

# 火力発電プラントの新たな価値を顧客と共創する IoTソリューション

IoT Solutions Co-Creating New Value for Thermal Power Plants with Customers

及川 直樹 OIKAWA Naoki 大谷 圭子 OTANI Keiko 山根 翔太郎 YAMANE Shotaro

発電分野では、IoT (Internet of Things) によるデジタル化の急速な進展と、再生可能エネルギーの普及による市場の変化に伴って、火力発電プラントの運用にも変化が生じてきている。このため、火力発電プラントの性能向上や運転・保守の効率化など、顧客ごとに様々な課題やニーズを解決することが求められている。

東芝エネルギーシステムズ(株)は、火力発電プラントの新たな価値を顧客と共創するため、長年培ってきた技術やノウハウを活用したIoTソリューションを開発し、提供している。個々の発電プラント向けには、稼働率や熱効率などの運用効率向上ソリューションを、複数発電プラントの統合運用向けには、発電計画最適化ソリューションを展開している。

In the electric power generation field, with the rapid progress of Internet of Things (IoT) technologies and changes in electricity markets as a result of the expansion of renewable energy systems, a transformation has been taking place in the operations of thermal power plants in recent years. With this as a background, there is an increasing need for solutions to solve the issues and fulfill the requirements of individual customers, including the improvement of performance and efficiency to facilitate operation and maintenance.

Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation has been developing and supplying IoT solutions for thermal power plants based on its know-how cultivated through the development of various technologies in order to co-create new value with its customers. These include solutions to improve the operational efficiency of individual thermal power plants including the operating rate and thermal efficiency, as well as solutions to optimize power generation plans through the integrated management of multiple thermal power plants.

## 1. まえがき

世界の産業界におけるデジタル化の波は、発電プラント分野も例外ではなく、急速に広がっている。また、電力市場では、電力の自由化や再生可能エネルギーの導入などの市場変化によって、発電事業者に、最適な発電プラント運用や、継続的な性能向上、より合理的な運転・保守が求められるようになってきている。

このような背景の下、東芝エネルギーシステムズ(株)は、今まで培ってきた豊富な発電プラントノウハウを生かすとともに、IoT (Internet of Things) や、ビッグデータ、AIなどの最新デジタル技術を用いた、発電プラント向けのIoTソリューションを提供している(図1)。

当社の特徴は、一方的なソリューション提供ではなく、顧客による発電プラントの価値創造やライフサイクルに応じた課題解決に寄与していくために、顧客に寄り添ったパートナーとしてのソリューション構築に取り組んでいることにある。

ここでは、発電プラントの価値向上に寄与するソリューションの中で、運用効率向上ソリューションと発電計画最適化ソリューションについて、その概要、特長、適用事例を述べる。

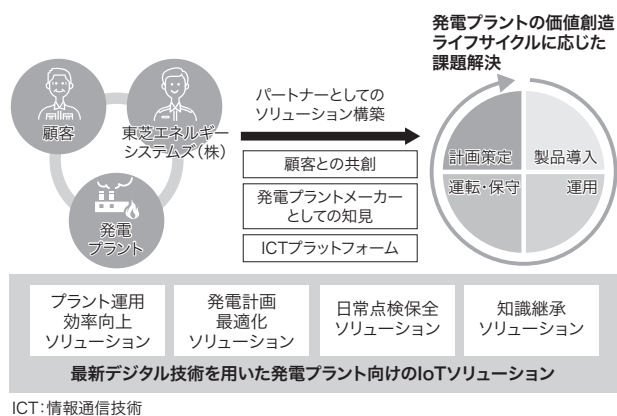


図1. 東芝エネルギーシステムズ(株)が提供する火力発電プラント向けIoTソリューション

当社は、プラントメーカーとして培った技術をベースに、IoTや、ビッグデータ、AIなどの最新デジタル技術を活用し、発電プラントの価値創造やライフサイクルに応じた課題解決に寄与する発電プラント向けIoTソリューションを提供している。

IoT solutions for thermal power plants provided by Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

## 2. 発電プラントの運用効率向上ソリューション

火力発電プラントの運用効率(稼働率や熱効率など)の

向上を目指し、ビッグデータ解析やデジタルツインなどの最先端デジタル技術を適用したIoTソリューションを提供している。以下に、その概要と活用状況を述べる。

### 2.1 異常予兆検知

稼働率を向上させるには、計画外停止の削減が必須であり、ビッグデータ(発電プラント運転データ)を用いた異常予兆検知が有効である。

当社は、予兆検知手法であるAPR(Advanced Pattern Recognition)法を用い、設備の異常兆候を早期に発見することで予定外の停止を防ぎ、より安定的な電力供給の確保を実現している。その特長は、以下のとおりである。

- (1) 監視対象機器のセンサーデータをグループとして登録し、過去の正常時発電プラントデータとの相関関係から、近傍法を利用して期待値を算出する。期待値と実測値の乖離(かいり)をオンラインで監視し、異常検知時にはアラーム通知を行い、運転員などのユーザーに、分かりやすい画面で期待値と実測値の比較結果を提供できる(図2)。
- (2) 負荷変動中のデータや、気温・海水温度のデータなどを登録することで、様々な運転状態だけでなく、季節変化にも追従した期待値が計算される。
- (3) 異常検知時の対応フローの構築が可能である。作成した原因分析フローや補修手順フローにおいてオンラインデータを参照可能にすることで、必要な対応フローを自動判別した結果をユーザーに提示できる。
- (4) あらかじめ準備してある標準のデータセット(標準アセット)を用いて、監視対象グループを容易に構築できる。
- (5) 発電プラントの運転状態変化に伴う一過性の誤警報を抑止するツールを装備している。

これまでの運転監視は、センサーデータがしきい値を超

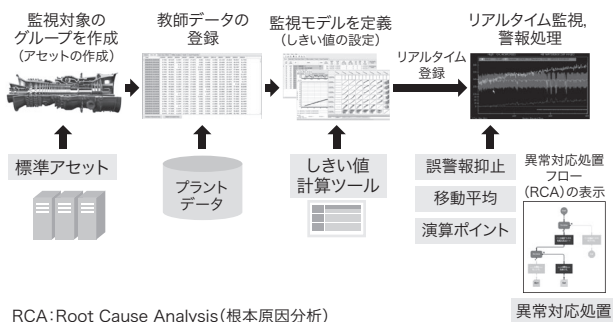


図2. 異常予兆検知の流れ

監視対象機器のセンサーデータをグループとして登録し、過去の正常時データから期待値を算出し、実測値との比較結果をユーザーに分かりやすい画面で提供できる。

Flow of processes for failure prediction

えているか否かを基本としていたが、この予兆検知技術により、しきい値を超える前の早い段階で異常兆候の発見が可能となり、計画外停止時間の削減に貢献できる。

### 2.2 熱効率管理

従来、性能計算や損失計算はユニット計算機などで行われ、その結果が随時管理されてきたが、日々の運転や保守業務には十分活用できていなかった。

当社は、発電プラントの熱効率モデル(デジタルツイン)を構築し、実際の運転性能値とモデルベースの性能値をリアルタイムに比較することで、性能劣化度合いとその要因を可視化することを提案している。これにより、機器ごとの劣化や運転改善箇所の提示が可能となるので、高効率運転と燃料費削減が実現できる(図3)。

また、熱効率モデルで計算した結果を、2.1節で述べた予兆検知システムに登録することで、効率や性能低下の観点から、プラント機器の異常や変化も検知できる。

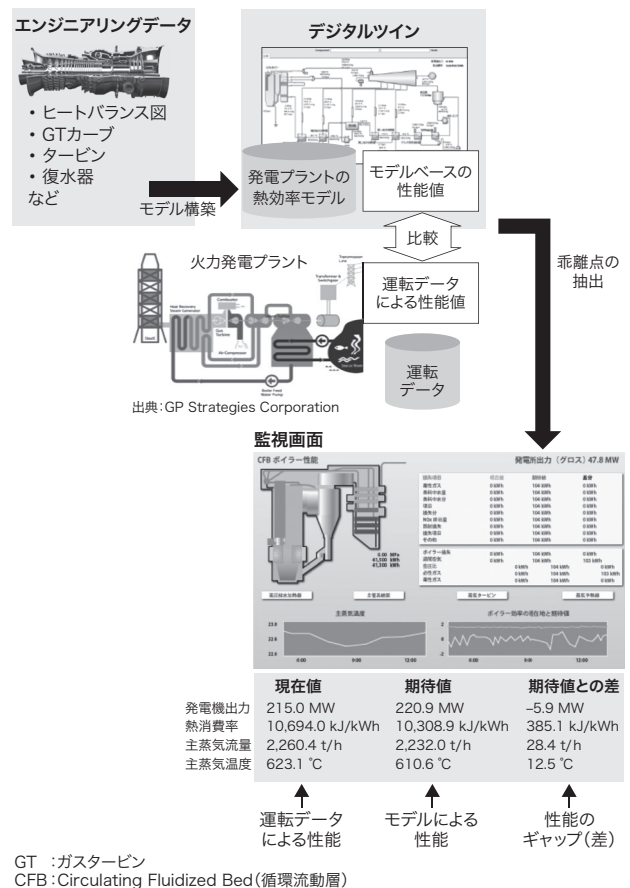


図3. 熱効率管理の流れ

発電プラントの熱効率モデル(デジタルツイン)を構築し、実際の運転性能値とモデルベースの性能値を比較することで、高効率運転や、燃料費削減、機器の異常予知などができる。

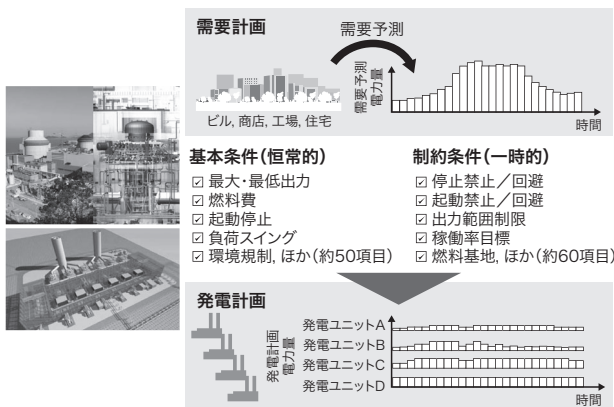
Flow of thermal performance monitoring

### 2.3 適用事例

2017年から、東北電力(株)とこれらのIoTソリューションを活用した共同研究を行っている。代表ユニットをオンライン接続し、高稼働率で運転を続ける火力発電プラントの運用効率を高めることが可能かを検証中である。今後は、全火力発電プラントへの本格適用を予定している。

## 3. 発電計画最適化ソリューション

我が国の電力システムは、2011年3月に発生した東日本大震災以降、多様な電源構成の確保が急務となっている。このような背景から、3段階(2015年の電力広域的運営推進機関(OCCTO)設立、2016年の小売全面自由化、2020年の送配電部門の法的分離)の電力システム改革が進められている。とりわけ、送配電部門の法的分離で、発電事業者は発電計画作成が義務付けられており、当社は、この発電計画作成機能に最適化技術を適用したIoTソ

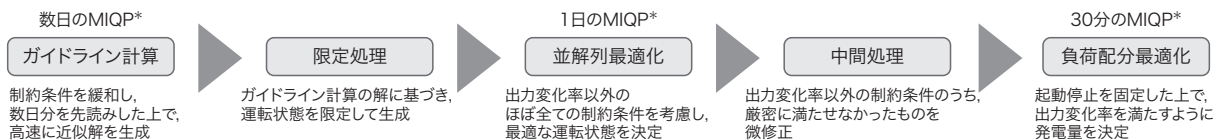


100基規模のユニットに対し、100項目以上の条件を考慮した上で、全ユニットの運用費が最小となる発電計画を実用的な時間で作成

図4. 運用制約を考慮した発電計画作成機能

与えられた需要計画データ(基本条件及び制約条件)を入力することで、全ユニットの運用費が最小になり、かつインバランスが発生しないように、各ユニットの最適な発電量を計画することができる。

Creation of power generation plan taking operational constraints into consideration



MIQP: Mixed Integer Quadratic Programming Problem (混合整数二次計画問題)

\*数値計画法のアルゴリズム・解法の一つ

図5. 多段階構成の最適化フロー

発電計画最適化ソリューションの中でも、経営に直結する最も重要な機能である発電計画作成機能は、その問題の規模と難しさから、複数のアルゴリズムに分割した多段階構成にすることで、実用的な時間内に解が求まる手法を採用している。

Flow of multistage optimization of power generation plan

リユーションを提供している。

### 3.1 発電計画最適化ソリューションの概要

当社の発電計画最適化ソリューションの主な機能は、発電計画作成機能(図4)、実績管理機能、帳票機能、外部連携機能である。中でも発電計画作成機能は、30分ごとに全発電プラントの運用費がコストミニマムになり、かつインバランス(計画値と実績値との乖離)が発生しないように、実運用に近い計画を作成することを目的としているため、経営に直結する最も重要な機能である。

### 3.2 従来技術との違い

3.1節で述べた目的を達成するには、計画を運用に近づける精度の高さと、短時間で計画を作成できる速度が要求される。当社は、送電部門がこれまで利用してきたシステムでは考慮されていない運用制約(表1)を満たすような多段階構成の最適化システム(図5)を開発し、精緻で経済性の高い計画を高速に作成できるIoTソリューションを提供している。

表1. 発電計画作成のために考慮すべき運用制約の一覧

Lists of operational constraints

(a) 基本条件(約50項目) (時間に関わらずいつも満たすべき条件)		(b) 制約条件(約60項目) (指定された時間において満たすべき条件)	
項目	主な基本条件	項目	主な制約条件
熱効率	基準熱効率	起動停止制限	定期点検・作業停止・WSS・DSS
	補正係数(温度(大気・海水)、真空度)		起動停止回避、マストラン、最低運転
出力	定格・最低・基準出力、増出力	出力制限	出力指定、試運転カーブ、変化率
	起動停止・出力変化カーブ、所内率		OP・ピークモード適用、ユニット群制約
負荷変化率	AFC変化幅、瞬動予備力	燃料制約	石炭・LNG基地消費目標、燃料切り替え
	負荷キープ時間		ガス事業者消費量(分岐単位)
LNGその他	LNG基地在庫量、導管流量、BOG	調整力その他	上げ代・下げ代、AFC・瞬動予備力
	同時起動、補助蒸気、起動モード		気温補正出力(補正式選択)

LNG: 液化天然ガス

BOG: Boil Off Gas

WSS: Weekly Start and Stop(週末起動停止)

DSS: Daily Start and Stop(日ごと起動停止)

OP: Over Power

AFC: Automatic Frequency Control(自動周波数調整装置)

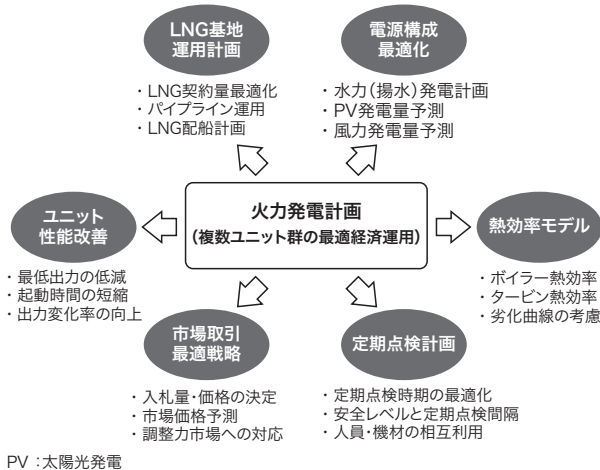


図6. 火力発電プラントの効率運用に貢献するソリューションの展開  
 予測や、最適化、AIといった技術を適用することで、発電事業の効率運用に貢献する様々なIoTソリューションを展開している。

Expansion of solutions contributing to efficient operation of thermal power plants

特に、コストインパクトに大きく寄与する運用制約の例を、以下に述べる。

- (1) 環境条件(大気温や海水温)による発電プラントの熱効率とコンバインドサイクル発電の最大出力を補正することで、コストメリットの高い発電プラントの選択とインバランスの抑制が可能となる。
- (2) 液化天然ガス(LNG)基地や、LNG船の配船予定、LNG導管容量を考慮することで、燃料管理を加味した計画作成が可能となる。
- (3) 発電プラント運用に沿ったDSS(Daily Start and Stop:日ごと起動停止)運用<sup>(注1)</sup>の多様化を考慮することで、急激な需要変動にも対応可能な計画作成が可能となる。

### 3.3 適用事例

3.1節及び3.2節で述べた発電計画作成機能を実現し、2016年4月から、東京電力フエール&パワー(株)で運用が開始されている<sup>(1)-(3)</sup>。これは、100基近くの火力発電プラントの運用計画が作成可能なシステムとなっており、運用開始前の合同検証の結果、同社が所有する従来システムに比べ、0.48%の経済性向上が確認されている。この結果は、火力発電プラントを多数所有する事業者にとって、非常に大きな運用費削減効果となっている。

### 3.4 今後に向けて

発電事業者の運用業務には、発電計画作成のほかにも

(注1) 電力需要の低い夜間に停止し、翌日の朝方に起動する運用。

様々なものがある。これらの業務に対して最適化技術やAI技術を適用(図6)していくことで、発電事業者の効率運用に貢献できるIoTソリューションの展開を計画している。

## 4. あとがき

当社が提供する各種IoTソリューションは、東芝グループの(株)シグマパワー有明三川発電所内を検証環境として活用し、今後も機能の評価・改善を実施し、順次、国内・海外発電プラントへの適用拡大を計画中である。

当社は、最先端デジタル化技術を用いたIoTソリューションを基盤として、これからも、発電業界の新時代に向けた新たなビジネスモデルやサービスを顧客とともに共創していく。

## 文献

- (1) 丹羽雄紀, ほか. 電力システム改革に対応した火力発電計画作成システムの開発について. 火力原子力発電. 2017, 68, 11, p.661-666.
- (2) 前田達郎, ほか. “電力システム改革に対応した火力発電計画作成システムの最適化計算手法の開発”. 情報処理学会 第79回全国大会講演論文集. 名古屋, 2017-03, 情報処理学会, 2017, p.4.523-4.524.
- (3) 桑原あゆみ, ほか. “電力自由化に対応する発電計画最適化システムの開発”. 平成29年 電気学会全国大会講演論文集. 富山, 2017-03, 電気学会, 2017, 6-115, p.182-183.



及川 直樹 OIKAWA Naoki  
 東芝エネルギーシステムズ(株)  
 DXビジネスデザインプロジェクトチーム  
 Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



大谷 圭子 OTANI Keiko  
 東芝エネルギーシステムズ(株)  
 DXビジネスデザインプロジェクトチーム  
 火力原子力発電技術協会会員  
 Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



山根 翔太郎 YAMANE Shotaro  
 東芝エネルギーシステムズ(株)  
 グリッド・アグリゲーション事業部 府中工場  
 発電情報制御システム部  
 Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.