

原子力施設のプラント運営業務支援サービス

Plant Operation Support Services for Nuclear Facilities

笹山 隆生 SASAYAMA Takao 古川 智昭 FURUKAWA Tomoaki 石橋 文彦 ISHIBASHI Fumihiko

国内の原子力施設では、2020年4月に新たな原子力規制検査制度が導入された。電気事業者は、原子力施設の安全性や性能の維持・向上を主体的に行うために、プラントの設備情報や運営情報などの、管理・分析が求められる。また、プラント価値最大化のために、稼働率の向上を目指し、リスク情報の活用や設備の劣化状況に基づいた状態基準保全の最適化が必要になる。

このような状況の中、東芝エネルギーシステムズ(株)は、プラントメーカーとして蓄積した設計・製造知見を生かしたコンフィグレーション管理システムや、AIを活用した改善処置活動支援システムといった、プラント運営業務支援サービスを開始した。今後は、これらをエネルギーシステム向けIoT (Internet of Things) プラットフォーム上に展開し、顧客の要望や設備環境に合わせた柔軟なシステムを提供する。

Following the introduction of a new nuclear regulatory inspection system for nuclear facilities in Japan in April 2020, utilities are required to manage and analyze information on their nuclear facilities and the operating conditions of those facilities in order to proactively maintain and improve their safety and performance. Furthermore, to maximize plant value, there is an increasing need for the utilization of risk information and the optimization of condition-based maintenance (CBM) due to equipment degradation.

In response to this situation, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation has launched plant operation support services incorporating a plant system configuration management system and a corrective action program (CAP) support system using artificial intelligence (AI) technology, utilizing the experience and knowledge it has accumulated through the design and construction of nuclear facilities. We are introducing these systems as microservices on a newly developed Internet of Things (IoT) platform for energy systems, in order to provide customers with plant operation support services that are flexibly tailored to their needs and the equipment operating environment.

1. まえがき

2020年4月、原子力規制委員会(NRA)は、国内原子力関連施設向けに「原子力規制検査」制度(以下、新検査制度と略記)を導入した。従来は、当該施設が決められたルールに適合しているかどうかを、NRAが電気事業者に確認することで検査を実施していた。新検査制度では、電気事業者自らが自身で決めたルールに従い、施設を安全かつ効率良く運営しているか否かを、NRAが監視する検査へと大きく変更される。電気事業者が、このような取り組みを確実に実施するには、プラントの設備情報や運営情報を管理・分析し、プラント設備の保全だけでなく、規制要求に従った設計管理や、プラント運営業務の継続的な改善活動などを、主体的に行う必要がある。

国内の原子力発電所は、東日本大震災時に停止し、それぞれ再稼働に向けた取り組みを行っている。プラント再稼働後には、新検査制度への対応も含めて、電気事業者のプラント運営に関わる負荷増大が想定され、規制要求を遵守

した安全性の確保だけでなく稼働率向上も実現する必要がある。そのためには、設備の故障確率などを勘案したリスク情報や設備の劣化状況などに応じて状態基準保全を実施する定期検査(以下、定検と略記)に要する時間の短縮など、プラント運営業務を最適化してプラント価値を最大化することが望まれる。

ここでは、東芝エネルギーシステムズ(株)が、電気事業者のプラント運営業務を支援するために開発した、コンフィグレーション管理システムとAIを活用した改善処置活動支援システムについて述べる。更に、顧客に合わせた柔軟なシステムを提供するためのエネルギーシステム向けIoTプラットフォームの概要を述べる。

2. プラント価値を最大化する運営業務支援サービス

2.1 CPSによるプラント価値の最大化

図1に、プラント運営業務支援サービスによるプラント価値最大化の概念を示す。

電気事業者は、プラントの運転情報や、設備点検情報、

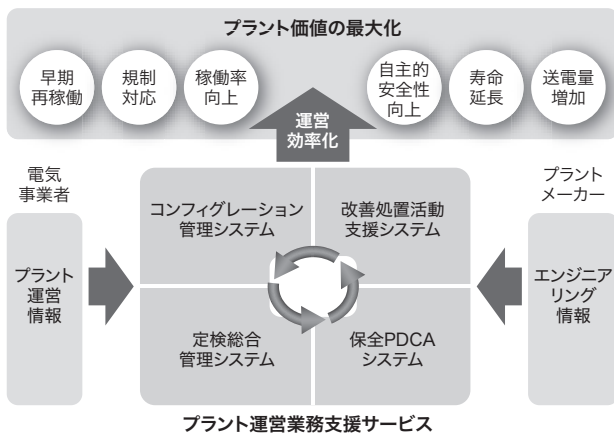


図1. プラント運営業務支援サービスによるプラント価値の最大化

当社が持つエンジニアリング情報と電気事業者のプラント運営情報を相互活用し、プラント運営業務支援サービスを展開することで、プラント価値を最大化する。

Plant value maximization by plant operation support services

不適合情報などのプラント運営情報を、プラントメーカーである当社は、設計情報、設計根拠、解析技術、機器・材料などのエンジニアリング情報を保有しており、双方の情報を融合し、組み合わせ、様々なプラント運営業務支援サービスに活用する。サービスとして、コンフィグレーション管理システム、AIを活用した改善処置活動支援システム、定検総合管理システム、保全PDCA (Plan-Do-Check-Act) システムなど⁽¹⁾を提供し、運営を効率化して、プラント価値の最大化につなげる。当社は、図2に示すように、これまで培ってきたフィジカル領域の設計・エンジニアリング技

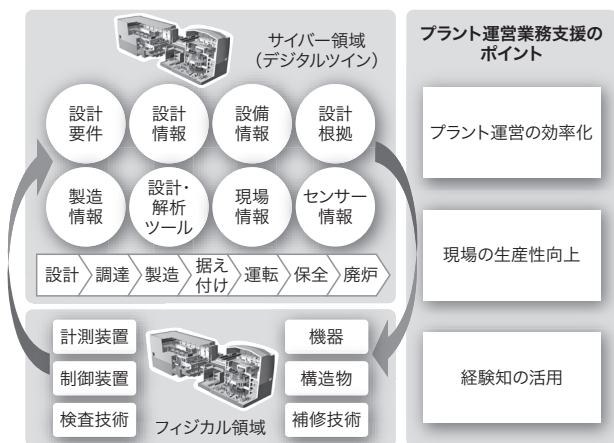


図2. CPSによる原子カプラントの価値最大化

当社が長年培ってきた設計ノウハウに基づくフィジカル領域の情報を、サイバー領域のデジタルツインに融合させ、新たな価値をフィジカル領域にフィードバックする。

Cyber-physical systems (CPS) for nuclear facilities

術から得たデータを、サイバー領域に構築したデジタルツインで活用して新たにフィジカル領域にフィードバックするCPS (サイバーフィジカルシステム) を用いて、電気事業者のプラント運営負荷(プラント運営費)を最適に抑制できるように、プラント運営業務を支援する。

プラント運営業務支援サービスは、以下の観点のポイントとする。

- ・プラント運営の効率化
- ・現場の生産性向上
- ・経験知の活用

2.2 プラント運営業務支援サービスの実施例

当社は、2019年にプラント運営業務支援サービスの提供を開始した。以下に実施例を示す。

2.2.1 コンフィグレーション管理システム

プラント建設時及び改造工事中の機器・配管設計では、3D (3次元) CADやレーザースキャンにより得られる点群データを活用したエンジニアリングを行っている。設計時にこれらのデータを使い、ほかの設備との干渉確認や工事計画などを効率的に行っている。更に、当社はこれらのデータを保全活動にも利用するため、3Dプラントビューアーや設計図書・検査記録データなどとの関係により、変更管理や変更による影響確認が容易にできるコンフィグレーション管理システムの提供を開始した。

3Dプラントビューアー (図3) は、当社の高セキュリティーサーバーに保管する3DCADや点群データを、Webブラウザ上で容易に確認できる独自のサービスである。専用ビューアーのインストールなどが不要であり、利用者が容易に設備の配置状況や寸法情報を確認できるGUI (Graphical User Interface) を特長としている。

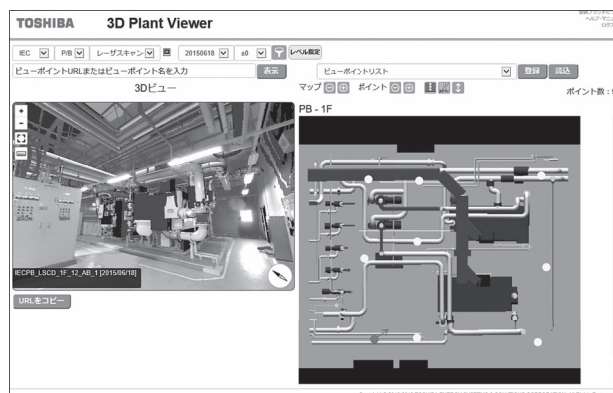


図3. 3Dプラントビューアーの表示例

3DCADの情報やレーザースキャンで採取した点群データを、Webベースのビューアーに表示し、位置確認や寸法計測ができる。

Example of 3D plant viewer display

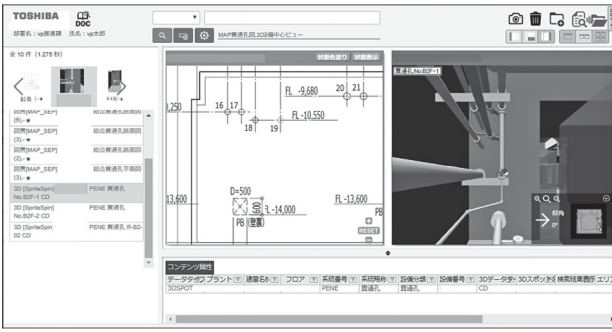


図4. コンフィグレーション管理システム

3D情報と図面や仕様などの情報を、WebベースのGUIで確認できる。
Configuration management system

3Dプラントビューアーは、図4に示す設計図書情報とも連係しており、設計要件（上流設計図書）や、施設構成情報（詳細設計情報、検査記録）と物理構成（アズビルト化した3D情報）などを手軽に確認できるので、コンフィグレーション管理に有用である。

2.2.2 AIを活用した改善処置活動支援システム

新検査制度では、プラントの安全性を確保するには、電気事業者、プラントメーカー、及び協力業者の全体で主体的に保全活動を行う必要があり、電気事業者は、CAP（Corrective Action Program）と呼ばれる改善処置活動を展開する。これは、パトロールなどにより、現場で発生している重要な設備故障予兆現象や、ヒヤリハット事例といったヒューマンパフォーマンスに関する気付き事項などの情報を集約し、これらを分析して改善処置を行うことで、プラントの安全性を継続的に向上させる活動である。

電気事業者は、これらの情報の重要度や内容に応じた分類コードを付与して処置内容の検討を行うが、取り扱う情報が膨大なため、負荷が増大している。そこで、当社はAIを導入し、過去の事例とのマッチングを図ることで、重要度や分類コードの自動分類と不適合発生トレンド分析を行う改善処置活動支援システム（図5、図6）を開発した。当社は、電気事業者がより安全性の高いプラント運営業務を実施できるようにサポートするサービスとして、このシステムの提供を開始した。

3. エネルギーシステム向けIoTプラットフォームの活用

原子力発電所などのエネルギーシステムで扱う情報は、プラント運営情報やエンジニアリングなど多岐にわたり、その量も膨大である。これらの情報を共有し、各種運営システムやサービスで活用するには、利用しやすく（コネクティビティー）、情報を安全に扱うことができ（セキュリティ）、拡張しやす



図5. 改善処置活動支援システムへのAI活用

AIの活用により、改善措置活動における現場情報に対して、重要度や内容に応じて分類コードを自動設定できる。

CAP support system using AI to classify degradation levels

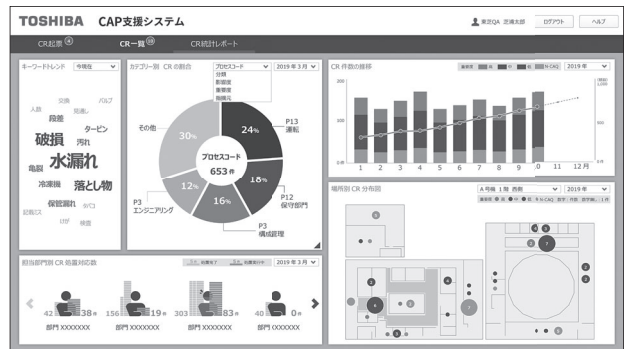


図6. 改善処置活動支援システムによる分析結果の例

現場情報のトレンド分析などを行い、改善措置活動に役立てる。

Example of analysis results of CAP support system

いプラットフォーム上でのサービス提供が、鍵となる。

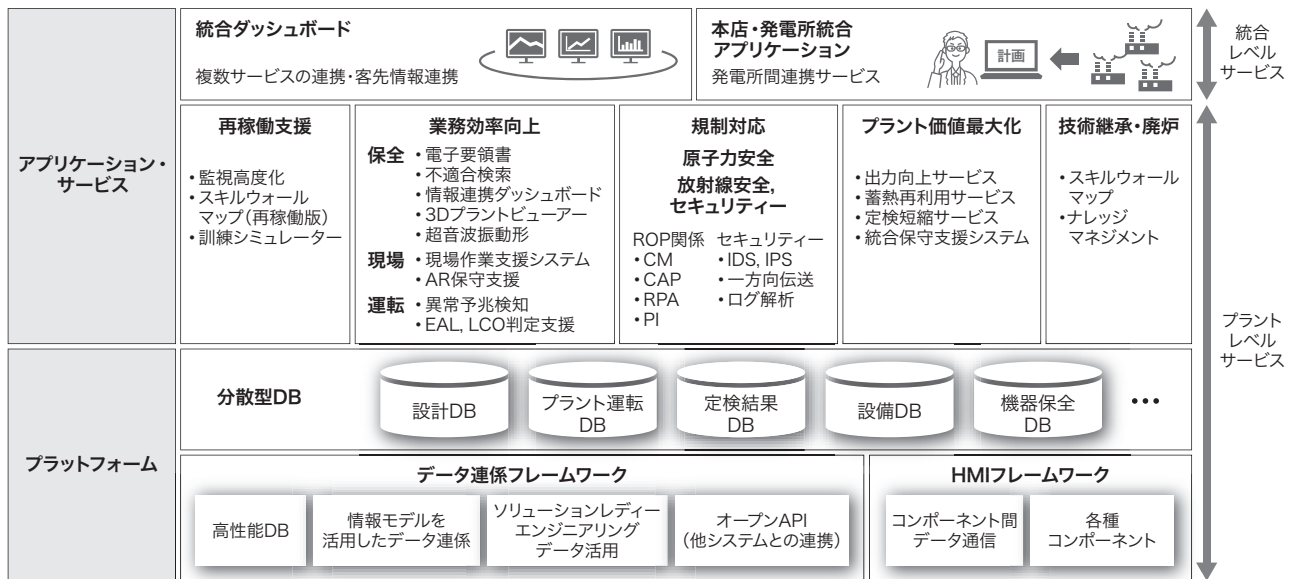
当社は、各種電力事業で共通に利用できるエネルギーシステム向けIoTプラットフォームを開発した。このプラットフォームは、データ収集・保存、データ分析、及び情報の可視化の共通機能を持つ。

エネルギーシステム向けIoTプラットフォームに、原子力プラントの電気事業者の要求や環境に応じたアプリケーションを実装し、柔軟にシステムを構築することで、プラント運営の効率化や、現場の生産性向上、経験知の活用などを実現する様々なサービスを提供する（図7）。

4. 原子力プラント特有の課題及び展望

エネルギーシステム向けIoTプラットフォームの適用に際し、原子力特有の課題を解決する必要がある。

原子力発電所内の設備は、重要度に応じてセキュリティー管理区分があり、異なる区分間では通信方向の制限などで



AR :Augmented Reality
 EAL :Emergency Action Level
 LCO:Limiting Condition for Operation
 ROP:Reactor Oversight Process

CM :Configuration Management
 RPA:Probabilistic Risk Assessment
 PI :Performance Indicator
 IDS :Intrusion Detection System

IPS :Intrusion Prevention System
 DB :Database
 API :Application Programming Interface
 HMI:Human Machine Interface

図7. 原子力特有のサービスにも対応するエネルギーシステム向けIoTプラットフォーム

マイクロサービスアーキテクチャによる原子力特有のアプリケーションを実装することで、顧客要求に合わせたコンパクトなサービスを、高いセキュリティ環境で提供できる。

IoT platform for energy systems

自由にデータのやり取りができない。また、電気事業者とプラントメーカーの間をネットワークで接続することが許容されていないなど、情報のやり取りに多くの制約がある。したがって、プラットフォームは、これらの制約に対応できるように構築することが重要である。

原子力プラントは、信頼性の高い設備を、安全性を向上させながら、継続的かつ効率的に保全し、稼働率を向上させることが重要である。そのためには、電気事業者と当社を含むメーカーが一体となり、高セキュリティのプラットフォーム上で設備データなどを双方で活用できることが重要である。当社は、エネルギーシステム向けIoTプラットフォームを提供し、各種データを活用したアプリケーションを順次提供するとともに、様々なステークホルダーもこれを活用できる仕組みに展開することで、より安全で高効率な原子力プラント運営に寄与していく。

5. あとがき

当社は、新検査制度に対応する電気事業者を支援する準備を進め、コンフィグレーション管理システムや、AIを活用した改善処置活動支援システムの提供を開始した。

今後は、これらのプラント運営業務支援サービスを含めた新しい支援サービスを、原子力プラント特有の課題に対応

した高セキュリティのエネルギーシステム向けIoTプラットフォーム上に展開し、プラント運営業務を支援しながら電気事業者のプラント価値最大化に貢献していく。

文 献

- (1) 古川智昭. 原子力プラントにおけるサイバーフィジカルシステム実現の取組. 保全学. 2019, 18, 2, p.22-26.



笹山 隆生 SASAYAMA Takao
 東芝エネルギーシステムズ(株)
 パワーシステム事業部 原子力プラント設計部
 日本機械学会会員
 Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



古川 智昭 FURUKAWA Tomoaki
 東芝エネルギーシステムズ(株)
 パワーシステム事業部 原子力電気システム設計部
 日本原子力学会・日本保全学会会員
 Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



石橋 文彦 ISHIBASHI Fumihiko
 東芝エネルギーシステムズ(株)
 パワーシステム事業部
 日本保全学会・日本原子力学会会員
 Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.