

鉄鋼圧延プラントの制御システム技術

Advanced Control Systems for Steel Plants Utilizing High-Performance Technologies

澤田 尚正 手島 光宣 田中 誠一郎 河野 慎哉

■ SAWADA Naotada ■ TEJIMA Mitsunobu ■ TANAKA Seichiro ■ KONO Shinya

鉄鋼プラントに適用される制御システムは、プラントの膨大な情報の高速処理と制御の高応答性や製品品質の高精度化の要求に応えるために、高性能・高機能を具備することが必須である。一方、大規模で複雑化する制御システムの品質を確保しプラントを安定的に立ち上げるには、エンジニアリングから現地調整まで一貫した標準化と制御システムの標準化が不可欠である。

東芝三菱電機産業システム(株)は、ユーザーへのメリットを最大限に提供できる高付加価値化と標準化を両立させた制御システムを提供している。

Highly advanced technologies are being used for steel rolling plants in order to manage the huge volume of process data required for high-speed control response and precise product quality. The control system of such plants must therefore offer both high performance and excellent functionality. In addition, consistent standardization throughout the system, from engineering to commissioning at the site, is indispensable to ensure the high quality of the control system and to contribute to the stable startup of plant operations.

Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation is supplying control systems for steel plants that can handle both high added value and standardization technologies, thus providing maximum benefits to the user.

1 まえがき

近年、中国を中心としたアジアの経済発展に伴い、大型鉄鋼プラントの建設ラッシュを迎えている。国内では、主要な生産設備の高付加価値化と、生産量拡大を目的とした大規模な設備の更新が計画され、新設も加速的に実施されている。

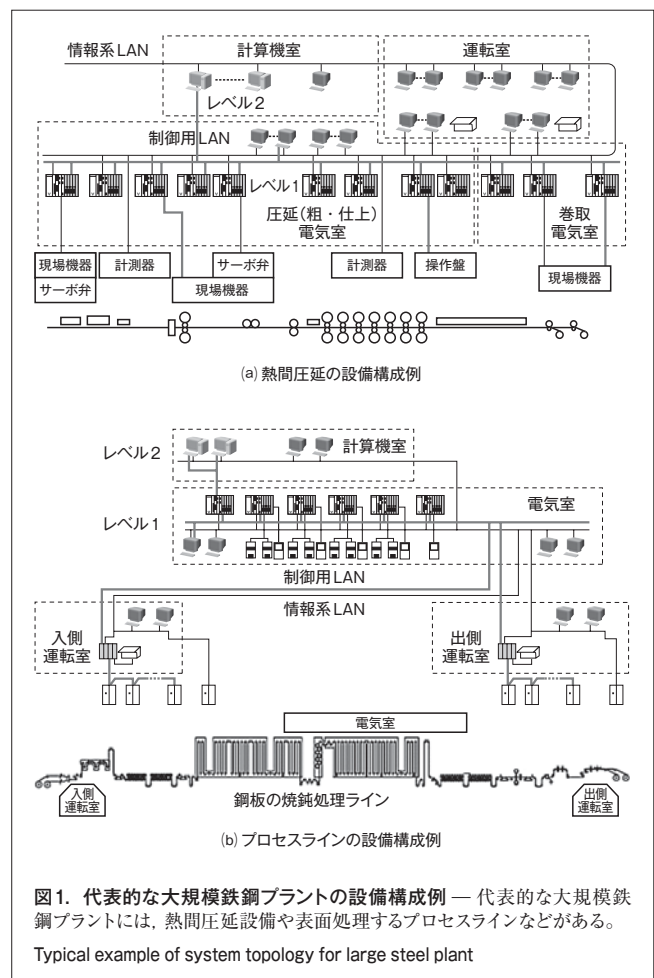
東芝三菱電機産業システム(株)は、2007年度も、熱間圧延プラント3設備、連続冷間圧延プラント1設備、棒線プラント1設備、及び連続酸洗処理プラントなどプロセスライン6設備のほか、多数の電気設備の立上げを予定している。いずれも、これまでになく短期間でのエンジニアリングリードタイムと限られた現地調整期間での垂直立上げが求められている。一方、新規に大規模な制御システムを提案する場合には、プラント制御用大規模システムの高付加価値化が必須であり、システムはより大規模・複雑化してきている。このような背景のなか、システム品質を確保しつつ大型プラントを同時期に立ち上げるためには、エンジニアリング及び制御システムの標準化が必須となる。

ここでは、近年取り組んでいる、鉄鋼プラントに適用される大規模システムの高付加価値化と標準化を両立させた制御システム技術について述べる。

2 制御システムの特徴と技術

2.1 鉄鋼プラントの構成例と制御システムの特徴

代表的な大規模鉄鋼プラントの設備構成例を図1に示す。



鉄鋼プラントには、熱間圧延などのように板を圧下加工する圧延設備、圧延された鋼板を酸洗処理や焼鈍処理する表面加工処理設備（プロセスライン）などがあり、それぞれ設備固有の要求性能がある。

2.1.1 熱間圧延プラント 設備の全長は、300～500 mにも及び、鋼板を連続的に加工処理（圧延）しながら厚み、幅、形状、温度などを処理工程ごとにダイナミックに制御する必要があり、製品品質に必要な各機能がリアルタイムで相関を保ちながら連続的に機能することが特徴である。板厚制御など製品品質を左右する制御は設備の要求応答が2～30 ms、精度が25 μmと高速・高精度が要求され、品質制御の機能ごとにコントローラを分割しているためその数が50台以上にもなる。製品品質を高精度で実現するためセンサやアクチュエータの数量が多く、フィールドの入出力（I/O）点数は2万点以上、制御情報量は10万点を超える。制御機能ソフトウェア（SW）量も百万ステップ以上となり、コントローラ間で50 msの同一位相性を確保しながら膨大な情報を瞬時に処理することが求められる。また、基幹LANのケーブルは総延長1 kmを超えるため、I/Oの分散化が必須となるプラントである。

2.1.2 プロセスライン 全長300～400 mにドライブ装置が300台以上配置される連続焼鈍ライン（CAL）や連続亜鉛メッキライン（CGL）などのプロセスラインでは、各種センサ、アクチュエータ、及び操作用品が設備全体にわたって配置されている。これらのI/O信号は約1万5千点に及び、フィールドバスに接続された現場のI/O盤に取り込まれる。また、CALでは薄板を高速で焼鈍するため、張力変動を最小に抑え

る必要がある。このため、板を搬送するドライブの応答性だけでなく、数百台に及ぶドライブ相互間の揃速（せんそく）性を確保するため、30 ms周期でのリアルタイム制御性能が重要なポイントとなる。

2.2 制御システムTMACS™の特徴

当社の次世代制御システムであるTMACS™（Toshiba Mitsubishi-electric Advanced Control Solutions）を適用した熱間圧延プラントの構成例を図2に示す。プラントの対象機械の動作を数ms～50 msの定周期でダイナミックに制御するレベル1システムと、圧延現象の物理モデルによる設定計算や制御結果の実績収集及び学習などのバッチ処理を行い、主にプラントの情報処理を行うレベル2システムが階層をなして構成され、基幹となる高速のプラント制御用LAN（TC-net™）を介して接続される。また、フィールド信号の入出力のため現場に配置されたリモートI/Oも基幹LANのTC-net™に接続され、大規模分散システムのデータを一元管理する情報システムを構築している⁽¹⁾。この構成は、TC-net™に接続されたすべてのノード（レベル1コントローラ、I/O、レベル2計算機）がシームレスに制御情報の授受ができるよう、システムに対してオープンなデータベースシステムとなっていることが最大の特徴である。

2.2.1 基幹LAN TC-net™ プラントが要求する高速応答と膨大な量の情報伝達に因るため、ネットワークはタイムクリティカルな制御用LANと情報用の汎用LANから構成される。制御システムの根幹を担う制御用LANはEthernetベースのTC-net™を採用している。TC-net™は、産業用Real-Time Ethernetとして国際電気標準会議（IEC）での規格化

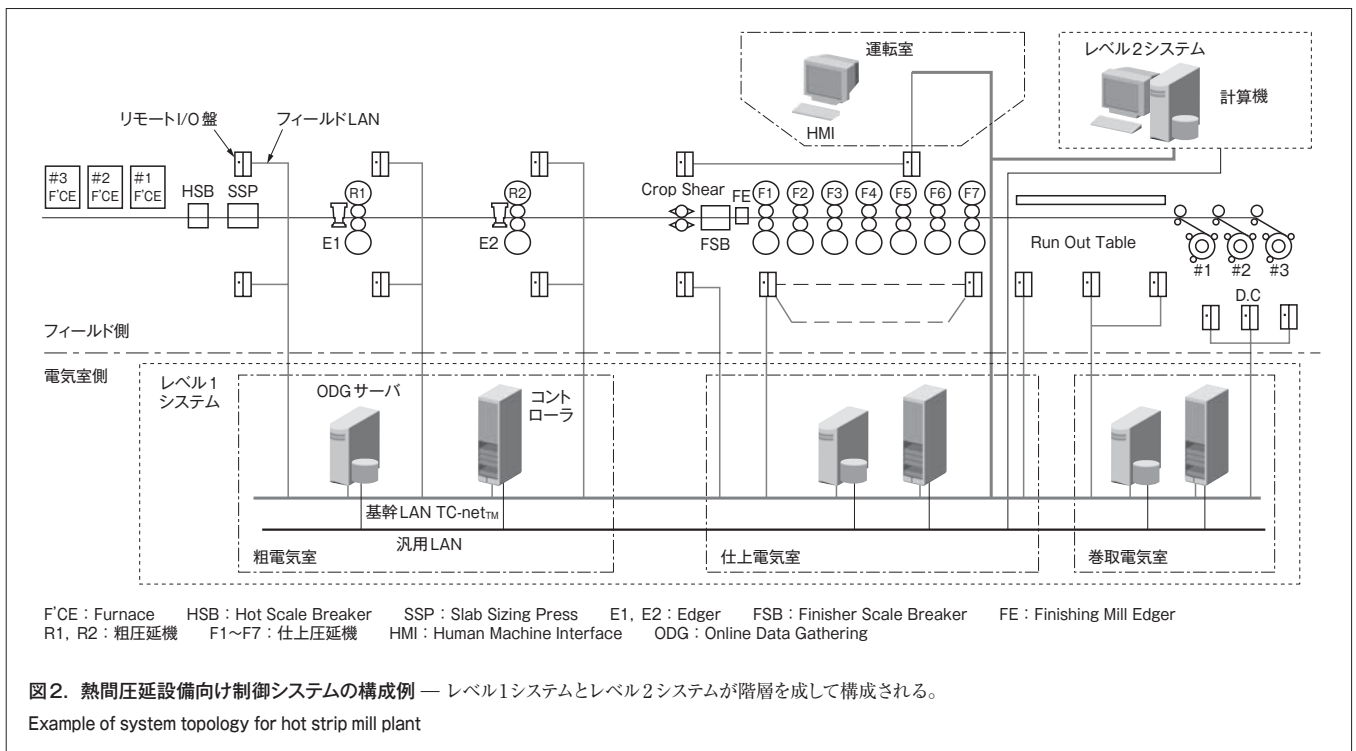


図2. 熱間圧延設備向け制御システムの構成例 — レベル1システムとレベル2システムが階層を成して構成される。

Example of system topology for hot strip mill plant

(IEC61784-2/IEC61158Ed.4)を推進中であり、コモンメモリ方式によるスキャン伝送を特徴としたシステムである。コモンメモリの機能を用いプラントの要求する応答に対してダイナミックな制御が実行できるように、レベル1及びレベル2とも、TC-net_{TM}上でスキャン伝送されているデータにシームレスにアクセスできる仕組みを持ったシステム構成としている。これにより、何万点にも及ぶプラントの制御データや実績データが整理されたデータベースとして搭載され、TC-net_{TM}上では1~2msの周期で更新される情報システム系を構築している。TC-net_{TM}の基本仕様は最大ノード数254ノード、コモンメモリ容量128kワードであり、最大の制御システムである熱間圧延プラント用に必要なノード数の約5倍以上、必要なコモンメモリ容量の約3倍以上であり、十分に余裕のあるシステム設計が実現できる。

2.2.2 フルリモートI/O TC-net_{TM}上のプラント情報は1~2msごとに更新されるので、フィールド信号とコントローラが持っているデータとの同位相性を常に確保した制御性能を達成できる。これにより、すべてのI/O信号はTC-net_{TM}上のデータベースとして扱われ、コモンメモリ経由でコントローラやI/Oモジュールに接続されるフルリモートI/Oシステムを実現している。I/Oを自由に分散して配置できるため、フィールドに設置されている機械設備のセンサ、アクチュエータ、電動機など電機品の信号を最短距離でTC-net_{TM}に取り込めることから、工事量を大幅に削減でき、I/O点数の削減にも効果を発揮する。また、将来の増改造時に、既存のI/Oの分割見直しや再編成の必要がないためエンジニアリングがシンプルになり、現地の工期短縮にも貢献できる。

2.2.3 プラント操業支援及び解析 I/O情報、コントローラ内での演算値などの信号がすべてTC-net_{TM}上でデータベース化されているので、プラント全体の実績データ収集が容易にできる。全体調整時間の短縮に加え、データを保存し圧延現象を再現できることから、制御実績の解析や異常発生時の原因究明の迅速化など視認性に優れたデータ編集機能の活用により、リモートエンジニアリングとして極めて効果的である。

2.2.4 コントローラ レベル1のコントローラは、国際標準言語IEC61131-1を採用したオブジェクト指向のSWが搭載されており、機能ごとにファンクションブロックダイアグラム(以下、FBDと略記)化することで高い品質のシステムを構築している。コントローラは、最速1ms周期で油圧サーボ2ループの制御が可能である。従来、ハードウェアで行っていた高速処理が必要な油圧制御用の機能もこのコントローラで実現でき、メンテナンス性にも優れている。

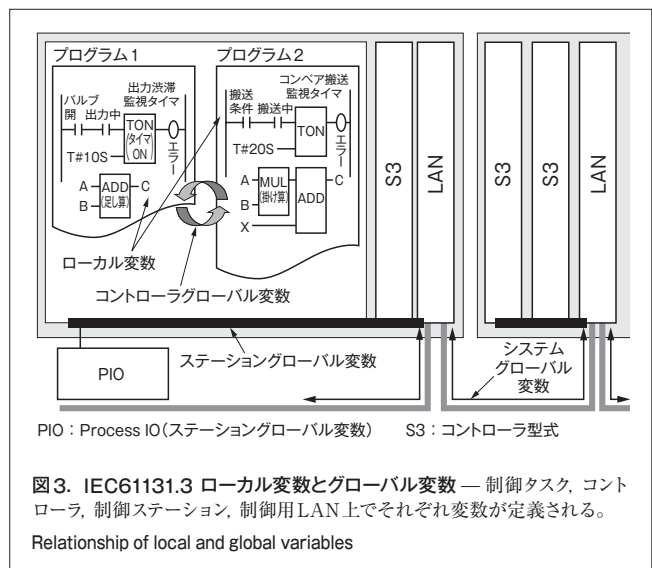
2.3 標準化によるプラント品質の確保

プラントの要求応答を満足しつつ、同時期に複数のプラントを安定して立ち上げるには、認定されたSWを機能ごとにFBD化し、品質実績のある機能としてコントローラ上に搭載しておくことが有効である。一方、センサやアクチュエータなどの物理

的配置はプラントごとに多少の差異があり、すべてを標準パターン化することが難しいのが鉄鋼プラントの特徴である。

2.3.1 SWの標準化 コントローラ内に搭載されるFBDは設備単位ごとに構造化されており、信頼性と品質が確保された調整しやすいSWとなっており、ユーザーがメンテナンスする必要がないよう工夫されている。自動位置決め制御(APC)などの部品レベルから、サイドガイドやピンチロールなどの機械レベル、速度主幹や自動板厚制御(AGC)などのプロセス制御に至るまで、FBDは用途に応じてラインアップされている。熱間圧延プラントで全体の機能のうち約70%、プロセスラインでは約40%に及ぶ機能がメニューとして認定されている。

2.3.2 FBDとTC-net_{TM}上のデータリンク FBDとTC-net_{TM}上のデータベース化された制御信号を、図3に示すようにグローバル変数として割り付ける仕組みになっている。これにより、個々のプラントで変化する物理的な配置に対応して標準機能としての独立性が保たれる。標準機能としてのメニュー化は、プラント固有仕様との差を分類することで工場試験や現地試運転・調整の際に重点を置くべき試験項目を抽出できるため、より高いシステム品質が確保できる。



3 納入実績

TC-net_{TM}を採用した大規模分散システムは、2000年10月に1号機をリリースして以降コントローラを500台以上納入し、TC-net_{TM}のノード数で750以上を立ち上げており安定稼働している。

4 今後の展望

次世代の制御システムは、構成、機能分担、操業支援、及びエンジニアリングの面で次のような発展が見込まれる。プラン

トのデータベース化が更に進み、種々の制約条件から解放されたエンジニアリングにより、大規模システムの高付加価値化と標準化の両立が可能となる。

4.1 電気室I/O集中方式からフィールドI/O方式へ

高速シリアルI/Oの採用によりI/O盤配置の際の距離制限から解放され、センサやアクチュエータのI/O分散化とパッケージ化が更に加速する。このためフィールド機器とI/O盤の配線距離が最短となり、既設の更新工事期間を短縮し、エンジニアリング及び設計の精度と品質を左右する既設調査の負担軽減などに多大な効果がある。

4.2 ODGシステム

ODG (Online Data Gathering) システムとは、TC-net™上のコモンメモリ128kワードの中から任意のデータを最速1msのスキャン時間で収集するもので、汎用パソコンを使用している。出荷試験及び現地の調整段階では、ペーパーレスを指向した効率的な業務により現地立上げ時間の短縮に寄与している。

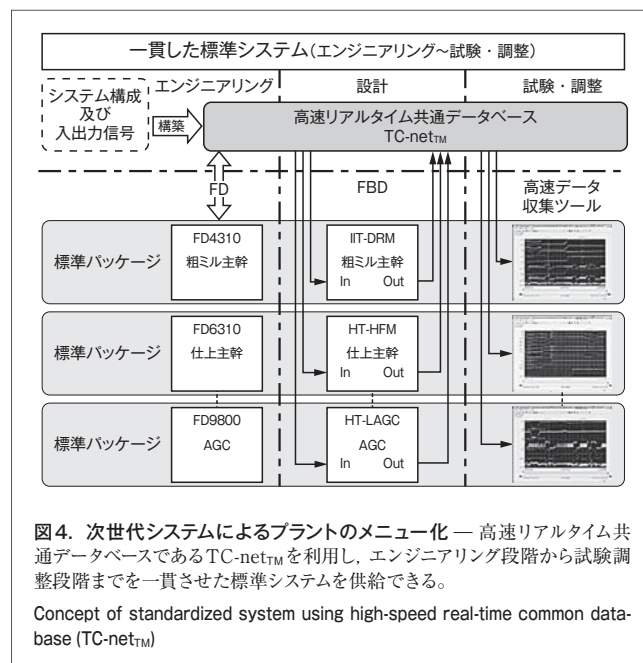
次世代制御システムでは、ODGツール、ドライブ装置ツール、及びレベル1ツールの融合を計画している。これにより、レベル0、レベル1、及びレベル2のデータを、高速リアルタイムの共通データベースとして、TC-net™経由で1台のツールにより管理できる。これは、膨大なデータをシンプルかつ高速に扱うことを可能とし、制御モデルの解析力向上など高付加価値化により製品の品質向上に寄与する。

4.3 操業支援から工場生産支援へ

TC-net™上のタイムクリティカルなデータベースとドライブツールなど各種ツールが持つデータを融合させ、画像の同時再生で圧延操業のリモート支援を行い、更に発展させて、大容量のタイムクリティカルデータを基に、工場全体の情報を網羅する高付加価値化した工場生産支援システムへと変革していく。

4.4 プラントのメニュー化

エンジニアリングの改善が推進できるシステム技術として、また、ユーザーにとってメリットを最大限に提供できる高付加価値化に向け、機械諸元、機能仕様書 (FD), FBD, コモンメモリ (TC-net™上のデータベース) まで一貫した標準化と、機械設備ごとにI/O変数の標準化を進めることで、プラントとしてのデータベース化を推進する。次世代制御システムを適用したプラントの機械設備単位の制御方案、I/Oリスト、SWまで一貫した標準化の概念を図4に示す。設備単位に要求される機能と関連付けされたFDとFBDがメニュー化され、FBDとTC-net™上のデータベース化された制御信号をグローバル変数として割り付ける仕組みは既に構築されている。今後は、I/O信号の変数を小規模単位でパッケージ化し、機械メーカーごと、あるいは設備ごとに標準化することで、プラント全体の情報をデータベース化することができるようになる。これにより、それぞれの機能の高付加価値化と同時に広範囲の標準化が進み、品質の高い制御システムを供給できる。



5 あとがき

最近の鉄鋼プラントに適用される制御システム技術と今後の展望について述べた。TC-net™及びユニファイドコントローラ nv シリーズを用いたTMACS™システムで更にプラントのメニュー化を推進し、高付加価値化と標準化を両立させる制御システムを提供していきたい。

文献

- (1) 野島 章, ほか. 鉄鋼プラント制御システムへの統合コントローラの適用. 東芝レビュー. 56, 10, 2001, p.23-26.



澤田 尚正 SAWADA Naotada

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長。鉄鋼プラントのシステムエンジニアリングに従事。

Toshiba Mitsubishi - Electric Industrial Systems Corp.



手島 光宣 TEJIMA Mitsunobu

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長。鉄鋼プラントのシステムエンジニアリングに従事。

Toshiba Mitsubishi - Electric Industrial Systems Corp.



田中 誠一郎 TANAKA Seiichiro

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長。鉄鋼プラントのシステムエンジニアリングに従事。

Toshiba Mitsubishi - Electric Industrial Systems Corp.



河野 慎哉 KONO Shinya

産業システム社 府中事業所 計測制御機器部主査。次世代コントローラ、統合コントローラ、CIEMAC™の設計・開発に従事。

Fuchu Complex