

AI 技術を活用した設備診断

日本電気株式会社 AI・アナリティクス事業部 データサイエンス部
若松直哉

NEC は、今までプラントで十分に利用出来ていなかったデータに対して AI を活用することによって、高度保安（事故防止・稼働率向上・保全コストの低減・技術継承）の実現に貢献すべく、システム開発に取り組んでいる。

近年、プロセス産業ではプラントの高経年化・増改造によるシステムの複雑化・熟練者の退職など、安全・安定操業の課題が共通の問題となる一方、マシンリソースや AI 技術の飛躍的な向上により、IoT・BigData・AI の活用がプラントの安全・安定操業の現実的な 1 つの課題解決策として出てきている。本報では、プラント操業分野における NEC の持つ技術や実際の取り組みについて、設備の持つ各センサ間が作る関係性に着目した「プラント故障予兆監視」を例に紹介する。

(本文 15 ページ)

人工知能 AI 技術の解説とその活用に向けて

NTT データ先端技術株式会社
川村直毅、鈴木幸市

本報告では、人工知能について、基本的な技術解説を行った。歴史的な背景として、1960 年代まで遡り人工知能の黎明期からの変遷を述べるとともに、現在の人工知能ブームの火付け役となった深層学習（ディープラーニング）の原理について、人間の脳細胞を数学的に模した、ニューロンとシナプスで構成されるニューラルネットワークを紹介した。また、このニューラルネットワークでの「学習」を数式等を用いることなく、解説することを試みるとともに、この人工知能を活用する際の、「学習」と「推論」フェーズという考え方について述べた。ブームとして大きな成果が期待される人工知能も、「人工知能が出した答えについて、その理由が分からない」というブラックボックス問題や、実際に人工知能を構築する際には、現状では活用シーンに合わせた調整作業が必要であることにも言及し、この課題を踏まえたうえでの活用が必要であることを記した。本報告が「人工知能」の定義が曖昧な中、知識としてのベースを形成するための、整理の一助となれば幸いである。

(本文 21 ページ)

工場パフォーマンスおよび信頼性向上のための高度データ分析

バルメット社（フィンランド、タンペレ）
Jari Almi, Samuli Lehtonen
バルメット株式会社 オートメーション事業部
山本 篤

インダストリアルインターネットは、現代の紙パルプ工場における莫大なデータ資源の価値の引き出しを可能にした。様々な工場システムから得られたプロセス・事業データを結び付け、高度データアナリティクスを適用し、業界のノウハウを活用することによって、先進的企業が新たなデータ駆動型分析的アプリケーションに着手することが可能になっている。そのようなアプリケーションはビッグデータをまさに可視化することができるが、未来の結果を予測し、総合的な知的レベルを高めるための人工知能も組み入れている。新たなアプリケーションは、工場のオペレータによる支援型意思決定を可能にし、オートメーションシステムのためのより知的な設定点を生み出している。

分析的アプリケーションとリモート接続は、供給業者のプロセス・機械の専門家が自らの遠隔サポートセンターにおいて使用することもできる。彼らの分析、発見および推奨は、工場のサブプロセスおよび工場全体のパフォーマンスの最適化のために用いられている。供給業者とパルプ・紙の生産者は協力して、支援型意思決定、閉ループの最適化および知識ベースのサービスのための様々な分析的アプリケーションに基づく工場パフォーマンス

ンス・信頼性改善プログラムを実行し、支援している。オペレータと供給業者の両方が自らのサービスにおいてこ入れしてきた高度データ分析を通じ、生産性が高められ、原材料・エネルギーコストが引き下げられ、品質が最適化され、工程のアップタイムが改善されたような個別のケーススタディーを紹介する。

(本文 26 ページ)

応答の遅いパルプ装置の多変数モデル予測制御構築

日本ハネウェル株式会社 ハネウェルコネクテッドプラント
瀬戸邦彦

パルプ製造装置の主要な設備は非常に応答が遅く、PID 制御などに代表されるフィードバック制御がうまく使用できずフィードフォワード制御のみが使用されてきた。このような遅いプロセスでは将来を予測できるモデル予測制御技術が必要で、近年になって国内でもパルプ製造装置に多変数モデル予測制御が導入されるようになってきた。ただし、一部の紙パルプ製造装置のように極端に遅れの大きい設備においては、遅れの変化が発生してしまうのでそのままでは対応が難しい。そこでこのようなケースでも対応できるような手法を利用する。

(本文 32 ページ)

e-無線巡回[®]の故障予兆機能開発

日本製紙株式会社 秋田工場 工務部
野添 進

紙パルプ産業は代表的な装置産業であり、高効率な生産には設備の安定稼働が不可欠である。近年、IoT (Internet of Things) 等の IT 技術を設備やモノに活用する技術が実用化される中、当社は IoT 技術を基盤としたワイヤレスセンサネットワークである e-無線巡回[®]を開発、導入した。

e-無線巡回は、加速度センサと温度センサが一体化したセンサを 2 個備えた無線子機、無線子機の測定データを受信する親機、親機からデータを収集しデータベースに保管すると共に警報判定を行う収集サーバ、測定データ監視端末で構成される。

2012 年に開発され 2017 年 11 月以降は外販も開始した。従来の閾値監視でも効果を発揮できるが、e-無線巡回にて収集したビッグデータを用いて、更なる故障予兆を模索し技術開発を行った。

e-無線巡回の「ひとつの子機で加速度センサと温度センサが一体化したセンサを 2 個保有する」という特徴を最大限生かし、子機のセンサを電動機もしくはファン・ポンプの負荷側と反負荷側に設置し、この両者の相関関係を監視することで、軸受の状態変化を捉えることに成功した。

この技術を活用することで従来の閾値監視よりも早いタイミングでの故障予兆を実現する可能性があり、現在はトライアル機の開発をほぼ完了し秋田工場に設置して予兆機能の確認を行っている。本稿では故障予兆の基本機能について紹介する。

(本文 38 ページ)

バイオマスボイラ運用後の計装導入事例

中越パルプ工業株式会社 川内工場 施設動力部 電気計装課 電気計装係
本田拓志

川内工場では南九州における豊富な木材資源と紙事業で培った木材集荷システムもあり 2012 年 7 月から始まった再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT 制度) を利用したバイオマス燃料発電設備を 2015 年 11 月に新設したが、運転開始後に 2 つの問題が発生した。1 つ目は燃料水分によるタービンの出力低下である。燃料投入から燃焼までタイムラグがあり高水分燃料がいつ投入されたか燃焼するまで分からず燃焼低下したことで高水分燃料が投入されたことに気付くため、元の燃焼に戻すまで対応に時間を要していた。この問題を解決するために Process Sensors corporetion 社製水分計 (MCT 460) の設置とボイラ制御である ACC (自動燃焼制

御) 制御に水分計指示を組込む事で高水分燃料投入による出力低下対策を行った。2つ目の問題は、ボイラ内の燃料厚みが不均一になり燃焼が安定しなかった。定量フィーダへの燃料投入指令はレベルスイッチにより行っていたため投入する燃料レベルを任意に設定する事が出来ず、投入量にバラツキが発生し、出力低下に繋がっていた。対策としてマツシマメジャテック(株)社製マイクロ波式レベル計 (MWLM) を設置、任意の投入レベルが設定できるようになり、ボイラ内の燃料厚みを安定させる事が出来た。

本稿では、両計器の導入経緯と導入後の結果を紹介する。

(本文 45 ページ)

石炭焚きボイラ制御性改善による効率アップ

エム・ピー・エム・オペレーション株式会社 原質部 動力課
月館秀一

三菱製紙株式会社八戸工場の動力設備は化石燃料系ボイラとバイオマス系ボイラがあり、その中で石炭焚きボイラと黒液回収ボイラ、廃棄物ボイラが常用で稼動している。また、発電機は背圧タービン、抽気復水タービン等があり工場内使用電力のほぼ 100%供給している。石炭焚きボイラは、工場蒸気使用量の約半分の蒸気発生量があり、併設の蒸気タービンも工場使用電力量の約半分以上を発電している。

石炭焚きボイラは稼動後 23 年が経過し、制御性のズレと使用する石炭の多様化により主蒸気圧力の変動が大きくなりボイラの燃焼制御だけでは制御しきれず、主蒸気圧力設定を稼動開始直後より下げて運転せざるを得ない状況になってきた。更に、主蒸気圧力の変動と同様に主蒸気温度の変動とボイラ出口 O₂ の変動も多く現れ、現状のパラメーター調整だけでは対応しきれない状況になってきた。

このような運転上の問題点を解決すべくボイラメーカー協力のもと、ボイラ燃焼制御性の改善を実施した。従来のパラメーターの微調整と新しい先行信号を組み込むことにより、制御性が大幅に改善され発電機出力を 0.66%アップすることができた。

本報では、従来の運転上の問題点と制御改善の概要等について紹介する。

(本文 50 ページ)

リアルタイムプロセスパフォーマンス監視

—解析ツールとサイバーセキュリティの必要性—

日本ハネウェル株式会社 ハネウェル・プロセス・ソリューションズ
上野貞雄

現代のプロセス業界をとりまく環境は日増しに厳しさをましてきている。まさに Challenge という言葉がぴったりくる状況である。日本だけでなく海外においてもグローバル経済の影響が既に現場で出始めている。このグローバル化と少子高齢化の影響がパルプ業界でも「コスト削減」と「効率化」への追及という形で表れてきている。他方制御システム、品質管理システムについては設定された目標を実現できるように設計、実装されているが、現代の多様な要求事項に対応しながらビジネスを動かしていくのに必要な情報が集められているとは限らない。既存の設備資産を保持し、段階的なアップグレードを提供し、投資収益率 (ROI) に支えられた新しいインテリジェントサービスが重要になるとハネウェルは提唱する。ビッグデータツール、ソフトウェア、クラウドを活用することで、コスト、品質、生産のバランスを改善するために必要なデータストレージ、処理能力、分析を提供できるからである。Honeywell Forge APM は長年の制御業界での経験から築き上げたライブラリとモデルを最新の IT 技術と連携してプラント設備の問題を事前に見つけ出すことを目的に開発されている。QCS 4.0 はこの Honeywell Forge APM をベースに開発され、今日のさまざまな運用要件を満たし、将来の成長と課題に投資するために必要なリアルタイムの可視性と実用的な洞察を提供する。

(本文 57 ページ)

マシン汚れモニタリングと汚れ防止技術のIoTによる融合 —SmartPapyrus™ 導入効果について—

株式会社メンテック 富士事業所 技術開発課
坂田人丸

古紙を原料とする抄紙工程において汚れの問題は避けられず、取り分け中性紙化が進む中でドライパートのピッチはより粘着性を帯びて増加し、それらに由来する欠点や断紙が生産性に与える影響は年々大きくなっている。

さらに、古紙原料の配合や古紙の質（含有する汚れ量）の変動、さらには白水温度などの季節要因などによって、日々刻々とマシンの汚れの場所や状況が変化するため、その都度マシンコンディションや汚れ状況を確認して、汚れ防止薬品の使用量やカンバスクリーナーなどの用具洗浄設備の稼働条件の調整が必要となる。

なかでも稼働中のドライパートにおいては、フード内の 100℃を超える高温・多湿の環境に入ってドライヤーやカンバス汚れ状況を確認することは現場の操業においては最も過酷な作業の一つである。

そこで当社はマシンの汚れを遠隔で常時モニタリングし、かつ定量化した上で、汚れ量に応じて薬品の散布量や薬品散布装置の運転条件、さらにはカンバスクリーナーなどの洗浄条件をコントロールすることにより、マシンコンディションを最適化するシステム SmartPapyrus™ を開発した。

本報告では、マシン稼働中の上段カンバスにおいて産業用カメラを用いて汚れ量をモニタリングし画像処理によって定量化する SmartDepo™ を開発し、実機に適用した結果を報告する。また、薬品の吐出量制御、使用状況の管理を操業管理室で一括して行い、薬品の使用状況に応じて自動で薬品を発注する SmartChemical™ についても実機への適用を始めており、その構想と適用結果について紹介する。

(本文 62 ページ)

調成・抄紙連携最適化ソリューションのご紹介 —制御性改善と銘柄変更自動化へ向けた新しい取り組み—

横河電機株式会社 IA-PS アナライザーセンター P&W ソリューション統括部
和田健一郎

本稿では、プロセス間連携最適の視点から、複数プロセスからなるプラントの制御性を改善する取り組みを紹介する。この取り組みの基礎となるのは、DCS から収集した 1 秒周期のデータ（以下、プラントビッグデータ）である。プラントビッグデータの解析を行うことで、課題の洗い出しや原因特定を行い、具体的な改善につなげていくことが基本の活動フローとなる。実際に製紙工場に適用したソリューションを二例、紹介する。

一例目は、坪量の周期変動を抑制することで製品品質の安定、銘柄変更時間の短縮に効果を上げた PID 制御チューニングである。プラントビッグデータの解析により、坪量変動が調成工程と抄紙工程のプロセス干渉によるものであることを突き止め、続いて改善すべき制御ループを特定した。さらに制御性改善のための新しいチューニングパラメータも独自のアルゴリズムにより過去の操業データを使って決定した。

二例目は、銘柄変更時の調成工程と抄紙工程の操作を自動連携させ、最短時間で目標品質に収束させる新しい制御ソフトウェアの開発である。プラントビッグデータの解析により、灰分の収束時間を短縮することで坪量を含めた全体の銘柄変更時間を削減できる余地を見出したことが開発のきっかけとなった。また本ソフトウェア自体も、プラントビッグデータ解析によるプロセス同定パラメータを使用することや、リアルタイムに解析を行い操業条件を提案する機能を持つなど、これまでにない特色を備えている。

当社は引き続き、プロセス連携最適化の活動に継続して取り組んでいく。

(本文 70 ページ)

点検業務のワークスタイル変革

—設備点検クラウドサービス teraSpection による DX の取り組みについて—

富士通株式会社 デジタルソリューションサービス事業本部
掛川 巖

近年、デジタルトランスフォーメーション（以下、DX という）が注目されている。DX は、変化の激しい現代を勝ち抜くために必要な概念の1つであり、単に IT 機器やソフトウェアの置き換えにとどまるものではなく、ビジネスやサービスそのものを変えるということ、従業員の考え方・働き方を変えていくという意味を持ち合わせている。

紙パルプ業をはじめとする生産プラントでは、生産活動を継続的かつ安定的に行うため、DCS 等のセンサーデータに加えて、点検員が現場で取得したデータに基づき、プラントの運転を行っている。このうち、現場取得データ（点検結果）が「○×」や「良否」の場合には、具体的な程度を示す客観的なデータではなく、極めて主観的な評価のため、問題発生時の原因分析が進まない。そのため、「紙データのデジタル化、数値化、リアルタイム共有」を推し進めることが、生産プラントの安定稼働に必要となる。

当社は、現場に必要なデータを簡単に記録・蓄積でき、さらに蓄積データを自在に処理できる仕組みとして、「設備点検クラウドサービス teraSpection」を提供している。現場点検業務の効率化と関連システム間でのデータ活用を通して、現場担当者のデジタル化と、その先にある働き方の改革推進を支援する。本稿では、保守保全の領域への DX 適用事例を中心に紹介する。

(本文 74 ページ)

研究報文

Importance of Rheology and Viscosity in Paper and Board Coating

(紙および板紙コーティングにおけるレオロジーと粘度の重要性)

ACA Systems Oy
Vesa Kukkamö, Jyrki Laari
翻訳：新日本通商株式会社
鈴木洋平

紙および板紙用の塗料は非ニュートン複合材料である為、それらのレオロジーは複雑である。最も重要なレオロジー要因は粘度であり、これはせん断速度に強く依存する。低せん断速度では粘度は界面化学的性質により構造的であるのに対し、高せん断速度では構造は破壊されて粘度は流体力学的要因により引き起こされる。コーティングプロセスでは、せん断速度はゼロから数百万 1/s の範囲で、界面化学と流体力学的要因の両方が存在する。界面化学は様々なコーティング材料の適合性を理解するのに重要であり、それはポンピングおよび混合工程に関連がある。高せん断速度が塗布および計量工程において支配的であるので、流体力学的因子は実際のコーティングの走行性にとって非常に重要である。塗料における最も重要な流体力学的要因は以下の通りである。

- ・ 固形分（粒子の体積分率）
- ・ 粒子サイズ
- ・ 粒度分布
- ・ 粒子の形状
- ・ 連続相（水相）の粘度

Brookfield, Anton Paar, Hercules などの従来の回転式粘度計はすべて完全または部分的に構造粘度（最大せん断速度 185,000 1/s）を測定している為、これらの結果ではコーターの実際の走行性との相関が見られない。

ACA AX-100 は、流体力学的条件下で塗料の粘度を測定するために特別に設計された新しいキャピラリー式粘度計である。AX-100 は、750,000 1/s のせん断速度で測定される為、コーターの走行性に対して高い相関を

有することが示されている。コーターでの走行性の問題は非常に費用がかかり、そしてそれらはベース基材、機械設備またはレオロジーに由来し得る。AX-100 による新しい測定技術により、紙および板紙製造業者はコーティングレオロジーをよりよく管理し、レオロジーベースのコーティング問題を排除することができる。また、流体力学的粘度の基本的な理解は、水系バリアコーティングなどの機能性コーティングの走行性を向上させると共に、固形分の増加と標準配合塗料のコスト削減が可能となる。適切なレオロジー管理を可能とする AX-100 は、大幅なコスト削減と、業界での新しい付加価値をもたらす新しい技術である。

(本文 78 ページ)

総合報文

ナノセルロースの研究開発動向

紙パルプ技術協会
宮西孝則

千葉県幕張メッセ国際会議場にて開催された「2019 International Conference on Nanotechnology for Renewable Materials (TAPPI Nano 2019)」を通してナノセルロースの研究開発動向を皆様にお伝えしたい。会議には 26 か国から 385 名が参加して 37 のセッションで 130 件の口頭発表が行われ、基礎研究から商品開発まで多岐に渡って活発な議論が交わされた。紙パルプ技術協会の山崎和文理事長が基調講演を行い、「日本で数多くのナノセルロース開発が行われているのは、日本には様々な産業が集積し、企業連携による開発すなわちオープンイノベーションを行い易い環境にあることが大きいと考えられる。今後、さらに実用化の例が増えることで様々な産業分野でナノセルロースが普及し、大きな市場を形成すると期待されている」と述べた。ナノセルロースの基礎研究が実を結び、ナノセルロース材料が製品として形になりつつある。次回の TAPPI Nano は、2020 年 6 月 8-10 日にフィンランド国ヘルシンキ市にて開催する。

(本文 88 ページ)