



特集記事・4

鉄鋼業におけるAI・IoT技術の最前線

IoT時代における鉄鋼制御システムの 発展と展望

IoT Progress Report on the Steel Plant Control System

(株) 日立製作所
制御プラットフォーム統括本部
IoTシステム設計部 主任技師

粕谷 祥一
Shoichi Kasuya

(株) 日立製作所
制御プラットフォーム統括本部
電機制御システム設計部 主任技師

林 剛資
Gosuke Hayashi

(株) 日立製作所
制御プラットフォーム統括本部
電機制御システム設計部 担当部長

高橋 創
Hajime Takahashi

(株) 日立製作所
制御プラットフォーム統括本部
電機制御システム設計部 主任技師

秋田 佳稔
Yoshitoshi Akita

(株) 日立製作所
ソリューション&サービス事業部
電機ソリューション計画部 主任技師

千田 真広
Masahiro Chida

1 はじめに

世界の鉄鋼市況に焦点を当てると、鉄鋼製品の市場価格は、中国による過剰生産解消の取り組みでいくらか改善の兆しがみえるものの、全体的には未だ低迷中といえる¹⁾。そのため鉄鋼各社は、収益力強化のための製品の高付加価値化、コスト競争力の強化、品質悪化や予定外生産停止等の事業リスクの低減を課題として、多品種生産、品質向上、生産性向上、保守性向上に力を注いでいる。特に、最先端の技術革新実現のために、欧州のIndustrie4.0、北米のIndustrial Internet、日本のSociety5.0の積極的な導入²⁾を進めており、その一環としてメーカー側に対しても生産系・制御系システムのさらなる進化を求めている。

これに対し、日立は自律分散のコンセプトに基づき、ICT

を活用した新しい製品機能の開発をハード・ソフトの両面から行っている。具体的には、様々な現場データを制御系に反映させることで、新たな付加価値を生み出せる仕組み作りに取り組んでいる。

本稿では、2016年3月発行の日立評論「IoT時代における鉄鋼制御システムの進展」³⁾に対するサーベイの位置付けとして、鉄鋼制御システムへのデータ解析・診断技術の適用事例を中心に、鉄鋼業における日立のICTの取り組みについて深掘りを行う。

2 自律分散システム

事例に入る前に、日立の制御システムのアーキテクチャである自律分散システムについて、改めて触れたい。自律分散システムとは、ネットワークをデータフィールドとしてプラントデータを各ノード間で共有し、ネットワークに接続された制御サーバーやコントローラ等の各ノードが共有データを使って自律的に業務を遂行する分散型システムである。この自律分散システムのアーキテクチャは、生産プロセスの改善が頻繁に行われる鉄鋼制御システムにおいては以下のような効果がある。まず、機能改善のためのソフト変更やハードの増設・部分更新を考えた場合、データを各ノードと共有する自律分散システムであれば、増設・更新部であっても既設データをデータフィールドから容易に取り込むことができる。また、既設設備を更新する場合のテストでも、データフィールドのデータを共有することでパラランテスト（稼働

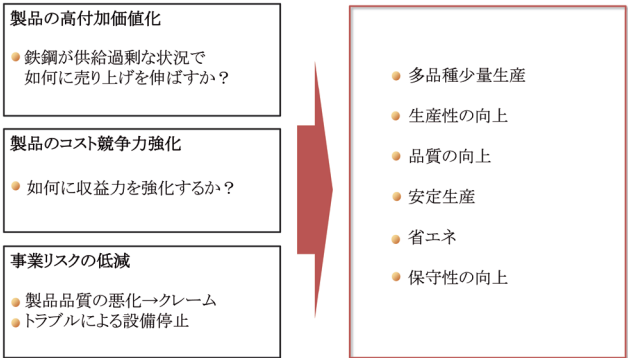


図1 鉄鋼業界の主な経営課題

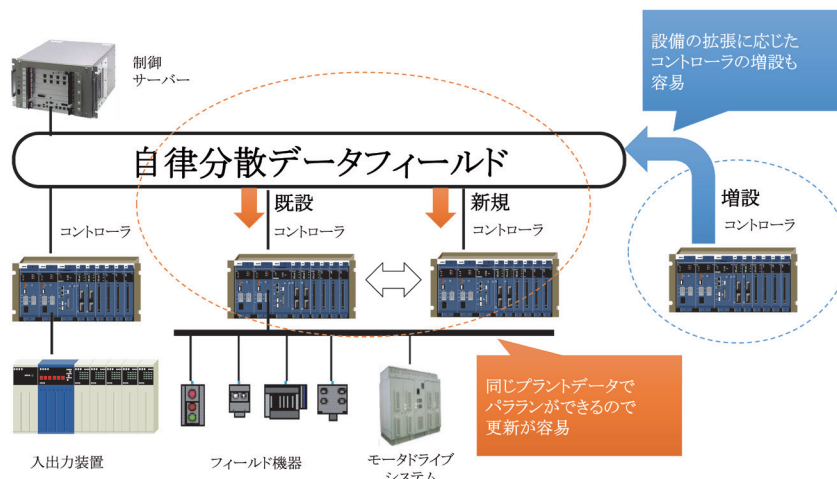


図2 自律分散システムとその特徴

中のノードと新規ノードに同じデータを入力し平行動作させることで、更新の検証を行う）を容易に実現できる。さらに、N台のコントローラに対し1台のバックアップコントローラをスタンバイさせることで、運用を開始した後も、重要度に応じたサブシステム（機能群）の多重化を容易に実現できる。このように、自律分散システムの特長は正に鉄鋼制御システムに適しているといえる。

3 データ利活用による鉄鋼制御システムの進化

データフィールド上に存在するデータを活用し、お客様が抱える課題をどのように解決するか。日立はこの命題に対し、お客様のデータ利活用シーンを、①データ収集、②収集データを基にした課題解決策の導出、③解決策に基づいた実際の改善アクティベーションの3つに分割し、さらにシーンごとに継続的な改善活動を行うことで、お客様のシステムをより優れたものへと変革していく進化型ビジネスモデルを提唱している。具体的な活用事例について、幾つか述べる。

3.1 知的操業支援システム

鉄鋼プラントの主要設備の一つである連続冷間圧延設備では、品質や歩留りの改善要求として、例えば板厚オフゲージ長の短縮や板破断の防止、板表面キズの要因となるロールと板間のスリップ抑制などが挙げられる。これらの改善はそのままお客様のプロフィットに繋がるため特段に重要視されている。

さて、改善には、何故この事象が起こったのか、どの様な条件の場合に起こり易いのか、といった要因分析が欠かせない。ところが、実操業では多様なプロダクトミックス（鋼種、板厚、板幅等の組合せ）を圧延するため、人手による分

析では相応の時間がかかるし、分析者の経験や解析スキルにも依存するため結果に偏りが生じやすい、という問題にも直面する。そこで日立は、これまでに築いてきた鉄鋼制御システムの豊富な知見とICT（Information Communication Technology）エンジニアリング力を活かし、これら事象を自動分析可能な知的操業保守支援システム HITSODAS

（HITACHI Self-organized Diagnosis and Analysis System）を開発し、提供している。

本システムの特長として、まずコントローラからオフゲージ長や板厚偏差、破断、スリップ発生傾向等の品質データを収集する。これらをプロセス制御計算機に蓄えられた材料情報や圧延条件とコイル単位でマッチングさせ、データレイクに格納する。次に、品質診断機能として「板破断」「オフゲージ長*メートル以上」等の品質キーと、「鋼種、製品板厚、製品板幅」のようなプライマリキーを混在させてインデックスキーを組み立て、予め収集された解析、診断用のデータを抽出できるようにしている。さらに、品質診断に係わる事象を統計処理し、発生要因をデータマイニングにより分析することを可能としている。これにより、例えば板破断傾向などを瞬時に且つ属人性を排除して分析表示できる。また、付帯機能として、ITV（Industrial Television）カメラで収集された映像を取り込むこともできる。ミリ秒オーダーのプラントデータと同期再生することができ、様々な事象をダイナミックかつ臨場感を持って分析することができる。鉄鋼向けに開発した特殊解析エンジンも各種装備しており、お客様には品質改善等の支援ツールとして、レポート作成や制御パラメータ調整の見直し等にご活用頂いている。今後は、得られた分析結果を、上位MES（Manufacturing Execution System）やプロセス制御計算機、コントローラ等へ最適最善な形でダイレクトフィードバックすべく、お客様と連携し具現化を進めていく。



図3 HITSODASの主な機能

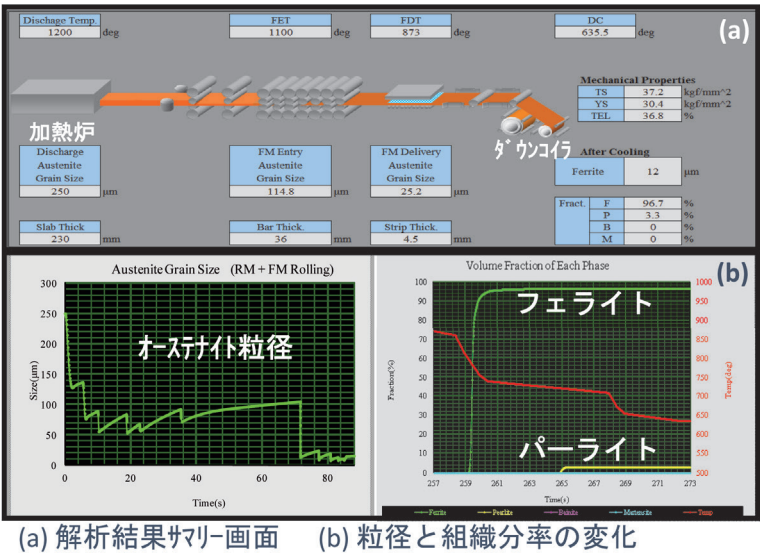


図4 MPPSの解析結果画面

3.2 材質特性予測シミュレーションシステム

次は、熱延工程における事例である。熱間圧延では、板厚や板幅といった鋼板寸法制御に加えて、鋼板強度や加工性を所望の値に制御することが要求される。このニーズに応えるため、熱間圧延後の鋼板の材質特性を予測するシミュレーションシステムMPPS (Material Property Prediction System) を開発・製品化した⁴⁾。MPPSでは、熱延設備から取り込んだ鋼板の温度や圧延履歴の実績データを用いて、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

ラー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、転位密度等) の変化を推定するとともに、推定結果を用いて巻取り後の鋼板の機械特性 (強度、硬さ、伸び率等) を予測することが可能である。またHMI (Human Machine Interface) から圧延された鋼板を指定して、温度履歴や各スタンドの圧下率、化学組成を変更することで、対応する機械特性の変化をシミュレーションできる。

実際に圧延後の鋼板の機械特性を測定するには、試験片を採取し、ラボで引張り強度等の各種試験が必要で時間もかか

るが、本MPPSの導入により試験プロセスの簡略化が可能である。また、既存鋼種の品質改善や新鋼種開発にかかる工数の大幅低減が見込めるなどメリットも多く、海外のお客様からも大変注目度の高い製品となっている。将来は、MPPSで予測した鋼材の機械特性を、電機制御や生産計画の業務シーンに活用（フィードバック）し次の圧延に備えることで、マクロな品質改善ループを回すことができると考えている。

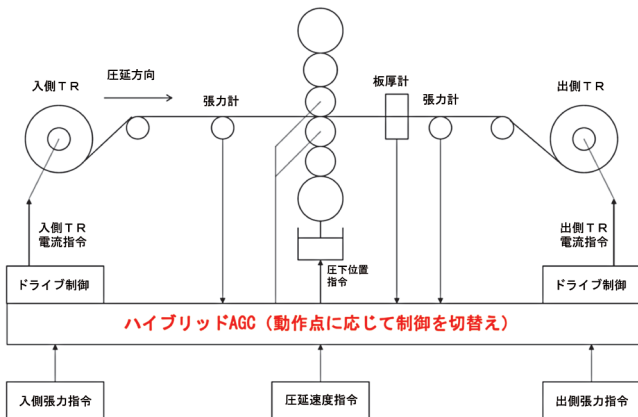


図5 ハイブリッドAGCの制御構成

3.3 ハイブリッドAGCの開発

製品の高付加価値化を目指す電気制御システムにおける取り組みとして、シングルスタンド圧延機へ適用可能なハイブリッドAGC（Automatic Gauge Control）と呼ばれる日立の新制御方式の開発事例を紹介する。ハイブリッドAGCとは、圧延機の圧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切り替えて利用することで長周期変動を抑制し、より高品質（高付加価値）な製品を生産することを可能とする、制御技術である。

鉄鋼各社を含むものづくり業界にとって、製品の品質向上（高付加価値化）と生産性の向上（設備の高速化）は、年々高度化する市場のニーズを捉える上で必須となる取り組みテーマであり、これらに対応する制御システムの高度化は、メーカーにとって大きな課題である。従来、製品品質を左右する板厚精度は圧延機の圧下位置で、板に加わる張力はテンションリール電流でそれぞれ制御していた。しかし、薄板を高速で圧延する場合、従来制御では板厚制御と張力制御が相互干渉し、板厚実績が圧延スタンド出側で数秒から十数秒の長周期で変動するという問題が発生していた。

この課題に対し、まず、これまで日立が開発したツールを

センサの異常診断・切替方法 主回路駆動前に自動的に実施

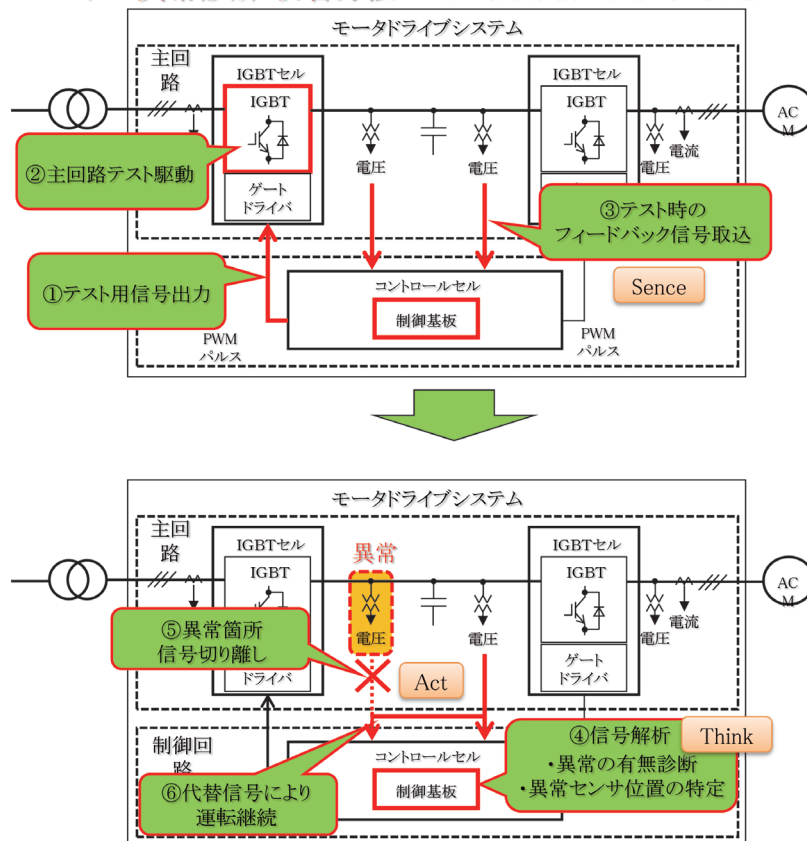


図6 センサセルフチェック機能

用いて問題となる現象についてデータ収集・解析を実施し、圧延状態による前述の影響度合いの変化を導出した。その後、圧延モデルを使ったシミュレーションおよび実機試験を行うことで、制御システムへの適用効果を確認した。

これにより、従来どおり安定した製品品質を確保しつつ、生産性向上を含むお客様ニーズの変化に対する解決策を素早く生み出すことができる、高度な制御システムに発展させることができた。また、同様の取り組みから生み出した新しい制御技術として、Deep Learningを適用した形状制御があるが、詳細については、別記事にて記載する。

3.4 モータドライブシステムの発展

お客様の設備の安定稼働に対し、日立はパワーエレクトロニクスの観点からも、データを活用した新しい取り組みを行っている。ここでは、その一つであるモータドライブシステムの発展に焦点を当てる。

モータドライブシステムは、圧延システムの主要設備であるモータの駆動を制御する役割を担う、いわば設備の心臓ともいえるシステムである。そのシステムは、圧延機駆動モータを制御する制御基板と電力を変換する主回路ユニットで構成され、日立はこの設計に汎用IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールとセルコンセプトのアーキテクチャを適用することで、システムのサステナビリティ性と顧客設備の容量に対する柔軟性を確保してきた⁵⁾。さらに、最近の電子部品のEOL (End of Life) への対応として、制御回路にもセルコンセプトを適用することでサステナビリティ性を向上している⁶⁾。ここで、セルコンセプトによるサステナビリティの確保とは、細胞の新陳代謝によって常に生まれ変わりながら生命を維持・進化する生物のように、各セルをリニューアル更新することで、システム全体を維持・進化させることが可能な状態を指す。診断技術の進化が目覚ましい昨今において、制御基板のリニューアルは、単にシステムの延命を目的とするだけでなく、RAS (Reliability Availability and Serviceability) 機能の強化にもつながる。その一例としてセンサセルフチェック機能について示す。

センサデータの健全性は、制御機能を維持する上で最も重要な要素の一つであり、従来はセンサ異常による操業の計画外停止リスクがあった。これに対し日立は、主回路のセンサの異常を制御器がテスト用信号を出力して自ら診断し、異常診断時には自身の制御機能の健全性を維持できるような制御回路へと自ら変化させることができる機能を開発し、制御基板に搭載した。これにより、センサに何らかの異常が発生した場合でも、お客様は操業を継続することが可能となり、また異常が発生したセンサの位置は特定できているため、効率的な保守点検・交換を行うことが可能となる。

このように、センサ信号に含まれながらも未活用の情報(電源系統や圧延機およびドライブ装置の動作状態など)は多く、お客様の設備の安定稼働に対し、ドライブシステムとして支援できる事はまだまだ多いと考える。将来に向けて更なるデータ利活用を推進し、ドライブシステムの更なる発展を目指す。

4 遠隔保守支援サービス

現在日立は、様々な角度から包括的にお客様の設備を保守可能なトータル保守ソリューションを提供中である。今回、そのコアアイテムの一つである遠隔保守支援サービスを紹介する。

設備をサステナブルに安定稼働させる上で、保守業務が占める割合とそれを維持するために必要な支援のニーズは大きい。例えば、高度な保全技術を持った保守員に世代交代の時期が近づいており、その技術伝承について不安を持つ、或いは経年劣化が進む設備の突発的な故障によるダウンタイムをミニマム化するため、と理由は様々である。これらニーズに対し、日立はお客様のシステムを随時運用・保守サポートする体制を構築し、日立グループがもつOT (Operational technology) とIT (Information technology) に関する技術・ナレッジを結集した独自のサポートプラットフォームを活用しながら、制御システムの最適な障害保全計画(ライフサイクルプラン)を実現する「制御システム安定稼働サービス」を展開している⁷⁾。

しかし、お客様の保守業務に対し、より深遠で高度な支援を実現する上で、その保守対象となる設備の稼働データの分析は必要不可欠であり、データを如何に早く、かつ安全に取得するかは、特に遠方のお客様向けに對しての日立の課題の一つであった。一方で昨今、情報処理技術や通信インフラの導入が劇的に進化したことで、インターネットを経由したセキュアで高速なデータ転送が、国内外問わず可能となった。そこで日立は、タイムリーかつ高度な保守支援を実現する遠隔保守支援システムの構築を行い、そのシステムを利用した保守支援サービスの提供を2016年から鉄鋼各社向けに開始した。

遠隔保守支援システムは、お客様の設備の稼働データを高セキュアな専用のVPN (Virtual Private Network) 通信回線を経由してリアルタイムに取得し、さらに取得したデータをクラウド上に構築した保守支援データベースと連携させることで、保守に必要な情報をタイムリーに出力する機能を持つ。

これにより、従来はメールや電話、あるいは現地に調査員を派遣することで収集していた設備の稼働情報やデータをダイレクト且つリアルタイムに収集することが可能となり、お客様への提供サービスレベルを向上、更には設備の稼働状態

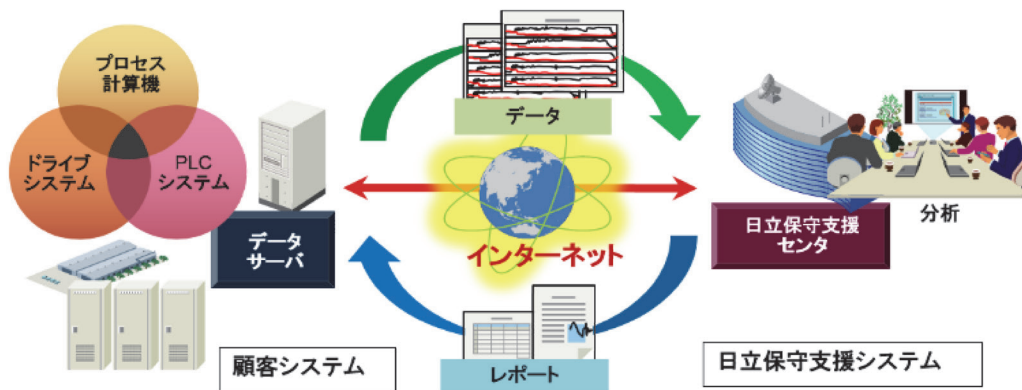


図7 遠隔保守支援システム

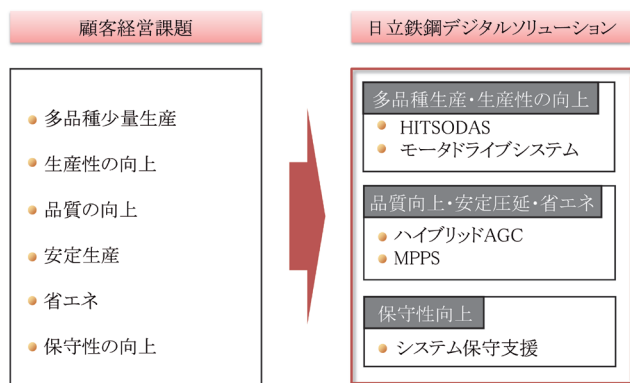


図8 日立の取組み

を定期的に監視するサービスを提供できるようになった。また、日立の知見とこれまでに蓄積された保守支援データベースから障害要因を特定し、具体的対応策を添えてレポート配信するサービスや、高品質な鉄鋼製品を生み出すために必要な制御技術について支援を行うテクニカルサービスも遠隔から提供する事ができ、サービスをご利用中のお客様から高い評価を戴いている。今後は、設備故障の予兆診断ソリューションや、圧延鋼板の材質特性予測支援サービスなど、よりお客様のニーズに沿ったサービス展開を目指して発展させていく所存である。

5 おわりに

お客様の経営課題に対し、3章、4章で述べた日立鉄鋼デジタルソリューションの適用対応図を図8に示す。今後も日立

は様々な業種における実績から、お客様の経営課題に合ったソリューションを活用しながらお客様ごとの仕組みを構築していく。

参考文献

- 1) 三菱東京UFJ銀行 産業レポート 2018年度業界見通し、(2018年2月)
- 2) 日刊産業新聞 2017年4月11日記事、激動の時代ー2025年を見据えて
- 3) 栗林健, 粕谷祥一, 竹内拓也, 秋田佳稔, 高橋創: 日立評論, 98 (2016) 3, 180.
- 4) 林剛資, 小林拓也, 栗林健, 鹿山昌宏, 朴ミンソク: 熱間圧延鋼板材質予測システムの概要と機能構成, MZK-13-007, 平成25年度電気学会ものづくり研究会資料, (2013)
- 5) 永田寛, 嶋崎統彦, 野田和志, 小南勉, 三田村邦彦: モジュール型IGBTを用いた鉄鋼用インバータドライブ装置の技術進化, MKZ-18-007, 平成29年度電気学会ものづくり研究会資料, (2018)
- 6) 永田寛, 秋田佳稔, 田村崇広, 澤島達大, 田治一晃: ACドライブ装置のEOL対策(制御回路セル化によるサステナブル性向上), 平成30年度電気学会産業応用部門大会シンポジウムS6: 装置産業における工場電気設備のサステナブル動向, (2018)
- 7) 「制御システム安定稼働サービス」に関するウェブサイト, http://www.hitachi.co.jp/cs_support/

(2018年8月28日受付)