

鉄鋼制御システムの操業支援・遠隔保守技術

高橋 稔明
Takahashi Toshiaki

小澤 崇昭
Ozawa Takaaki

高橋 創
Takahashi Hajime

鉄鋼制御システムは、多くのモータやドライブ、PLC、プロセスコンピュータなどで構成される大規模システムであり、高信頼性のほか、電気・機械制御をリアルタイムで行うための高い応答性が要求される。このため常に最新の計算機技術やITを導入している。また、設備稼働の高効率化、鋼板の高品質化のため、制御技術やシステム技術の革新を進めている。

日立グループは、「鉄は産業のコメ」と言われた時代から、国内・海外の鉄鋼メーカーに数多くの制御システムを納入してきた。近年は、グローバル市場に展開するための汎用技術導入を積極的に進めるとともに、圧延設備の新設が相次ぐ新興国のニーズに応えるため、操業支援技術や高付加価値アフターサービスを提供するための遠隔保守技術の開発を推進している。

1. はじめに

近年の鉄鋼市場は、世界的な経済不況で落ち込んだ時期があったものの、海外を中心に徐々に拡大している。技術とコストの両面で激しい競争環境にある鉄鋼市場でビジネスを優位に進めるため、日立グループは、鉄鋼制御システムを構成するモータやドライブ、PLC (Programmable Logic Controller)、プロセスコンピュータのそれぞれについて、最新技術に対応した製品を市場に投入している。

国内から新興国をはじめとする海外に市場が移行することに伴い、高信頼・高応答な制御システムによって高品質な鉄鋼製品の生産を求める従来の要求に加えて、操業に関する知見をシステムに組み込み、安定生産を支援するニーズが高まっている。また、圧延設備が生産を開始した後に必要となる圧延制御の高度化やトラブル発生時の要因解析を支援するアフターサービス、いわゆるO&M (Operation and Maintenance) サービスも求められている。

本稿では、鉄鋼制御システムで近年採用された新製品や新技術を紹介するとともに、グローバル化に対応して開発した操業効率、保守性、汎用性の向上事例について述べる。

2. 鉄鋼制御システムの特徴

2.1 システムの構成

鉄鋼制御システムが対象とする鉄鋼設備には、熱間圧延

設備 (以下、「熱延設備」と記す。)、冷間圧延設備 (以下、「冷延設備」と記す。)、プロセッシングラインがある。鉄鋼設備は、圧延機やその付帯機器から成る機械設備と、それを駆動するモータなどで構成される。代表的な鉄鋼設備である連続酸洗冷間圧延設備 (PL-TCM : Pickling Line - Tandem Cold Mill) は、1,000以上のアクチュエータと2,000以上のセンサーから構成され、全長は300~400 mに及ぶ。また、生産される鋼板の速度は時速100 km以上に達し、鋼板の板厚精度には数マイクロメートルのオーダーが要求される。

このように大規模な制御対象を高速・高信頼に制御し、高品質な鋼板を生産するために、鉄鋼制御システムは、高速演算可能な産業用コントローラHISECシリーズとLinux^{※1)}採用のプロセスコンピュータRS90シリーズを1,000 Mビット/sの高速制御用基幹ネットワークに接続することで構成される。また、PIO (Process Input/Output) ステーションやIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) ドライブ装置はPROFIBUS^{※2)}などの汎用フィールドバスで接続される。これらにより、制御対象である圧延機とその付帯設備を高応答に制御する (図1参照)。

※1) Linuxは、Linus Torvalds氏の日本およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

※2) PROFIBUSは、PROFIBUS User Organizationの登録商標である。

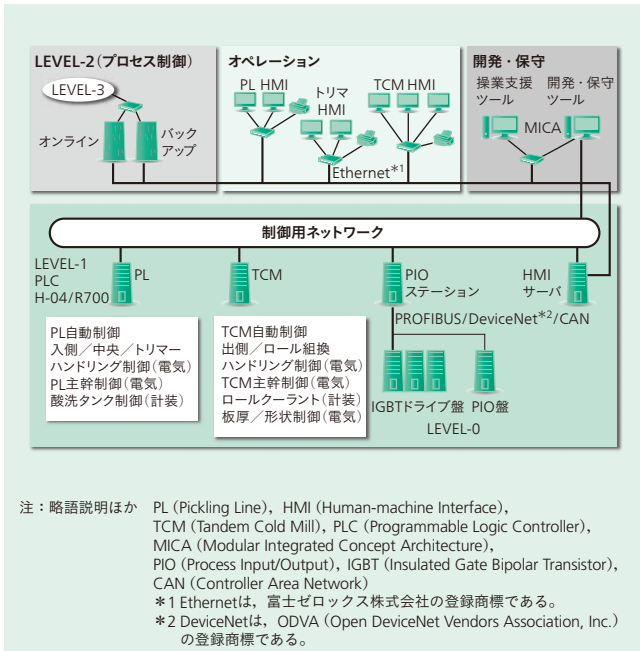


図1 | PL-TCMのシステム構成

代表的な鉄鋼設備であるPL-TCM (Pickling Line-Tandem Cold Mill) の構成例を示す。大規模で複雑な制御対象に対し、高応答・高信頼な制御を実現している。

2.2 システムを構成する最新製品

PLCでは、最新機種R900 CHPUを2014年2月にリリースした。従来機種のR700と比較すると10倍以上の演算性能を持っており、CPU (Central Processing Unit) やネットワーク機能を持つ最大5枚のカードを1枚のCHPU (Central High-speed Processing Unit) カードに集約することで、実装効率も高めた。また、プログラミングやデータ解析を行う周辺ツールであるMICA (Modular Integrated Concept Architecture), PDA (Process Data Analysis) などこれまでと同様の使い勝手でR900 CHPUに適用可能であり、互換性の確保とエンジニアリング作業の効率向上を継続している。

大容量ドライブでは、圧延主機用3.3 kV IGBTインバータドライブの第二世代を2013年9月にリリースした。グローバルスタンダードなIGBT素子を使用することで、出力容量の拡大と製品の長期安定供給に配慮し、同時に、回路構成のシンプル化と装置の小型化を実現した (従来比55%)。また、小容量ドライブにはオートチューニング機能を開発し、仕様が未知の電動機に対しても、制御パラメータの自動設定を可能とした。

3. 鉄鋼制御システムの最新技術

3.1 熱延設備

熱延の分野では、三菱日立製鉄機械株式会社 (以下、「MH」と記す。) との協力関係を強みに、機械と電気制御一体で、特に近年は多数の納入実績がある。具体的には、

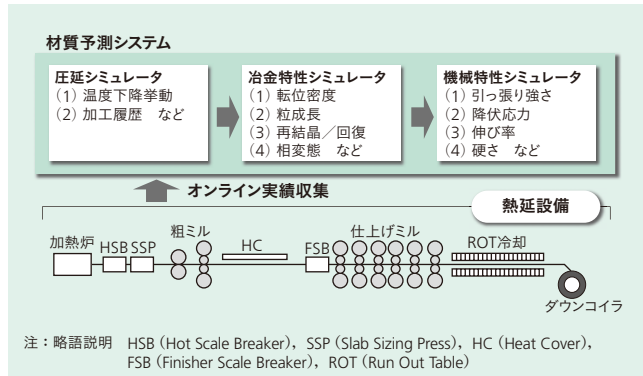


図2 | 熱延設備と鋼板の材質予測システム

圧延中の実績データから、熱延コイルの冶金特性の変化を推定するとともに、機械特性を予測し、所望の鋼板強度や加工性を作り込む。

従来の熱延設備に加え、連続鑄造機から抽出された薄スラブや薄鋼板を直接圧延してコイルに巻き取るコンパクト熱延設備、仕上げで往復圧延を行うステッセル圧延設備、アルミニウム熱延設備など、多種の熱延設備に対応した制御システムを海外に納入している。

この分野では、長年にわたって顧客ニーズを先取りした開発を継続している。例えば2013年に台湾 (中国) サイトに納入したアルミニウム熱延設備では、軟らかい純アルミからその数倍硬い合金アルミに至る多様な品種の圧延現象を高度に数式化することで、圧延荷重や圧下位置、圧延速度などの制御指令を最適化し、圧延の安定化と製品板厚の精度向上を実現した。

また、鋼板の強度や加工性といった材質特性を所望の範囲に作り込むことが必要なことから、新興国の熱延プラントでは、鋼板の材質特性予測へのニーズが高い。これに応えるため、鋼板のMPPS (Material Property Prediction System: 材質予測システム) を製品化した (図2参照)¹⁾。MPPSでは、熱延設備から取り込んだ鋼板温度や圧延の実績データを圧延シミュレータでオンライン処理し、鋼板の温度低下挙動とひずみ履歴を求めた後、冶金特性シミュレータにより、スラブが加熱炉に装入されてからコイルとしてダウンコイルに巻き取られるまでの冶金特性 (結晶粒径、各結晶組織の体積分率、転位密度など) の変化を推定する。さらに、機械特性シミュレータにより、その推定結果から熱延コイルの機械特性 (強度、硬さ、伸び率など) を予測する (図3参照)。また、HMI (Human-machine Interface) から圧延済みのコイルを指定し、鋼板の温度や加工履歴、合金元素や添加元素の含有量などを変更することで、冶金特性や機械特性の変化をシミュレーションできる。

MPPSは、圧延直後の品質レポート、圧延スケジュール構築支援、鋼板品質検査工程の簡素化を実現するツールとして有効活用できる。

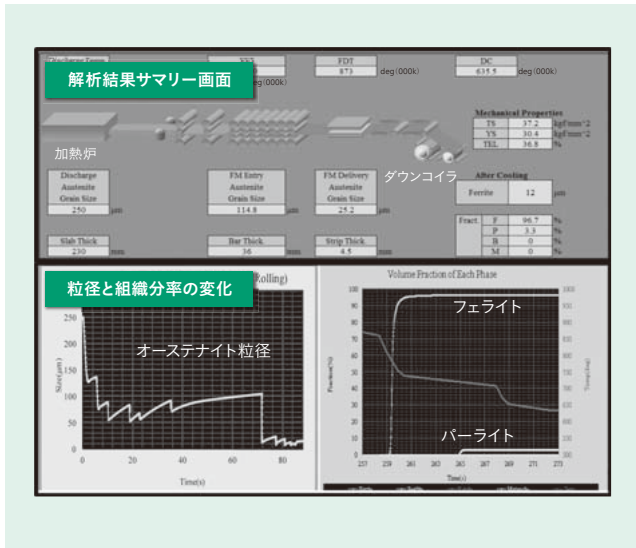


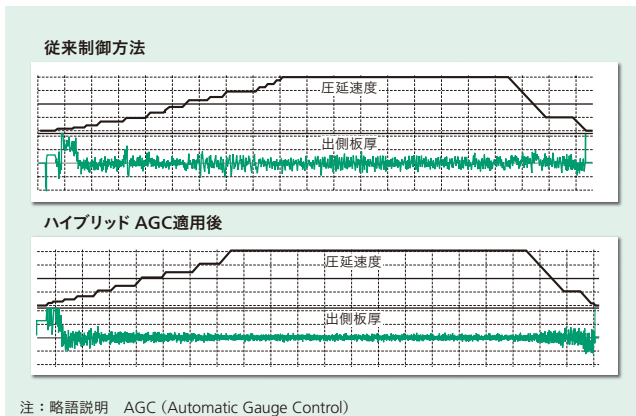
図3 | MPPS解析結果表示画面の例

MPPS (Material Property Prediction System) は、圧延中のデータから熱延コイルの冶金特性の変化を推定し、機械特性を予測する。

3.2 冷延設備

熱延設備の下工程である冷延設備において、日立グループは長年にわたって高い競争力を維持しており、とりわけ高品質鋼板を大量生産するPL-TCMでは、世界市場で高いシェアを占めてきた。最近では、シングルスタンドで圧延される鋼板の高品質化にも取り組んでおり、ハイブリッドAGC (Automatic Gauge Control) の開発によって高品質鋼板の製造を可能とした。

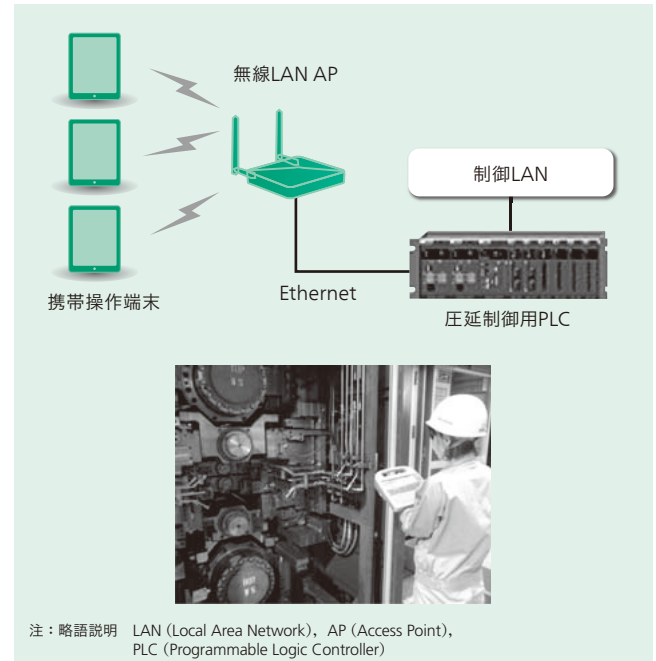
シングルスタンド圧延機で薄鋼板を高速圧延する場合、システマ的要因によって圧延スタンド出側板厚で数秒から十数秒の長周期変動が発生することがある。このため、従来は生産性と品質向上の両立が困難であった。ハイブリッドAGCでは、圧延機の压下位置とテンションリール電流を、圧延実績や圧延の動作点に応じて効果的に操作量として利用することで長周期変動を抑制した。その結果、高速圧延時においても出側板厚精度を向上できた(図4参照)。



注：略語説明 AGC (Automatic Gauge Control)

図4 | ハイブリッドAGC適用による板厚精度向上効果

圧延機の压下位置とテンションリール電流を圧延実績に応じて効果的に利用することにより、出側板厚精度を格段に向上させることができる。



注：略語説明 LAN (Local Area Network), AP (Access Point), PLC (Programmable Logic Controller)

図5 | 携帯操作端末のシステム概略と使用風景

操作盤の設置位置によらずに機械状態を確認しながら操作できる。

3.3 現場携帯操作端末

作業員が機械設備を操作するために必要な現場操作盤は、設備のそれぞれに対応して固定位置に設置されるため、現場に数多く設置する必要があった。また、設置位置の制約から機械の監視と操作盤での操作に複数のオペレータが必要になる、鋼板の状況を近くで監視した後に操作盤に戻って操作するため使い勝手がよくないといった問題があった。

そこで、無線LAN (Local Area Network) を応用した現場携帯操作端末をMHと共同開発し、作業効率向上と設備の簡素化を実現した。応答性、信頼性、操作性の課題を種々のアプローチで解決することで、MHの実験圧延設備では、従来の現場操作盤をすべて省略し、携帯端末での圧延機器運転を実現している(図5参照)。

4. 鉄鋼制御システムのグローバル化と汎用化

4.1 遠隔保守サービス

新興国の多くでは、操業経験が十分でないことから、操業支援技術やシステム納入後の運転支援サービスへの要求が高い。そこで、顧客サイトと日立に備えた遠隔保守機器の間でデータを共有し、トラブル解析や圧延制御系のパラメータ調整などのアフターサービスを行っている。HITSODASは、そうしたサービスに役立てることができる。

HITSODASでは、プロセスデータと映像データを同期再生するマルチメディア解析機能を備えており、臨場感のある解析が可能である。これには、プロセスデータと大量の映像データをプラントに備えられたサーバから保守機器

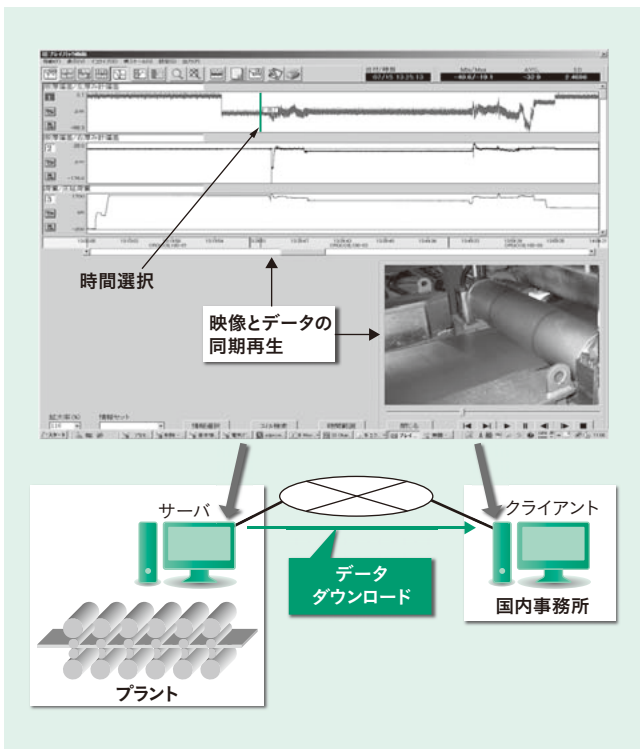


図6 | HITSODASプレイバックシミュレータの画面例
 チャートと映像の同期再生により、プラント解析を支援する。

(クライアント)に取り込む必要がある。そのため、通信インフラが脆(ぜい)弱な場合にストリーミング再生で生じるバッファリング待ちを避けるためにダウンロード方式を採用した。また、クライアントから解析キー(コイル番号, 時刻, 解析データ・部位など)を入力すると、あらかじめ定義したリレーショナル情報を用いて解析に必要なデータのみを自動選定し、クライアントに送信する機能を付加した(図6参照)。すでに中国・韓国の一部サイトを対象に、遠隔保守サービスを実施している³⁾。

4.2 HMIの汎用化

海外の鉄鋼システムでは、保守の観点から汎用ソフトウェアでシステムを構築する傾向があり、とりわけHMIでは、汎用画面ソフトウェアの使用を顧客が指定する場合が多い。

汎用画面ソフトウェアとプロセスデータの結合は、標準規格のOPC^{※3)} [OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control]で行っている。また、操業画面を事務所などの汎用PC (Personal Computer) で表示する要望に対し、Webベースでそれを行う操業端末用画面パッケージHumInG-W (Human Interface Generator for Web)を開発した。その際、サーバ主導型のリアルタイムプッシュ型データ更新方法により、画面の応答性を確保した。また、

※3) OPCは、米国OPC Foundationの登録商標である。

クライアント側はWebブラウザのみでのシステム構築が可能のため、更新時の柔軟性や市販ソフトウェアとの融合性が高まる³⁾。

4.3 プロセスコンピュータの汎用化

海外では、プロセスコンピュータとして、汎用サーバでオープンソースであるLinux OS (Operating System)の採用が望まれることが多い。汎用Linuxでは、日立独自のリアルタイム技術を継承できないという問題を解決するため、VMS (Virtual Machine System)を用いた仮想化を実現し、既存アプリケーションの搭載を容易化した。アプリケーションソフトウェアの更新費用を抑え、次回更新時に低価格・高品質でのシステム更新が可能となる。

5. おわりに

鉄鋼制御システムの特徴について述べた後、製品品質や操業効率の向上を実現する最近の新技术、および進展するグローバル化に対応した遠隔保守サービスと汎用化技術について説明した。

今後も、インドなどの新興国では、圧延設備の新設が相次ぐと予想される。アフターサービスの高付加価値化とそれを実現する操業支援技術を開発しながら、引き続き顧客の思いや声を形にする高度な鉄鋼制御システムを世界中に提供していく。

参考文献

- 1) Park, et al.: Through Process Computer Simulation of the Metallurgy in Hot Strip Rolling, Asia Steel International Conference (2012)
- 2) 南村, 外: スマートな生産を実現する鉄鋼情報制御システム, 日立評論, 618~621 (2010.8)
- 3) 小澤, 外: WEB技術を活用した計算機制御システム, 電気学会研究会MID-09-12, 19~22 (2009.6)

執筆者紹介



高橋 稔明
 日立製作所 インフラシステム社 電機システム本部 電機制御システム設計部 所属
 現在、鉄鋼電機システムの設計業務に従事



小澤 崇昭
 日立製作所 インフラシステム社 電機システム本部 電機制御システム設計部 所属
 現在、鉄鋼計算機システムの設計業務に従事



高橋 創
 日立製作所 インフラシステム社 電機システム本部 電機制御システム設計部 所属
 現在、鉄鋼電機システムの設計業務に従事