

予兆保全の実現に向けた次世代制御システムの鉄鋼・非鉄金属プラントへの適用

Application of Next-Generation Control System to Steel and Nonferrous Metal Plants for Realization of Predictive Maintenance

岡本 真慶 OKAMOTO Masayoshi 馬場 穰 BABA Yutaka 坂本 匡 SAKAMOTO Tadashi

鉄鋼・非鉄金属プラントでは、操業安定性と製品品質は、これまで高性能・高信頼性の制御システムによって実現されてきたが、保守は、定期保全が中心でシステムの予兆保全の実現には至っていなかった。予兆保全の実現には、コントローラーやドライブ装置で高速サンプリングした大量の信号をリアルタイムに処理・分析することが求められる。

東芝グループは、高速演算・解析機能が特徴の、コントローラー“ユニファイドコントローラVmシリーズ typeS”及びドライブ装置“TMdrive-10e3”を開発し、これらを用いた次世代制御システムを鉄鋼・非鉄金属プラントに適用することで、予兆保全の実現を進めている。

Steel and nonferrous metal plants have achieved stability of operations and product quality as a result of advancements in the performance and reliability of control systems. However, time-based maintenance is still performed as the mainstream of maintenance activities. In order to disseminate systematic predictive maintenance, control equipment and motor drive equipment are required that can process and analyze large volumes of high-speed sampling data in real time.

The Toshiba Group has responded to this situation by developing a next-generation control system capable of performing predictive maintenance for steel and nonferrous metal plants. This system incorporates the Unified Controller Vm series typeS (hereafter abbreviated as typeS) controller and the TMdrive-10e3 motor driver, thereby providing high-speed processing and analysis capabilities.

1. まえがき

近年、鉄鋼・非鉄金属メーカーは、積極的にデジタル化を推進しており、長い歴史の中で確立されてきたプラント操業技術に変革が起ころうとしている。

操業安定性や製品品質は、これまで高性能・高信頼性の制御システムによって実現されてきた。しかし、保守に関しては、今でもメーカーの推奨やユーザーの経験に基づいた定期保全が中心である。鉄鋼・非鉄金属メーカーのデジタル化推進では、設備監視機能や、故障の兆候を検知して事前に警告する予兆保全といった新たな保全ソリューションが期待されている。

これらの機能を実現するためには、制御システムが持つ膨大な設備・操業データを、リアルタイムに情報処理する必要がある。デジタル化やエッジ処理（データ処理を個々の端末に分散化させて負荷の集中を抑える技術）といった技術の発展に伴い、制御システムと監視システムを融合させた統合制御ソリューションのニーズは一層の高まりを見せており、東芝グループはそれに応える製品の開発を進めてきた¹⁾。

ここでは、東芝インフラシステムズ(株)が2020年にリリースしたユニファイドコントローラVmシリーズ typeS（以下、typeSと略記）と、東芝三菱電機産業システム(株)

が2020年にリリースしたドライブ装置TMdrive-10e3の、データ収集機能・高速演算機能に着目し、これらを組み合わせた設備監視機能の鉄鋼・非鉄金属プラントへの適用事例について述べる。

2. typeSの特徴

typeSは、リアルタイム制御と情報処理を融合させた産業用コントローラーである。CPUモジュールには四つのCPUコアがあり、柔軟な機能割り付けができる(図1)。大規模鉄鋼プラントでは、コア1と2(以下、PLC (Programmable Logic Controller) コアと呼ぶ)にリアルタイム制御機能とI/O (Input/Output) 管理機能を、コア3(以下、Cコアと呼ぶ)に情報処理機能を割り当てている。各コアの特徴を、以下に述べる。

- (1) PLCコア 従来のPLC制御を担う演算領域やリモートI/Oとしての機能を持つ。演算性能は、従来機種種の“ユニファイドコントローラnvシリーズ”と比較して、約3倍である。
- (2) Cコア 新たな機能である情報処理を担う演算領域であり、Linux OS (基本ソフトウェア)による情報処理を実行する。共有メモリーを介して、PLCコアが保有する膨大な高速周期データを漏れなく収集できる。

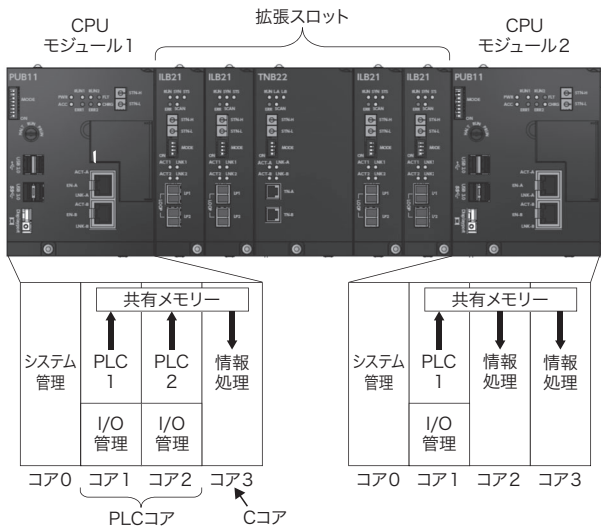


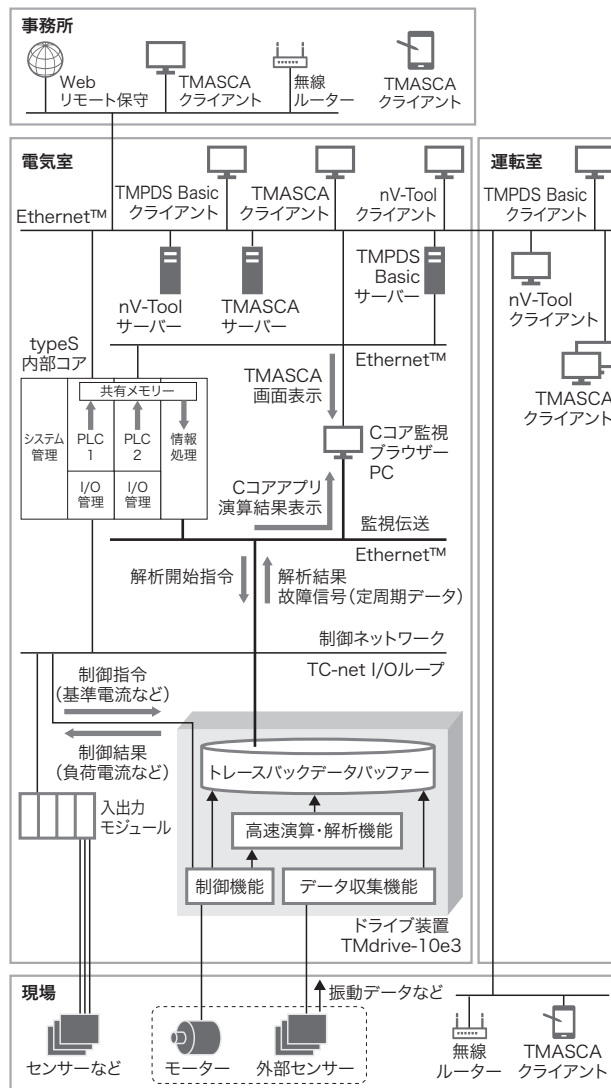
図1. typeSのハードウェア構成とCPUコアへの機能割り付け例
 コア0はシステム管理コア、コア1～3には用途に応じて柔軟な機能割り付けができる。
 Hardware configuration of typeS and example of allocation of functions to each central processing unit (CPU) core

また、Ethernet™で接続された機器から、直接データ収集することもできる。

3. TMdrive-10e3の特長

TMdrive-10e3には、従来の高速・高精度のモーター制御や多種PLCとの接続といったドライブ装置としての高い性能に加えて、フィールドデータの収集・解析機能をはじめとした様々な機能を搭載した。特にデジタル化に貢献するための機能について、以下に述べる。制御システムと監視システムの融合には、(1)及び(2)の機能が重要である。

- (1) 監視データ通信専用ネットワーク モーター制御のための制御データ通信とは別に、監視データ専用のEthernet™通信（以下、監視伝送と呼ぶ）を追加し、ドライブ装置内の任意の信号データを一定周期間隔で外部に送信するデータストリーミングに対応した。指令信号のオン/オフ状態や故障信号などを、発生時刻とともに送信可能である。この機能により、複数ドライブ装置の定周期データを上位解析装置に集約できる。
- (2) 高速演算・解析機能 モーター及びドライブ装置自身の電流・電圧・速度といった制御データに加え、外部の温度センサー・振動センサー・音響センサーから得られるフィールドデータに対して、周波数解析などの高速サンプリングデータの演算実行、結果の一時保存、上位解析装置への送信が可能である。
- (3) Webサーバー機能 個々のドライブ装置にWeb



TMPSD Basic：プラントデータ管理ソリューションのベーシックパッケージ
 nV-Tool：統合エンジニアリングツール

図2. typeSとTMdrive-10e3を用いた次世代制御システムの構成
 監視伝送で、TMdrive-10e3の特徴である定周期データや周波数解析結果を収集する。負荷電流などのPLCコアが保有する操作データも、Cコアが収集できる。

Configuration of next-generation control system incorporating typeS and TMdrive-10e3

サーバーを搭載し、ドライブ装置の運転状態や故障信号をタブレットやスマートフォン上のWebブラウザーに表示できる。専用ツールを必要とせず、ドライブ装置単体でも様々な情報を確認可能である。情報処理機能のない汎用PLCとドライブ装置だけで運用される小規模プラントで、有用な機能である。

4. 次世代制御システムの鉄鋼プラントへの応用

typeSとTMdrive-10e3を用いた次世代制御システムの構成を、図2に示す。このシステムの最大の特長は、typeS

とTMdrive-10e3を監視伝送で接続したことであり、3章の(1)及び(2)に示したTMdrive-10e3の定周期データや周波数解析データなどをCコアに集約できる点である。負荷電流などの制御データは、従来どおりTC-net I/Oループなどの制御ネットワークを介してPLCコアが制御処理に使用しており、共有メモリー内にあらかじめ準備されたメモリー領域にPLCコアが書き込み、Cコアに受け渡すことができる。このように、膨大な制御データをCコアで一元管理できるシステム構成となっている。

収集したデータは、Cコア専用のアプリケーション(以下、Cコアアプリと呼ぶ)で、解析・監視用に一次処理された後で保存される。この保存データは、監視伝送に接続されているCコア監視ブラウザ PC (パソコン)に表示できる。こ

の表示機能はWebベースであり、WebベースHMI (Human Machine Interface) システムであるTMASCA⁽²⁾との親和性を確保した。TMASCAサーバーが接続されているEthernetTMネットワークに接続することで、TMASCA画面(操業データ)とCコア監視画面(監視データ)の両方を表示できる。

Cコアアプリの機能例として、ドライブ装置設備監視(図3)とモーター操業監視(図4)を、以下に示す。ドライブ装置設備監視は専用ネットワークである監視伝送経由で得られるデータを、モーター操業監視はPLCコアが持つデータを、それぞれ用いた機能である。

(1) ドライブ装置設備監視

(a) ドライブ装置設備監視機能 ドライブ装置からの故障信号を基に、現在発生している故障箇所を、重故障は赤色、軽故障は黄色などで見やすく表示する機能である。実際の設備配置と故障状態を可視化することで、数多くあるドライブ装置の中から故障しているドライブ装置の設置場所を容易に把握し、保全業務の時間短縮を図る。

(b) 故障履歴機能 ドライブ装置の故障履歴を表示する機能である。現在起こっている故障内容を表示するアクティブフォルトと、過去の故障回数をグラフ

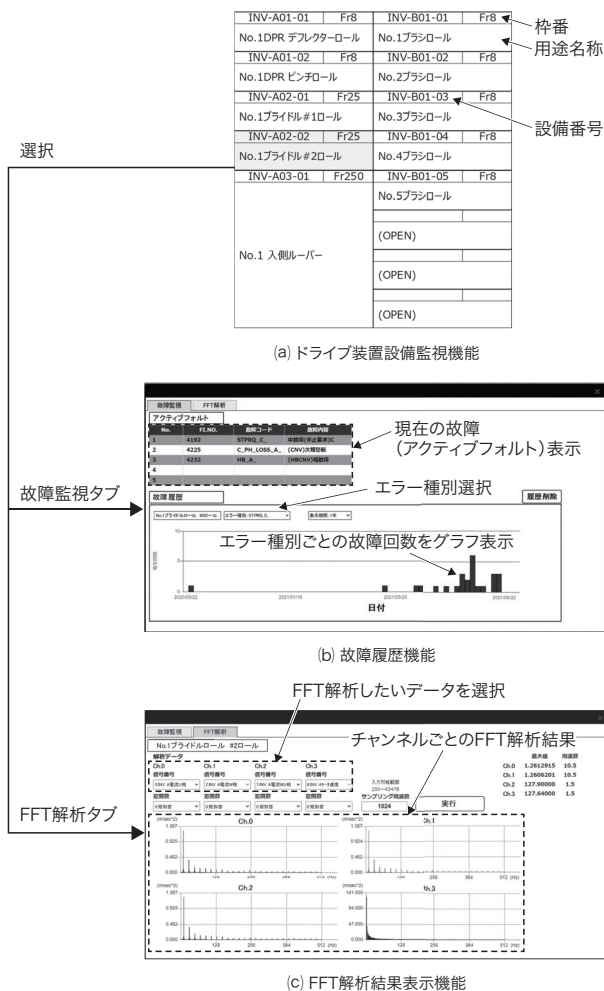


図3. TMdrive-10e3からのデータを用いたドライブ装置の設備監視機能

監視伝送を通して得られるドライブの故障信号やFFT解析結果を、Cコアアプリで収集し、情報処理できる。

Examples of motor drive monitoring function displays using data from TMdrive-10e3

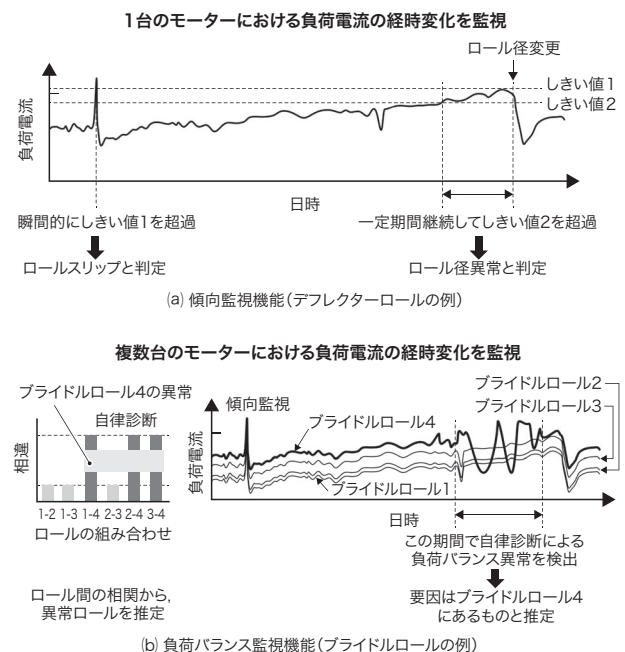


図4. モーター負荷電流データを用いたモーター操業監視機能

PLCコアが持つ負荷電流データをCコアアプリで解析することで、モーター負荷の傾向監視や相関分析を行うことができる。

Examples of motor load current monitoring function displays using data processed by typeS

表示する故障履歴がある。故障履歴は、横軸を日時として最長2年間の故障回数を故障コードごとにグラフ表示できる。故障頻度の経時変化を容易に把握でき、予備品との交換時期を決める目安になる。

(c) FFT解析結果表示機能 Cコアからドライブ装置に対してFFT（高速フーリエ変換）解析指令を出力し、その解析結果を表示する機能である。最大4チャンネル表示が可能であり、チャンネル1にU相電流、チャンネル2にV相電流など、解析対象データを任意に設定できる。FFT解析結果は、異常な軸振動の検出など予兆保全に適用できる。

(2) モーター操業監視

(a) 傾向監視機能 モーター単独の負荷電流をグラフ化し、傾向監視する機能である。しきい値を設定することで、ロールスリップやロール径異常などを検出し、ガイダンス表示する。

(b) 負荷バランス監視機能 モーター複数台の負荷電流を同一グラフ上に表示することで、負荷バランスを監視する機能である。負荷を分担して動いている複数台のモーターから、負荷バランスの悪いモーターを特定する。

これらのCコアアプリ機能により、制御システム領域で、モーターやドライブ装置などの設備の故障や、履歴、傾向などの監視が可能になった。制御システムと監視システムを融合させた統合制御ソリューションのメニューとして提供することで、保全業務への更なる貢献を実現した。

FFT解析結果の応用やしきい値の自動設定など、更に有用な予兆保全メニューを開発する予定である。

5. あとがき

ここでは、typeS及びTMdrive-10e3を用いた次世代制御システムを鉄鋼・非鉄金属プラントに適用することで、これまで実現できなかった予兆保全を可能にする取り組みについて述べた。

鉄鋼・非鉄金属プラントシステムでは、その主幹を担うPLCが、数万点のフィールドセンサーの入力信号、及び複数の信号から加工した状態信号を扱っている。これらの信号を解析することによって、モーターやドライブ装置以外にもプラントの各設備の予兆保全が可能になると期待される。

今後は、プラントエンジニアリングのノウハウを生かし、ユーザーとの意見交換から得た要望に添って予兆保全メニューを充実させ、次世代制御システムの付加価値を更に高めていく。

文献

- (1) 長尾英紀, 藤枝宏之, 鉄鋼・紙パルププラント向け統合制御ソリューション, 東芝レビュー, 2017, 72, 5, p.54-57. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2017/05/72_05pdf/b07.pdf>, (参照 2021-10-01).
- (2) 清水 亮, 許斐真広, 高速応答と高い運用性・拡張性を備えたWebベースのプラント監視・操作用HMIシステムTMASCA, 東芝レビュー, 2019, 74, 6, p.59-62. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/06/74_06pdf/b08.pdf>, (参照 2021-10-01).

・Ethernetは、富士フイルムビジネスイノベーション(株)の登録商標。



岡本 真慶 OKAMOTO Masayoshi
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
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



馬場 穰 BABA Yutaka
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
計測自動制御学会会員
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



坂本 匡 SAKAMOTO Tadashi
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
電気学会会員
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.