

# JFE エンジニアリングにおける AI・ビッグデータの活用

## AI/Big Data Analysis Platform in JFE Engineering

小林 義孝 KOBAYASHI Yoshitaka JFE エンジニアリング 技術本部ICTセンター AI・ビッグデータ活用推進部 グループマネージャー  
妹尾 光敏 SENOO Mitsutoshi JFE エンジニアリング 制御技術センター GRC 運用管理室長

### 要旨

JFE エンジニアリングでは、2014年にプラントの遠隔監視・遠隔操業の仕組みを立ち上げ、2018年3月にはグローバルリモートセンター（GRC）を開設した。また、2018年11月にはデータ解析を行うためのプラットフォームを社内向けにリリースし、AI・ビッグデータ活用の環境を整えた。本稿では、当社におけるAI・ビッグデータ活用の状況について、プラットフォームの機能と導入事例を紹介する。

### Abstract:

JFE Engineering launched a remote plant monitoring and operation system in 2014, and opened GRC (Global Remote Center) in March 2018. In November 2018, a platform for data analysis was released for internal use to create an environment for utilizing AI and big data. In this article, we will introduce the functions of the platform and examples of AI/big data usage at our company.

## 1. はじめに

JFE エンジニアリングは、プラント建設業が主たる事業である。当社の主力商品には廃棄物発電プラント、バイオマス発電プラント、LNGプラント、橋梁等があるが、そのうち廃棄物発電プラントにおいては操業の民営化が進んでおり、建設と操業を一体で応札する、いわゆるDBO（Design Build Operate）形式の案件が増加傾向にある。

当社で操業を行う場合に重要となるのが、操業を効率化し、かつ安定化させることである。操業の効率性および安定性を高めることで価格競争力のあるプラント操業が可能となる。

そのような中、当社では下記のようにAI・ビッグデータ関連の取組みを進めてきた。

- ・2018年3月にプラントの遠隔監視・遠隔操業を行うグローバルリモートセンター（以下GRC）を開設
- ・2018年11月にデータ解析プラットフォームであるPla'cello<sup>®</sup>をリリース

このようにプラントが持っている大量のデータを解析することで操業の効率化、安定化の実現を加速する仕組みが整いつつある。

本稿は、当社におけるAI・ビッグデータ関連の取組みを紹介する。

2章ではプラントの遠隔監視・遠隔操業と題し、GRCの遠隔監視・遠隔操業について紹介する。

3章では、データ解析プラットフォームと題し、当社が開

発したPla'celloの機能や導入のメリット等を紹介する。

4章では、廃棄物発電プラントにおけるAIの導入と題し、当社のAI関連のプロジェクトについてその一例を紹介する。

## 2. プラントの遠隔監視・遠隔操業

当社が2018年3月に開設したGRCは、プラントの操業・運転データを大容量かつセキュアな高速光回線を用いたネットワーク経由で収集し、遠隔監視および遠隔操業を行うサービスを提供している。

### 2.1 GRCの概要

写真1にGRCの内観を示す。GRCでは、遠隔監視および遠隔操業を行うため、多数のモニタ、TV会議システム、ヘッドセット等の設備を保有している。



写真1 GRCの内観

Photo 1 Inside view of Global Remote Center

GRC のデスク配置は、前方のフラットな机と後方のカーブした机の2段階構成となっている。前方の机は、遠隔監視・遠隔操業を実際に行うオペレータのための席であり、遠隔監視・操業に必要な情報をタイムリーにオペレータに提供できるよう、モニターやヘッドセット等のデバイスが数多く配置されている。一方、後方の机は、プラントの設計者がデータ解析を行ったり、オペレータの支援を行ったりするための席であり、設計者が必要とする情報を集中的に入手可能となっている。

GRC では、2019 年 12 月現在、71 施設の遠隔監視を行っているが、今後、監視・操業対象施設が増加した場合にも対応可能な設備余力を有しており、2020 年度には 100 施設の遠隔監視・遠隔操業への拡大を計画している。

## 2.2 遠隔監視サービスの変遷

2.1 節で紹介した GRC は、現在の姿に至るまでにいくつかの段階を経ている。その変遷を以下に示す。

- ・2003 年 監視制御装置のリモートメンテナンスサービスを開始
- ・2014 年 リモートサービスセンターを開設  
廃棄物発電プラントの遠隔監視・遠隔操業を開始  
プラント運転データ・操業データの蓄積を開始
- ・2016 年 プラントデータの蓄積場所をクラウドに変更
- ・2018 年 GRC を開設遠隔監視・操業対象を発電施設・水処理施設・太陽光発電設備に拡大

特に、2014 年から開始したプラントの運転データ・操業データの蓄積については、当時としては画期的な取組みであり、早期にデータ収集を開始したことが結果的に後述するデータ解析プラットフォームの構築に大きな影響を与えている。

## 2.3 GRC のセキュリティ対策

GRC では、廃棄物発電プラントを中心とした社会インフラの遠隔操業に加えて、運転データ・操業データの保管も行っている。そのため、外部からの物理的な侵入、ネットワーク経由での侵入、なりすまし等が発生しないよう、セキュリティ対策には万全を期している。その一部を以下で紹介する。

### 2.3.1 外部との「物理的」な隔離

GRC は当社の横浜本社内に位置しているが、GRC がある建物は外部から独立しており、予め許可を得た人間が電子ロックがかかった扉を通過することで初めて GRC の各部屋に入室可能となる。入退室の履歴はセキュリティシステムにログとして保存されているだけでなく、映像としても記録されており、入退室のログと映像の整合チェックを定期的に変更している。セキュリティ対策を高いレベルで実現しているこ

との証として、CSMS (Cyber Security Management System) 認証を取得している。

### 2.3.2 外部との「論理的」な隔離

前項の物理的な隔離に加え、GRC は論理的にも外部から隔離された独立した空間となっている。プラント、GRC、データ保管場所である外部クラウドの三者は、VPN (Virtual Private Network) 網で接続されており、当社のイントラネットワークからも隔離された独立ネットワークを形成している。外部接続時のネットワークトラフィックは SOC (Security Operation Center) で監視しており、異常を発見した場合には即時にネットワークを遮断する等の対策を行っている。

## 3. データ解析プラットフォーム

当社は、GRC で蓄積されたデータを用いて AI を活用した操業支援が行えるデータ解析プラットフォームを構築し、2018 年 11 月より運用を開始した。このプラットフォームは、「プラントを AI の頭脳でよりスマートにしていこう」という思いを含め、英語の「Plant」とイタリア語で「頭脳」を意味する「Cervello」の造語で「Pla'cello<sup>®</sup>(プラッチェロ)」と命名した (図 1 参照)。

### 3.1 Pla'cello<sup>®</sup>の基本思想

Pla'cello は、当社内で広く活用することを想定し、以下の思想に基づき構築した。

#### 3.1.1 GUI に優れたツールの採用

一般に、データサイエンスには、「情報」・「統計」・「領域知識」の 3 領域の知識が必要であると言われている。当社の技術者は「領域知識」についてはプラント構築や操業を通じて十分な技量に達している者が多いものの、「情報」や「統計」に関しては必ずしも十分ではない面がある (図 2 参照)。

そのため、Pla'cello は、情報学や統計学の知識が十分でない者でも、プラントデータ解析の一連の流れを実施できる仕組みとする必要があった。



図 1 Pla'cello<sup>®</sup>のロゴマーク

Fig. 1 Logomark of Pla'cello<sup>TM</sup>

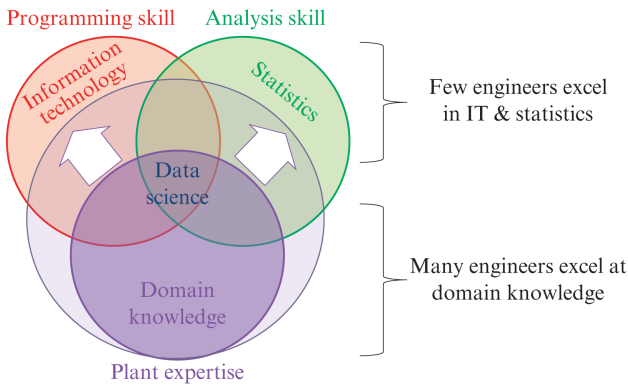


図2 データサイエンスに必要な3要素

Fig. 2 Three elements required for data science

上記の理由で、Pla'celloにはプログラミングなしで扱える、GUIに優れたデータ解析関連ツールを採用した。

3.1.2 時系列データを扱いやすい環境構築

当社が扱うデータの中で、最も一般的なデータがプラントから発生する時系列データである。この時系列データはセンサーデータや状態データ、オペレータの操作データ等であり、データ周期が一定間隔で、多数のデータが同時に収集・蓄積されるという特徴を持っている(図3参照)。時系列データを容易に扱うための仕組みを独自開発することで、当社のエンジニアがデータ解析を行いやすいプラットフォームとした。

3.1.3 セキュリティを重視した設計

Pla'celloは、社会を支えるインフラのデータを主に扱うため、情報漏えい等が発生した場合の社会的インパクトの大きさが懸念される。そのため、プラットフォームのセキュリティ設計には細心の注意を払った。

TimeStamp	PI105	PI106	PI107	PI108	PI109	PI110	PI111	PI112	PI113
2018/08/01 00:00	24.813	34.251	35.200	23.562	26.548	6.549	8.955	30.693	36.977
2018/08/01 00:10	24.827	34.265	35.204	23.561	26.554	6.548	8.828	30.830	36.980
2018/08/01 00:20	24.773	34.265	35.130	23.561	26.549	6.538	8.864	30.784	36.966
2018/08/01 00:30	24.800	34.265	35.155	23.562	26.545	6.528	8.888	30.830	36.984
2018/08/01 00:40	24.827	34.275	35.186	23.563	26.547	6.526	8.969	30.865	36.980
2018/08/01 00:50	24.867	34.261	35.169	23.568	26.551	6.526	9.021	30.648	36.997
2018/08/01 01:00	24.827	34.290	35.190	23.568	26.551	6.523	8.983	30.798	36.994
2018/08/01 01:10	24.880	34.272	35.176	23.565	26.548	6.517	9.049	30.847	37.026
2018/08/01 01:20	24.773	34.268	35.155	23.565	26.556	6.521	9.088	30.641	36.997
2018/08/01 01:30	24.800	34.275	35.162	23.563	26.558	6.524	9.126	30.763	36.990
2018/08/01 01:40	24.800	34.275	35.165	23.568	26.566	6.526	8.891	30.892	37.001
2018/08/01 01:50	24.880	34.268	35.169	23.566	26.566	6.526	8.773	30.718	36.963
2018/08/01 02:00	24.773	34.282	35.183	23.563	26.577	6.526	8.678	30.815	36.956
2018/08/01 02:10	24.827	34.297	35.186	23.561	26.586	6.526	8.640	30.910	36.952
2018/08/01 02:20	24.893	34.282	35.179	23.562	26.589	6.523	8.556	30.742	36.949
2018/08/01 02:30	24.867	34.275	35.172	23.558	26.580	6.523	8.580	30.753	36.956
2018/08/01 02:40	24.867	34.272	35.179	23.565	26.583	6.526	8.720	30.865	36.952
2018/08/01 02:50	24.880	34.293	35.186	23.565	26.583	6.527	8.661	30.767	36.970
2018/08/01 03:00	24.867	34.234	35.193	23.563	26.583	6.526	8.608	30.878	36.959
2018/08/01 03:10	24.840	34.265	35.204	23.566	26.590	6.527	8.731	30.808	36.956
2018/08/01 03:20	24.880	34.268	35.197	23.568	26.590	6.530	8.654	30.770	36.956
2018/08/01 03:30	24.893	34.279	35.193	23.566	26.612	6.535	8.731	30.830	36.963
2018/08/01 03:40	24.800	34.279	35.197	23.561	26.615	6.533	8.619	30.847	36.959
2018/08/01 03:50	24.813	34.261	35.204	23.565	26.615	6.538	8.731	30.791	36.966

図3 時系列データの例

Fig. 3 Example of time series data

3.2 Pla'cello® Ver.1の基本構成

図4にPla'cello Ver.1の基本構成を示す。Pla'celloでは、プラントのデータをVPN回線経由で収集し、クラウド上の環境に保存する。このデータは、ETL(Extract Transform Load)ツールで加工し、BI(Business Intelligence)ツールで可視化・分析し、ML(Machine Learning)ツールで機械学習により新たな知見を得る。以下では、Pla'cello Ver.1の構成要素のETL・BI・MLの3ツールについて、それぞれ簡単に述べる。

3.2.1 ETLツールによるデータ加工

ETLツールとは、英語の通り、データを抽出・変換・格納するツールである。

プラントの運転データは、後段のBIやMLの入力データとして利活用される。しかし、プラントの運転データはそのままでは利活用しにくい形式であるため、ETLでデータ加工し、後段のプロセスで利用しやすい形式に変換する必要がある。データ加工はバッチ処理で実施し、定期的にクラウド上のストレージにデータを蓄積している。

時系列データを加工して、

- ・ヘッダだけ加工した生データ
- ・1分ごと・1時間ごと・1日ごと等の間引きデータ
- ・最大値・最小値等の統計データ

の三種類を作成しており、後段のプロセスで目的に応じてデータを使い分けている。

3.2.2 BIツールによるデータ分析・可視化

ETLツールで加工したデータの分析や可視化を行うツールがBIツールである。BIツールの機能はExcel等の表計算ソフトと類似したものが多く、表計算ソフトと比較してBIツールはデータの絞り込み、可視化部品の切り替え、可視化部品間のデータ連動等が容易にできるため柔軟な分析を行いやすい。

BIツールはデータ解析を実施する過程でほぼ必須のツールであり、多くの社員が使用する。しかし、市場に存在するツールを調査した結果、時系列データを扱う機能が豊富なツールが見当たらなかったため、市販ツールをベースに独自

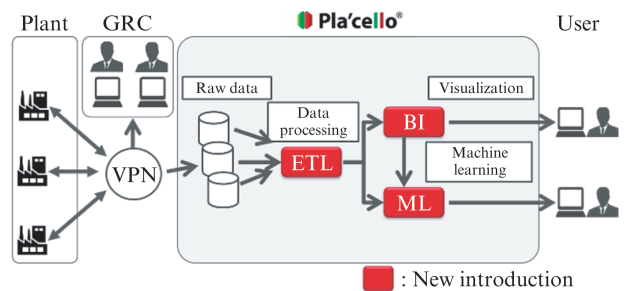


図4 Pla'cello® Ver.1のシステム構成

Fig. 4 System structure of Pla'cello™ Ver. 1

のカスタマイズ開発を行い、時系列データを扱うための機能強化を行った。

このカスタマイズ開発では可視化部品のラインアップを充実させており、

- ・時系列グラフツール
- ・散布図ツール
- ・プロセスフロー可視化ツール

等の可視化部品を市販の BI ツールにアドオンし、時系列データを分析・可視化できる環境を構築した。

### 3.2.3 ML ツールによる機械学習

分析対象となるデータから機械学習により新たな知見を得るためのツールが ML ツールである。従来、機械学習は Python 等のプログラミング言語でプログラムを書いて実施するのが一般的であったが、近年は GUI 環境下で動作する ML ツールの普及により、“プログラムを全く書かない”もしくは、“プログラムを少ししか書かない”状況でも機械学習が実現可能になっており、機械学習を行うためのハードルが下がってきている。

当社は、時系列データを扱うための ML ツールという視点で、時系列異常予兆検知に特化した ML ツールを採用している。また併せて一般的な数値データ解析も行える ML ツールも採用しており、目的に応じて上記二種類のツールを使い分けて機械学習を行っている。

## 3.3 Pla'cello<sup>®</sup>導入の効果

Pla'cello の導入により、当社では様々な効果が得られた。その効果について以下で紹介する。

### 3.3.1 時間短縮・コスト削減

標準化されたツールとして Pla'cello が社内存在することで、案件に対応するための所要時間やコストが大幅に削減できた。

当社の場合、領域知識を持つ技術者が自分の本来の業務の傍らでデータ解析を行うことが多く、ツールの選定、ツールの使い方の学習、ツールの使用等に多くの時間を要していた。

このツールを標準化したことにより、選定や使い方の学習に要していた時間を大幅に削減できた。また、従来データ解析を外部に発注していたケースでも社内でも実施できるようになったことでコスト削減も実現できた。

### 3.3.2 案件情報の集約

Pla'cello を社内向けにリリースしたことで、社内から AI・ビッグデータ関連の案件の情報が数多く寄せられるようになった。それらの案件については、

- ・技術的難易度が高いものについては、データ解析に秀でた AI 技術者が専属で対応する
- ・技術的難易度が低いものについては、AI 技術者がユーザー部門の技術者に技術指導をしながら対応する

とすることで、案件情報の集約と裾野の拡大を同時進行で

進めている。

### 3.3.3 ユーザの自発的利用

また、Pla'cello のようなプラットフォームがあることで、ユーザが自らツールを用いてデータ解析を行うケースも増えている。

ユーザ部門におけるツールの自発的な利用は、当初 Pla'cello を構築したときに意図していた利用形態ではあるが、ユーザの自発的な利用が始まるには時間を要すると予測していた。当初の予測よりも自発的利用が早まった背景には、①ユーザ部門のデータ解析ニーズが高まっている、②提供しているツールがユーザ部門のニーズに合っている、③ユーザ部門向けに開催している教育によりユーザの知識が高まっている、等の要因があると考えている。

## 3.4 Pla'cello<sup>®</sup> Ver. 2

Ver. 1 をリリースした 2018 年 11 月から約 1 年後の 2019 年 12 月、Pla'cello Ver. 2 をリリースした (図 5 参照)。

Ver. 2 では、Ver. 1 の不足機能の充実に重点を置き、以下の機能強化を行った。

- 1) Application ツール (アプリケーション開発) の新規導入
- 2) ML ツールの機能強化 (ディープラーニングツールの新規導入)
- 3) Data Preparation ツールの新規導入
- 4) BI ツールの機能強化 (カスタマイズ機能強化)
- 5) ETL ツールの性能向上・安定性向上

以下で、上記のうち 1) ~3) について紹介する。

### 3.4.1 Application ツールの新規導入

Application ツール (以下「APP ツール」とする) とは、アプリケーション開発環境のことである。BI ツールにはレポート機能があるため、BI ツールが提供する可視化機能の範囲内でユーザインタフェースが事足りる場合には APP ツールは必要ない。しかし、

- ・データ入力を行いたい
- ・BI ツールで構築できない可視化を行いたい
- ・他のアプリケーションと連携したい

等の要望を満たすためには APP ツールが必要となる。

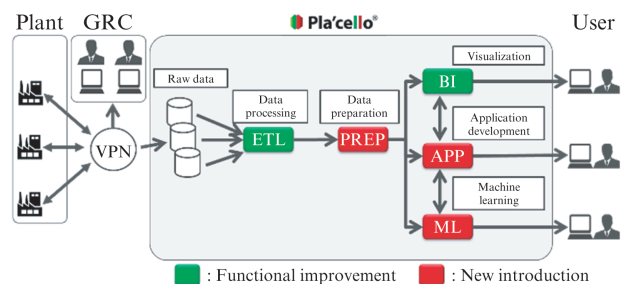


図 5 Pla'cello<sup>®</sup> Ver. 2 のシステム構成

Fig. 5 System Structure of Pla'cello<sup>TM</sup> Ver. 2

APP ツールも、上記の ML ツール等と同様プログラミングレス化が進んでおり、「ローコーディングアプリ開発」と言われるジャンルの製品が増えてきている。当社もローコーディングアプリ開発のジャンルから 1 製品を選択し、Pla'cello のラインアップに加えた。

#### 3.4.2 ML ツールの機能増強

##### (ディープラーニングツールの新規導入)

3.2.3 項では、Pla'cello の ML ツールとして 2 製品を選択したと紹介したが、これらはいずれも数値データを対象とした ML ツールであった。Pla'cello Ver. 1 リリース後、プラントの時系列データ以外に画像データの取り扱いが急速に増えてきたこともあり、音声・画像・テキスト等の非構造データを取り扱うことが可能な ML ツールの導入が必要となった。

非構造データ用の ML ツールとして、GUI 環境下で動作するディープラーニングツールを導入した。ディープラーニングは、判断ロジックがブラックボックスになるというデメリットが指摘されているものの、一般にホワイトボックス型のモデルよりも性能が高いと言われている。ディープラーニングのツールは当然ながら数値データにも適用可能なため、当社では対象データの種類、求められる精度、モデルの説明責任等の要件から使用するツールを切り替えて使っている。

#### 3.4.3 Data Preparation ツールの新規導入

Data Preparation ツール（以下、「PREP ツール」とする）とは、データ加工のためのツールであり、機能は ETL ツールと類似している。ETL ツールはシステムに入力されるデータを全件定形処理するのに対し、PREP ツールは対象データを絞り、ある目的に特化した処理を行う点が異なる。その性質上、ETL ツールは ICT 部門が用いるツールであるのに対し、PREP ツールはユーザ部門が用いるツールとなる。

Pla'cello Ver. 1 リリース後、ユーザ部門から「自分たちがデータ変換を行いたい」という要望が高まってきたのを受け、PREP ツールを Pla'cello のラインアップに加えることとした。

### 3.5 Pla'cello<sup>®</sup>の今後の展望

Pla'cello は、当初計画で想定していた基本機能を、Ver. 2 までの開発で一通り導入することができた。今後は、当社独自のデータ解析プラットフォームとしての特色をより色濃くする機能増強を図っていきたいと考えており、具体的には、

- 1) 社内基幹システムとの接続
- 2) 最適化演算エンジンの開発
- 3) 強化学習エンジンの開発
- 4) 社内製品群との製品融合

などを想定している。

## 4. 廃棄物発電プラントにおける AI の導入

AI を用いた操業支援の一例として、「廃棄物発電プラントにおける AI の導入」を紹介する。

### 4.1 AI を用いた操業支援の概要

廃棄物発電プラントは、従来、自治体が当社のような民間事業者へ建設を委託し、完成後は自治体が自ら操業するスタイルが主流であった。ところが近年は民営化が進んでおり、完成後の操業も民間事業者が請け負うケースが増加している。操業の委託を請け負うための競争力強化とベテラン運転員の人材不足の二つの理由から、当社では少人数でプラントを操業できる仕組みの構築を急速に進めている。その実現手段の一つは、先に 2 章で紹介した GRC による遠隔監視・操業支援であるが、最近ではそれに加えて AI を用いた操業支援も実施している。

当社における AI を用いた操業支援は、

- 1) プラント操業の省人化
- 2) 問合せ対応業務の省人化

の二つを主に実施しており、そのうち、プラント操業の省人化について次節以下で紹介する。

### 4.2 プラント操業における実施業務

廃棄物発電プラントの操業において、運転員は主に二種類の業務を行っている。

#### 4.2.1 DCS の監視と操作

一つ目の業務は DCS (Distributed Control System) の監視と操作である。通常、廃棄物発電プラントは自動運転で操業しているが、自動運転プログラムではプラントを健全に操業しきれないケースも発生する。運転員は、そのようなケースに備え、通常は廃棄物発電プラント全体が健全であることを確認しつつ、何らかの異常が検知された場合には手動介入による操作を実施する。

#### 4.2.2 焼却炉の燃焼画像監視

二つ目の業務は焼却炉の燃焼画像監視である。これも目的は前項と同様プラントの健全性確認であるが、焼却炉の燃焼が不健全な状態が継続すると結果としてプラント全体の健全性が損なわれるという因果関係があるため、より早く予兆を捉えるための手段として、焼却炉の燃焼画像監視が必要である。

### 4.3 プラント操業の改善

前節で、二つのプラント操業の業務について説明した。異常事象は、

- 1) 燃焼異常の原因が発生
- 2) 燃焼異常が発生 (= 燃焼画像で異常を確認可)
- 3) 燃焼プロセスが異常 (= センサで異常を確認可)

という順に発生する。従って、燃焼画像の異常検知を先に

進め、その結果を含めて燃焼プロセスの異常診断を行うことが望ましい。

#### 4.4 燃焼画像解析システムの構築

当社は燃焼異常の検知を自動化するため、「燃焼画像解析システム」を構築し、2018年10月より実運用に至っている。このシステムは、一定周期で AI を用いた燃焼画像の画像判定を行い、燃焼状況をパターン分類した結果をオペレータに通知するシステムであり、オペレータの負荷低減や自動運転の実現に大きく貢献している（図6参照）。

この燃焼画像解析システムは、画像の機械学習を用いている。本システム構築にあたっては、

- ・ 焼却炉の初期学習を行うために多数の画像が必要となる
- ・ 焼却炉の監視カメラの撮影範囲が点検などにより多少ずれる

等の課題があったが、技術的な工夫によりそれらの問題を解決した。

## 5. おわりに

本稿では、当社における AI・ビッグデータの活用例として、2章で GRC を、3章ではデータ解析プラットフォームを、4章では廃棄物発電プラントにおける AI 導入事例を紹介した。

2章で紹介した GRC のセキュリティ対策は、さらに強化のうえ GRC のみならず拠点側の制御システムまで拡大していく。3章で紹介した Pla'cello は、完成してから日が浅いものの着実に社内での実績を積み上げており、今後当社の AI 関連業務拡大に少なからず貢献するものと期待している。Pla'cello の時系列関連の操作性の向上や短周期データの取扱など、機能面の改善を継続していくとともに、教育体制、サポート体制の充実等、一層の普及も進めていく。

4章で紹介した AI の活用による「プラント操業の省人化」

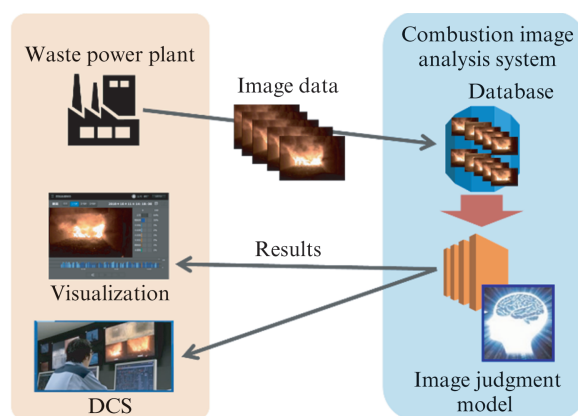


図6 燃焼画像解析システムの構成

Fig. 6 System structure of Combustion Image Analysis System

の施策は、今後の廃棄物発電プラントの新規案件へも取り入れ遠隔で操業を支援する体制の強化を図っていくだけでなく、水処理施設・バイオマス発電施設等の他のプラントへの横展開も図っていく。

AI は時代の流れを変える画期的な技術であり、建設業界においてもその流れは着実に進んでいくと考えている。当社はこの流れに積極的に乗り、今後も AI を用いた商品力強化や業務効率化に邁進していく所存である。



小林 義孝



妹尾 光敏