

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

Functional Safety and Plant Data Management Solutions for Steel Plants

坂本 匡 吉田 昭彦 堂上 康治

■ SAKAMOTO Tadashi

■ YOSHIDA Akihiko

■ DOJO Koji

鉄鋼プラントでは、欧州の機械メーカーからの機能安全に対するニーズが年々増加する傾向にあり、中国など他の海外市場でも同様の機運が高まっている。

東芝三菱電機産業システム(株)(以下、TMEICと呼ぶ)は、このニーズに応えるため、TMACS™シリーズとして、安全PLC(Programmable Logic Controller)を適用したシステムの提供を開始している。

また、昨今では大量データの有効活用が注目を集めており、鉄鋼プラント統合データベース(uDB)を進化させたプラントデータ管理ソリューションTM-PDSを開発した。TM-PDSは、制御系ネットワークのTC-net™100/TC-net™1Gから、時系列データや製品データなど多種多様なデータをスケーラブルに収集し、操業に活用するソリューションである。TMEICは、TM-PDSと連携した大容量誘導加熱装置の余寿命診断など、多様なソリューションを提供している。

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation has launched its two latest control and monitoring technologies for steel plants. The first technology is the safety PLC, a safety programmable logic controller in the TMACS™ (Toshiba Mitsubishi-Electric Advanced Control Solutions) series. This provides a control system with functional safety in response to requirements for enhancing system safety if problems occur. The other technology is called the TM-PDS, comprising various plant data management solutions with scalability based on our steel plant database (uDB) such as remaining life assessment of mass induction-heating equipment. These solutions are realized by collecting and utilizing a variety of time-series data via the TC-net™ 100 and TC-net™ 1G control networks as well as product data.

1 まえがき

プラントの安全性への対応は、国際的に、IEC(国際電気標準会議)規格やISO(国際標準化機構)規格に基づいた設計時のリスクアセスメントと機能安全設計に移行しつつあり、鉄鋼プラントの制御システムにおいても、機能安全へのニーズに対応することが重要な課題となっている。

東芝グループは、このニーズに応えるため、機能安全規格IEC 61508(電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全)に適合した安全関連システムとして、安全PLCを適用したユニファイドコントローラnvシリーズ™ type 1sをTMACS™シリーズに追加し、提供を開始した。

また、東芝三菱電機産業システム(株)(以下、TMEICと呼ぶ)は、様々な制御階層における大量データの活用環境を整えたプラント統合データベース(uDB)を発展させ、多様なアプリケーションと組み合わせたプラントデータ管理ソリューションTM-PDSを開発し、提供している。

ここでは、鉄鋼プラント向けの機能安全、TM-PDS、及びTM-PDSと連携した応用事例として誘導加熱装置の余寿命診断ソリューションについて述べる。

2 鉄鋼プラント向け機能安全

2.1 背景

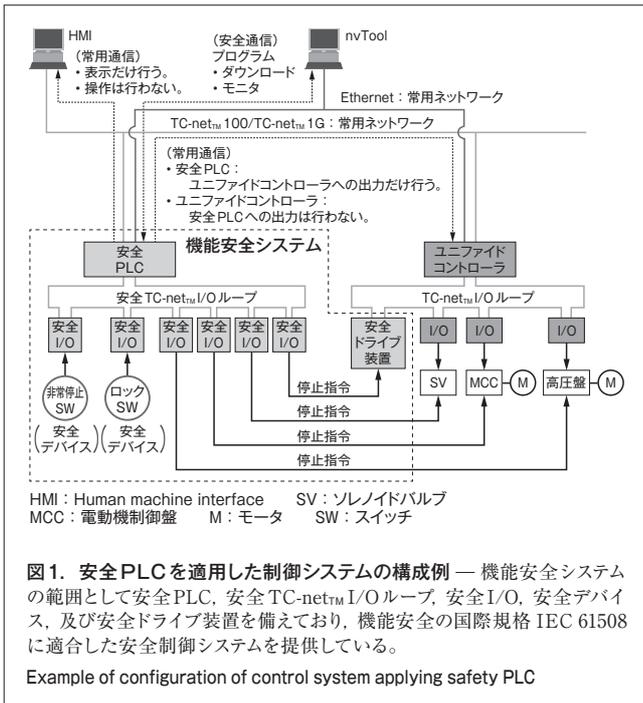
機能安全システムとは、何か問題が発生しても、システムを安全な状態に移行させたり維持したりするための“機能”を実装し、必要とされるリスクの低減を達成することである。それはプラント制御システムの安全システムの一部でもある。システムのリスク低減の度合いはSIL(Safety Integrity Level)という安全尺度で表される。SILはIEC 61508で定義されていて、IEC 62061(機械類の安全性-安全関連電気・電子・プログラマブル電子制御系の機能安全)でも使われている。

ここでは、機能安全システムの国際規格IEC 61508などに基づいた安全PLCを、鉄鋼プラントの制御システムへ適用した事例について述べる。

安全PLCを適用した制御システムの構成例を図1に示す。制御系ネットワークにTC-net™ 100/TC-net™ 1Gを、情報系ネットワークにEthernetを適用している。機能安全システムの範囲は、安全PLC、安全TC-net™ I/Oループ、安全I/O(入出力装置)、安全デバイス、及び安全ドライブ装置である。

2.2 安全PLCの特徴

安全PLCは、通常のPLCが持つ機能に加えて、次のような安全機能を備えている。



(1) ハードウェアの二重化及び安全関連自己診断回路

部品の故障で安全制御機能を喪失しないように、入力部、論理制御部、及び出力部といった主要部分は二重化構成にしている。また、安全制御に関する部品を常時自己診断することで、故障を速やかに検出し、安全側に停止するように制御するフェイルセーフを採用している。

(2) 安全PLCと安全I/Oの安全ネットワーク構築

安全TC-net™ I/Oループの適用により、安全PLCと安全I/Oの通信における安全度向上と誤動作抑止を実現し、汎用プログラム作成ツールと安全PLC間のプログラムのダウンロード及びデータ設定に安全通信を採用している。

2.3 安全PLCの実プラントへの適用

ここでは、海外のアルミニウム熱間圧延プラントにおける安全PLCの適用事例について述べる。このプラントでは、非常停止回路と電源ロック回路に安全PLCを適用した。

安全PLCは、アクチュエータがモータの場合、安全PLCから安全I/O経由でドライブ装置の安全回路へ安全停止信号を出力する。また、アクチュエータが電磁弁の場合には、電磁弁電源を安全I/Oで入り切りする。ただし、通常の制御タイミングなどは通常のPLCから出力される。

この設備は、熱間圧延プラントの制御システムへ安全PLCを適用したTMEIC初のケースである。海外の案件では機能安全システムに対するニーズが高まっており、機能安全システムを含む鉄鋼プラント設備が増加する傾向にあると考えられる。したがって、今後も一般I/Oとの混在や、安全PLCと通常PLCの混在も視野に入れたシステム構築を進め、安全PLCを活用した機能安全システムの適用拡大を図っていく。

3 プラントデータ管理ソリューション TM-PDS

3.1 TM-PDSの機能

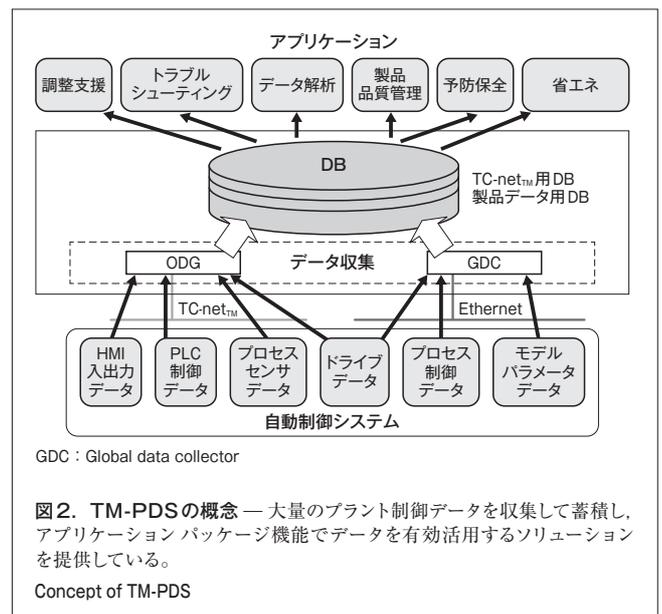
鉄鋼プラントでは、膨大な情報の高速処理と制御の高応答化、及び製品品質の高精度化などへのニーズがますます高まっている。TMEICは、これらのニーズに応えるために、従来のuDBにアプリケーションパッケージを組み合わせ、高度なプラント管理を可能にしたTM-PDSを開発した。TM-PDSの概念を図2に示す。

TM-PDSは、調整支援を主目的にし、かつTC-net™100/TC-net™1Gのデータを中心としたデータ収集システム(ODG: Online Data Gathering)を進化させたものであり、プラントの生産性、保守性、及び製品品質の向上などを支援するツールとして適用できる。

uDB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や、高速制御装置のPLCによるレベル1、工場単位でのデータ管理や製品品質を確保するためにモデルベース制御機能を持つプロセス制御計算機のレベル2など、異なる制御階層から収集された、膨大な時系列データ、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が長期間蓄えられている。これら大量の蓄積データは、いわばプラントのビッグデータであり、このデータを有効に活用することで、次に述べるものをはじめとして幅広い応用が考えられる。

- (1) ダウンタイムの短縮やトラブルシューティングの迅速化
- (2) 設備や機器の保全への有効活用
- (3) 諸費用の削減や環境負荷の低減(省エネや二酸化炭素(CO₂)排出量削減など)
- (4) 製品品質管理や生産管理の改善

TM-PDSは、これらの要求に対し、製品データと時系列



データなど様々なデータを連携させて、欲しい情報を取り出し画面上に表示することができる検索機能を備えている。また、TMEICのノウハウを生かしたアプリケーションパッケージを活用することで、前述の(1)~(4)のような様々なニーズに応えられる。

3.2 スケーラブルな構成

TM-PDSは、TC-net_{TM}と汎用ネットワークであるEthernetの2系統からデータを収集できるため、東芝グループ製の装置だけでなく、他社製装置からのデータ収集もできる。TM-PDSは、ユーザーのニーズに合わせたアプリケーションパッケージの構成や、適用設備規模に応じた収集・蓄積データの量に合わせて、パソコン1台のコンパクトなものから複数台のサーバを組み合わせた大規模なものまで、スケーラブルに構成することができる。

3.3 アプリケーションパッケージ

TM-PDSは、図2に示すように、用途や目的に応じた多様なアプリケーションパッケージを備えており、蓄積された大量のデータを有効に活用できる。

アプリケーションパッケージは、ユーザーのニーズに合わせて選択して提供できる。アプリケーションパッケージの構成例を図3に示す。最小規模の調整支援機能であるODG(図3の(A)の範囲)から(B)の中規模や(C)の大規模な構成まで、スケーラブルな提供ができる。

また、ユーザー固有のアプリケーションソフトウェアに、TM-PDSの蓄積データを取り出すためのAPI(Application

Programming Interface)を提供している。APIを利用して、ユーザーが要求する機能の作り込みを行うことができ、ユーザー自身でデータを活用することもできる。

アプリケーションパッケージのうち、調整支援、トラブルシューティング、及び予防保全などの機能については、TMEICの経験や知見などをもとに開発を進めている。次に、アプリケーションパッケージの一例を示す。

3.3.1 調整支援

TMEICが工場でのシミュレーション試験やオンライン(設備立上げ)の前後に実施する調整だけでなく、ユーザーにより修正や改造が実施されたときの調整にも適用できる。

(1) **トレンドビューワ** 時系列に収集したデータをチャートグラフで表示し、複数のデータを同時に確認できる機能である。リアルタイム表示に加えて、過去のデータも表示できるようになっており、同一のビューワ画面でドライブ、レベル1、レベル2といった異なるカテゴリーのデータも同時に表示でき、トラブルシューティングにも役だてることできる。

(2) **プレイバックシミュレータ** TC-net_{TM}から時系列に一定周期で採取してTM-PDSで蓄積しているデータを同じ時系列で再生できる機能である。これにより、既設システムを更新する際に、ユーザーの既設システムで採取したデータを使用して工場での出荷前試験ができるようになった。このため、従来はシステム出荷後に現地で実施していた新旧システムの並行試験を、工場内で実施できるようになり、現地での並行試験の期間を削減できるようになった。また、稼働中のシステムのソフトウェアを改造するときに、TM-PDSに蓄積されているTC-net_{TM}上の時系列データを使用してプラントの動作を模擬することで、改造後のソフトウェアの機能確認試験にも活用できる。

3.3.2 トラブルシューティング

蓄積されているデータを活用して問題が発生したときの状況を再現し、問題を迅速に解決できる。

画像プレイバックシステムは、ITV(Industrial Television)などの動画とTM-PDSの収集データを同期して、保存及び再生ができる機能である。これにより、問題発生時の画像と収集データを同時に確認できる。

3.3.3 予防保全

主機モータや誘導加熱装置などの設備を監視し、余寿命診断などの保全業務に活用できる。

主機モータの温度監視は、巻線温度や電流の二乗平均平方根値と主機モータの温度を関連づけて監視し、時系列のチャートで表示する機能であり、しきい値を超えた期間のアラーム管理機能なども備えている。これにより、主機モータの傾向監視ができ、余寿命診断などに役だてることできる。

予防保全の例として、誘導加熱装置への適用事例について、4章で述べる。

設備	データ量	ネットワーク	アプリケーション(一例)			
			大分類	中分類	小分類	
プロセスライン	小	TC-net _{TM} (A) Ethernet	調整支援	トレンドビューワ	レベル1データ	
				XVプロッタ	レベル1データ	
			トラブルシューティング	プレイバックシミュレータ	ドライブデータ	
				画像プレイバック	レベル1データ	
			省エネ	エネルギー(電力、ガスなど)	エネルギー原単位	電力トレンド
					エンジニアリングログ	レベル2/モデルデータ
			データ解析	相関分析	ドライブデータ	レベル1データ
					レベル2/モデルデータ	レベル2/モデルデータ
			製品品質管理	実績レポート	生産実績レポート	品質レポート

図3. TM-PDSアプリケーションパッケージの構成例 — TM-PDSは多様なアプリケーションパッケージを備えており、ユーザーのニーズに合わせて小規模から大規模までのパッケージ構成を提供できる。

Example of configuration of TM-PDS application packages

4 誘導加熱装置の余寿命診断アプリケーション

近年、環境影響低減や省エネの要求に合わせて誘導加熱装置のニーズが高まっており、東芝グループの主力製品であるエッジヒータやバーヒータなど大容量 誘導加熱装置の導入も、1990年代以降、国内外ともに伸長している。

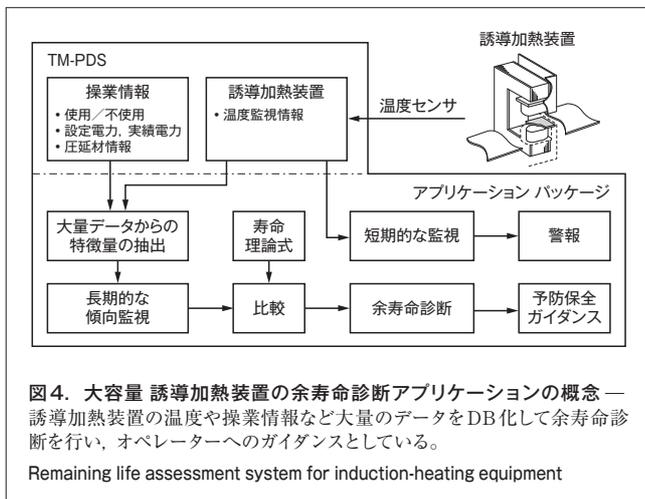
これらの誘導加熱装置は、熱間圧延ラインの仕上圧延機前段に設置されるが、仕上圧延機の前段は、ホットバーの放射熱だけでなく、スケール、デスケラ水、及び水蒸気が大量に発生する厳しい環境である。この環境にさらされる誘導加熱装置の重大な故障として、誘導加熱コイルの熱損傷による絶縁破壊が挙げられる。この故障は、経年的な劣化の進行や突発的な事故に起因して引き起こされ、どちらも異常が発生してはじめて故障とわかるため、安定操業のための予防保全施策を求めるユーザーの声が多くあった。

東芝グループは、そのニーズに応えるため、光ファイバセンサ温度監視装置を用いて、TM-PDSでの大容量 誘導加熱装置の余寿命診断アプリケーションパッケージを開発し、適用した。

誘導加熱装置の余寿命診断アプリケーションの概念を図4に示す。

誘導加熱コイルの絶縁物モールド部に絶縁材で構成された光ファイバ温度センサを設置し、そこからの温度情報を用いて余寿命診断を行う。一方、劣化の進行は、誘導加熱装置の使用/不使用や、注入電力、圧延材料の条件など操業条件にも依存する。余寿命診断アプリケーションは、これらの操業情報をもとに温度データの特徴量を抽出して長期的な傾向監視を行い、絶縁物の固有物性値と劣化時間で策定する寿命理論式とを比較して、余寿命予測を行うものである。

ここで、温度や操業情報といった実測データは数十秒ごとに更新され、そのデータ量は膨大となる。これらの膨大なデータを扱うためにTM-PDSでDB化して余寿命診断を行い、オペレーターへのガイダンスとしている。



この余寿命診断機能により、熱損傷部位の特定が容易になり、効率的な保全の計画と実行が可能になった。

鉄鋼プラントへの誘導加熱装置の導入は、環境負荷低減や省エネなどのニーズに沿って今後も増えていくであろう。それに伴い、誘導加熱装置の安定操業への期待も高まってくる。こうした期待に応えるため、TMEICは今後もTM-PDSの改良を推進し、大容量 誘導加熱装置の稼働の安定化を追求していく。

5 あとがき

鉄鋼プラントの制御システムにおいて、機能安全や多種多様なデータをスケラブルに収集し活用するTM-PDSのニーズは、今後、更に高まってくると考えられる。

今後も、東芝グループが培ってきた技術を継承し発展させることで、鉄鋼プラントの安定操業、設備保全、及び製品品質や生産性の向上などに貢献していく。

文 献

- 澤田尚正 他. 鉄鋼圧延プラントの制御システム技術. 東芝レビュー. 62, 10, 2007, p.34 - 37.
- 坂本 匡 他. 鉄鋼や紙パルプ分野における制御システム. 東芝レビュー. 64, 10, 2009, p.28 - 32.
- 崎山康行 他. 鉄鋼プラント向け省エネ・予防保全ソリューション. 東芝レビュー. 66, 10, 2011, p.7 - 10.
- 篠永裕之 他. “鉄鋼プラント向け統合データベースの適用と効果”. 電気学会ものづくり研究会発表論文集. 習志野, 2011-09, 電気学会, 2011, p.29 - 34.



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 制御システム開発部課長。鉄鋼プラントにおける計算機システムの開発及びシステムエンジニアリング業務に従事。
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



吉田 昭彦 YOSHIDA Akihiko

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課長。鉄鋼プラントにおける熱間圧延及び厚板プラントのエンジニアリング業務に従事。
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.



堂上 康治 DOJO Koji

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技術主任。鉄鋼プラントにおける誘導加熱装置プラントのエンジニアリング業務に従事。
Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corp.