

AI技術を適用した製造業向け異常検知システムとプロセス監視制御システムとの連携

Abnormality Detection System Applying AI technology and Data Linkage System for Production Facilities

久保田 馨 KUBOTA Kei 安藤 数馬 ANDOH Kazuma

製造現場では、人手不足の解消のため省人化が求められている。その解決策の一つとして、AI技術を適用した、製造工程の異常検知の自動化が進められている。更に、異常検知の結果を取り込んで制御に役立てる需要もあるが、この実現にはデータ連携のリアルタイム化が課題である。

(株)TMEICは、AIシステムの開発と、制御システムの開発を並行して進めてきた。AIシステムについては、製造システムに特化した独自アルゴリズムを開発し、異常要因分析の精度向上と、適用範囲の拡大を実現した。また、制御システムについては、コンピューター機能を搭載したコントローラー、及びAIシステムなどのデータに自由にアクセス可能なサーバーシステムで構成した、東芝製の統合制御システムを活用して、データ連携のリアルタイム化を進めている。

Autonomous systems to detect abnormalities in manufacturing processes applying artificial intelligence (AI) technologies are being introduced at production facilities as a replacement for manual operations to address recent labor shortages. Furthermore, attention is being focused on sharing abnormality information by linking digital data in real time to streamline control system operations.

With this in mind, TMEIC Corporation has developed an abnormality detection system applying AI with a proprietary algorithm specialized for manufacturing systems, improving abnormality factor analysis accuracy and expanding the range of applications. We are also developing a real-time data linkage system using an integrated control system developed by Toshiba Corporation, which incorporates a controller with computer functions and a server system capable of providing easy access to abnormality information data.

1. まえがき

近年の製造業では、ベテラン技術者の退職及び慢性的な人手不足を背景として、次のような三つの課題の解決が求められている。

安全・安定運転：トラブル削減，類似事故防止，危険予知

生産性向上：最適生産，歩留まり改善，省エネ

人材育成：ノウハウ継承，教育訓練

これらを解決するために、AI技術を適用した異常検知・異常予測の自動化システムが要望されており、各メーカーからAI技術を使った異常検知システムなどがリリースされている。しかし、製造システムは一般に、定常状態が継続する傾向と、突発的なトラブルが現れる傾向が混在しているため、AIで解析しても、解析精度が高くなりにくいことが知られている。製造システムの特徴に合わせたAIシステムの開発により、解析精度向上や適用範囲の拡大が必要である。

また、スマートファクトリー化を進めるためには、AIによる異常検知システムを、DCS (Distributed Control System) などの制御システムと連携し、異常検知の結果を制御システムにフィードバックする必要があるが、このような連携を考慮したシステムは実現できていない。異常検知の結果

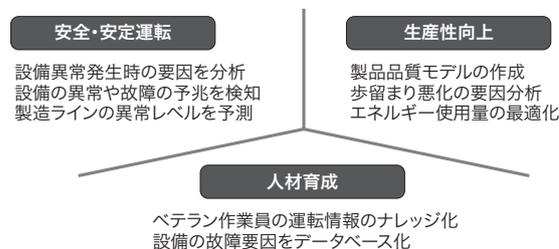


図1. 製造業の課題とAI適用の取り組み

操業ノウハウや故障要因を蓄積する情報基盤と、操業中のプロセスデータを活用し、製造業の課題解決に役立てる。

Problems faced by production facilities and solutions using AI

をDCS側でタイムリーに把握・解析し、解析結果に応じた制御を実行するには、データ連携のリアルタイム化が必要である。

(株)TMEICは、AIアルゴリズムやAIシステムの開発と、DCSの開発を同時に進めてきた。

AIシステムについては、AIでプロセスデータ・画像データを解析し、製造工程で使用される設備の異常分析、製造工程のプロセス異常検知・品質改善、及びエネルギー最適化に取り組んできた(図1)。その結果、製造システムの

時系列データの処理に特化した独自のアルゴリズムによるプロセスデータ異常検知診断システムTMBee-Atom (AI for Total Optimization) を製品化、及び教師なし画像分類技術を適用したAI画像解析システムのアルゴリズムの開発を行った。

制御システムには、コンピューター機能を追加してAIシステムを搭載可能にした東芝製の“ユニファイドコントローラVmシリーズ typeL”(以下、typeLと略記)を採用した。更に、AIシステムなどのデータ連携を容易に実現できる東芝製サーバーシステムSV-VS20で構成する、東芝製DCSの統合制御システムCIEMAC VSとの融合によって、AIシステムとのデータ連携のリアルタイム化を検討している。

ここでは、TMBee-AtomとAI画像解析システムの概要、及びCIEMAC VSによるデータ連携について述べる。

2. TMBee-Atom

2.1 TMBee-Atomの特長

TMBee-Atomは、プロセスデータなどの時系列データに適したAI解析システムである。プロセスデータは、原料・材料などを投入する上流工程から製品が完成する下流工程までの時間のずれを含んでいる。TMBee-Atomは、これらの時系列要素を考慮した上で、データ前処理機能を使って目的変数と関連性の強いプロセスデータを自動的に選択できる。また、目的変数の数値を算出するモデルを作成し、将来データの予測もできる。

TMBee-Atomの目的変数に品質データや設備情報を登録することにより、品質や設備の異常要因分析や異常検出モデルの作成を実現し、製品品質の向上、設備異常の要因分析精度の向上、及びプロセス制御の改善を行った。

2.2 TMBee-Atomの適用事例

(1) 製品品質モデル解析 製品品質のデータと、プロセスデータの関係を解析し、品質モデルを作成した。品質データは手作業で記録するため、プロセスデータの収集タイミングと合わない場合が多い。そこで、プロセスデータと同じ時系列になるように、推測値を使って品質データを補完した上で解析した(図2(a))。

製品品質モデル解析により、次の二つの機能を実現した。一つ目は、製品品質の安定化のために、品質モデルで品質変動を予測し、品質予測値がしきい値を外れた場合は、アラームを発報する機能である。二つ目は、アラームを発報した際に、要因分析によりプロセス側の要因を特定する機能である。

(2) 機器の異常要因分析 TMBee-Atomで、機器の異常と、プロセスデータの関係を解析し、異常要因分

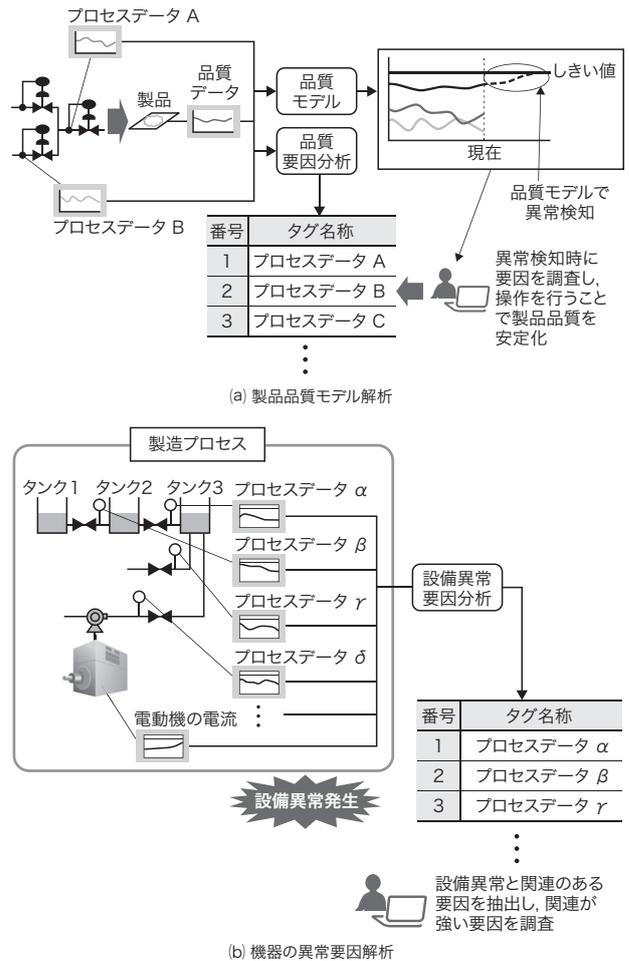


図2. TMBee-Atom適用事例

製品、機器、及びプロセスのデータの関係を解析して設計した異常検出モデルを用いて、オンラインで異常要因を分析する。

Examples of application of TMBee-Atom process diagnosis system

析を実施した(図2(b))。

機器の異常要因分析として、電動機の電流データとプロセスデータの相関を解析した。電流データは、トルク異常や過電流などの情報を含んでおり、電流データとプロセスデータの関連性を解析することにより、電動機の異常要因をプロセスデータから検知できる。できるだけプロセスの上流工程で要因を検知することにより、電動機の異常を事前に確認できる。

3. AI画像解析システム

3.1 AI画像解析システムの概要

AI画像解析システムには、教師なし画像分類技術IDFD⁽¹⁾ (Instance Discrimination and Feature Decorrelation) を適用した。IDFDは、画像に含まれる多くの特徴から分類に有効な特徴を抽出することで、不要な特徴の影響を受け

ずに画像分類を実現する。これにより、高精度な分類を可能とした。

画像分類を行う際は、事前学習で獲得した正常グループ・異常グループの特徴に対し、新規で取得した画像データが、どのグループに属するか、どの程度近いのかを計算し、スコアを算出する。スコアに応じて、画像データの異常を検知する。

異常検知は、次のステップを実行する。まず、事前学習で、画像データから特徴量を算出し、特徴量に応じてグループ分け（学習モデルの作成）する。次に、取り込まれた画像データについて、それ自体の特徴と各グループとの関係を距離として評価し、距離が大きいと判定されたものは新しいグループに分類して、異常を検知する。

3.2 AI画像解析システムの適用事例

AI画像解析システムは、プロセスデータと合わせて画像データを取り込む。画像データをプロセスデータとひと付けて、異常な状態を画像から判断する仕組みを持つ。

例えば、加熱炉の温度制御プロセスにおいて、プロセスの温度データが急変した場合、炉内バーナーの炎の画像を用いて分析する。画像データは、炎の形や色などの特徴量に応じてグループ分けを行い、正常と異常を区別する。これにより、バーナーの画像の変化点を検知可能となり、操業員が常時監視しなくても異常状態を発見できる。これまで操業員が監視してきたプロセス異常の確認などにも適用範囲を拡大し、画像解析で補うことにより、制御の安定性を一定に保ち、人手不足解消に貢献できる。

4. CIEMAC VSによるデータ連携

CIEMAC VS⁽²⁾は、AI機能を搭載可能なtypeLや、typeLのデータをほかのシステムと容易に連携可能なサーバシステムSV-VS20、ヒューマンマシンインターフェース(HMI)OI-VS10などで構成する(図3)。

以下に、各構成要素の特徴と、CIEMAC VSによるデータ連携のリアルタイム化について述べる。

4.1 typeL

これまで、AIで異常検知を実現するには、制御システムに産業用パソコン(PC)を増設して演算を行い、コントローラーに指示する方法しかなかった。この場合、制御システムと産業用PCの間の通信制約により、1分周期での演算しかできないことから、リアルタイム性が十分ではなかった。そのため、演算機能は、コントローラーで実現することが望ましかった。

typeLの特長は、独自の仮想化技術を採用し、コントローラー上にコンピューター機能を搭載したことである。こ

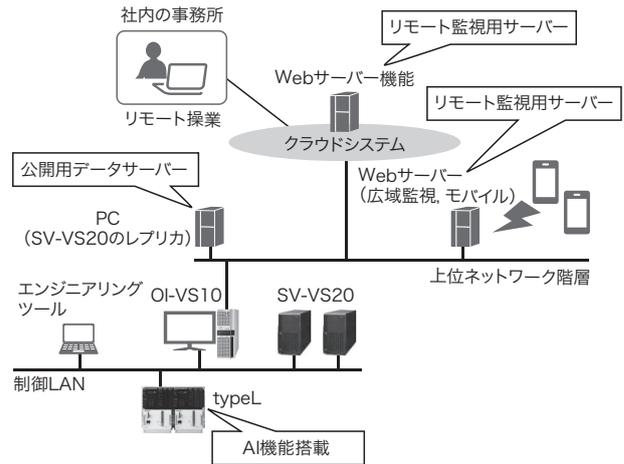


図3. CIEMAC VSシステムの構成例

typeLにAI機能を搭載することで、AIシステムと制御システムのデータ連携のリアルタイム化が可能になる。

Example of configuration of CIEMAC VS integrated control system

れにより、技術的に実現できなかった性能・開発言語などの課題が解決できる。また、コントローラー上のコンピューター機能で、1秒周期でこれまでより高度な演算を行い、演算結果を制御に利用することが可能となる。コントローラー機能、コンピューター機能はそれぞれプラットフォーム上の別の仮想空間で実行され、相互に影響することはない。また、この仮想化技術を採用したコントローラーを導入すれば、将来、クラウドシステム上にコントローラー機能を移植することが容易となる。

4.2 SV-VS20

従来、サーバーへのアクセスには、メーカーが提供するAPI (Application Programming Interface) 関数を使ったり、OPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control) 通信で収集したりする必要があった。また、アクセス頻度もシステムへ影響を与えない程度に制限されていた。

SV-VS20は、typeLなどのDCSのトレンドデータや、警報発報・回復、オペレーター操作記録、ポンプ運転停止などの機器の動作記録などを、データベースとして管理する。データベースには、オープンソースのデータベースを採用した。データベースのレプリカを、上位ネットワーク階層のPCに保存することで、社内の事務所などから容易にアクセスできる。

社内でデータアナリストやデータサイエンティストを育成し、プラント設備のビッグデータ解析などで製造デジタルトランスフォーメーション(DX)を推進したいという顧客の要望に、この環境を提供することで応えていく。

4.3 OI-VS10

従来のHMIは、計器室内でプラントの監視・操作をすることが目的であった。現在は、本社や、工場事務所、在宅勤務など、あらゆる場所からの監視スタイルが要望される。

OI-VS10の特長は、WebベースのHMIとしたことである。これにより、汎用のブラウザにも対応し、リアルタイムの遠隔監視を容易かつ安価に実現できる。

4.4 データ連携のリアルタイム化と課題

CIEMAC VSを構成するtypeLのコンピューター機能に、TMBe-AtomやAI画像解析システムの機能を搭載することで、AIシステムと制御システムのスムーズなデータ連携とデータ連携のリアルタイム化が可能になる。これにより、スマートファクトリー化に貢献できる。

今後、データの遠隔での共有には、セキュリティーの向上が重要である。また、AIによる解析結果の信頼性向上や、AIによる解析結果の視覚化、AIによる解析結果へのリアルタイムでの手動介入などが課題である。

5. あとがき

ここでは、製造業向けのAIシステムとして、TMBe-AtomとAI画像解析システムの概要を述べた。また、AI機能を搭載可能なCIEMAC VSによるデータ連携のリアルタイム化について述べた。

当社は、これらの技術を搭載した製品を提供することで、スマートファクトリー化に貢献していく。

文 献

- (1) Tao, Y. et al. Clustering-friendly Representation Learning via Instance Discrimination and Feature Decorrelation. Published as a conference paper at the Ninth International Conference on Learning Representations (ICLR2021), 2021, 15p. <<https://arxiv.org/pdf/2106.00131>>, (accessed 2025-06-27).
- (2) 根岸靖典. 監視制御システムの目指す姿とそれを実現するソリューション(スキルアップのための計装機器/システム講座(4)DCS). 計装, 2024, 67, 4, p.40-43.



久保田 馨 KUBOTA Kei
(株)TMEIC
産業・エネルギーシステム第一事業部
産業システムソリューション技術部
TMEIC Corp.



安藤 数馬 ANDOH Kazuma
(株)TMEIC
産業・エネルギーシステム第一事業部
産業システムソリューション技術部
TMEIC Corp.