査では、通常の自動検査では良品まで不良品と見做されてしまう可能性があるとのことで、良品であるにもかかわらず不良品と見做されるケースを識別するためのAIシステムを、ローコードで作って使っているとのことだった。

部品を組み付ける工程で、生産ラインの複数の投入口にAGVによりどれだけずつ部品を

運ぶかを決めるためにあたっては、**SAP** のシステムを使った完全なシミュレーションでは想定すべきケースが多すぎることから、日本の看板方式に倣った **pull** 方式でシミュレーションするシステムを、やはりローコードで作って使っているとのことだった。また、様々なものの中から必要な部品をピックアップする **bin picking** のプロセスで使われている **AI** においては、実物だけで **AI** に学習させようとするコストがかかり過ぎてしまうことから、合成して作ったデータも使って **AI** に学習させるコストを下げているとのことだった。

GWE の後視察させて頂いた **Impact** では、デジタル化された製品開発の様々なプロセスが展示されていた。シーメンス社の **NX** と呼ばれる **CAD** ソフトウェアや **Team Center** と呼ばれるプラットフォームソフトウェアなどを使って、リアル・ワールドでの試作品の生産等の前に、デジタル・ワールドでシミュレーションと最適化を何度も繰り返すことができることを示す展示だった。

CAD を使って設計を行う場合には、設計されたデザインのシミュレーションだけでなく、様々な素材のオプションを想定しての熱解析のシミュレーションもできるとのことだった。また、シーメンス社は、設計された新製品を加工するための **CNC** や **PLC** 等にプログラム等を入れてシミュレーションを行うためのソフトウェアも提供しているとのことだった（図2参照）。

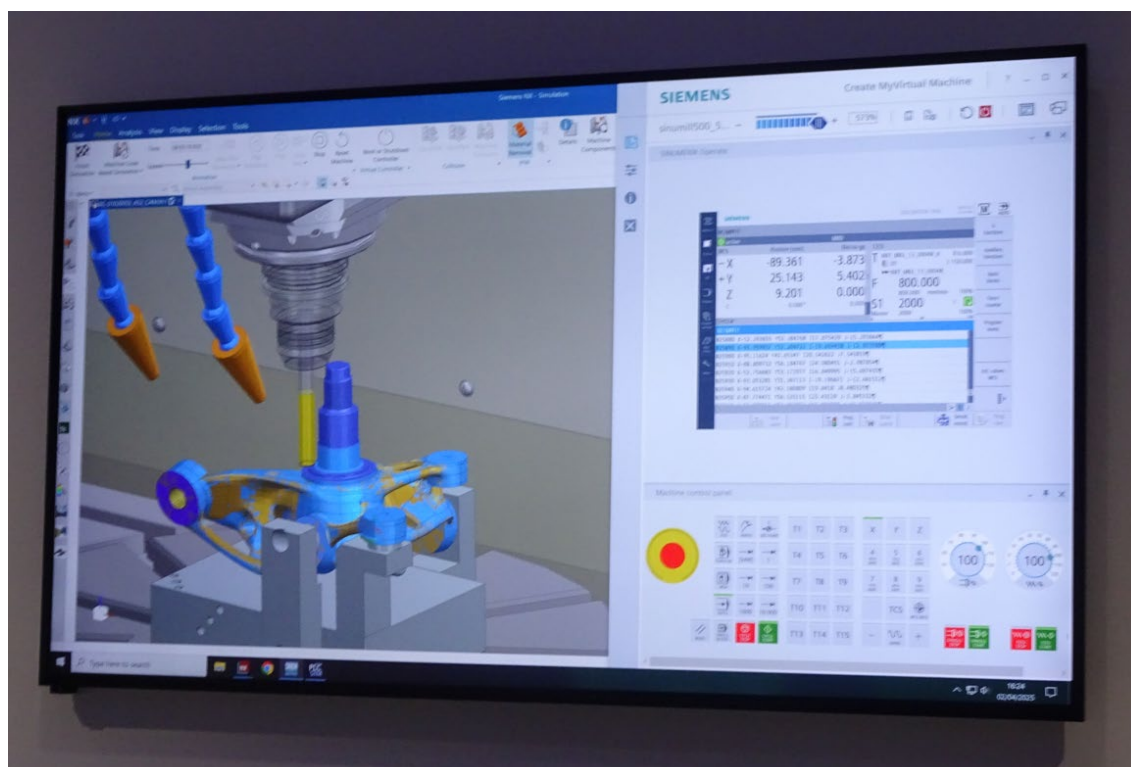


図2：CNCにプログラム等を入れてシミュレーションを行うためのソフトウェアの展示
出所）Impactにおいて筆者撮影。

そのようなソフトウェアを使ったシミュレーションにはシーメンス社も参加するが、完成したプログラム等はユーザーに引き渡されるとのことだった。

シミュレーションが終わった後、リアル・ワールドにおいて 3D プリンターや工作機械等を使って試作品を生産するプロセスも展示されていた。試作品に問題があれば、**Team Center** に記録されている設計データを使って、設計の修正と修正された設計のシミュレーションと最適化のプロセスに戻ることができるとのことだった。試作品に問題がなく、新製品の設計が完了すると、設計データは **Team Center** に記録されて、将来関係者が変わっても、いつでも使うことができるとのことだった。

4. おわりに

シーメンス社のアンベルグ工場、エアランゲン工場は、同社の DX のモデル工場で、第 4 次産業革命による変革を実現したライトハウス認定工場になっているが、両工場で生産されているのは、PLC、CNC、モーションコントロールシステムといった、DX や第 4 次産業革命という言葉が使われ始めるかなり前から、工場や機械の自動化のために使われているデジタル機器だった。そして、それらのデジタル機器とリンクして構築されているトレーサビリティ、MES、設計・シミュレーションなどのシステムが、両工場ではふんだんに使われており、そのことが両工場が DX のモデル工場になっている主な理由なのではないかと感じられた。

DX は、一般的には IT を活用して実現するものであるが、工場や機械においては、DX の必要性が指摘されるかなり前から、OT 領域における自動化のためにデジタル技術が使われている。IT は、特に米国におけるインターネットの普及以降、今日まで急速な発展が続いているが、シーメンス社のアンベルグ工場、エアランゲン工場を視察させて頂くと、機械産業における DX を OT 領域におけるデジタル技術とリンクしたシステムの構築、蓄積により実現しており、日本の機械産業もその点を参考にすべきではないかと感じられた。