連動する「フィジカル」と「サイバー」
製造業を革新するデジタルツイン。都市や社会を一変する可能性も

コンピューター上で自社製品やその使用環境を再現する「シミュレーション」は、製造現場で広く利用されてきました。ネットワークやセンサーなどの高性能化とAI（人工知能）やAR／VR（拡張／仮想現実）の実用化によりIoTの波が加速する今日、シミュレーションも新たな潮流が見られます。製品や製造環境など実在するモノをコンピューター上に忠実に再現する「デジタルツイン」です。

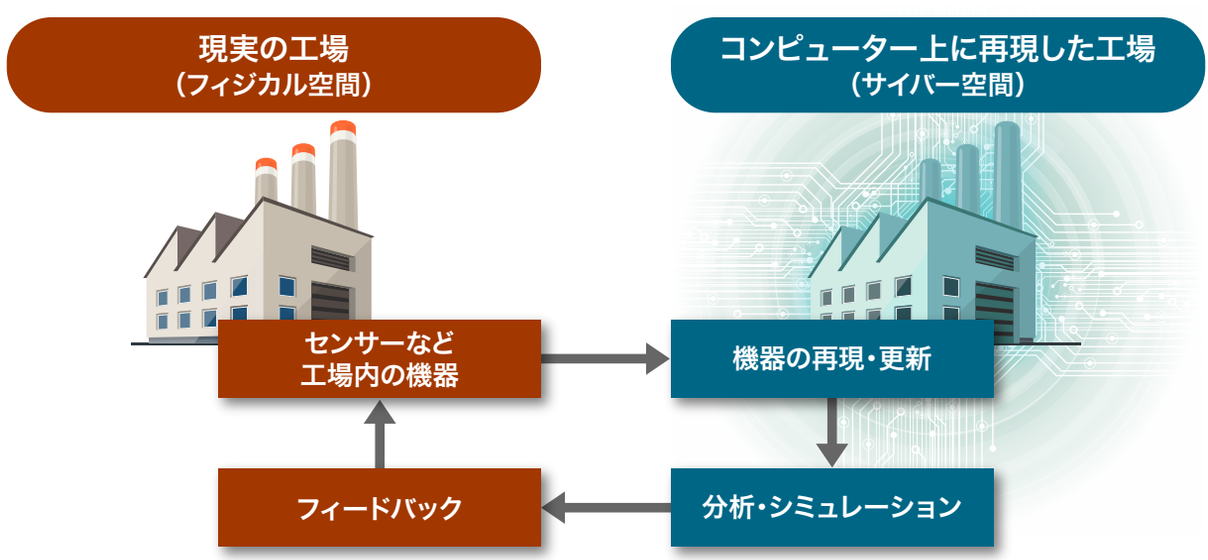
「フィジカル」と「サイバー」の一卵性双生児

コンピューターをベースとした最新テクノロジーを、製品の設計や製造の現場に取り入れ、活用する動きは今に始まったことではありません。実用的なコンピューターが登場してから半世紀あまり、製造業はコンピューターとともに進化してきたともいえるでしょう。

たとえば、コンピューターで創り出した仮想空間（サイバー空間）に製品を再現して、さまざまなシミュレーション解析を行うエンジニアリングの手法であるCAE（Computer Aided Engineering）は、製造工程の短縮やコストの削減に寄与してきました。このCAEをより進化させたアイデアが「デジタルツイン（Digital Twin）」です。

デジタルツインは、「デジタル世界に再現された双子」という意味合いですが、「twin」は単数形ですから双子の一方です。双子のもう一方は現実世界（フィジカル空間）に実在する”モノ”であり、その情報を集めてコンピューターネットワーク上のデジタル世界（サイバー空間）に忠実に再現した”モデル”が「デジタルツイン」です。いわば、「フィジカル」世界にいる”兄”とほぼ同様な、「サイバー」世界にいる双子の”弟”が、デジタルツインの正体です。

図1：現実の工場をデジタルで再現する「デジタルツイン」



Copyright (c) NTT COMWARE CORPORATION

このデジタルツインが最近注目されてきた背景には、次のような理由が挙げられます。

1.製造業の競争力強化のために先進国が産学官連携で導入を進めていること
2.機器やインフラの高機能化によりシミュレーションの精度が飛躍的に高まっていること
3.フィジカルの変更に合わせてサイバーがアップデートされること
4.製造物のみならず、製造現場やサプライチェーンにも応用できること

製造業強化をめざす国を挙げての取り組み

ドイツでは、2011年に官民連携の国家的プロジェクト「インダストリー4.0」を立ち上げました。その中核となる「サイバーフィジカルシステム」は、機械・設備・流通網など実世界（フィジカル空間）から収集したあらゆる情報をコンピューターネットワーク（サイバー空間）とリアルタイムに連動させて製造業の競争力強化をめざすもので、まさにデジタルツインと同じ発想です。

同様に官民連携の取り組みとしては、アメリカの「インダストリアル・インターネット」や中国の「メイド・イン・チャイナ2025」などがあり、いずれも同じ方向性をめざしています。わが国も、狩猟社会・農耕社会・工業社会・情報社会に次ぐ5番目の「超スマート社会（ソサエティー5.0）」を実現するために、内閣府を中心に新たなものづくりの基盤としてデジタルツインを推進しています。

情報量増と高速化でシミュレーション精度は飛躍的に向上

IoT化の急速な進展と解析技術やネットワークの高速化によってシミュレーションに用いられる情報が格段に増えたことも、デジタルツインの普及を後押ししています。モノの状態を把握するために欠かせない各種センサーは、小型・軽量化、低価格化、高機能化が進み、製品や機械のさまざまな場所の状態を、リアルタイムにサイバー空間へ送れるようになりました。その大量の情報（ビッグデータ）を収集・解析してサイバー空間に構築されたデジタルツインは、フィジカルの再現度が格段に高くなるため、シミュレーションの信頼度も飛躍的に向上します。

また、小型・軽量化が進んだことで、センサーは自社製品や製造機械のみならず、作業者が装着する「ウエアラブルデバイス」の形でも広く使われるようになりました。作業効率を下げずに装着できるリストバンド型・腕時計型・メガネ型などが登場し、作業者の位置や健康状態、作業の難易度などを一元的に把握することで最適な作業状態をシミュレートできます。また、デジタルツイン上で得られた結果をARやVRを活用した、作業者が理解しやすい形でのフィードバックも可能になりました。一方で、大量に収集されたセンサーデータは通信インフラに負荷をかけ、遅延を生じさせてリアルタイム処理を損なうリスクもあります。これを回避するのが、センサー側サーバーで処理を行い、必要な情報だけをクラウド側のサーバーに送る「エッジコンピューティング」です。クラウドの負担を軽減することでフィジカルとサイバーのリアルタイムな情報共有を可能にするとともに、通信コストやセキュリティーリスクの低減にもつながります。

フィジカルの変化に合わせてサイバーも自動的に更新される

これまでのシミュレーションでは、フィジカル側に変化があった場合でもサイバー側に別途修正指示を出さなければ変化しません。サイバー側の更新がフィジカル側の更新に追いつかないため、時間がたつほど両者の乖離（かいり）は大きくなり、シミュレーションの精度は下がります。

これに対しデジタルツインでは、フィジカルの変化がサイバーにリアルタイムに伝わり、モデルは常にアップデートされていきます。

また工場出荷時にはまったく同じ性能・仕様の機器でも使用環境が違えば消耗や劣化の度合いが異なっていきますが、従来のシミュレーションでは故障や停止のリスクを避けるために余裕を持たせた設計が必要でした。

Copyright (c) NTT COMWARE CORPORATION

製造業を革新するデジタルツイン。都市や社会を一変する可能性も

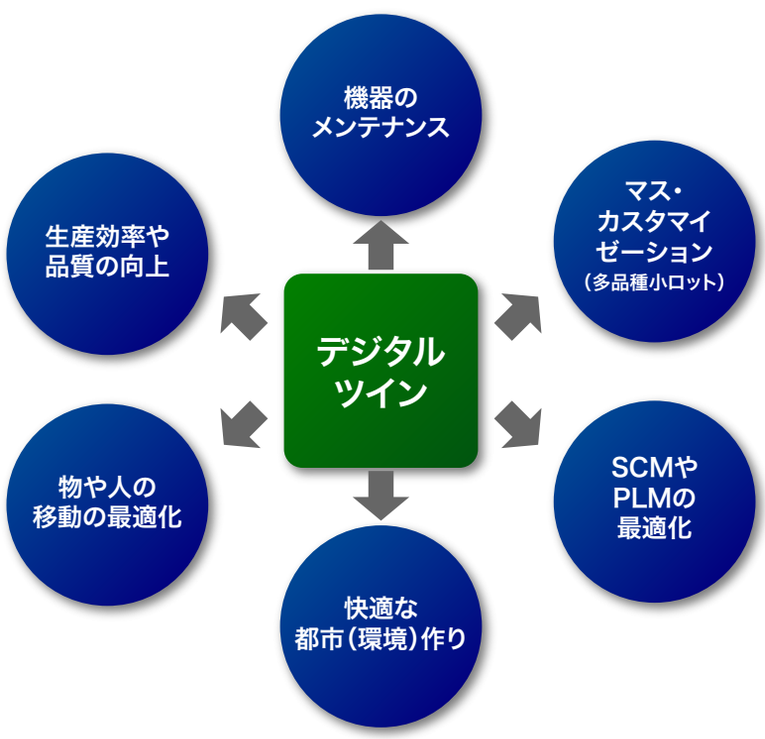
デジタルツインでは、個々のフィジカルモデルに対応するサイバーモデルが最新の状態を反映していますので、従来よりもリスク対応のための余裕分（マージン）が少ない設計でも、予期せぬトラブルなどを最小限に抑えられます。たとえば航空機ならマージンを減らして積載量を増やすなど、より遠くへ、より大量な輸送が可能になります。

製造現場を超えて利用されていくデジタルツイン

デジタルツインは、顧客に販売する製品のシミュレーションだけではなく、自社工場の製造ラインや自社・他社を含めたサプライチェーンのシミュレーションにも応用できます。開発・調達・製造・物流・販売などの各プロセスにおける状況を過去の実績や予測から数値化してサイバー空間で管理し、無駄の少ない製造販売計画を立てるとともに、内部トラブルや外部環境がサプライチェーンに与える影響をリアルタイムに対応します。

最近は、製品のライフサイクルが短くなる傾向にあることから、SCM（サプライチェーンマネジメント）よりも、PLM（プロダクトライフサイクルマネジメント）が重視される業種もあります。PLMのカバー範囲はSCMよりもさらに広く、開発以前の企画・マーケティングから販売後の保守・廃棄までを含めた管理が求められますが、デジタルツインでは、IoTやビッグデータ解析がより高精度のPLMを実現して無駄の少ないビジネスを実現しています。

図2：活用が広がる「デジタルツイン」



デジタルツインの活用事例

航空機用エンジンへの取り組み

インダストリアル・インターネットの旗振り役でもあるアメリカを代表するコングロマリット（複合企業）は、デジタルツインの推進でも先頭を走っています。同グループの中核をなす世界的な航空機用エンジンメーカーでは、従来、同じ型式のエンジンであれば画一的にメンテナンスや部品の交換時期が決められていました。どれだけ稼働したからどれだけパフォーマンスが低下しているかというような、個々のエンジンの状態を把握するのは困難だったからです。

Copyright (c) NTT COMWARE CORPORATION

製造業を革新するデジタルツイン。都市や社会を一変する可能性も

しかし、デジタルツインを導入すると、フライトデータや天候データなどに、エンジン各所に装備されたセンサーから発信された情報を加えて個々のエンジンのサイバーモデルが作られます。フィジカルのエンジンの状態をリアルタイムに把握できるので、今後発生する可能性が高い問題を予測し、あらかじめ対策を採ることができます。

風力発電所（ウィンドファーム）への取り組み

風力発電機が生産できるエネルギーは、風向きや風の強さはもちろん温度や湿度によっても変動し、もちろん地形も大きく影響します。デジタル・ウィンドファームは、デジタルツインでサイバー上に仮想発電所を構築するもので、ウィンドファーム内の個々の発電機の向きやブレードのピッチ角、タービンの効率などをデータ解析技術によって個別にカスタマイズし、発電所全体のエネルギー生産量を約20％向上させられるといいます。

IoTも活用したスマートファクトリー

インダストリー4.0の中核を担うドイツを代表する世界的なものづくり企業は、そのコンセプトを全面的に取り入れた「スマートファクトリー」を推進しています。IoTによってすべての機器が接続され、フィジカルに連動したサイバー空間で機器の配置や作業員の動きなどをリアルタイムに把握できるものです。これにより、顧客の多種多様な要望に応じて製造ラインを柔軟に切り替えられ、特注品の注文にもフレキシブルに応じられるマス・カスタマイゼーションが実現します。この一環として、最終出力を3Dプリンターで行うDDM（Direct Digital Manufacturing）にも対応する計画です。

バーチャル・シンガポール

フランスに本社を置く3Dエンジニアリングのソフトウェア開発会社では、シンガポールの政府機関と「バーチャル・シンガポール」構想を進めています。これは、建物・道路・交通機関・通信などのインフラから地形や気候まであらゆるデータをサイバー空間に再現し、都市国家・シンガポールそのもののデジタルツインを作り上げようというものです。公共工事や効率化や公共輸送の最適化、さらには将来の都市作りにまで役立てようとする意欲的なプロジェクトで、2018年の完成をめざしています。

デジタルツイン同士の連携も重要に

デジタルツインは、IoT化で先を進む製造業を中心に普及が進んでいますが、製造業以外の業種でも有用なソリューションです。IoT化の進展につれて、製品・製造現場から建物全体、企業全体、さらにはサプライチェーンやコミュニティーへの拡大が見込まれます。

いずれは、デジタルツイン同士の相互連携が求められることになりますが、そのとき重要になるのはサイバー空間でのセキュリティーとシステムの安定性、そしてデータの相互連携です。サイバー空間に起因するリスクを回避できる仕組みがきちんと担保されていくかどうか、相互連携の将来像を見据えられる企業が存在するかどうかが、デジタルツインが広がっていく鍵になるでしょう。

【 制作／コンテンツブレイン 】

NTT コムウェア株式会社
URL：http://www.nttcom.co.jp/
WEB 掲載：2018.3

Copyright (c) NTT COMWARE CORPORATION