

鉄鋼・非鉄金属プラント向け リアルタイムデータ活用ソリューション

Real-Time Data Management Solutions for Steel and Nonferrous Metal Plants

久積 崇志

橋本 英二

手塚 知幸

■ HISAZUMI Takashi

■ HASHIMOTO Eiji

■ TEZUKA Tomoyuki

鉄鋼・非鉄金属プラントでは、制御システムで収集されるリアルタイムデータなどの膨大な情報（ビッグデータ）を分析し、製品品質や設備状態の把握などに活用するニーズが高まっている。

東芝三菱電機産業システム(株)（以下、TMEICと呼ぶ）は、このニーズに対応して、プラントデータ管理ソリューションTMPDSを製品化し提供している。制御性能の劣化を防ぐとともに時刻ずれのない記録を可能にするため、大容量データを高速に伝送する制御ネットワークとしてTC-net 1G、又はTC-net 100を採用することで、データのリアルタイム性を確保している。熱間圧延ラインの予防保全に高速ネットワークとTMPDSを適用することで、設備状態に応じたメンテナンスを適切に実施できるなど、TMPDSは製品品質と生産管理の改善に貢献するソリューションを提供する。

In steel and nonferrous metal plants, attention has been increasingly focused on effective analysis and utilization of the large volumes of data collected by the plant control system in order to clearly grasp the status of the plant and quality of the manufactured products.

As a response to this trend, Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation is supplying the "TMPDS" plant data management solutions, which ensure the time synchronization of plant data necessary to achieve enhanced control performance and data recording quality through high-speed transmission of large volumes of data via the TC-net 1G and TC-net 100 control networks. The TMPDS solutions contribute to the improvement of both product quality and production management, including preventive maintenance for hot-strip mill lines according to the facility conditions.

1 まえがき

最近の鉄鋼・非鉄金属プラントでは、生産管理の改善や、停止時間短縮によるプラント設備の稼働率向上のために、操業中のリアルタイムデータや、設定情報、プラントで生産する製品情報など、膨大な情報（ビッグデータ）を分析し、有効活用することが求められている。

東芝三菱電機産業システム(株)（以下、TMEICと呼ぶ）は、大規模な制御ネットワーク上の膨大なリアルタイムデータの収集と、それらを活用する多様なアプリケーションを組み合わせたプラントデータ管理ソリューション TMPDSを提供している。

TMPDSを用いてリアルタイムデータを効果的に収集し、各種設定情報と連係させて分析することにより、熱間圧延ラインの異常を事前に察知し、必要最低限のメンテナンスを計画的に実施することができるようになった。

ここでは、Ethernet^(*)をベースとした制御ネットワークTC-net 1G、又はTC-net 100の使用により、リアルタイムデータを収集できるTMPDSを活用した熱間圧延ラインの予防保全ソリューションについて述べる。

2 リアルタイムデータの活用

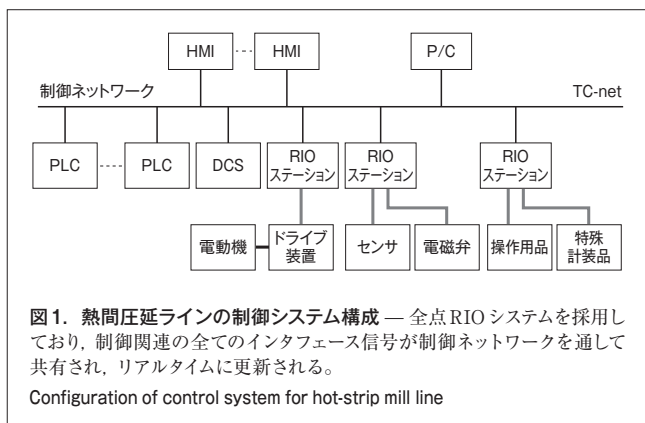
2.1 制御ネットワーク

鉄鋼・非鉄金属プラントシステムでは、PLC (Programmable Logic Controller) や、分散制御システム (DCS : Distributed Control System), HMI (Human Machine Interface) などの制御装置を接続する制御ネットワークが用いられる。制御ネットワークは、プロセス制御・監視データや外部入出力情報を制御装置間で伝送する。伝送されたデータは、それぞれの制御装置のアプリケーションプログラムで処理される。

制御装置には高速応答を必要とするものや、大容量データを取り扱うものなど、多くの種類があることから、制御ネットワークにはあらかじめ設定した時間で確実に動作する応答性と、大容量の伝送内容を管理するための複雑な伝送手順を意識させないシンプルなインタフェースが求められる。また、適用するシステムの規模の拡大や、LANの業界標準であるEthernet^(*)やEthernet^(*)準拠の制御ネットワークの利用が進んでいる。

2.2 熱間圧延ライン制御システム

TMEICの熱間圧延ライン制御システムの制御ネットワークの構成を図1に示す。全点RIO (リモートI/O (Input/Output)) システムを採用しており、電動機ドライブ装置や油圧制御装置を含む全ての外部入出力信号が、制御ネットワークを



介してPLCやDCSと接続される。すなわち、全点RIOシステムでは、PLC間インタフェース信号や、電動機用ドライブ装置に関連する電流・電圧・監視信号、制御に使用する全てのセンサ信号、油圧制御装置に関連する電磁弁の動作信号、オペレーターによる操作入力信号、ランプ表示信号、HMI操作・表示信号、プロセス制御計算機(P/C)の設定信号など、制御に関連する全てのインタフェース信号が、制御ネットワークの伝送データとしてリアルタイムに更新される。

2.3 適切なリアルタイム性の確保

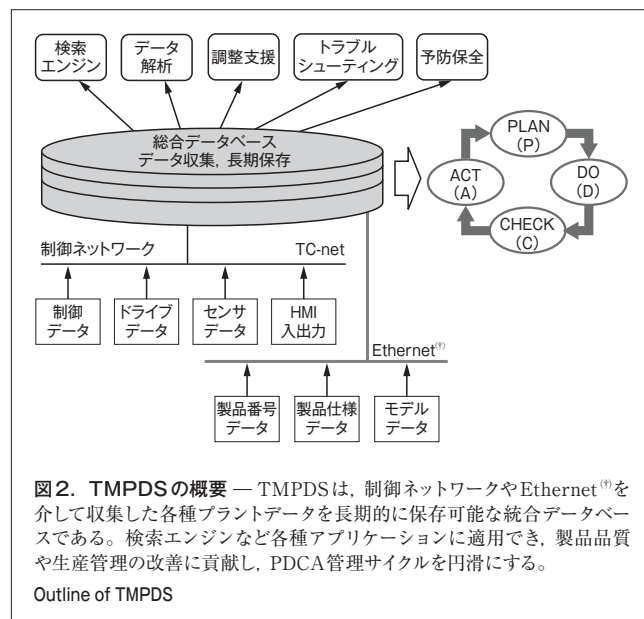
熱間圧延ラインなどのように全点RIOシステムを採用している場合、大規模なプラント制御システムにおいては、制御に関する全てのインタフェース信号が制御ネットワークで伝送されているため、伝送データ量が膨大になる。一般に、伝送データ量が多くなると、全信号の伝送に要する時間が長くなり、伝送周期を大きく設定する必要があることから、リアルタイム性が阻害される。

TC-net 1G及びTC-net 100は、1ms刻みで設定できる高速、中速、及び低速の3レベルの伝送周期を持っているので、データの種類ごとに適切な伝送周期を設定することにより、大容量の伝送データに対しても必要に応じたリアルタイム性を確保できる。

3 リアルタイムデータを管理するTMPDS^{(1),(2)}

TMPDSの概要を図2に示す。TMPDSは、制御ネットワークやEthernet^(®)を介して各種プラントデータを収集し、長期的に保存可能な統合データベースとして、検索エンジンをはじめとする各種アプリケーションで活用するソリューションである。

TMPDSを導入することで、ビッグデータから任意の情報を簡単に検索することが可能になり、設定・制御・実績データを有効活用できるようになる。これは製品品質や生産管理の改善に大きく貢献し、PDCA(Plan-Do-Check-Act)管理サイクルを円滑にする。



3.1 TMPDSの機能

TMPDSは鉄鋼・非鉄金属プラントの基幹となる制御ネットワーク上の膨大なリアルタイムデータを全て収集できる。制御ネットワークには電動機ドライブ装置や油圧制御装置などを含むレベル0の制御階層や、各種制御を実行するレベル1の制御階層などの伝送データが、1ms単位のリアルタイムデータとして存在する。

また、制御ネットワークには、工場単位でのデータ管理機能及び製品品質を確保するためのモデルベース制御機能を持つP/Cや、操業監視に使用されるHMIなども接続されており、P/CからPLCへの設定データ、及びHMI画面操作・表示データも数十から数百ms単位のリアルタイムデータとして存在する。

TMPDSは、これらの異なる制御階層のデータを連係させて収集することができる。収集されるデータは、リアルタイムの時系列データや、P/Cからの製品番号などの製品単位データ、及び操作履歴やアラームなどのシステムデータとなる。

TMPDSには、蓄積したビッグデータから必要な情報を容易に検索できる専用検索エンジンが実装されている。この検索エンジンでは、たとえシステム内のデータのラベル名称が不明であっても、複数の検索キーワードから作成された候補リストを用いて、必要な情報を選択することができる。

3.2 TMPDSの製品パッケージ

TMPDSには目的に応じて、ベーシックパッケージ、ベーシックパッケージプラス、及びプレミアムパッケージの3種のパッケージ製品が準備されている。

ベーシックパッケージは、リアルタイムデータの収集、蓄積、及びその可視化に限定した仕様になっており、ベーシックパッケージプラスは、ベーシックパッケージに検索エンジンとアラーム記録機能を追加したものである。どちらのパッケージも、リア

リアルタイムデータを用いたリアルタイムトレンドグラフ機能によって刻々と変化するプラント状態を可視化することで、オンラインでの監視に使用できる。また、蓄積されたリアルタイムデータは、ヒストリカルトレンドグラフ機能により調査や解析に使用できる。

プレミアムパッケージは、ベーシックパッケージプラスに、更に製品仕様や操業条件などの製品単位データの収集機能と、時系列データとの関係機能を追加したものである。リアルタイムデータと製品単位データを連係させることで、時間単位やシフト単位の生産高の推移や、生産した製品の主要な仕様・実績情報などを編集して生産実績レポートとして表示することができる。また、製品番号指定や製品仕様をキーワードとした検索により、例えば板厚や鋼種ごとのデータを容易に抽出することができ、データ解析や予防保全にも利用できる。

このようにTMPDSは、操業、制御、及び品質管理に関する課題解決に必要なデータをリアルタイムに監視できるようにし、更には製品仕様や操業条件を指定した検索も含め様々な切り口で容易に抽出できるようにすることで、製品品質や生産効率の改善に貢献するソリューションである。

4 TMPDS 設備診断アプリケーション

設備劣化の進行は定期保全 (TBM: Time Based Maintenance) の間隔に比較して速い場合があり、劣化が急速に進むと次の定期保全の前に予想外の故障が発生することがある。

TMEIC が提案する TMPDS 設備異常診断アプリケーションは、操業データや温度データを連続的に収集し、時々刻々と変化する設備状況を、TMEIC 独自の分析手法を用いて診断する

ことにより、状態基準保全 (CBM: Condition Based Maintenance) を実現する。

4.1 熱間圧延ラインの仕上圧延機異常診断

TMPDSで熱間圧延ラインの仕上圧延機の操業データをリアルタイムに収集し、各圧延スタンドの特徴量間の関係を表す指標を定めて計算し、異常検知に用いる。例えば、ある圧延スタンドが変動成分を持っている場合、その圧延スタンドを含む指標が相対的に大きく算出される。

一例として、F1～F7の圧延スタンドのうちF4スタンドのミルモータだけに意図的に変動成分を与え、この方式による異常診断をシミュレーションしたものを図3に示す。変動成分を与えたF4スタンドに関連する指標が他と比べて大きくなっていることがわかる(図3(a))。また、それぞれの指標の数値を正規化して可視化し、異常のある圧延スタンドをわかりやすく表示したのが図3(b)である。

このように、特徴量を比較分析することで異常検知が可能になり、それを可視化することで保全員が容易に異常箇所を見つけることができる。

4.2 熱間圧延ラインの誘導加熱装置異常診断

熱間圧延ラインの仕上圧延機の上流側に設置される誘導加熱装置は、圧延材からの輻射(ふくしゃ)熱や、飛散したスケール^(注1)、水、及び水蒸気にさらされる電気品である。この過酷な環境条件によって誘導加熱装置の経年劣化が進行し、コイルの熱損傷による絶縁破壊などの突発的な異常をもたらす場合がある。

TMEICでは、誘導加熱装置安定操業のためのTMPDS予防保全アプリケーションとして、光ファイバセンサ温度監視装置を応用した余寿命診断機能を開発してきた。ここでは、より

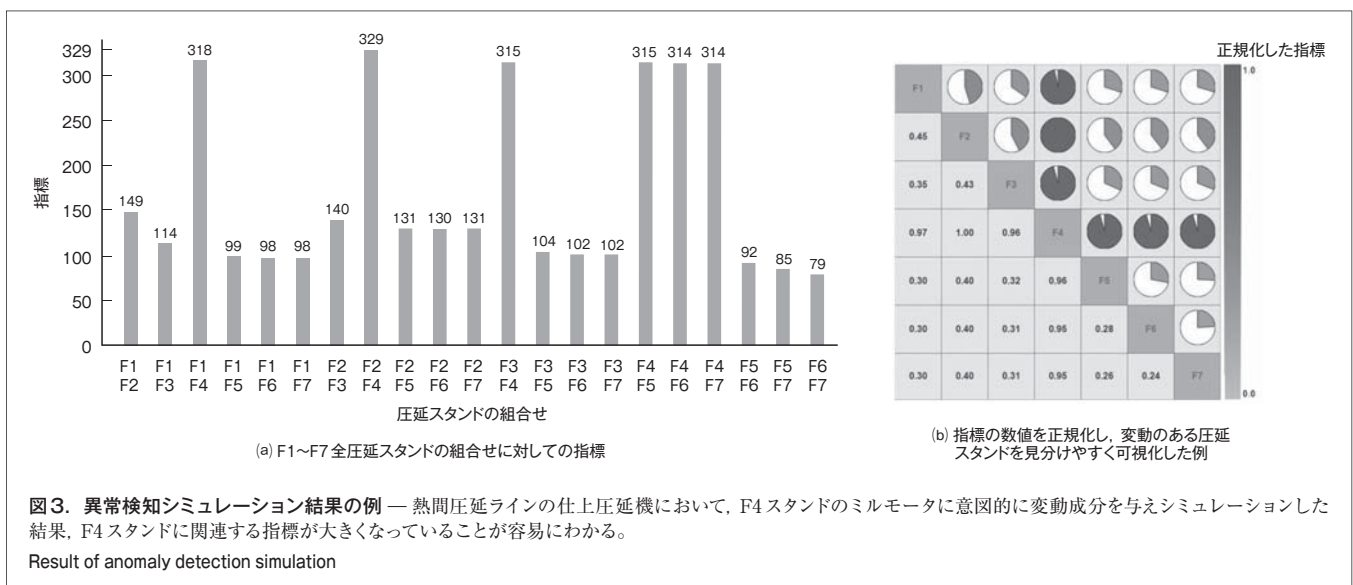


図3. 異常検知シミュレーション結果の例 — 熱間圧延ラインの仕上圧延機において、F4スタンドのミルモータに意図的に変動成分を与えシミュレーションした結果、F4スタンドに関連する指標が大きくなっていることが容易にわかる。

Result of anomaly detection simulation

(注1) 圧延プロセス前や圧延プロセス中などに、鋼板表面に生成する酸化第一鉄などの堆積物。

短期的な予防保全施策として、光ファイバセンサ温度監視装置を応用した設備異常診断機能について述べる(図4)。

誘導加熱コイルの絶縁物モールド部に温度センサを設置し、その温度情報をTMPDSでリアルタイムに収集する。温度センサ間、及び個々の温度センサの時系列データに対して特徴量間の関係を表す指標を定めて計算し、異常検知に用いる。各センサで採取された温度データをTMPDSで比較分析し、指標が正常状態の数値とかけ離れた場合に異常とみなし、当該部位のカウント値を増やす仕組みを開発した。

異常カウントの画面表示例を図5に示す。複数の小さな長方形は誘導加熱コイルの形状に合わせた測定部位を表している。検出温度のデータから異常値が算出された場合には、当該部位のカウントの値が増えるので、誘導加熱装置の劣化状況を

識別できる。

5 あとがき

鉄鋼・非鉄金属プラントにおいて、生産管理の改善や、停止時間短縮によるプラント設備の稼働率向上のニーズは今後更に高まってくると考えられる。

ここで述べた設備異常診断機能もまた、リアルタイムデータを分析し、異常部位を短期間で特定することでTBMからCBMへの移行を実現し、それによる保全PDCA管理サイクルを円滑にするためのTMPDSのアプリケーションの一つである。

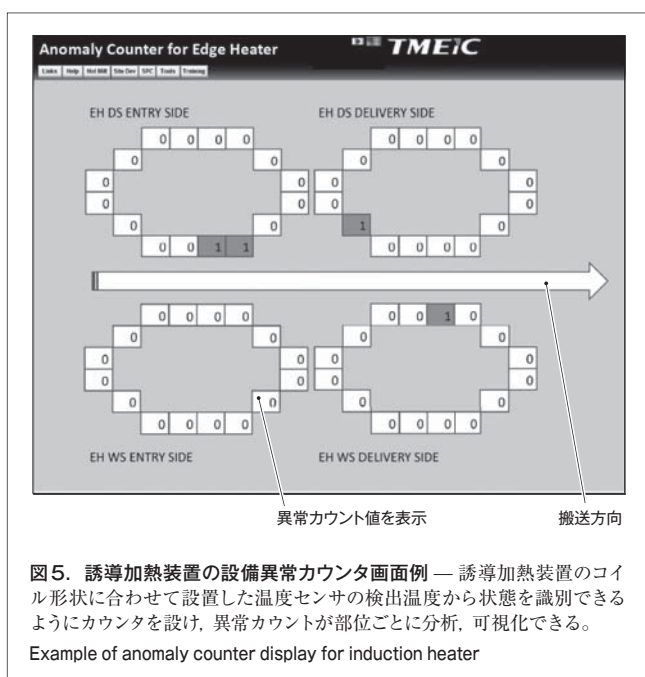
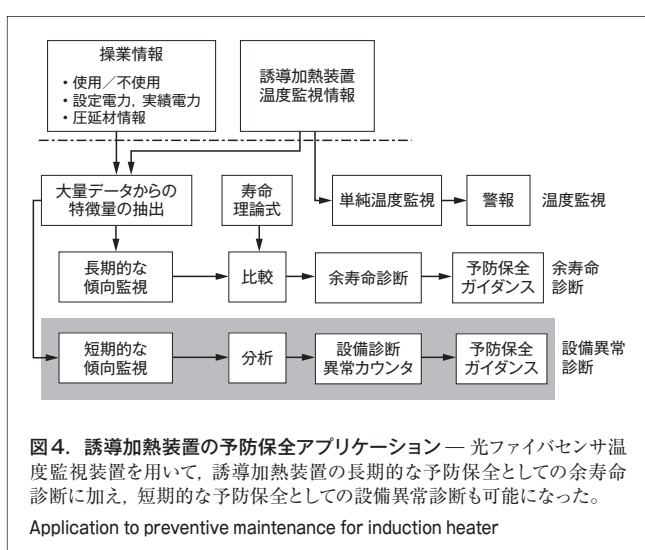
このようにTMPDSを鉄鋼・非鉄金属プラントに適用することによって、リアルタイムデータや、製品品質情報、生産管理情報などのビッグデータを、有効活用できるようになる。

TMEICは鉄鋼・非鉄金属プラント各社のニーズを適切にとらえ、これからも有効なソリューションを提案していく。

文献

- (1) 坂本 匡 他. 鉄鋼プラント向け機能安全とプラントデータ管理ソリューション. 東芝レビュー. 68, 10, 2013, p.6-9.
- (2) 小松孝史 他. “プラントデータ管理ソリューションのアプリケーション開発と適用”. ものづくり研究会. 長崎, 2015-03, 電気学会. 2015, MZK-15-005.

• Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。



久積 崇志 HISAZUMI Takashi

東芝三菱電機産業システム(株) 産業第二システム事業部 プロセス制御研究開発センター技術主任。鉄鋼・非鉄金属プラントのシステムエンジニアリング業務に従事。
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



橋本 英二 HASHIMOTO Eiji

東芝三菱電機産業システム(株) 産業第二システム事業部 システム技術第一部。鉄鋼・非鉄金属プラントのシステムエンジニアリング業務に従事。
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



手塚 知幸 TEZUKA Tomoyuki

東芝三菱電機産業システム(株) 産業第二システム事業部 プロセス制御研究開発センター課長。鉄鋼・非鉄金属プラントのプロセス制御システム開発に従事。
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.