

これからのCAE活用方法

～シミュレーションベースのデジタルツインのご紹介～

1 はじめに

近年、インダストリー 4.0やソサエティ 5.0、IoT、スマートファクトリーといったものづくりの効率化や価値向上を図るためのデジタルトランスフォーメーション (DX) の概念・活動が浸透してきました。本稿ではこれらのDXの概念の一つであるデジタルツインの価値と活用例、実装方法を紹介します。

2 デジタルツインとは

「(戦略プロポーザル) 革新的デジタルツイン」の「エグゼクティブサマリー」に、デジタルツインとは「デジタルデータを基に物理的な製品をサイバー空間上で仮想的に複製し、将来発生する事象をデジタルの仮想世界で予測することが可能な先進的なシミュレーション技術である」と記載されています^[1]。起きている現象をリアルタイムに観測すると同時に将来発生する事象を予測することができれば、製造装置の異常動作や故障といったトラブルを重大事故が発生する前に対応することが可能となり、メンテナンスにかかるコストを大幅に削減することができます。

デジタルツインを実現するモデリング方法として大きく分けると二つの手法があります。一つは、装置やプラント

の稼働データを元に機械学習などを使って入力と出力の関係を統計的に推定するモデルを構築する方法です。このモデルを統計モデルと呼びます。統計モデルは稼働データがあればモデル作成が行え、物理法則が解明されていない現象・関係をモデル化することも可能という特長があります。

もう一つは、原理・原則に基づく数値シミュレーションを使って製品や現象を表現するモデルを構築する方法です。このモデルを物理モデルと呼びます。物理モデルは稼働データが無い場合もモデルを作成することができるため、製品設計・開発の機能検証用途で使われています。

弊社では統計モデルと物理モデル、二つを組み合わせたハイブリッドモデルをお客様の課題やご要望に合わせて提供しています。以降では物理モデルを使ったデジタルツインについて紹介します。

3 シミュレーションベースのデジタルツインとは

物理モデルには、CADデータを使った詳細な3次元シミュレーション (以下、3D-CAE) や、CADデータを使わず機能の繋がりを検証するシステムシミュレーション (以下、1D-CAE) などがあります。3D-CAEは詳細な形状に基づいた高精度な結果を得ることが可能で、対応している物理領域も多方面で適用範囲が広いという特長があります。1D-CAEは詳細な形状情報は持たず、機能のつながりをモデル化することで製品やシステム全体の挙動を表現できるという特長があります。高精度な3D-CAEモデルをデジタルツインで利用しようとする計算時間がかかることや高い計算リソースを必要とするため、そのままでは現実世界の変化し続ける現象をリアルタイムに解析してフィードバックし、制御するといったことは困難です。そこでモデル低次元化 (ROM: Reduced Order Modeling) という技術を利用します。ROM技術を使うことで、入力と出力の関係を表す次数低減モデルを作ることができます。これにより3D-CAEの本質的な動作と支配的な挙動は保持したまま処理を高速化することが可能です。

図1はシミュレーションベースのデジタルツインを活用した例の一つである仮想センサーという技術の模式図を表しています。実センサーでは直接計測が困難な状態量をリアルタイムに推定する手法で、様々な産業界で活用が可能な技術です。業界によって、バーチャルセンサーやソフトセンサ、状態推定器、バーチャルメトロロジなども呼ばれる場合があります。以降では仮想センサーの活用例を二つ紹介します。

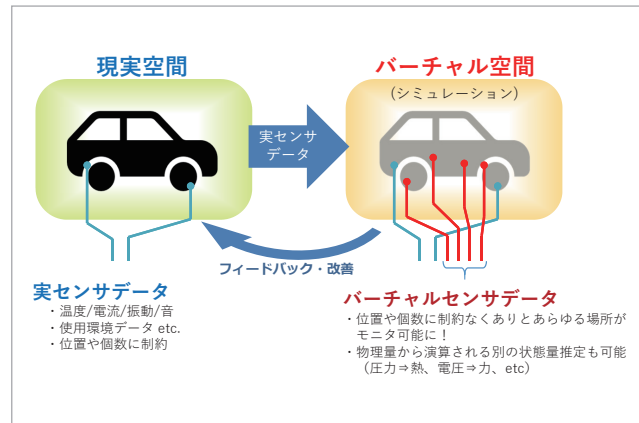


図1 仮想センサー

① 活用例1：クリープ疲労による寿命予測

図2の左上の写真は発電所の内部のボイラ配管です。ボイラ配管は、熱サイクルが繰り返される非常にシビアな環境で運転されるため、発電所の安定稼働のために配管の継ぎ目などの疲労の状態を監視したいという要望があります。しかし、点検などのために人が立ち入ることが困難な場所に設置

されており、24時間365日稼働しているため、検査やメンテナンスのために安易に停止させることも不可能です。これらの設備メンテナンスに関する課題を解決する方法として、仮想センサーを使った解決策が非常に有効です。

3D-CAEではボイラの設計情報、すなわち構造および材料情報をCAEデータとして取り込んだうえで、伝熱-構造のFEM連成解析を行うことで詳細な挙動を知ることが可能

です。さらにこれらの結果を元に、先ほど紹介したROM技術を使うことで高速にシミュレーション可能な次数低減モデルを作る事が出来ます。これにより、実機と連携してシミュレーションすることができるようになり、実際のボイラの運転情報や、既設センサーから得られる温度履歴などのデータを接続することで、ボイラ配管に発生する各種の応力などをリアルタイムに得ることが可能になります。

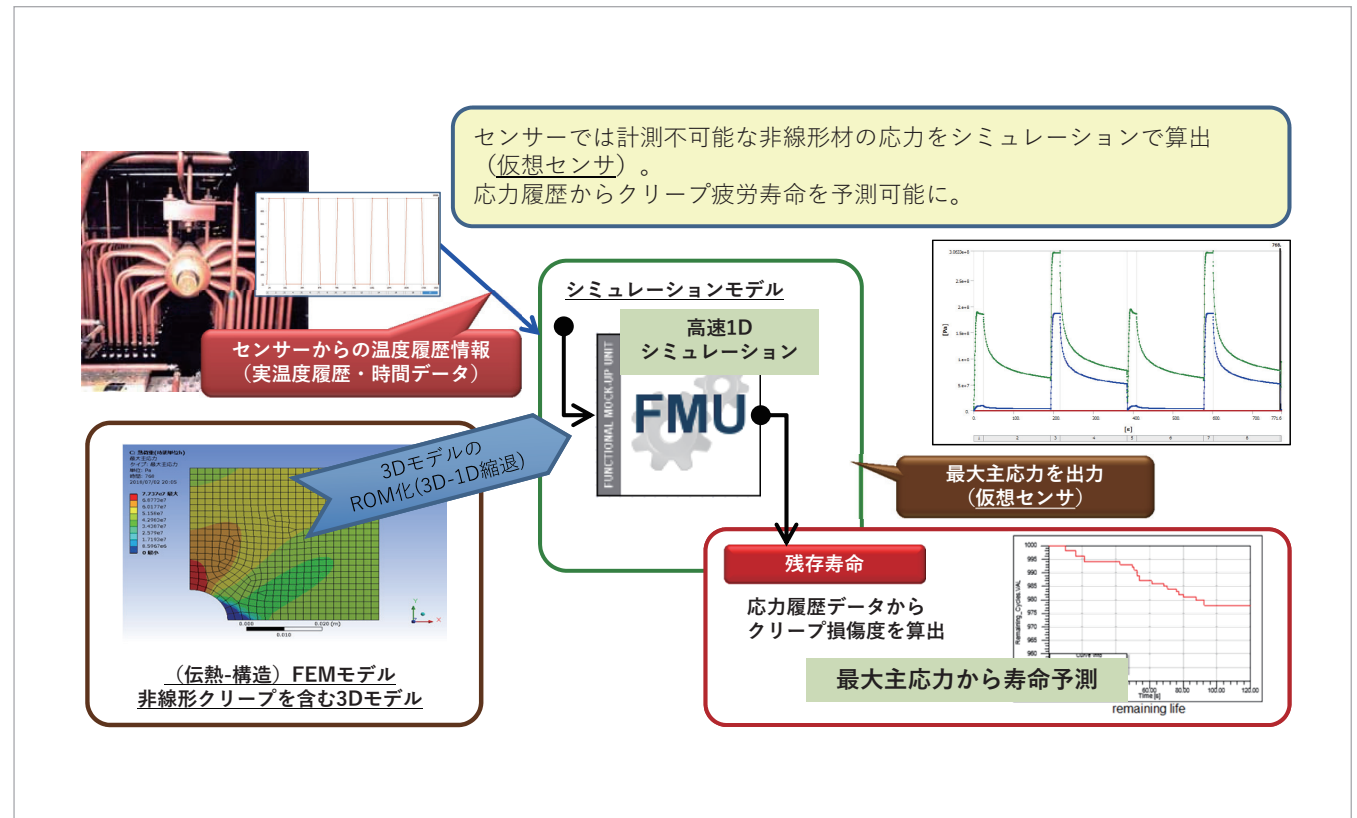


図2 クリープ疲労寿命予測

② 活用例2：電磁ブレーキの自動制御

図3に弊社で作成した電磁ブレーキの自動制御を目的とした実証実験機の様子を示します。電磁ブレーキは電流が流れることによって制動力が発生し、回転を止める部品で、自動車や電動車いす、洗濯機など様々な箇所で使用されています。ただし、急激に大きな制動力が働き、応力が集中する、大きな音が発生するという問題があります。弊社では実証実験機を使って、実センサーで測定が困難な電磁ブレーキの制動量を仮想センサーによって可視化しています。

この仮想センサーの作成方法を簡単に紹介します。電磁ブレーキに流れる電流値からロータとステータ間に発生する力を3D-CAE(電磁場)シミュレーションによって求めています。この結果を元に、ROM化した上で1D-CAEモデルに組み込みます。最後に実機と1D-CAEモデルを連携してシミュレーションを実行することで制動量を可視化することができました。この取り組みに関しては弊社にて開催しておりますIoT/デジタルツインデモ機体験会でご覧いただけます。

4 シミュレーションベースのデジタルツインを開発する環境

図4はANSYS Inc.のツールを用いたデジタルツイン開発環境を表しています。ANSYS Inc. は3D-CADモデルを使い構造、熱、流体、電磁場といった詳細なシミュレーションや1D-CAEモデルを使った高速なシステムシミュレーションを実行するツールを提供しています。

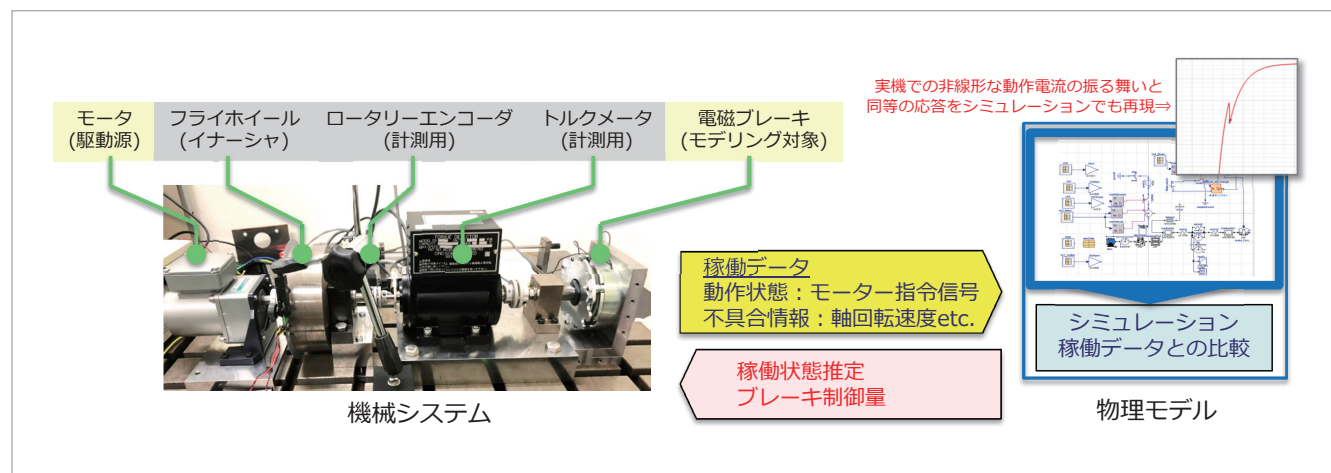


図3 電磁ブレーキの自動制御

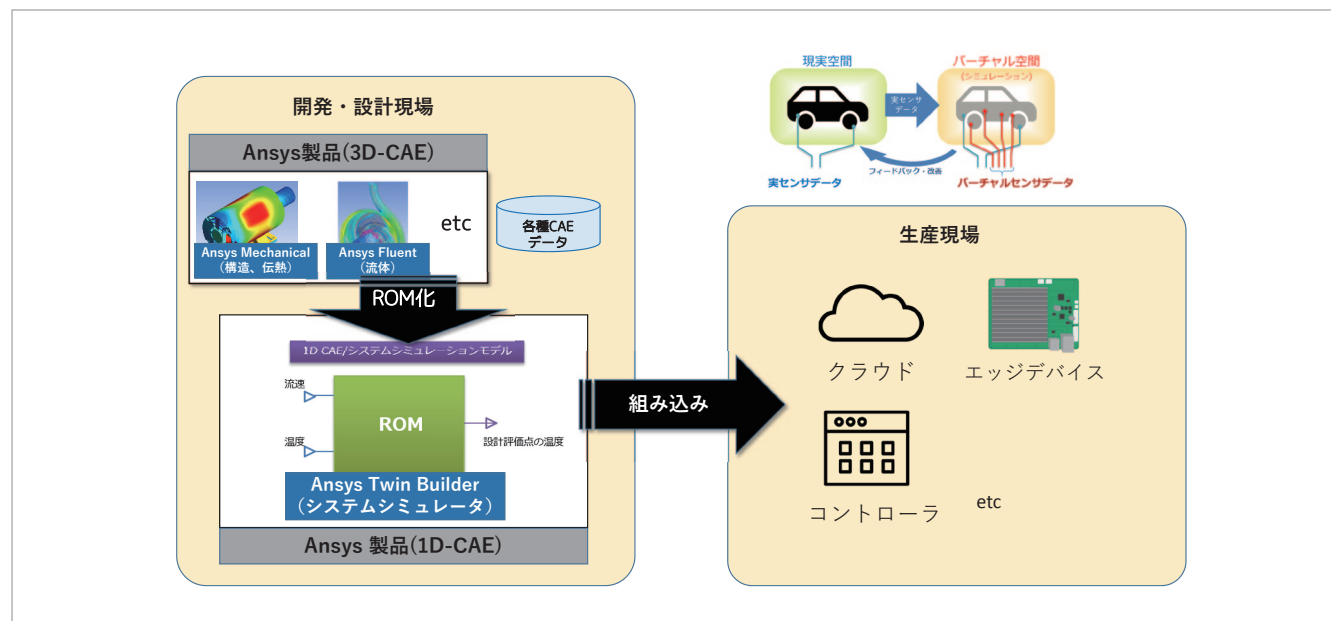


図4 シミュレーションベースのデジタルツインモデルの開発環境

また、Ansys Twin Builderを使うことで既存の3D-CAEモデルをベースにROMを作ることができ、作成したROMを1D-CAEモデルに組み込んで、生産現場で使われる産業用コンピュータやエッジ端末といったAnsys Twin Builderがインストールされていない環境で実行することができます。このようにAnsys製品を使うと簡単に生産現場で活用可能なデジタルツインを構築することができ、例を示したようなクリーブ疲労による寿命予測や電磁ブレーキの自動制御、さらに最適制御が実現可能です。

5 おわりに

今回、CAEを活用した「シミュレーションベースのデジタルツイン」の活用例やモデル構築方法について紹介しました。3D-CAEモデルを使ったシミュレーションベースのデジタルツインやその環境構築にご興味がありましたら弊社Webサイト (<https://www.cybernet.co.jp/iot/>) をご参照ください。事例紹介やソリューションのご紹介、セミナー、IoT/デジタルツインのデモ機を実際にご覧いただける体験会のご案内、

お客様のDX推進を加速するための弊社取り組みなどを掲載しております。

図5は弊社が提供するソリューションマップを表しています。デジタルツインを構築するために必要なIoTプラットフォーム、CAEモデルを管理・活用するためのプラットフォーム、統計モデルを構築するためのAI、デジタルツインで得られたデータを可視化・活用するためのARなどそれぞれのソリューションごとの専門部隊がございます。DXの実現手段でお困りの際はご相談ください。

参考文献

- [1] 2018年3月 国立研究開発法人 科学技術振興機構 研究開発振興センター発行「(戦略プロポーザル) 革新的デジタルツイン ～ものづくりの未来を担う複合現象モデリングとその先進設計・製造基盤技術確立～ / CRDS-FY2017-SP-01」

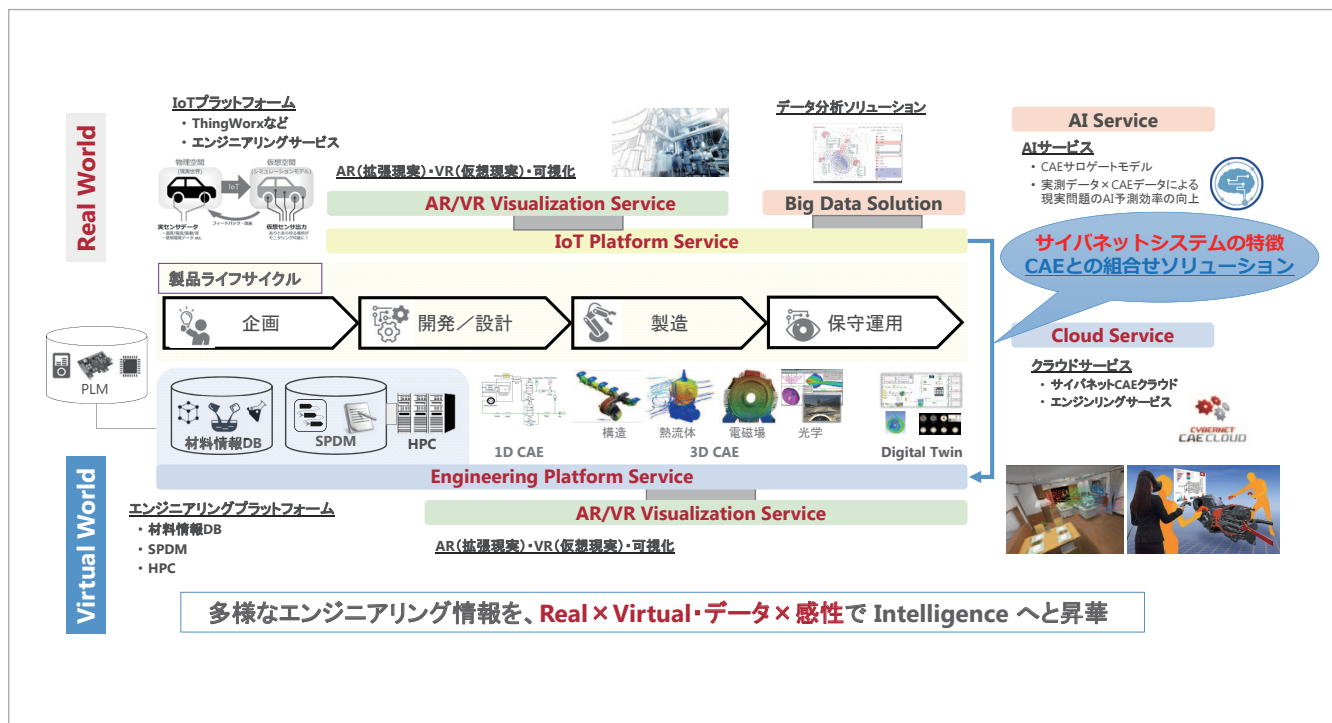


図5 サイバネットが提供するソリューションマップ

お問い合わせ

DXソリューション事業部
IoT/AIサービス室
E-mail: iot@cybernet.co.jp
<https://www.cybernet.co.jp/iot/>

お問い合わせ