

MHPS-TOMONI: 火力発電 Digitalization プラットフォーム クラウド/エッジサービスとシステムアーキテクチャ

MHPS-TOMONI: Digitalization Platform for Thermal Power Plant /
Its System Architecture on Edge and Cloud



石垣 博康^{*1}
Hiroyasu Ishigaki

毛利 悟^{*2}
Satoru Mouri

後藤 大輔^{*3}
Daisuke Goto

永渕 尚之^{*2}
Naoyuki Nagafuchi

ICT を活用して発電設備の効率及び信頼性を高めるためには、発電設備運用者とプラントメーカーとの連携が不可欠であり、三菱日立パワーシステムズ(株)(以下、当社は)、“顧客と一緒に働く”ソリューションの提供に重点を置いている。本報では、当社が提供する MHPS-TOMONI(火力発電 Digitalization サービス)のクラウド/エッジサービス、システムアーキテクチャ、サイバーセキュリティ、データ分析技術、サービス適用事例について紹介する。

1. はじめに

ICT(情報通信技術)を活用して発電設備の効率及び信頼性を高めるためには、運用者である顧客との連携と当社の熟練技術者の洞察力の組み合わせが不可欠であり、当社は、“顧客と一緒に働く”ソリューションの提供に重点を置いている。

当社が提供する MHPS-TOMONI(火力発電 Digitalization サービス)は、発電設備の運用に携わる顧客それぞれが持つ課題を解決するために当社が開発した総合的なデジタルソリューションであり、様々なハードウェア/ソフトウェア/サービスから構成されている。MHPS-TOMONI では、当社が数十年にわたり培ってきた火力発電に関する革新的技術や専門知識、O&M(運用・保守)ノウハウのほか、顧客とのパートナーシップに基づくビッグデータ解析や AI(人工知能)技術などの ICT を最大限に活用している。その際、自社だけではなく、業界最先端の様々なパートナー企業とも連携をとり、MHPS-TOMONI の製品価値向上を目指している。

本報では、MHPS-TOMONI がシステムのどのよう構築されているか、という点にフォーカスし、プラットフォーム、システムアーキテクチャ、また主な製品適用事例を紹介する。

2. MHPS-TOMONI のシステム構成

MHPS-TOMONI システムは、クラウドサービス、エッジサービスの2つから構成される。クラウドサービスにおいては、プラットフォームとして、グローバル規模でクラウドサービスを展開する Microsoft Azure、データ管理プラットフォームとして OSIssoft PI System など業界最先端の技術パートナーと提携することにより、高度な技術を効率的・安定的に実現している。また、ユーザ向けサービスとして、クラウド上にお客様向けアプリケーションや社内向けアプリケーションを構築し、インターネット経由でお客様や社内ユーザがアクセスし、データの分析や可視化など様々なサービスを利用可能なものとしている。これに加え国内外拠点の社内ユーザは MHPS-TOMONI 上に構

*1 三菱日立パワーシステムズ(株) パワー&エネルギーソリューションビジネス本部 ICT 開発推進部 部長

*2 三菱日立パワーシステムズ(株) パワー&エネルギーソリューションビジネス本部 ICT 開発推進部 主席技師

*3 ICT ソリューション本部 CIS 部

築した仮想デスクトップ環境を利用することが可能で、グローバルな共通の作業環境により、データ分析、サービス開発といった様々なコラボレーションを行うことができる。

エッジサービスにおいては、発電所内に自社開発したエッジデバイス“Secure Gateway(データダイオード)”を設置することにより、発電所のセキュリティを担保した上で、クラウドへデータ送信を行っている。また、高頻度のサンプリングデータや速い応答性が必要となるアプリケーションや機械学習をベースとしたアプリケーション、発電プラントの性能改善機能については、エッジ機器で提供し、その稼働状況をクラウド上で監視できる仕組みを構築している(図1)。

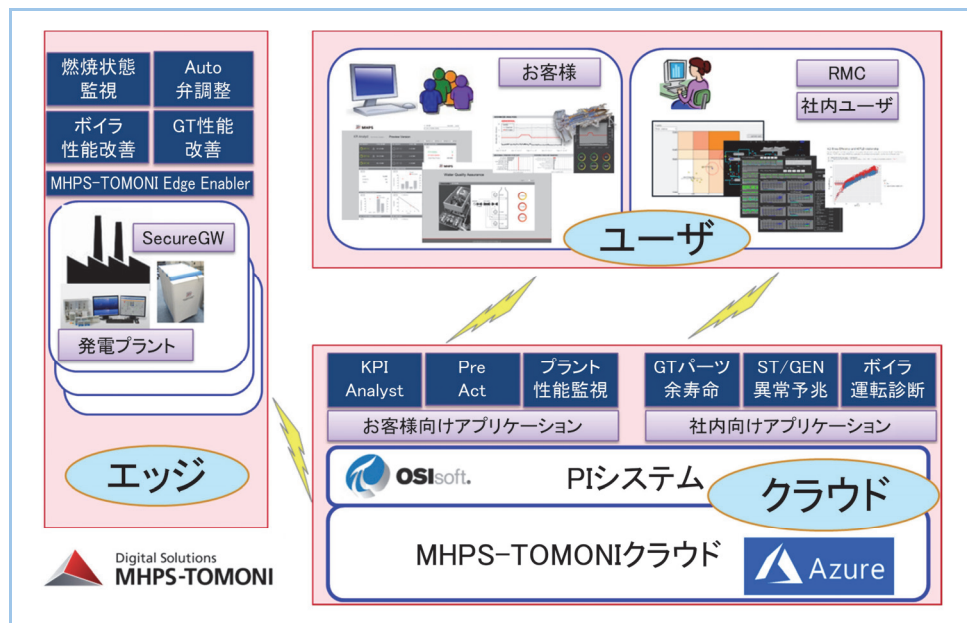


図1 MHPs-TOMONI システム構成

3. MHPs-TOMONI の主要技術

3.1 サイバーセキュリティ

クリティカルインフラストラクチャである火力発電所へ ICT 適用を行うにあたり、サイバーセキュリティの確保を第一に考慮しなければならない。MHPs-TOMONI ではクラウド、エッジの2面からセキュリティ確保を実現している。

(1) クラウド側セキュリティ

MHPs-TOMONI クラウドでは、基盤として Microsoft Azure を採用している。Azure は ISO27001, 同 27017 等の各種ガイドラインに準拠しており、また様々なセキュリティツールが利用可能となっている。これらツールを最大限に活用し、MHPs-TOMONI ではクラウドセキュリティを ISO/IEC27017, NIST800-53 に準拠した運用を行っている。

この NIST(米国国立標準技術研究所)準拠の一連のセキュリティ対策(ファイアウォール, 暗号化, 脆弱性管理, セキュリティパッチアップデート, ログ監視)において、クラウドにアクセスする為に二要素認証を必須としていることが特徴で、顧客ユーザ, 社内ユーザ, クラウド運用者全てに、単純な ID/パスワードによるアクセスは許可しないことでセキュリティを強化している。

(2) エッジ側セキュリティ

昨今のサイバー攻撃事例の頻発から、発電プラントの安全運転を確保するためには、ICT 活用におけるサイバーセキュリティ対策が最重要課題となっている。MHPs-TOMONI では発電プラントとクラウド間の通信は暗号化され、デジタル証明書による認証、また双方にアクセス制限を実施しており、特に発電所向けの通信接続はすべて不許可としている。さらにプラント側制御ネットワークのセキュリティ対策を万全にするために、Secure Gateway を設置している。Secure Gateway は、データダイオード機能を有しており、プラント側から外部へのみデータ送信を許可

する一方方向通信により、物理的にプラント外部からのアクセスを遮断している。Secure Gatewayはこのデータダイオード機能に加えて、外部から内部への限定された通信をシリアルケーブルにて許可しており、セキュリティ強度を維持しながらフレキシブルな運用を実現している(図2)。

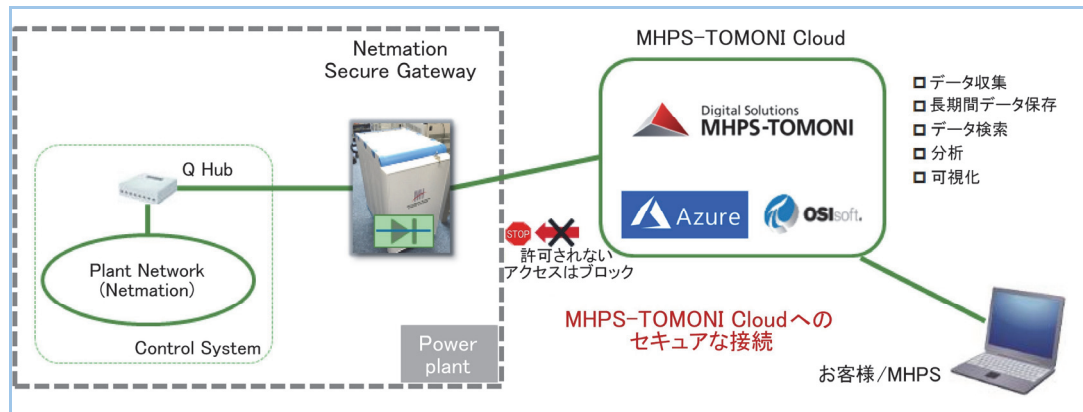


図2 MHPs-TOMONI セキュリティ対策

3.2 データ分析システム

クラウド上のPI System(データベース)に、発電プラントの長期間過去データを蓄積することで、デジタルデータの取り出し、トレンドグラフ等の可視化が容易に可能である(図3)。また、性能計算や余寿命計算等をPI System上の計算エンジン、Excel、専用アプリケーションを用いて行っている。

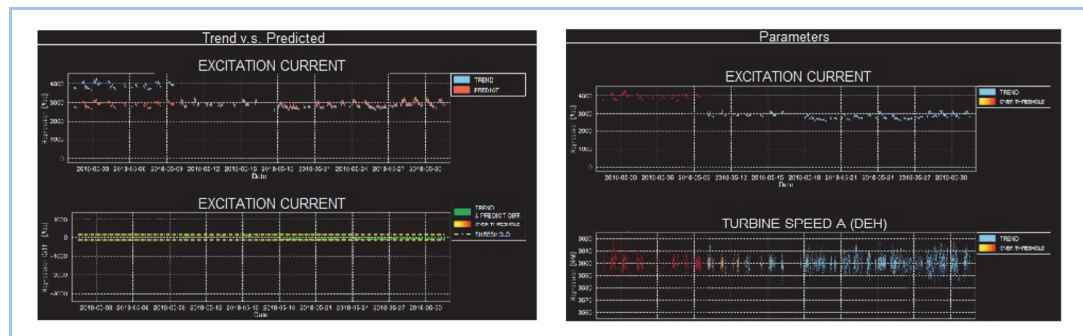


図3 トrendグラフ

蓄積された過去データに対して、R言語やPython等を活用し、データ分析(統計処理、機械学習)を実施することで、お客様に更に価値のあるソリューションを提供している。

データ分析環境は、データベースやWebアプリケーションとシームレスかつセキュアに接続されている。データ分析者は、R言語やPythonをベースとしたデータ分析/GUIフレームワークを利用して、データマイニング、データ処理、Webアプリケーション開発が可能となったため、データ分析結果可視化までの作業時間が大幅に短縮した。R言語により、統計分析を実施し、結果を可視化したWeb画面の例を図4に示す。本画面は、機器の改造前後の性能比較をユーザが容易に行えるように作成した対話型画面である。このような機能をAzure上の強固な認証システムと組み合わせ、セキュアにお客様へ提供することが可能となっている。



図4 機器の改造前後の性能比較画面

4. MHPS-TOMONI を活用したサービス適用事例

4.1 遠隔監視サービス

当社では 1999 年に高砂工場、2001 年に米国オーランドにそれぞれ遠隔監視センターを設立し、ガスタービンコンバインドサイクル発電プラントの遠隔監視サービスを専門スタッフにより 24 時間体制で行っている。2016 年には新たな監視拠点としてフィリピンに遠隔監視センターを設立し、コンベンショナル発電プラントを中心に、MHPS-TOMONI を活用した遠隔監視サービスも開始した。現在では、各遠隔監視センターで、大型ガスタービンを中心に世界各国の約 150 基の発電設備を監視し、お客様の運転支援を行っている(図5)。フィリピン遠隔監視センターのインフラは MHPS-TOMONI クラウドをベースとしており、他センターも順次移行、または相互接続を行っている。

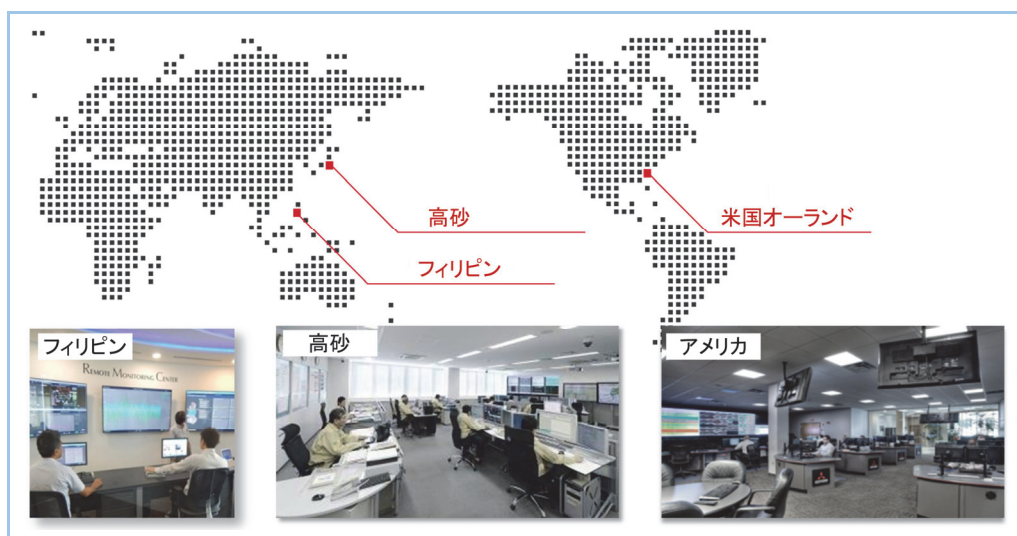


図5 火力発電プラントの遠隔監視センター

火力発電プラントにおいては、設備がトラブルで停止することのないように、多岐にわたるセンサ信号を監視し、予兆となる異常を早期発見して適切な処置を実施することが重要である。当社では MT 法(マハラノビス・タグチ法)と呼ばれるパターン認識技術を適用した独自の異常検知シ

システムを開発し、これまで大型ガスタービンの遠隔監視サービスの中で活用してきたが、専門スタッフによる 24 時間監視サービスだけでなく、MHPS-TOMONI のメニューとして“Pre-ACT”と呼ばれる異常予兆検知のアプリケーションサービスも提供している。

4.2 Pre-ACT(異常予兆検知システム)

Pre-ACT は異常予兆検知と故障部位推定の二つの機能で構成されているアプリケーションで、システムが設備トラブルの予兆となる異常を検知した場合に、推定される不適合箇所と点検項目をユーザに対してEメール/WEB 画面で知らせるものである。

異常予兆検知プログラムには、前述した大型ガスタービンの遠隔監視で実績のある MT 法を適用している。MT 法の特徴は、複数のセンサ信号の相関関係をマハラノビス距離(MD)と呼ばれる一つの指標で管理できる点であり、各センサ信号に対して制御装置に設けられた警報や保護動作の閾値を超えていなくても、相関関係のわずかなズレ＝異常予兆を MD 値の増加として検知できるため、数多くのセンサ信号を監視しなければならない大型ガスタービンでは異常予兆の早期発見や監視の効率化において大きな成果が出ている(図6)。

故障部位推定プログラムでは、センサ信号の挙動と不適合データベース(学習データベース)とのパターンマッチングによって不適合箇所の自動推定を行っている。MT 法が異常を検知した際に、実際のセンサ信号の挙動に近いパターンの不適合を学習データベースから自動で抽出し、その不適合に対する点検項目と併せてEメールで通知することで、お客様にて点検・確認して頂く仕組みになっている(図7)。

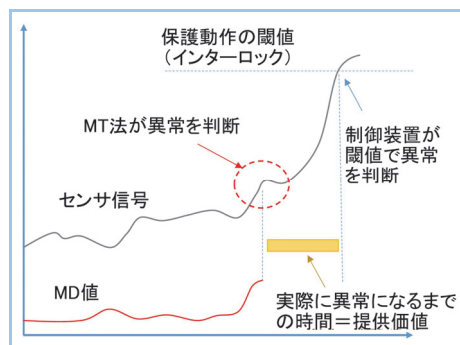


図6 MT 法による異常予兆検知

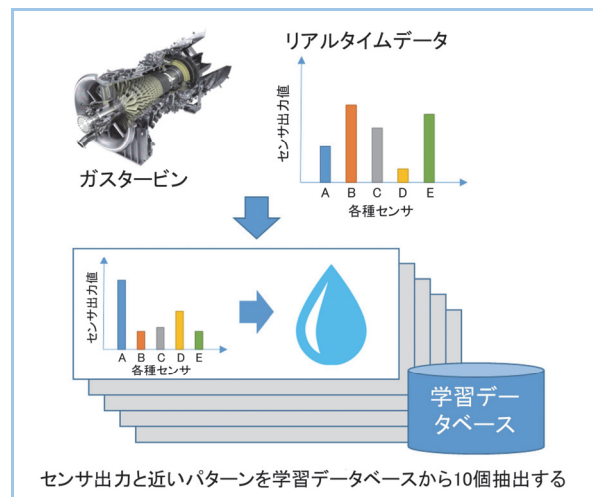


図7 パターンマッチングによる故障部位推定

Pre-ACT のお客様向け Web 画面も用意しており、大型ガスタービン向け Web 画面を図8に示す。通常運転時は発電出力と MD 値のトレンドが表示され、システムが異常を検知した場合は、MD 値増加の要因と考えられるセンサ信号及び推定される不適合箇所の Top10 ランキングが表示される。

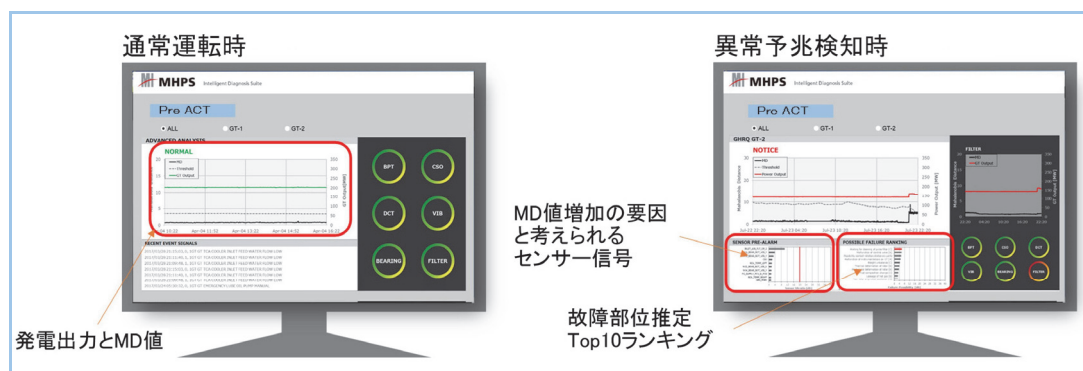


図8 大型ガスタービン向け Pre-ACT の Web 画面

4.3 MHPS-TOMONI Edge Enabler

性能改善や運用改善などの制御拡張ソリューションを効率的、効果的に適用できる仕組みとして、MHPS-TOMONI Edge Enabler というデバイスを提供している(図9)。

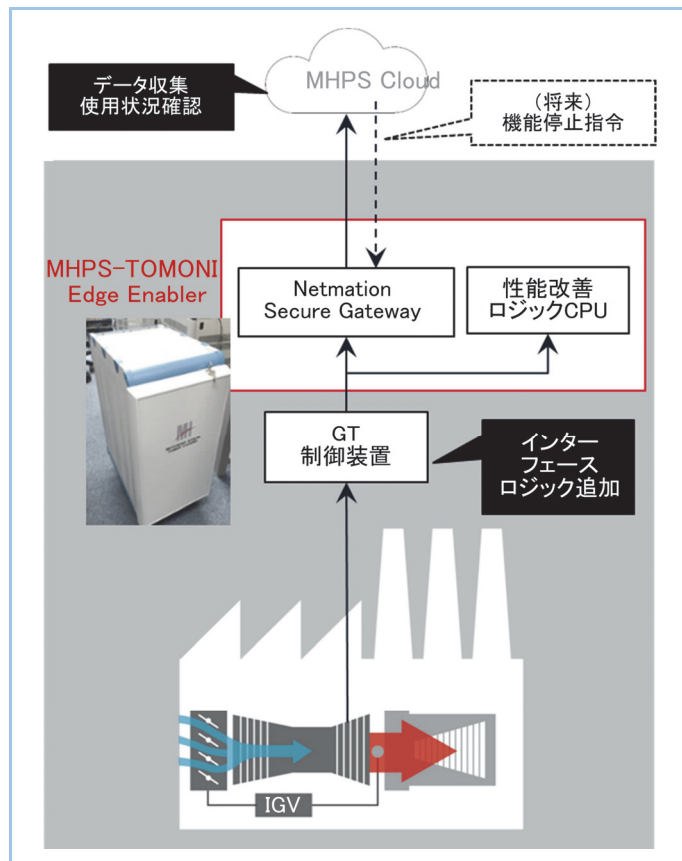


図9 MHPS-TOMONI Edge Enabler 概念図

システムをエッジに設置し、プラントネットワーク上の制御装置とインターフェースをとることで、Edge Enabler で演算・処理した結果を制御装置へフィードバックすることができる。自社開発の制御装置である DIASYS Netmation®と連携させることで、より高度なプラント制御が可能となる。

Edge Enabler は Secure Gateway の機能も包含しており、MHPS-TOMONI クラウドへセキュアに接続することができる。MHPS が制御改善状態を定期的に監視することで、ベストな状態を提供することが可能となっている。また、お客様自身が機能の有効/無効を選択することができるため、投資対効果を確認し利用することができる。Edge Enabler は、ガスタービン IGV (Inlet Guide Vane) 開度調整、ガスタービン冷却空気流量の最適化、制御弁調整自動化、ボイラデジタルツイン⁽¹⁾に適用されている。

4.4 顧客 Digitalization 支援

近年、熟練者のナレッジ継承、若手社員の育成/確保、安定した社会基盤としての発電所運営、及びICT活用による競争力強化などを目的とし、運転データ蓄積・可視化・分析を行う監視システムを発電事業者自らが構築するケースが増えてきている。当社では、MHPS-TOMONI のサービスの1つとして、このようなお客様に対しては、当社の発電プラントビジネスに関する知識や MHPS-TOMONI 構築の経験を活かして、顧客の遠隔監視システム構築の支援を行っている。具体的には、運用形態や初期・ランニング費用を考慮したアーキテクチャの提案、セキュリティの教育、発電所と PI System との接続方法の検討等を行っている。

特にセキュリティ対策については、前述のとおり、遠隔監視システム構築による発電所と外部ネットワークとの接続が増えてきていることから、当社は、国際規格 (IEC62443-2-1) をベースに、発電所のセキュリティリスクの概観を把握し、リスクに対処するためのアクションプラン策定の支援も行っている。

5. まとめ

本報では、MHPS-TOMONI(火力発電 Digitalization)のプラットフォーム、クラウド/エッジサービス、システムアーキテクチャについて紹介した。現時点では、トライアル運用中のソリューションが多いが、今後も研究開発を推進し、より、お客様のニーズにマッチしたソリューションの創出を行っていく。また、今後も最新の技術を取り入れていくことにより、競争力の高いソリューションを提供していく。

DIASYS Netmation® は、三菱日立パワーシステムズ(株)の日本及びその他の国における登録商標です。

参考文献

- (1) 相木英鋭ほか, 機械学習を適用したボイラデジタルツイン, 三菱重工技報, Vol.55 No.4 (2018)