

JFE エンジニアリングにおけるデータ解析プラットフォームの構築と展開

Building and Spread of Data Analysis Platform in JFE Engineering

田谷 文彦 TAYA Fumihiko JFE エンジニアリング DX 本部 ICTセンター AI & ソフトウェア開発部 Pla'cello グループ
マネージャー・博士 (医学)
児玉 宜朋 KODAMA Yoshitomo JFE エンジニアリング DX 本部 企画部長

要旨

企業の競争力を強化する上で、AI・ビッグデータを活用した業務の効率化・高度化のアプローチが必要不可欠になっている。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 月にグローバルリモートセンター (GRC) を開設、2018 年 11 月にデータ解析プラットフォーム Pla'cello® を社内向けにリリースし、豊富に有する操業データを活用するための環境を整えた。本稿では、最近の GRC ならびに Pla'cello の展開を紹介し、当社における AI・ビッグデータの活用状況をお伝えする。

Abstract:

Data science approach, which utilizes AI and bigdata for improving efficiency and sophistication of business operations, is indispensable for strengthening the competitiveness of a company. JFE Engineering has prepared the environment to make use of a wealth of the collected operation data. We launched the remote plant monitoring and operation system in 2014, established the Global Remote Center (GRC) in March, 2018, and internally released the data analysis platform called Pla'cello™ in November, 2018. In this article, we will introduce the recent advances in the GRC, Pla'cello and the application of AI and bigdata in our company.

1. はじめに

近年 JFE エンジニアリングでは、主力商品のひとつである環境プラント (清掃工場) で、建設と操業を一体化した DBO (Design Build Operate) 形式での案件が増加し、運用 (Operate) フェーズでは、収集した実運転データを操業コスト低減などに日々活用している。また、バイオマス発電プラントでは、プラントを引き渡した後も、アフターサービスとして操業・運用データを利用するケースが増えてきた。そのため、操業時に収集している様々なデータを、そのまま運転監視などに使用するだけでなく、収集後のデータを解析し、プラント運用時のプロセスの理解を深め、より安定した運転に繋げるなど、操業の改善に役立てることが期待されるようになった。

当社では、後述の通り 2014 年にはプラントのデータ収集を開始し、2018 年にはグローバルリモートセンター (以下、GRC) を開設するとともにデータ解析プラットフォームである Pla'cello® の運用を開始し、ソフトウェア面でプラントオペレーションをサポートする仕組みを提供している。

これらの経緯については過去の JFE 技報¹⁾でも報告しているが、本稿では最新の情報を紹介する。

まず 2 章では、GRC によるプラントの遠隔監視・遠隔操業について紹介する。次に 3 章では、当社で社内向けに展開しているデータ解析プラットフォーム Pla'cello のシステム構成と普及状況・普及活動について紹介する。最後に 4 章では、Pla'cello を実際に適用した事例を紹介する。

2. プラントの遠隔監視・遠隔操業

2.1 グローバルリモートセンター (GRC)

GRC は、当社が納めた国内外プラントの遠隔操業・保守の統括拠点であり、各種プラントの操業・運転データを大容量かつセキュアな高速光回線を用いて収集し、付加価値の高い遠隔監視・操業支援サービスを提供している。

当社の遠隔監視サービスは、2003 年のリモートメンテナンスサービスに端を発しており、2014 年にはリモートサービスセンターを開設し、廃棄物発電プラントの運転監視・操業支援を行うとともに、プラント操業・運転データの蓄積を開始した。また、2018 年 3 月には GRC を開設し、遠隔監視・操業支援対象を発電施設、水処理施設、太陽光発電施設等の廃棄物発電プラント以外の事業にも広げ規模を拡大するとともに、より一層万全なセキュリティ対策を講じた環境とした。2022 年 1 月現在、GRC の接続拠点数は 83 拠点

2022 年 3 月 30 日受付

であり、多種多様なプラント操業・運転データはクラウド上に蓄積されている。

GRC の内観を写真 1 に示す。

2.2 GRC の特徴

2.2.1 遠隔監視・操業支援の連携強化

遠隔監視・操業支援のツールとして、時系列データの共有だけでなく、現場映像や TV 会議による情報共有の仕組みも有しており、監視対象施設と GRC との情報連携が密接に行える。また、トラブルの際には同一敷地内に従事している設計者が GRC に駆けつけ、オペレータと密に連携し問題解決を図っている。

2.2.2 データ解析と AI 連携による操業支援の高度化

GRC は、データ解析という視点では、「プラントの時系列データや画像データを定期的に収集・蓄積する」という役割を担っている。

プラントの操業支援をより高度なレベルで実現するため、データ解析および AI と連携した操業支援が可能な仕組みを構築している。この GRC のデータ収集・蓄積の仕組みを用いて構築したデータ解析プラットフォームについては次章以降で述べる。

2.2.3 万全のセキュリティ対策

当社が預かる社会インフラの運転データの重要性を鑑み、セキュリティには万全の配慮（閉域ネットワーク回線、アクセス権管理、入退室管理、SOC (Security Operation Center) による通信の監視）を施した。また、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、ISMS (Information Security Management System) 認証を取得している。

3. データ解析プラットフォーム Pla'cello[®]

当社では、領域専門家が、GRC で収集した大量のプラントデータのデータ解析を実施し、操業支援するためのデータ解析プラットフォーム Pla'cello を提供している。Pla'cello

は 2018 年 11 月より Ver. 1 の運用を開始し、その後、順調にバージョンアップを重ね、2019 年 12 月に Ver. 2、2020 年 7 月に Ver. 3 をリリースし、2022 年 7 月には Ver. 4 をリリースする予定である。本章では、Pla'cello がどのようなシステム構成で構築され、発展してきたのかを紹介する (図 1 参照)。

3.1 Pla'cello[®]の基本コンセプト

Pla'cello は、領域専門家が簡単にデータサイエンスを行うためのプラットフォームであり、その開発は、以下のコンセプトに基づき推進してきた。

(1) 容易なユーザインターフェイス

データサイエンスの実現には一般に「領域知識」「情報学」「統計学」の 3 種類のスキルが必要だが、当社のような事業会社においては多くの技術者が「情報学」や「統計学」に関する知識が十分ではない。Pla'cello は、領域知識を有する技術者が自らデータ解析を行えるようにするため、技術者が扱いやすい GUI を中心としたユーザインターフェイスでシステムを構築している。

(2) 時系列データとの親和性

当社で扱うデータは、主にプラントから取得する時系列データで、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がある。データ周期が一定で、多数のデータが同時に収集・蓄積されるという性質を持ち、商品の購入履歴や帳票データのように非定期的に収集されるデータとは異なる解析が必要となることが多い。そのため、Pla'cello を構成する各ツールは、時系列データを扱う機能に重点を置いて開発している。

(3) 市販ツールの利用

限られた開発リソースで迅速に必要な機能を提供するため、Pla'cello では市販のツールを利用することで開発ボリュームを減らしている。ツールの選別の際には、幅広く機能を検討し、特にカスタム開発で不足する機能を自主開発できることを重視した。



写真 1 GRC の内観

Photo 1 Entire view of Global Remote Center

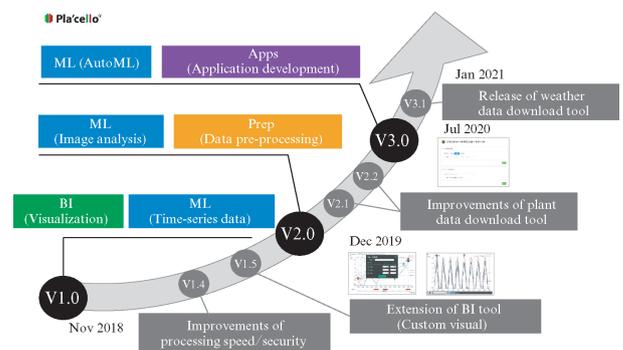


図 1 Pla'cello[®]の発展

Fig. 1 Development of Pla'celloTM

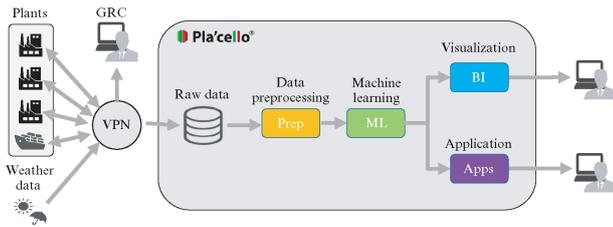


図2 Pla'cello® Ver. 3 のシステム構成
Fig. 2 System architecture of Pla'cello™ Ver. 3

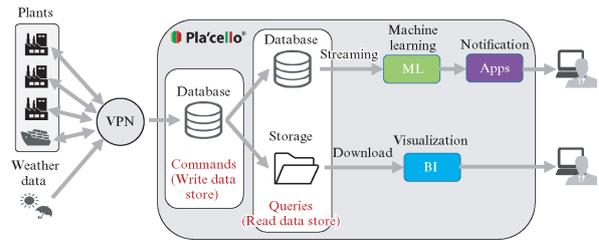


図3 Pla'cello® のCQRS アーキテクチャ
Fig. 3 CQRS architecture in Pla'cello™

3.2 Pla'cello® Ver. 3 の基本構成

Pla'cello は、2018 年 11 月のリリース以降、機能の増強を重ね、2022 年 1 月現在では概ね以下のような構成となっている（図 2 参照）。

- 1) プラントデータの収集およびデータフロー
- 2) Prep ツールによるデータ加工
- 3) BI ツールによるデータ分析・可視化
- 4) ML ツールによる機械学習
- 5) Apps ツールによるアプリケーション開発

ユーザは各ツールを目的に応じて組み合わせることでデータフローを作成し、利用できる。一般的なフローとしては、収集したプラントデータをまず Prep ツールで加工し、必要に応じて ML ツールで機械学習を実施する。加工したデータや機械学習の結果は、BI ツールで分析・可視化してレポートの作成に利用したり、App ツールで結果を通知したりする。以下、各構成要素について説明を加える。

3.2.1 プラントデータの収集およびデータフロー

各プラントにおける操業データは、中央操作室に設置される DCS に格納されているが、Pla'cello では、これらのデータを GRC における遠隔監視・操業目的で敷設された VPN を通じて収集している。これらのデータはクラウド上で処理しているが、大きく分けて以下の 2 種類の処理を行っている。

- ・ストリーム処理：プラントから流れて来たデータをリアルタイムに処理
- ・バッチ処理：プラントから流れて来たデータを定期的に処理

Pla'cello では、いずれの処理にも対応できるように CQRS (Command-Query Responsibility Segregation) 構成を採用し、クラウド上にデータの書き込み (Command) と読み込み (Query) 用のデータフローを分離したアーキテクチャを実装している（図 3 参照）。

3.2.2 Prep ツールによるデータ加工

Prep ツールはデータの変換処理を行い、後段の ML ツールや BI ツールに繋ぐ役割を担う。Prep ツールでは、時系列データ解析用のカスタムコンポーネントを用意しており、例えば、

- ・時系列データシフト処理
 - ・時系列データアラインメント処理
 - ・DCS データフォーマット変換処理
- のようなデータ加工を GUI 環境で行うことができる。

Prep ツールは相対的に普及度が低いが、当社で扱う時系列データの処理に向いている市販ツールが存在せず、採用したツールにカスタムコンポーネントを追加した状態でも十分な使い勝手が得られていないためであると考えられる。Ver.4 では、Prep ツールを内製化して提供する予定である。

3.2.3 ML ツールによる機械学習

ML ツールは、機械学習の機能を提供するツールである。

Pla'cello では、一般的な数値データ解析に用いる機械学習モデルを利用可能なツールと、音声・画像・テキスト等の非構造データで力を発揮するディープラーニング用の 2 種類のツールを提供している。機械学習のために、有料・無料のものを含めて多様なツールが提供されているが、それらの中で、GUI で動作するツールを選別し、採用している。更には、Ver. 3 では、機械学習に必要なデータの加工やモデルの設計を自動的に行う AutoML (Automated Machine Learning) のためのツールも提供している。

ML ツールは、Pla'cello の各種ツールの中では相対的に普及度が低い。その原因としては、GUI で特別な知識がなくても簡単に機械学習を実施できるが、結果を解釈する際に統計学や機械学習の知識が必要となることが考えられる。そのため、当社では、後述するデータサイエンティスト育成教育を実施し、ユーザが機械学習の利用に必要な知識を学べる場を提供している。

3.2.4 BI ツールによるデータ分析・可視化

BI (Business Intelligence) ツールは、大きく 2 種類の使い方があり、1 つ目はデータ分析段階における分析ツールとしての使い方、2 つ目はデータの分析が終了し見方がある程度決まった後のレポートツールとしての使い方であり、一般的な BI ツールは Excel のような表計算ソフトと比較して以下のような特徴を有している。

- (1) 大量のデータの処理
- (2) 複数のデータソースの統合
- (3) データの集計レベルを変えながら分析が可能
- (4) 分析結果の共有

(5) レポート作成

Pla'cello では、市販の BI ツールをベースとしつつ、プラントで収集されるデータの主要部分を占める時系列データを扱うための豊富な機能を有したビジュアル部品をカスタマイズ開発し、アドオンとして提供している。ユーザからの要望を受けつつラインアップの拡充を図っており、時系列チャートや散布図チャート、ヒストグラムなど、時系列解析に便利なビジュアル部品を提供している。単純にデータを表示するだけでなく、現場のオペレータが少ない手順で必要なデータを見られるように工夫している。

データの可視化は、分析を行いデータの性質を直感的に理解する上で非常に重要なだけでなく、運用状態を監視し、異常の原因を探る際にも有効に機能することから、最も利用者が多く、2022年1月現在1000人を超えている。今後も、既存のビジュアル部品の改良を行うとともに、随時新規のビジュアル部品を追加する予定である。

3.2.5 Apps ツールによるアプリケーション開発

Apps ツールは、近年普及し始めた「ローコーディングアプリ開発」を実施することが可能なツールであり、プログラミングのスキルがさほど高くなくてもアプリを開発可能である。ユーザインターフェイス部分を担うという意味では BI ツールと役割が重複するが、BI ツールでは実現できない機能（例：データを入力する、API をコールする、スケジュール実行を行う）が必要なときは Apps ツールを適用する。

Pla'cello では、ローコーディングアプリ開発のツール群から1製品を選択し、提供している。提供は Ver. 3 からと後発であるにも関わらず、利用者数は700人を超えており、BI ツールに次いで多い。

3.2.6 その他のツール

その他のツール類としては、プラントデータダウンロードツールや気象データ照会ツールがある。

プラントデータダウンロードツールは、ユーザがデスクトップ上にプラントデータをダウンロードし、手元で解析するためのツールである。ダウンロードしたいデータとデータの期間を選択し、必要に応じて間引き処理や統計処理を施したデータを CSV 形式で保存できる。

気象データ照会ツールは、気象庁が提供しているアメダスと気象予報データをデスクトップ上にダウンロードするためのツールである。

Pla'cello では、上記のツール群で解析するためのデータを簡単に利用するための基盤を用意している。GRC で収集しているプラントの操業データは、随時追加しており、ユーザはプラントダウンロードツールを通して、各自の PC にダウンロードして利用できる。2021年1月からは、要望の多かった気象データを追加した上で、気象データをダウンロードするためのツールとして気象データ照会ツールを開発し提供している。気象データは、実績データであるアメダスの他、気象庁が提供している予報データが利用可能となっ

ている。

Pla'cello 上で提供されているデータは、各ダウンロード用のツールの他、API を直接呼び出して利用することもできるようになっている。今後、社内基幹システムのデータや IoT デバイスからのデータ等、随時データを追加するための環境を整えていく予定である。

3.3 Pla'cello[®]の普及

3.3.1 Pla'cello[®]の利用状況

Pla'cello を社内向けにリリースしてから、利用者数は順調に増加し、2022年1月末現在、Pla'cello の社内での利用者数は累計で1500名以上となっている。

Pla'cello の普及に伴い、社内からは AI・ビッグデータを利用して業務を改善したいという要望が数多く寄せられており、その総数は120件に達している。これらのうち、約3分の2のプロジェクトでは何らかの形で Pla'cello を適用することでシステム開発を大幅に省力化できており、当社における DX 推進に大きく貢献している。

3.3.2 ユーザ教育

当社では、Pla'cello を普及して社員のリテラシーレベルを上げるために、様々なユーザ教育を実施し、各領域の専門技術者がより積極的に自分自身でデータを事業に活用できるような環境作りを促進している。これまで13コースを70回近くにわたって開催し、累計で400名近く受講している。内容としては、各ツールの使い方、データサイエンス教育など多岐にわたり、受講者は自らの興味や知識レベルに応じて自由に選択できる。

(1) Pla'cello[®]ツール教育

Pla'cello で提供しているツールの中で、BI ツールと App ツールの利用方法について、それぞれ初級と中級に分け、合わせて20回以上にわたり開催し、のべ150名以上が受講した。さらに、実践教育として、BI ツールや App ツールを、Prep ツールや ML ツールと組み合わせて実践的に利用するためのハンズオン教育を実施しており、計4回にわたり、のべ30名以上が受講した。

(2) Pla'cello[®]データサイエンティスト育成教育

AI 技術を事業に利用するためには、上記の ML ツールの項でも触れたように、結果の解釈などの際には、ある程度の知識を有していることが望ましい。そこで当社では、Prep ツールと ML ツールの使い方だけでなく、データサイエンティスト育成教育を実施している。初級編、中級編、画像編の3コースを用意しており、各10回の講義を通してデータサイエンスのスキルを学ぶことができる。データサイエンス向けのツールの利用方法を含めてこれまで40回以上開催し、のべ200名近くが受講した。

(3) 専門技術部会による啓蒙活動

さらに、当社では草の根活動的な位置づけとして、専門技術部会による ICT リテラシーの向上も図っている。専門

技術部会とは、技術分野ごとに分かれた部会で、技術の専門性を磨いたり知識を共有したりするための活動の場で、当社では9個の部会が日々活動している。そのうちの1つである AI・IoT 部会では、AI モデル構築の精度の高さをコンペで競うハイレベルなものから、他社の ICT 事例調査を行うものまで参加者のレベルやニーズに応じた12の分科会があり、日々の活動の中で ICT リテラシーの底上げの役割を担っている。

3.4 Pla'cello[®]の今後の展望

Pla'cello Ver.3 では、Apps ツールや気象データ照会ツール等の新規ツールを追加したほか、従来からのツールを強化し、より使いやすい環境を提供している。今後は、より幅広いユーザが利用できるような機能強化を図っていきたいと考えている。具体的には、

- 1) 社内基幹システムとの連携
- 2) IoT デバイスからのデータ収集
- 3) 動画・音声データの収集
- 4) ツール群の強化 (Prep ツールの内製化など)

などを想定し、2022年7月には Ver.4 をリリースする予定である。

4 Pla'cello[®]の導入事例

ここでは Pla'cello を導入することで、実際に業務の改善に結び付けた事例として、「燃焼室の異常検知解析プロジェクト」と施設内消費電力削減のための「集計レポート自動生成システム」を紹介する。

4.1 燃焼室の異常検知解析プロジェクト

バイオマス発電プラントでは、パーム椰子殻、木質チップ、木質ペレット等のバイオマス燃料を燃焼させるが、形状、熱量、水分等が不均一で、燃焼状態や燃料・灰のハンドリング等で異常が発生することがある。特に燃料供給系や燃焼系などの燃焼室で発生する異常は、発電出力の低下や発電停止に直結するため、早期に異常を検出することが安定した運転を行うために肝要である。しかし、不均一な燃料が燃焼する外乱の中で、異常によるプロセス量の変化を検出する必要があるため、従来から運転監視で実施されている手法では検出が困難であった。そのため、長期にわたり蓄積されたプラントの実運転データを統計的、多角的に解析して、異常検知技術を開発することが求められた。

本プロジェクトでは、Pla'cello の ML ツールおよび BI ツールを活用し、多変量解析により時系列データの相関関係を調べた。燃焼室内の局所的な状態は、正常な運転状態であっても変化するため、個別に監視しているデータからトラブルを事前に予知することは困難である。そのため、多変量解析により時系列データの相関関係を調べ、正常時と異

常時における複数のプロセスの関係を比較することで、異常検知を行うこととした。

機械学習は、データ相互の関係性について事前に明確なモデルを有さない場合でも、データからモデルを学習できる。異常を検知する手法としては、正常データと異常データを分類する方法が考えられるが、燃焼室の異常検知では、実際のトラブル事例が少ないため、学習に必要な異常データの数を十分に確保することが難しく、一般的な「教師あり学習」で正常データと異常データを分類するモデルを学習させることが難しいという問題がある。

そこで、本プロジェクトでは、「教師なし学習」の手法のひとつである、「局所外れ値検出アルゴリズム (LOF)」を採用した。LOF は、正常運転状態の特徴を学習させ、正常状態から乖離したデータを異常として検出する方式である。具体的には、相関性の高いデータ群の通常時運転データを学習し、正常時のデータとの相関度を比較・監視することで異常を検知する手法を開発した。その結果、燃焼室の異常が発生してプラント停止に至る3日前には予兆が検出できることを確認した。

現在、開発した異常検知システムは Pla'cello 上で運用されており、異常検出時には直ちに関係者に通知し、状況の確認と異常への対応ができるようになっている (図4参照)。

4.2 集計レポート自動生成システム

運営プラントにおける消費電力の削減は、プラントの運転効率を向上させる上でも重要な課題である。焼却量やごみ質に対する発電効率や消費電力の解析は、施設能力・運転評価を行う上で重要だが、従来はデータの整形および可視化を、その都度手作業で行っていたため、担当者の大きな負担となっていた。

本プロジェクトでは、Pla'cello の Prep ツールと BI ツールを使用することで、データの加工を半自動化し、集計レポートを自動生成するシステムを構築した。その結果、これまでデータの整形や可視化に掛けていた工数を減らし、作業負荷を大幅に下げることができ、操業状況をよりタイムリーに把握できるようになった。作業負荷が下がった分、考察時間など、より本質的な業務に時間を割くことが可能となるなどの効果があった。

5. おわりに

本稿では、当社における、データサイエンスの手法を用いてプラントの操業時に得られるデータを活用するための取り組みを紹介した。収集した多種多様なプラントの操業・運用データはクラウド上に蓄積され、遠隔監視・操業支援に利用されるとともに、データ解析プラットフォーム Pla'cello によりデータ解析を実施し、解析結果に基づいて現

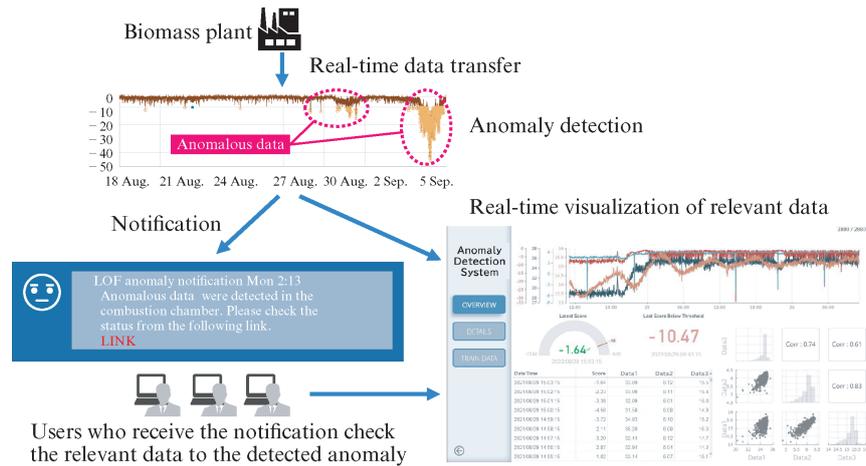


図4 燃焼室の異常検知システム

Fig. 4 Anomaly detection system for combustion chamber of Biomass Plant

場に即時フィードバックを行えるようなシステムを開発・運用している。

Pla'cello は、データサイエンティスト育成教育を通じた社内のデータサイエンスリテラシーの向上とも相まって、着実に社内での利用も広まり、実績を積み上げてきた。蓄積しているデータに AI 技術を適用して事業に活かしたいという要望は多く、それらの要望が Pla'cello を開発する契機となったが、実際に Pla'cello が利用されるようになるにつれて、AI 技術そのものに対する理解も深まり、類似したアプローチで横展開したいという要望も増えるという好循環が生まれている。今後、さらなる機能の向上・改善に加えて、社内基幹システムのデータ等取り扱うデータの充実を図り、より多くのユーザが幅広い用途で利用できるプラットフォームとして成長させていきたいと考えている。

データサイエンスは、既に企業がビジネスにおける競争力を強化する上で必須の技術である。建設業界も例外では

なく、当社は、今後も積極的にデータサイエンスの手法を有効に活用する環境を充実させ、業務の改善に繋げていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 小林義孝, 妹尾光敏. JFE エンジニアリングにおける AI・ビッグデータの活用. JFE 技報. 2020, no. 45, p. 59-64.



田谷 文彦



兎玉 宜朋