

原子力業界の将来動向を見据えた 原子力向けDXシステム開発コンセプト

稲葉隆太* 永井貞光*
町田慎弥* 吉田和史**
梶 正弘*

Development Concept for Future-oriented Nuclear Digital Transformation Systems

Ryuta Inaba, Shinya Machida, Masahiro Kaji, Tadaaki Nagai, Kazufumi Yoshida

要 旨

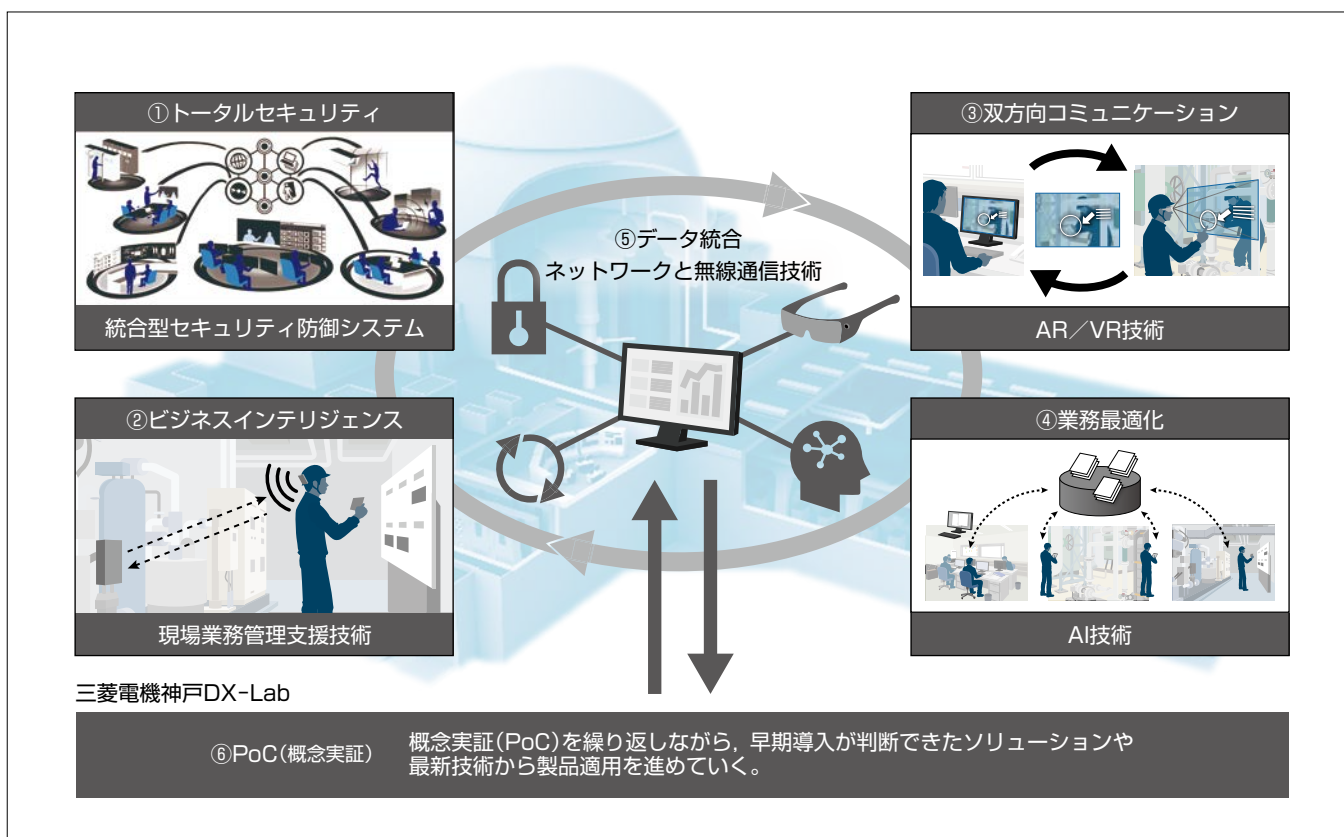
エネルギー分野では、電力自由化、発送電分離、再生可能エネルギー事業者の参入等、事業環境の変化点を迎えており、新規参入を含めた事業競争の激化が予想される。また、原子力業界では、更なる安全性向上に向けた新検査制度の試運用が開始され、電力事業者は炉監督プロセス(Reactor Oversight Process: ROP)に対応した自主的な安全対策の強化に取り組んでいる。

一方、IT業界では、AI(Artificial Intelligence)、ビッグデータ分析、AR(Augmented Reality)／VR(Virtual Reality)等の先端ICT(Information and Communication Technology)／IoT(Internet of Things)技術が急速に浸透し、クラウド技術を活用したサービス中心のビジネスへ

の移行など、ビジネスモデルの変革、事業構造のパラダイムシフトが世界的に加速している。このような状況で、経済産業省は国内企業の競争力低下の懸念から“DX(Digital Transformation)レポート⁽¹⁾”を公開し、各企業に対して、新たなデジタル技術を活用してビジネスモデルを創出・柔軟に改変するDXへの取組みを促している。

三菱電機は、これらエネルギー分野を取り巻く社会変化、技術変化等の未来予測を行い、原子力事業でのDXの目指す姿を構想し、PoC(Proof of Concept: 概念実証)^(注1)に向けた施設を整備して、DXシステムの開発を推進している。

(注1) 新たな概念やアイデアの実現可能性を示すために、簡単かつ不完全な実現化を行うこと。



原子力DXの全体構想

発電所の各種業務にビッグデータ分析、AI、AR／VR等の先端ICT／IoT技術を導入し、六つのコンセプトで原子力DXの実現を目指す。DX実現に向け、技術開発検証、PoCの対応を可能にする施設“三菱電機神戸DX-Lab”を構築し、短期間でのDXソリューションの有効性評価を可能にするとともに、評価結果を迅速にフィードバックできる開発環境を実現する。

1. ま え が き

エネルギー分野では、電力自由化、発送電分離、再生可能エネルギー事業者の参入等、事業環境の変化点を迎えている。また、原子力業界では、更なる安全性向上に向けた新検査制度の試運用開始によって、電力事業者は自主的な安全対策強化に取り組んでいる。

当社はこれまで、発電所電気計装設備での実績をベースとし、ICT技術等を活用した発電所の業務を支援するシステムを提供してきた。本稿では、これらの経験を踏まえ、エネルギーを取り巻く社会変化、技術変化等から原子力事業の未来予測を行うとともに、当社が考えるDX構想実現に向けた技術開発コンセプトを述べる。

なお、DX推進に当たり、原子力運転制御に関する領域は安全機能への影響の考慮等の計装制御に対する検討要素が多いため検討対象外とし、保全業務等の業務を対象にして検討を行った。

2. 原子力事業の未来予測

本稿での“未来”は、経済産業省のDXレポートに記載の2025年に設定した。未来予測には“インサイドアウト”と“アウトサイドイン”の二つのアプローチがある。インサイドアウトでは“既知の領域”(事実)から仮説を立てて未来を予測し、アウトサイドインでは“不確かな領域”(不確実性)を洞察して未来予測を行う。一般的に、インサイドアウトは経営計画等に用いられ、アウトサイドインは新事業構想、経営リスク抽出等に用いられる。

今回は、現実的で精度の高い予測を行うためインサイドアウトでのアプローチとし、マクロ環境分析のフレームワークとしてSTEEPを用いて分析を行った(図1)。

2.1 STEEP

STEEPは、事業を取り巻くマクロ環境を五つの観点で分析し、未来予測や課題抽出の前提条件を分析する手法(表1)である。

2.2 STEEPの分析結果から導出する原子力事業の課題

原子力発電は経済産業省のエネルギー基本計画⁽²⁾によって“重要なベースロード電源”として位置付けられており、2030年のゼロエミッション電源比率達成に向け、安全性の確保を大前提として一定の役割を果たしていく必要がある。このため、STEEPによって観点別の未来予測を行い、原子力事業の継続に向けた課題を抽出した(表2)。3章以降に、これらの課題についてのDXソリューションを述べる。

3. 原子力事業のDX構想

この章では、DX推進に向けて2章で検討した原子力事業の課題を類似性の観点で六つに分類した上で、DXコンセプトとして整理した結果(表3)について、具体的な利用

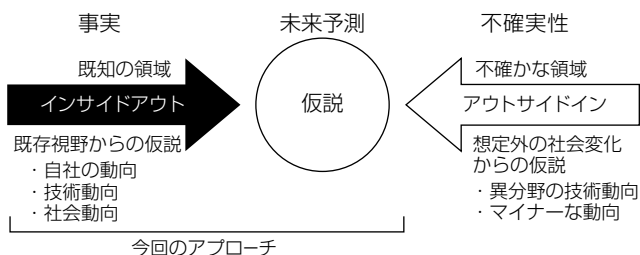


図1. 未来予測のアプローチ

表1. STEEPによる分析の観点と概要

観点	概要
Society (社会的要因)	人口の推移、ライフスタイル、文化、教育制度、ものの考え方の変化、競合の変化、世間の風潮
Technology (技術的要因)	自社の業界に影響のある技術の動向(新技術の誕生、技術革新、普及度)
Economics (経済的要因)	世界や日本全国、地域レベルでの景況(成長率、株価、物価変動、失業率)
Environment (環境的要因)	環境問題(温暖化、砂漠化、空気・海洋汚染)、エネルギー問題
Politics (政治的要因)	政界動向(政権交代、政府の方針転換)、自社の業界に影響のある法規制、施策

表2. STEEPの結果と導出した原子力事業の課題

STEEP観点	未来予測	課題
Society (社会的要因)	・働き方改革による労働時間の減少 ・少子高齢化に伴う働き手不足・海外人材採用 ・発電所近辺の過疎化 ・デジタルネイティブの社会進出 ・国際間紛争等によるテロ行為の増加 ・ビッグデータ社会の到来	・組織のダイバシティ化(組織の多国籍化等) ・働き手不足解消 ・テロ対策としてのセキュリティ強化 ・発電所のビッグデータ化とデータの利活用
Technology (技術的要因)	・デジタルツイン(実世界の設備をデジタル情報で再現)の普及 ・AI、RPAによる業務の省人化・合理化	・デジタル技術活用の利便性と安全性の両立 ・AI、RPA技術の適用効果の早急な見極め
Economics (経済的要因)	・モノ消費からコト消費への時代変化によるクラウドサービス産業の更なる台頭	・外部機関サービスの活用(業務クラウド化等)
Environment (環境的要因)	・SDGs推進による環境に配慮した事業活動	・事業活動で利用する森林資源や海洋資源保護への対策
Politics (政治的要因)	・安全性向上を目的とした原子力規制強化 ・発電事業への海外事業者の参画	・定期検査期間の長期化 ・電力コストの競争力強化

RPA: Robotic Process Automation, SDGs: Sustainable Development Goals

表3. 原子力DXのコンセプトと課題

DXコンセプト	課題
①トータルセキュリティ 物理セキュリティ、サイバーセキュリティを統合的に管理し、発電所のセキュリティ強化を実現	・テロ対策としてのセキュリティ強化 ・デジタル技術活用の利便性と安全性の両立 ・外部機関サービスの活用
②ビジネスインテリジェンス(BI) 変化の激しい市場で電力販売量を安定的に確保するために発電コスト構造改革を実現	・電力コストの競争力強化 ・定期検査期間の長期化
③双方向コミュニケーション 遠隔地や技術レベルの異なる人員間で紙資源を不要とした共通理解の促進を図るコミュニケーションを実現	・組織のダイバシティ化 ・事業活動で利用する森林資源や海洋資源保護への対策
④業務最適化 日常的に遂行する業務の自動化・機械化等による最適化を実現	・働き手不足解消 ・AI、RPA技術の適用効果の早急な見極め
⑤データ統合 プライオリティ・用途に応じたデータ管理(収集・格納)を実現	・発電所のビッグデータ化とデータの利活用
⑥PoC 最新技術の早期導入判断を支援する検証環境を実現	・AI、RPA技術の適用効果の早急な見極め

シーンを含めて述べる。

3.1 トータルセキュリティ

原子力発電所では、原子炉等規制法等で要求される核物質防護として、物理セキュリティ対策(フェンス、カメラ、侵入検知器等)を実施しており、当社はセキュリティ製品を納入している。また、昨今サイバー攻撃の脅威が増しており、制御システムのネットワーク、エンドポイントに対するサイバーセキュリティ対策の重要性が高まっている。今後、内部脅威者の存在を前提としたセキュリティ強化が必要と考えるため、物理セキュリティとサイバーセキュリティを統合した高度で合理的な監視・運用の実現が重要である⁽³⁾。要素技術として、統合型セキュリティ防御システム(4.1節)の製品開発を進めている。

3.2 ビジネスインテリジェンス

原子力発電所は、電気事業法によって約1年に1回の定期検査が義務付けられており、電力事業者は相応のリソースを投入して対応している。競争力を高めるには、発電コストの上昇を防ぐ必要があり、定期検査期間を合理的に短縮し、稼働率を上げることで発電コストに寄与できると考える。そのため、定期検査全体工程の実績を的確に把握し、短縮のPDCA(Plan Do Check Action)サイクルを回すことが重要である。要素技術として、現場業務管理支援技術(4.2節)の製品開発を進めている。

3.3 双方向コミュニケーション

原子力発電所は広大な敷地を持っており、発電所内で遠隔によって映像や音声を共有することで、現場作業員と情報を共有したり、デジタルツイン技術の応用によるベテランから若手作業員への属人的な技術伝承を拡張現実(AR)や仮想現実(VR)技術で統一された技術伝承を実現することで安全性向上に寄与できると考える。要素技術として、AR/VR技術(4.3節)の製品開発を進めている。

3.4 業務最適化

原子力発電所では、業務合理化を進めつつも、安全維持を継続的に行うためのリソースを投入している。今後、規制要求の更なる高度化に伴う作業増、働き手不足による従業員減少等が予測される中、機械化・自動化による業務最適化はより重要になる。要素技術の一つがAI技術であり、当社原子力部門では映像監視、設備異常兆候監視、自然言語処理の3分野でAI技術(4.4節)を応用した製品開発を進めている。

3.5 データ統合

DX推進の実現に当たっては、3.1節から3.4節の各DXコンセプトに関し、インプット及びアウトプットのデータをリアルタイムに収集し、有機的に連携することが求められる。また、今後現場に

タブレットやウェアラブルデバイス等の可搬型機器の採用が想定され、セキュリティを確保した無線通信の導入が重要になる。要素技術としては、ネットワーク/無線通信技術(4.5節)が必要となる。

3.6 PoC

DXはIoTやAI等新しい概念に基づくソリューションであるため、改良を繰り返すことで要求仕様を固めていくことが多く、当社が原子力分野で適用してきたウォーターフォール型開発が適さない場合もある。新しい概念をソリューション化するための重要なプロセスとしてPoCがあり、当社ではPoCを繰り返しながら、早期導入が判断できたソリューションや最新技術から製品適用を進めていく計画であり、PoC検証に向けて三菱電機神戸DX-Lab(4.6節)を整備している。

4. 当社の取組み

この章では、原子力DXに向けた技術開発の取組みについて述べる。

4.1 統合型セキュリティ防御システム

当社ではこれまで、データダイオード装置や記憶媒体チェック装置等のセキュリティ装置を製品化している。現在は、制御システムに対する高度なセキュリティ攻撃に備えて、物理的な侵入痕跡(カメラ画像、入退室履歴等)と電子的な侵入痕跡(操作ログ、認証等)の相関を分析し、サイバー物理複合攻撃を未然に検知するアルゴリズムの開発及び検知後の対応支援機能開発に取り組んでいる。これによって、セキュリティ攻撃の早期検知、分析、対応、封じ込め、復旧を支援する(図2)。

4.2 現場業務管理支援技術

定期検査の合理的な短縮実現に向け、作業員ごとの位置、作業進捗状況等を管理・分析することによって、工程や人員構成を最適化する機能の開発に取り組んでいる(図3)。

4.3 AR/VR技術

スマートグラス上にマニュアルや指示事項を表示するAR技術の開発を開始した。また、次世代の中央制御室の配置検討にVR技術を活用するとともに、デジタルツインを見据えた技術開発に取り組んでいる。

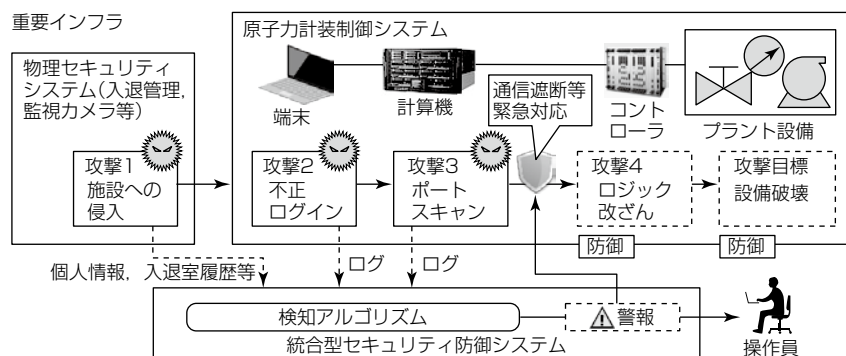


図2. 統合型セキュリティ防御システム

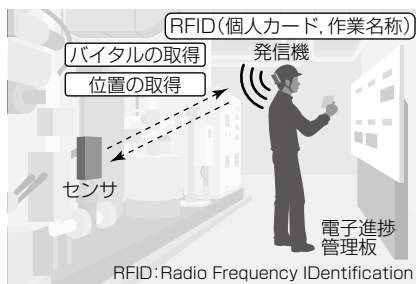


図3. 作業員管理のイメージ

4.4 AI技術

当社は当社AI技術ブランド“Maisart(マイサート)”の下、映像、時系列データ、テキストデータの分野のAI技術開発に取り組んでいる。

4.4.1 映像

映像データについては、主にセキュリティ監視及び品質確保の目的で利用されており、現在人手で行っている映像の判定・識別に関わる業務をAIで支援する技術の開発に取り組んでいる。AIの特性上、人手による作業を完全に代替することは難しいが、作業者の負担軽減という目的は達成できると考えており、用途・目的に応じた支援システムの開発に取り組んでいる。

4.4.2 時系列データ

時間管理保全から状態監視保全への移行に向け、プラントパラメータ(水位、圧力、温度等)について、過去の正常波形やパラメータ等のマッチングを行うことで、異常兆候の自動検知を行うシステムの開発に取り組んでいる。

4.4.3 テキストデータ

原子力分野では、安全性向上に向け、現場のレポートを広範囲に収集・評価することが求められるようになり、現場レポートの分析処理の負担が高くなることが想定される。当社原子力部門では、高い推論精度を維持したまま演算量を大幅に減らす特長を持った当社独自のニューラルネットワークによって現場レポートの重要度等を高速かつ高精度に一次スクリーニングすることで、分析処理を支援する技術の開発に取り組んでいる(図4)。

4.5 ネットワークと無線通信技術

原子力発電所では、無線ネットワークはEMC(Electro-Magnetic Compatibility)の観点からプラント運転に関連する環境下では導入されていないが、可搬型機器の導入に伴い、無線に対応した通信技術の導入が求められている。当社では、スマートメータシステム向けの無線ネットワーク技術や通信の暗号技術等を活用したDXシステムのネットワーク開発に取り組んでいる。

4.6 三菱電機神戸DX-Lab

PoCの実施設備として当社電力システム製作所内に“三菱電機神戸DX-Lab”を構築する。ここにPoC用システムを構築することで、顧客に実際に操作してもらい、効果

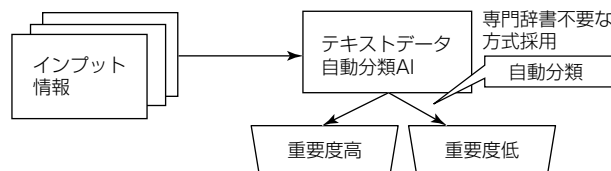


図4. テキストデータ処理のイメージ

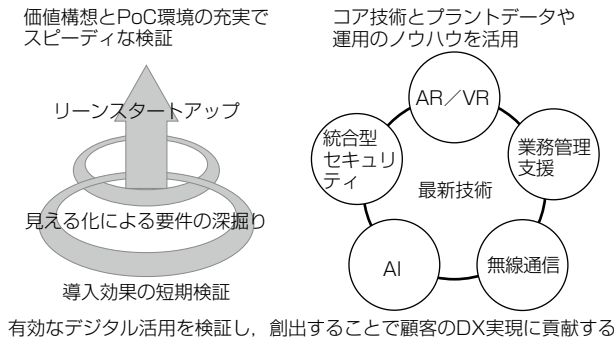


図5. 三菱電機神戸DX-Lab検証構想

の確認を可能にする。また、機能追加等の改良を行うことで最新技術のスピーディな適用推進を可能にする。DX-LabではPoC用システムを繰り返し進化させるプロセスが重要であり、IT業界で普及しているスクラム等アジャイル開発手法の中から原子力DXに適した開発プロセスを適用する。“三菱電機神戸DX-Lab”の検証構想を図5に示す。

5. む す び

エネルギー分野では、事業環境の変化によって、DX等による業務改善・生産性向上がより一層重要になると考える。また、原子力分野では、安全性向上に向け、規制対応や自主的な取組みによって業務負担が増加する傾向にある。

これらの背景から、原子力DXによる業務変革で安全性向上と生産性向上を両立させることが重要である。当社は総合電機メーカーとして他産業分野で先行するDX事例やICT技術を持っている強みを生かして、原子力分野に応用するとともに、三菱電機神戸DX-Labを活用して顧客ニーズとのマッチングを図っていくことで、原子力事業への貢献を継続していく。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省：DXレポート(2018)
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/20180907_report.html
- (2) 経済産業省：エネルギー基本計画(2018)
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/180703.pdf
- (3) 稲葉隆太、ほか：原子力計装制御システムのサイバーセキュリティ対策の現状と展望、三菱電機技報、90, No.11, 625~628(2016)