

# IoT時代における鉄鋼制御システムの進展

栗林 健  
Kuribayashi Ken

粕谷 祥一  
Kasuya Shoichi

竹内 拓也  
Takeuchi Takuya

秋田 佳稔  
Akita Yoshitoshi

高橋 創  
Takahashi Hajime

増設・部分更新が頻繁に行われる鉄鋼設備の制御システムにおいて、日立はいち早く自律分散のメリット・拡張性を活用し、システムを構築してきた<sup>1)</sup>。現在では、ICTを活用してデータ収集・解析機能を充実させ、制御系へのフィードバックを行い、制御の高度化を

進めている。具体的には、新板厚制御、IoTドライブシステムに取り組んでいる。将来は共生自律分散というコンセプトの下に、情報活用の範囲を拡大し、制御系へフィードバックするPDCAのサイクルを広げていく。

## 1. はじめに

現在、世界の粗鋼生産量は需要を上回り、鉄鋼製品の市場価格が低迷している。このような状況下における製造業の課題として、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、事業リスクの低減が考えられる(図1参照)。事業リスクの例としては、製品品質の悪化、設備故障や事故を起因とする設備の予定外停止、販売機会の損失などが挙げられる。これら課題の中で、特に製品の高付加価値化や事業リスクの低減に関しては、生産系・制御系システムのさらなる進化による対応が求められている。

日立は、これらのニーズに応えるため、自律分散のコンセプトに基づき、ICT (Information and Communication Technology) を活用した新しい製品機能の開発をハード

ウェア・ソフトウェアの両面から行っている。具体的には、さまざま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す仕組み作りに取り組んでいる。

本稿では、鉄鋼分野における自律分散システムの形態から、ICTの適用事例、さらには鉄鋼制御システムの展望について述べる。

## 2. 自律分散システム

日立は、制御システムのアーキテクチャとして自律分散システムを提唱してきた。これは、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やコントローラなど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(図2参照)。

まず、機能改善のためのソフトウェア変更やハードウェアの増設・部分更新を考えた場合、データを各ノードで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<sup>※)</sup>を容易に実現できる。さらに、N台のコントローラに対して1台のバックアップ

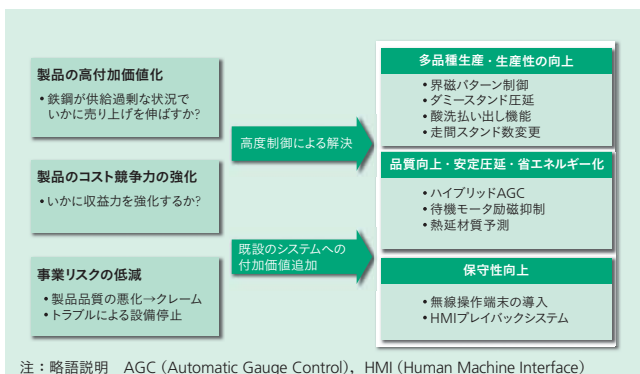


図1 鉄鋼産業の課題と日立的取り組み

時代の変化に合わせて変化する鉄鋼産業の課題に対し、日立は数多くのソリューションを市場へ送り出してきた。

※)稼働中のノードと新規ノードに同じデータを入力し、並行動作させることで更新の検証を行うこと。

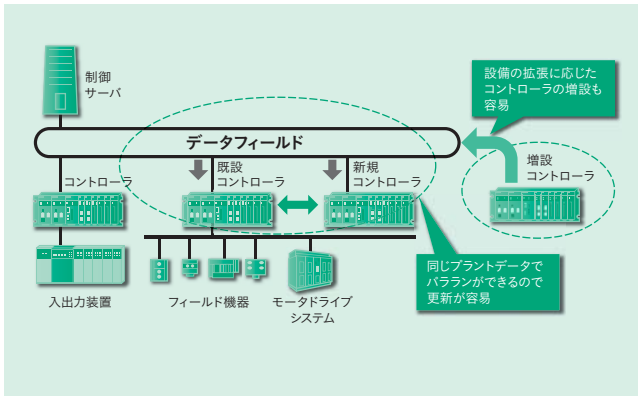


図2 | 自律分散システムとその特長

製鉄所の増設・部分更新案件において、自律分散システムのアーキテクチャは長年にわたり重要な役割を果たしてきた。

コントローラをスタンバイさせることで冗長化も実現できる。このように、自律分散システムの特長はまさに鉄鋼制御システムに適していると言える。

### 3. 進むICTの適用

#### 3.1 鉄鋼プラントにおけるデータ活用事例

自律分散システムは、プラント機器と制御サーバ、コントローラ、およびプラントデータを共有する場であるデータフィールドから構成される。データ活用はデータフィールドからのデータを取り込むSense、データを基に課題解決を考えるThink、実際の制御系に対して改善を行うActの流れから成り、このループを繰り返すことで制御システムをより優れたシステムへと改善していく。

鉄鋼プラントにおける具体的なデータ活用の流れを、以下に示す(図3参照)。

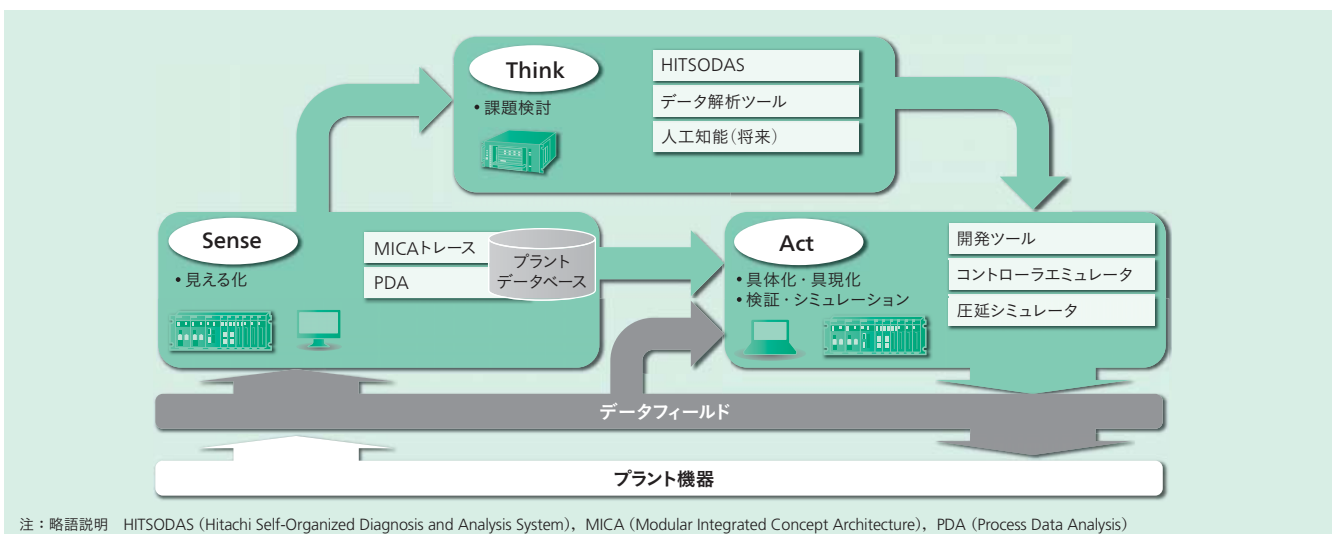
Senseの部分はデータフィールドのプラントデータの見える化を行う。データフィールドに流れるプラントデータはデータ収集システムであるPDA (Process Data Analysis)

で収集され、コントローラ内部の詳細な制御データはMICA (Modular Integrated Concept Architecture) トレース機能を用いて収集される。収集されたデータはプラントデータベースに保存され、1つのツール上で同時に表示できる。

Thinkの部分では、解析支援システムであるHITSODAS (Hitachi Self-Organized Diagnosis and Analysis System) や日立独自のデータ解析ツールなどを用い、収集したデータから課題とその解決策を検討する。HITSODASはビデオカメラで撮影した動画も活用することができ、データと映像をプレイバック同期再生することで、課題をより多角的に検討できる。これらの仕掛けはプラントから離れた遠隔地で行うことも可能である。

Actの部分では、Thinkで立案した課題解決の仮説を基に制御システムで検証を行う。プラントデータベースのデータあるいは実際のデータフィールドのデータを開発ツールに取り込み、アルゴリズムやモデルを開発する。そのアルゴリズムの有効性を、PC (Personal Computer) 上で動作するコントローラエミュレータや圧延シミュレータとデータフィールド(あるいはプラントデータベース)のデータを使って検証する。有効性が確認できたものは、コントローラのオンラインロジック変更機能により、制御系へ迅速に反映することが可能である。

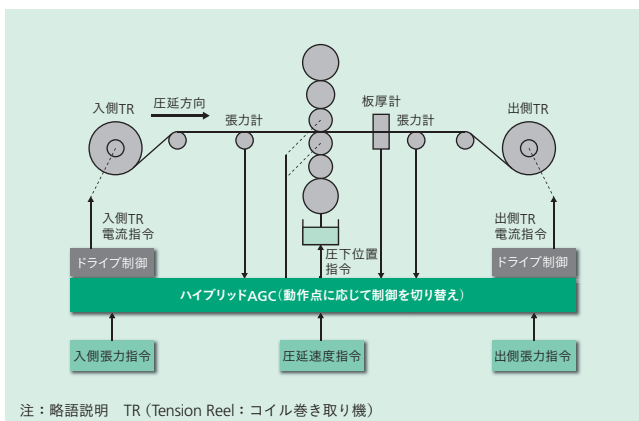
このように、自律分散システムはPDCA (Plan, Do, Check, Act) サイクルに基づいて鉄鋼プラントを継続的に成長させる観点からも適したシステムであり、日立は常に最新のICTを取り入れた制御技術やシステム技術の革新を進めてきた<sup>2)</sup>。次に、近年の取り組みとして、ハイブリッドAGC (Automatic Gauge Control) の製品化や、IoT (Internet of Things) ドライブシステムを解説する。



注：略語説明 HITSODAS (Hitachi Self-Organized Diagnosis and Analysis System), MICA (Modular Integrated Concept Architecture), PDA (Process Data Analysis)

図3 | データ活用による製品の品質向上

鉄鋼製品の品質向上には、プラント設備のデータを継続的に利活用する仕掛けが必要である。



注：略語説明 TR (Tension Reel : コイル巻き取り機)

図4 | ハイブリッドAGCの制御構成 (シングルスタンド圧延機)

圧延実績に応じて、圧下位置とTR電流指令を効果的に切り替えることにより、出側板厚精度を格段に向上させる制御方式である。

### 3.2 ハイブリッドAGC

Sense・Thinkで収集・解析したデータをActで活用した事例として、シングルスタンド圧延機に適用したハイブリッドAGCがある (図4参照)。

従来制御では、板厚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、圧延スタンド出側で数秒から十数秒の長周期変動が発生するという問題が発生していた。

これに対し、ハイブリッドAGCと呼ぶ新制御方式では、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が可能となった。

この新制御方式の開発にあたっては、まず、これまで日立が開発したSense・Think群のツールを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、Act群のツールである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。

### 3.3 IoTドライブシステム

もう1つのデータ活用事例として、IoTドライブシステムについて示す。モータドライブシステムの鉄鋼用変換器盤は、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る。これまで日立はそのダウンサイジングを進めてきた。容量単位であるセルユニットを組み合わせることで主回路ユニットを顧客の設備容量に柔軟に対応できる方式にするとともに、個々のセルユニットの小型化・大容量化を図ることで盤全体の小型化を実現し、鉄鋼用大容量・中容量盤に適用している<sup>3)~5)</sup>。

また、制御基板の開発も随時行ってきており、さらにIoTに対応したRAS (Reliability Availability and Serviceability) 強化を計画している。IoTドライブシステムは、モータドライブシステムに加え、制御システム (コントローラ) と各種収集データを取り扱うデータ解析部から構成される。モータドライブシステムが持つモータ制御に関する情報 (速度、電流、電圧など) と、その上位の制御システムが持つ操業データ (板の材質、厚さ、速度など) を関連づけることで、さまざまな課題に対する検討を行い、モータドライブシステムへと反映する。

具体例として、プラント操業中に何らかの原因でモータドライブシステムが停止に至ったケースにおける故障解析の流れを図5に示す。

Senseの機能として、制御基板には故障停止時の過電流や過電圧などの故障要因を記録する機能と、故障前後のデータをメモリに蓄積する機能がある。これらのデータをコントローラ側で持つ操業データと関連づけることで、故障発生状況の見える化を行う。Thinkの機能を担うデータ解析部では、インターネットなどを活用してこれらデータを迅速に取得し、過去の故障履歴データベースやシステム知識を基にした診断アルゴリズムを活用して故障原因を推定する。Actではこれを、リアルタイムシミュレータを用いて検証する。故障したプラントの制御基板に記録されている制御プログラムとパラメータに加え、Thinkで推定した故障原因を模擬するモデル (シミュレータ) を作成し、これをプラントと同じ制御基板と組み合わせて動作させることで、プラント操業中に発生した故障をリアルタイムに

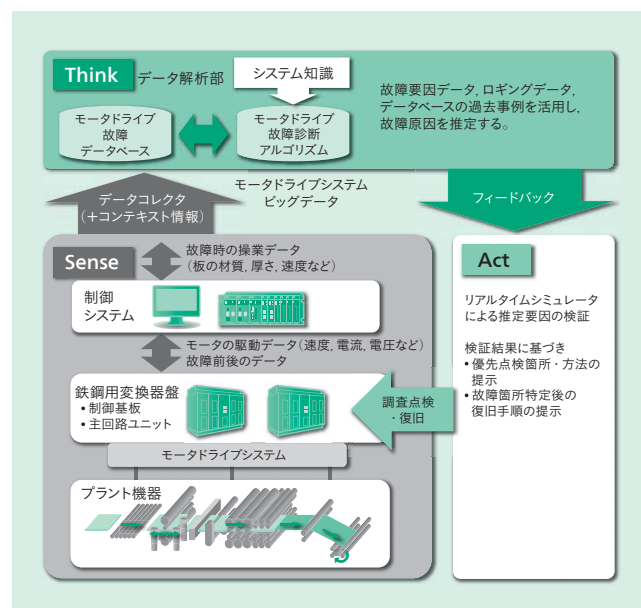


図5 | IoT (Internet of Things) ドライブシステムにおける故障解析の流れ

故障時の各種データを関連づける見える化を行い、データ解析により故障原因を推定・検証し、復旧を早急に行う。

再現および検証することができる。そして、検証結果に応じた調査点検の提案や復旧方法の指示などをプラントに対して行う。

このように、モータドライブシステムにIoT技術を活用することで、故障診断および復旧を早急に行い、プラント設備のダウンタイムの短縮につなげることができる。また、上述の解析サイクルを定期的に行うことで、設備故障による予定外の操業停止を未然に防ぐことも可能である。

#### 4. 鉄鋼制御システムの展望

自律分散コンセプトに基づく鉄鋼制御システムのさらなる発展として、次の2点が挙げられる(図6参照)。

##### (1) IoTを活用した情報と制御の融合

従来制御システムで活用が難しかった人間系の情報(人の動作や音声など)に加え、機器(ひずみや振動など)やプロセスなどの膨大なデータ(ビッグデータ)を、IoTを活用して情報システムへ取り込み、分析を行う。それにより、これまで原因の分からなかった問題の解決や、新しい気づきからのノウハウの形成など、情報と制御の両面から鉄鋼制御システムをさらに発展させるアプローチを行う。

##### (2) 自律分散の考えをビジネス全体に拡張した共生自律分散の適用

製鉄所内の制御・情報システムだけでなく、本社などの経営システム、さらにはステークホルダーをも1つのシステムとして共生するような協調場を構築する。この協調場

を通して互いのデータを共有し、サプライチェーン全体を見据えた事業環境の外部変化や個別工場の状況に応じて全体の効率を見える化する中で、それを最適化する解を導出できるようになる。その結果、事業効率を最大化し、参加者は高い収益性を実現することができる。

#### 5. おわりに

近年、ICTやIoTの活用により、製造業の高度化をめざす産業構造改革などの世界的な潮流の変化がある。従来は生産系と制御系が独自にシステム化されて発展を続けてきた鉄鋼制御システムにおいても、個別最適化から全体効率の最適化へのニーズと機運がさらに高まると予想される。

日立グループは、今後も常に技術動向を見据えながら最先端の技術を追求し、鉄鋼産業のさらなる発展や課題解決に寄与する制御システムを提供していく。

##### 参考文献

- 1) 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, 92, 8, 618~621 (2010.8)
- 2) 高橋, 外: 鉄鋼制御システムの操業支援・遠隔保守技術, 日立評論, 96, 6, 423~426 (2014.6)
- 3) プラント・工場設備, 日立評論, 96, 1-2, 98~100 (2014.1)
- 4) プラント・工場設備, 日立評論, 97, 1-2, 98~100 (2015.1)
- 5) プラント・工場設備, 日立評論, 98, 1-2, 88~92 (2016.1)

##### 執筆者紹介



##### 栗林 健

日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所 電機システム本部  
電機制御システム設計部 所属  
現在, 鉄鋼向け計算機制御システムの設計・開発に従事



##### 粕谷 祥一

日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所 電機システム本部  
電機制御システム設計部 所属  
現在, 鉄鋼向け計算機制御システムの設計・開発に従事



##### 竹内 拓也

日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所 電機システム本部  
電機システム計画センタ 所属  
現在, 鉄鋼向け電気品に関する顧客提案とソリューション開発に従事



##### 秋田 佳穂

日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所 電機システム本部  
電機制御システム設計部 所属  
現在, モータドライブシステムの開発・設計に従事  
電気学会会員



##### 高橋 創

日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所 電機システム本部  
電機制御システム設計部 所属  
現在, 鉄鋼向け電機制御システムの設計・開発に従事

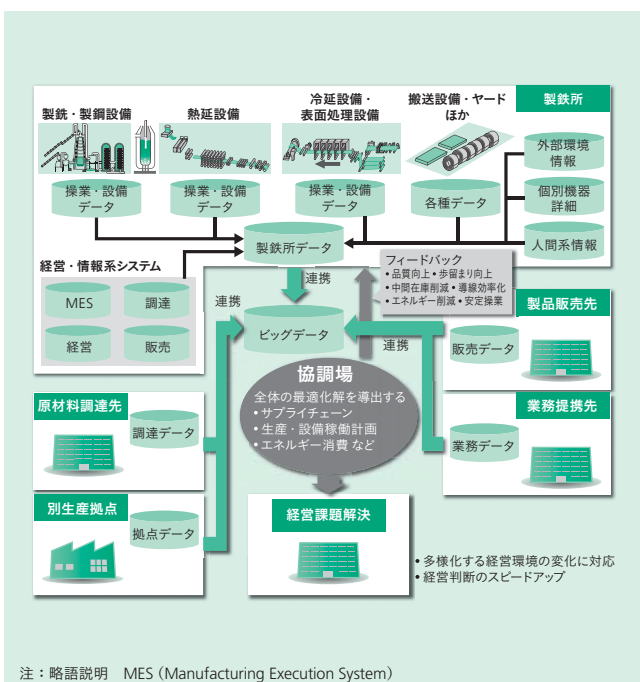


図6 鉄鋼制御システムのさらなる発展

協調場の導入により、顧客企業内のすべての活動を最適化する解を算出する。結果、収益向上を目的とした事業効率の最大化を実現できる。