

鉄鋼設備向け高度電機制御システム 高品質・高効率生産をめざして

Advanced Electrical Control System for Steel Plant

畑中 長則 Takenori Hatanaka
鹿山 昌宏 Masahiro Kayama

阿部 隆 Takashi Abe
菅原 浩 Hiroshi Sugawara

高津戸 智史 Satoshi Takatsuto
竹野 耕一 Koichi Takeno

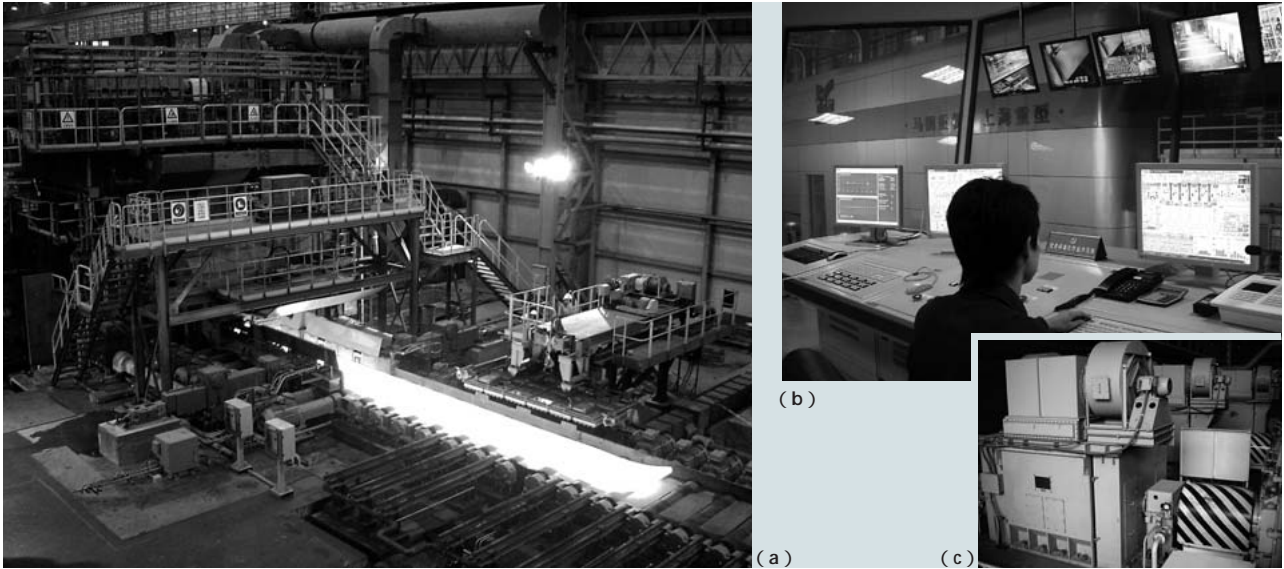


図1 中国・張家港POSCO社納め熱間圧延設備 a と、中国・馬鞍山鋼鉄社納め連続式冷間圧延設備のワンパーソンオペレーション中の運転室 b), 7 MW主機モータ群 c)

熱間圧延設備・粗ミルでの操業状況と、冷間圧延設備運転室での操業の全景を示す。各設備とも、最新の制御システム「R700シリーズ」を適用し、大規模制御システムとして高い信頼性と高精度な制御技術を適用している。

鉄鋼市場は、世界規模での新規圧延設備の建設が進み、国内、国外とも活況を呈している。日立グループは、国内の鉄鋼設備案件のみならず中国・韓国に代表される海外の鉄鋼メーカーに対しても、熱間圧延、冷間圧延、プロセッシングライン設備などの大規模な電機制御システムを納入している。特に連続式冷間圧延設備の電機制御システムにおいては、2000年以降、世界各国からの設備受注数は15を超えている。

また、熱間圧延設備に代表される大規模システムを構成する機器として、10 MWを超える誘導電動機や、15 MVAを超える大容量IGBTドライブ装置、1,000 Mビット/sの情報伝送処理が可能な制御用基幹ネットワークを備えたプラントコントローラ「R700シリーズ」を提供している(図1参照)。

1. はじめに

近年の鉄鋼製品需要拡大に伴い、世界の粗鋼生産量はこの5年間で約1.5倍に高まった。このため、世界各地で新規圧延設備の建設が進んでいる。一方、原料高や地球環境への問題意識から、高品質の圧延材を安定生産するだけでなく、省エネルギーや製品歩留り向上への要求が高まっている。また、進展しているITを活用して、製造や工場内の情報管理

を効率化するニーズも高まっている。

ここでは、このような要求を背景として、特に薄板製品を製造する熱間圧延、冷間圧延、プロセッシングライン設備において、鋼板の高品質化と操業の安定化を目的に開発した制御方式と、RFID(Radio-frequency Identification)タグをはじめとした最新の情報処理技術の導入状況、および製鉄所の最適運営を目的とした情報管理システムについて述べる。

2. 鉄鋼電機制御システムの特徴

鉄鋼の生産プロセスは大規模かつ複雑な制御系であることから、要求される製品精度を満足するためには一連のプロセスを高速かつ高精度に制御する必要がある。このため、鉄鋼電機制御システムは常に最先端の計算機技術が適用されてきた。

また、近年はさらなる品質基準の厳格化、量から質への変化に伴う多品種・少ロット生産への対応、省エネルギー・操業技術が要求されている。

コントローラ開発の歴史と、鉄鋼電機制御システムの構成例を図2に示す。日立グループは、高性能・オープンな産業用対応コントローラ「R700シリーズ」と1,000 Mビット/sの基幹ネットワークを核としたハードウェアプラットフォーム上に、後述する

種々の制御技術を適用している。加えて、圧延設備を駆動する大容量のIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)インバータと交流電動機を組み合わせ、高保守、制御性能向上、省電力化を実現した。

3 .高品質・高効率化のための制御技術

3.1 熱間圧延分野

熱間圧延では、コイルの板厚、板幅、温度などで高精度な制御が要求されるうえ、オンラインで大量のデータを扱う必要がある。このようなニーズに応えるため、データ収集解析を行うPDA(Process Data Analysis)システムなどの開発に加え、制御方式や支援技術の高度化を進めてきた。まず、三菱日立製鉄機械株式会社(以下、MHMMと言う。)と共同で開発した熱延制御シミュレータについて述べる。

対象としたのは、仕上げ圧延における板厚・温度制御と巻き取り温度制御で、制御対象の物理現象や機器特性においてMHMMが保有する知見と、日立グループの制御シミュレーション技術を重畳して、実用的なシステムを構築した。シミュレーション画面の一例を図3に示す。開発したシミュレータは、制御方式の検討や設備計画時のプレエンジニアリングに有効活用している。

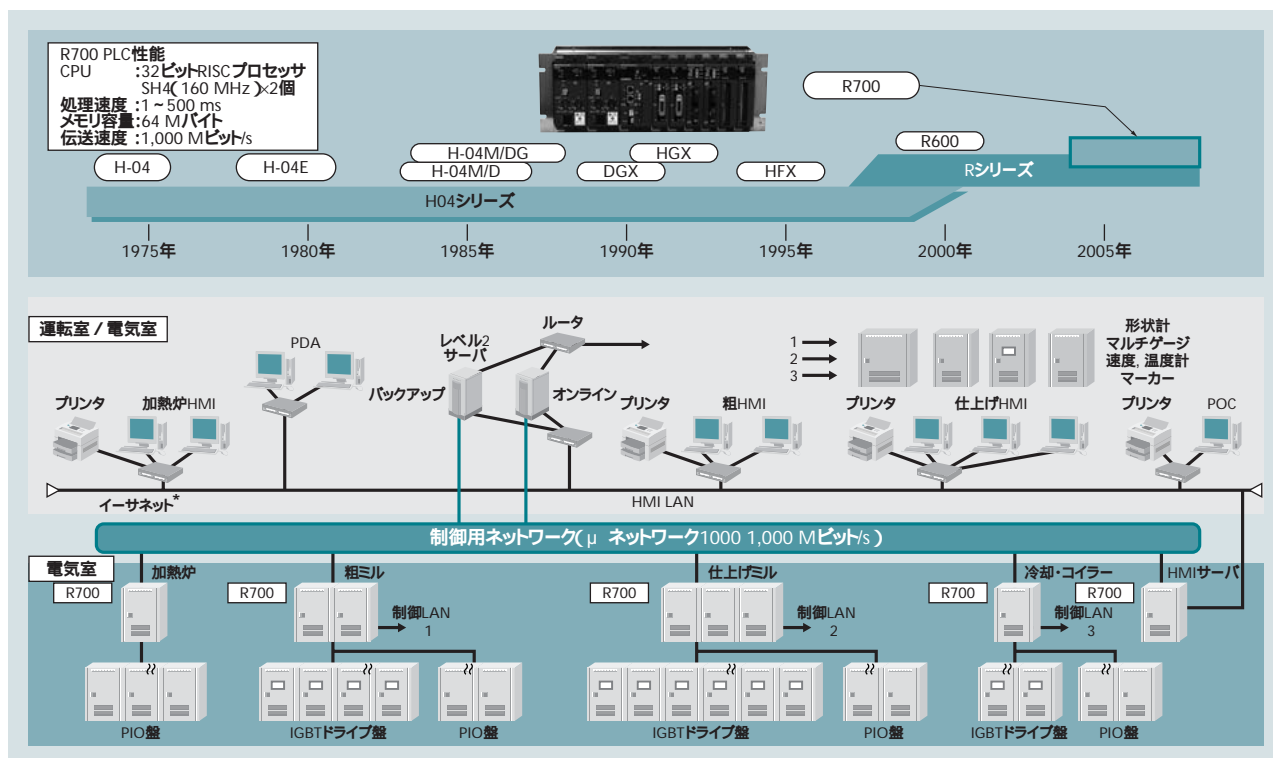
また、単一スタンドの往復圧延ミルであるステッセルミルの制御¹⁾にも取り組んでいる。ステッセルミルはその構造に起因した

種々の要因のため、高精度な品質制御の実現が困難とされている。これに対し、モデル予測制御や適応制御の導入をはじめとした種々のアプローチにより、操業の安定化と制御精度の向上を図った。巻き取り温度制御結果の一例を図4に示す。ステッセルミルでは、ミル出側でコイル先後端の温度が中央部より100 以上低くなるため、均一な巻き取り温度を得るのは難しいが、冷却ヘッダの適切な開閉制御により、同図に示す巻き取り温度を達成した。

3.2 冷間圧延分野

圧延機を複数台配置した連続式冷間圧延で重要なことは、圧延現象によって変動する厚みを一定の値に制御しながら張力を安定的に保つことと、良好な板形状を確保することである。板厚制御に関して、最適制御理論を応用したスタンド間板厚・張力非干渉制御を開発し、操業の安定化と良好な厚み制御を実現した。また、板形状制御に関しては、機械モデル、アクチュエータの動作原理、さらに操業者の操作感覚をニューロファジーで融合した知的制御方式を開発し、高精度で安定した板形状の確保が可能となった。

一方、高効率生産を実現するための技術²⁾も多数開発し、実機に適用している。具体的には、多品種・小ロット生産に対応するため、圧延スケジュールをオンラインで最適化するダイナミックドラフト修正機能や、蓄積したデータから操業画面を



注:略語説明は(PLC(Programmable Logic Controller), CPU(Central Processing Unit), RISC(Reduced Instruction Set Computer), HMI(Human-machine Interface), PDA(Process Data Analysis), LAN(Local Area Network), POC(Process Operation Console), PIO(Process Input and Output), IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) * イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の登録商標である。

図2 コントローラ開発の歴史と制御システム構成の例

高速、大容量の処理能力がある産業用コントローラ開発の歴史を上段に、熱間圧延設備に代表される大規模制御システム構成の概要を下段にそれぞれ示す。

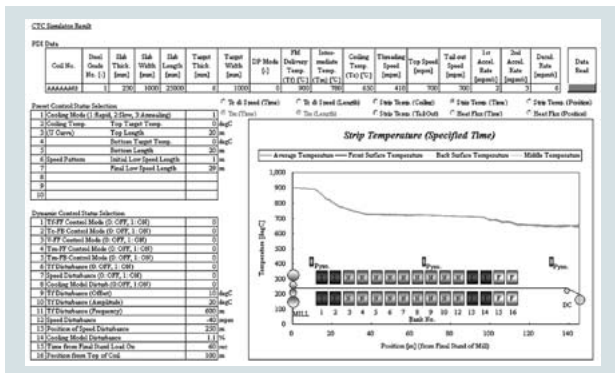


図3 シミュレーション画面の例
三菱日立製鉄機械株式会社と共同で開発した温度制御のシミュレーション結果の画面例を示す。

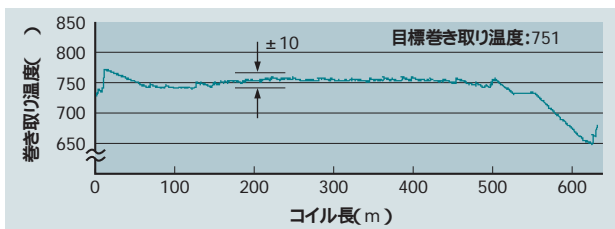


図4 巻き取り温度制御結果の例
冷却ヘッドの適切な開閉制御により、高精度な巻き取り温度を実現している。

再現するプレイバックバーチャルシステムを開発した。これにより、設備稼働前に生産状況の実機イメージ動作確認が可能となり、現地での設備立ち上げ期間を短縮することができた。

日立グループは、ここ数年の鉄鋼設備建設の需要増に対応し、特に中国市場へ冷間圧延電機システムを多数納入している。2003年から日立グループが全世界へ納入した連続式冷間圧延システムの設備数を図5に示す。

3.3 プロセッシングライン分野

プロセッシングラインの制御で核となるのは、電気的には板張力の安定制御、プロセス的には焼鈍炉板温制御とめっき付着量制御である。ここではめっき付着量制御について述べる。

日新製鋼株式会社、MHMMと共同で開発しためっき付着量均一化システムの構成と、めっきプラントを図6に示す。付着量検出値を、板幅方向、表裏、反り成分の付着量差に分解し、ノズル圧力、ノズルギャップ、浴中ロール位置の三つの操作端を非干渉 / 協調制御した。この結果、各付着量差を低減し、鋼板の表裏、板幅方向を含めた付着量均一化を自動制御で実現した。さらに鋼板位置を検出し、鋼板のパス移動にノズルを追従させ、表裏のバランスを維持した。開発した方式により、めっき付着量のばらつきを大幅に低減できた。

4. 情報技術の適用による高効率化技術

4.1 鉄鋼電機制御における位置づけ

近年、情報制御システムは、計算機技術、ネットワーク技術、

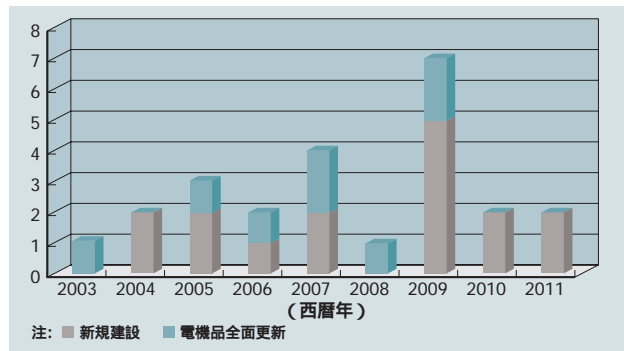


図5 連続式冷間圧延設備の新規建設・電機機器更新設備の稼働プラント数
2003年からのプラント稼働実績(2008年以降は予定)を示す。

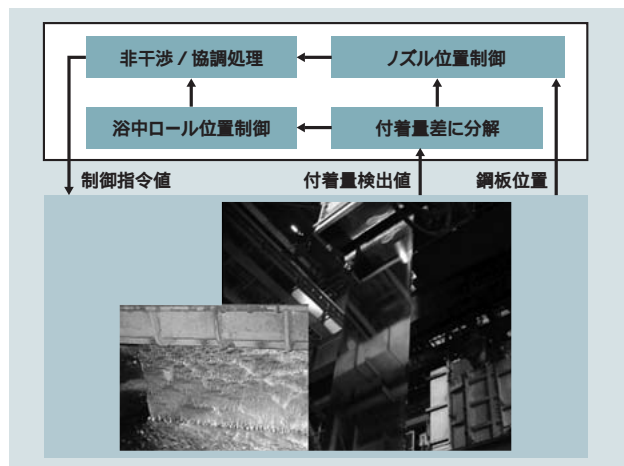


図6 めっき付着量均一化システム
めっき付着量均一化システムフローと実際のめっき設備を示す。

オープン化技術により、大きく発展、変貌(ぼう)を遂げている。

1980年代から1990年代にかけて、電気制御(E)、計装制御(I)、情報制御(C)をネットワークで統合したシステムが登場した。日立グループは、自律分散手法³⁾を先駆けて導入し、システム全体の構築、さらに稼働後の増設・改造を容易にするシステムを提案した。

1990年代以降の技術革新は、ダウンサイジング・オープン化である。汎用CPU(Central Processing Unit)やOS(Operating System(Windows¹⁾/Linux²⁾)、ネットワーク規格・Web技術などが、鉄鋼制御システムへ適用されている。日立グループは、鉄鋼プロセスの高い信頼性、保守性、リアルタイム性のニーズに応えるべく、計算機(RS90シリーズ、HF-Wシリーズ)、自律分散環境の提供、鉄鋼ソフトウェアの開発などを継続的に実施している。そして今日、ICT(Information and Communication Technology)が進展している。

一方、鉄鋼業の課題は、製造コスト削減、生産能力向上、製品品質向上であり、既存の情報制御システムを改善する動

1) Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。

2) Linuxは、Linus Torvaldsの米国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。

きが出てきている。これらに呼応した日立グループの取り組みと、今後の鉄鋼情報制御応用システムの状況の概要を以下に述べる。

4.2 RFID適用システム

ICTの一つとして、RFID適用の動きがある。RFIDは、「モノ」に情報を付加する手段として注目されている。RFID適用システムは、IC(Integrated Circuit)チップをタグ(RFID-tag)化し、製品などに貼(ちょう)付して個別識別情報を管理するシステムである。鉄鋼分野では、コイル、スラブなど製品管理や設備予備品を管理する手法として、バーコードやコイルマーカに代わるものとして適用が検討されている。製鉄所の一貫最適運営を目的とした適用例を図7に示す。

4.3 物流・省力化システム

鉄鋼分野製造ラインの自動化はかなり進んでいるが、製造工程の最適化や製鉄所全体の物流・省力化を進めて製造コストの削減、高付加価値を追求するニーズが高まっている。

これに応える目的でクレーン/台車制御システムを開発した。これは自動クレーン制御を通して、設備特性を考慮した最適な運用、設備オペレータへの操業情報を提供するシステムであり、クレーンの干渉制御、クレーンや台車の最適スケジュール、製品在庫管理に貢献している。

5. おわりに

ここでは、高品質・高効率生産を実現する鉄鋼電機制御システムについて述べた。

地球環境への配慮から、今後も制御システムの最適化、運転の高効率化への要求が、ますます高まると予想される。

執筆者紹介



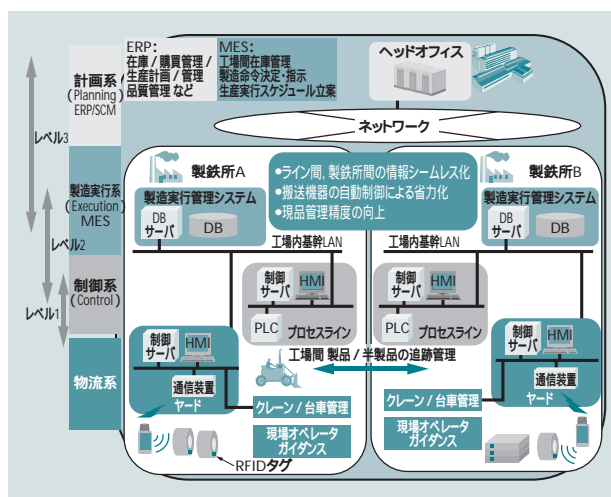
畑中 長則
1992年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 電機制御システム設計部 所属
現在、国内外の鉄鋼電機品の計画・取りまとめに従事



鹿山 昌宏
1984年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 所属
現在、鉄鋼電機制御の開発に従事
工学博士
電気学会会員、計測自動制御学会会員



阿部 隆
1981年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 電機制御システム設計部 所属
現在、国内外の鉄鋼電機品の計画・取りまとめに従事



注:略語説明 ERP(Enterprise Resource Planning), SCM(Supply Chain Management), MES(Manufacturing Execution System), DB(Database), RFID(Radio-frequency Identification)

図7 RFID技術を適用した製鉄所の一貫最適運営

RFID技術を適用して省力化・管理精度向上を可能としている。

日立グループは、この要求に応えるために技術開発を継続し、鉄鋼製品製造コスト削減・省電力化に貢献していく考えである。

また、鉄鋼制御システムのビジネス環境は年々グローバル化している。鉄鋼設備建設ラッシュが進んだ中国では、すでに各種の合併会社を設立し、製造・保守の拠点づくりに取り組んでいる。今後は、発展が予想される南米やインドへの対応も視野に入れ、各エリアでのビジネス・保守対応性への拠点強化を進め、顧客の期待に応えていく所存である。

参考文献

- 1) K. Kuribayashi, et al.: Automatic Profile and Flatness Control for Steckel Mill, IFAC-MMM2001(2001.9)
- 2) M. Kayama, et al.: Advanced Plant Maintenance and Control System, Steel Rolling '98(1998.11)
- 3) 林, 外: 産業用情報制御システムの成長を支える協調自律分散システム, 日立評論, 77, 7, 459~464(1995.7)



菅原 浩
1974年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 制御システムエンジニアリング部 所属
現在、国内外の鉄鋼電機品の取りまとめ・拡販に従事
電気学会会員



高津戸 智史
1985年日立製作所入社、情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 制御システムエンジニアリング部 所属
現在、鉄鋼電機品の計画・取りまとめに従事
電気学会会員



竹野 耕一
情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電機制御システム本部 制御システムエンジニアリング部 所属
(2007年より三菱日立製鉄機械株式会社から出向中)
現在、鉄鋼電機制御システムの計画業務に従事