

AIを活用した鉄鋼生産バリューチェーンの高度化技術

鉄鋼業界において、鉄鋼・非鉄金属メーカーの顧客が抱える合理化や業務効率化などの課題に対し、日立はさまざまなソリューションを提案している。本稿では、データ利活用やAI活用の観点から、製造設備の生産計画を最適化することで操業効率向上につなげる「生産計画最適化 (MLCP)」, 数十ミリ秒という高速制御システムの膨大なデータを分析することで品質や歩留まり改善につなげる「知的操業保守支援 (HITSODAS)」, 既存のモータ電流信号に日立特許のアルゴリズムを適用し、予兆診断することでモータ保守業務効率化につなげる「保守業務効率化 (モーター電流予兆診断)」の三つのソリューションを紹介する。

伊東 努 | Ito Tsutomu

曹 哲 | Cao Zhe

前川 健志 | Maegawa Kenji

榮前田 直也 | Eimaeda Naoya

齊藤 拓 | Saito Taku

1. はじめに

これまで日立は、自動車用高級鋼板をはじめとする鉄鋼製品の製造設備向け電機制御システムを数多く納入し、各設備単位での最適化も手がけてきた。ところが、近年、鉄鋼製品の供給過多による需給バランスの非均衡が、鉄鋼製品の販売価格の低下を招き、結果として、顧客である鉄鋼・非鉄金属メーカーはさらなる合理化や業務効率化を推し進める必要性に迫られている。

これらの顧客課題に対し、日立は顧客工場の全体最適化に向けてさまざまなソリューションを提案している。本稿では、データ利活用やAI (Artificial Intelligence)活用の観点から、製造設備の生産計画を最適化することで操業効率向上につなげる「生産計画最適化 (MLCP : Machine Learning Constraint Programming)」, 数十ミ

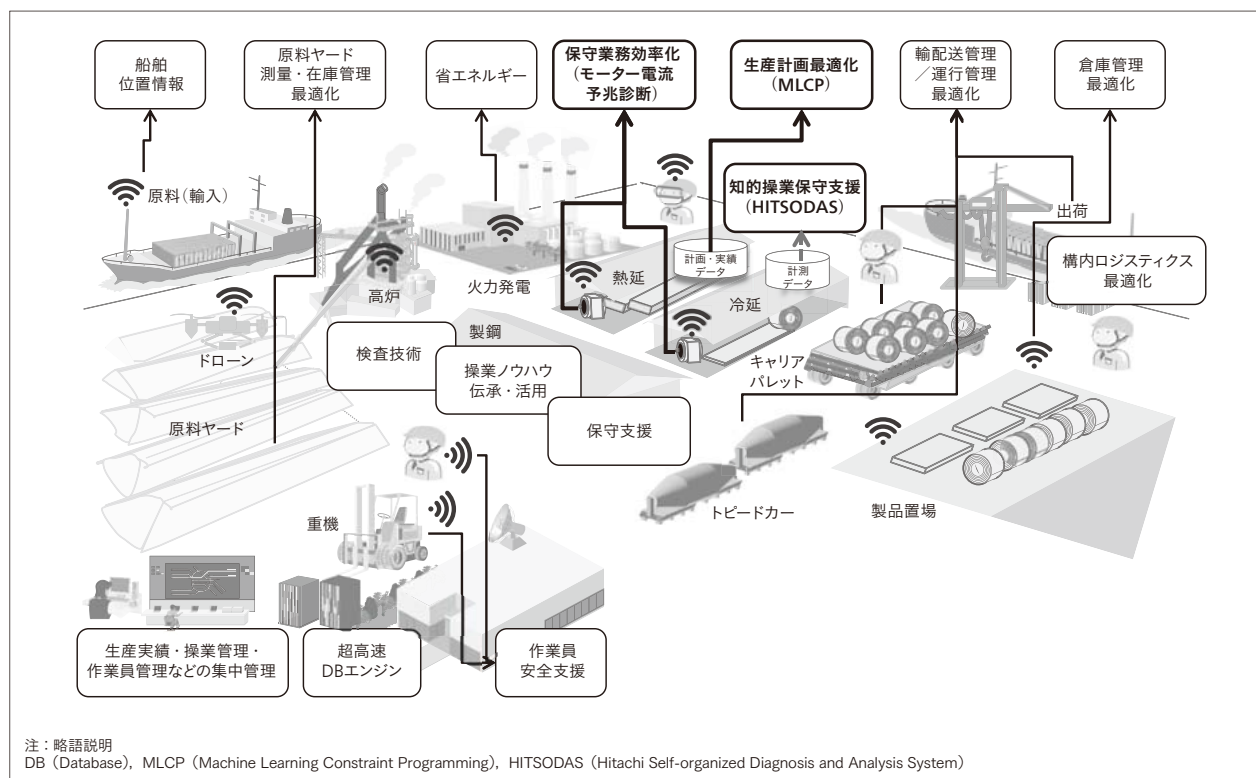
リ秒という高速制御システムの膨大なデータを分析することで品質や歩留まり改善につなげる「知的操業保守支援 (HITSODAS : Hitachi Self-organized Diagnosis and Analysis System)」, 既存のモータ電流信号に日立特許のアルゴリズムを適用し、予兆診断することでモータ保守業務効率化につなげる「保守業務効率化 (モーター電流予兆診断)」の三つのソリューションについて紹介する (図1参照)。

2. MLCPを用いた生産計画最適化

鉄鋼業界においては、限られた熟練者しか生産計画を作成できない、いわゆる計画業務の属人化が課題となっている。さらに、計画業務は難易度が高く従来の手法ではシステム化が困難である。これに対し、日立ではHitachi AI Technology/MLCP (以下、「MLCP」と記

図1 製鉄所の全体像

左側の原料船による搬入から右側の出荷まで工程順に設備が並んでおり、工程ごとに日立が提供できるソリューションを記載した。特に、日立が注力していく分野を太枠で示す。



す。)を用いた課題の解決を試みている。

まず、計画業務の属人化の原因として、主に以下の3点が挙げられる。

(1) 計画作成の難易度が高い。

設備による制約の他に、材料、納期、顧客ごとに異なる要求など、数十種類もの条件を考慮しなければならない。すべての条件が満たせない場合もあり、意図的に条件を緩和しつつ一定の質を保つよう計画を作成する必要がある。

(2) 計画の調整頻度が高い。

オーダーの変更や設備不良が日々発生し、その都度計画を修正しなければならない。計画の質を落とさずに短時間で修正するには、熟練者の経験に基づく判断が求められる。

(3) ノウハウが明文化できない。

受注生産であるため、鋼種やサイズが多様でバリエーションが複雑である。そのため明文化が難しい。熟練者のノウハウも生産品種や設備の更新とともに変わるため維持更新が難しい。

このような課題に対し、日立はビッグデータ解析技術により熟練者の生産計画を再現し、最適化した計画を即座に立案可能とするMLCPによる計画業務のシステム化に取り組んでいる(図2参照)。

本システムの主な特長は、以下のとおりである。

(1) 制約インタプリタ

熟練者が立案した計画データを解析し、熟練者のノウハウを学習して再現する。特に制約条件がすべて満たせない場合の条件緩和ノウハウを再現することで、熟練者のような柔軟な計画の立案が可能となる。また、システム導入後も継続して計画データを学習させ、熟練者のノウハウを更新し続ける。

(2) 数理最適化エンジン

複数の制約条件を満たし、かつ評価指標に基づいて最適な計画を導き出すことで、より高品質な計画立案が可能となる。

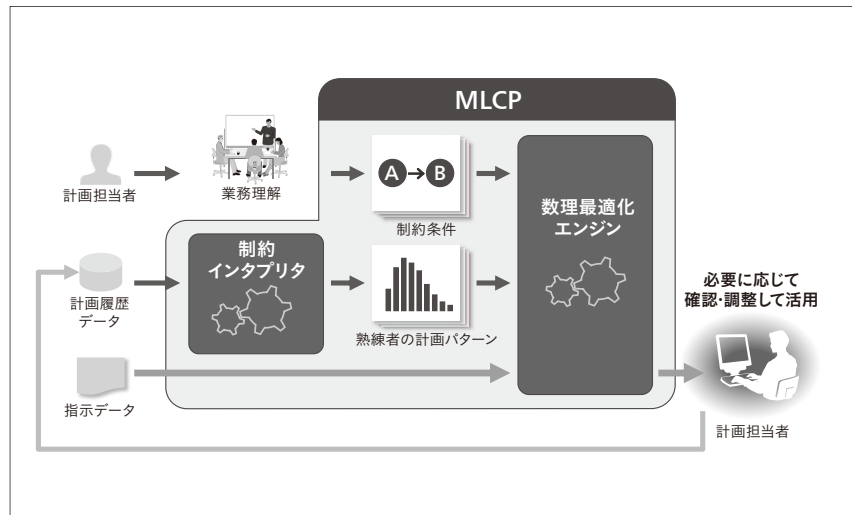
これらのITに加えて、OT (Operational Technology) 側制御システムから、操業データなどの必要な要素を取り入れることで、さらに精度の高い計画を作成することが期待できる。

このようにMLCPを導入することで、短時間で高品質な計画立案が可能となり、計画業務の属人化という課題の解決が期待できる。また高品質な計画は、生産効率の向上、渡し材使用やロール消耗の削減、製品の品質向上、安定した操業にもつながる。

今後は、OT側の制御システムの機能としてMLCPを組み込み、制御システムの機能の高度化を図っていく。

図2| 生産計画最適化サービス「Hitachi AI Technology/MLCP」の概念図

ビッグデータ解析技術で職人の計画を再現する。最適化した計画を即座に立案することが可能である。



3. 知的操業保守支援「HITSODAS」

鉄鋼プラントでは、製品鋼板の品質や歩留まり改善のために、板厚公差外れの縮減や板破断の防止、形状安定化などが求められる。これらの改善には要因分析が不可欠であるが、多様な鋼種、板厚、板幅を生産するため、人手による大量の時系列データの解析には膨大な時間を要するとともに、解析者のスキルによる結果のばらつきが課題となっていた。

これらの課題に対し、日立がこれまでに培ってきた豊富な知見を生かして、プラントから収集したデータの戦略的利用を目的とした知的操業保守支援システム「HITSODAS」を開発、提供している。

HITSODASはプラントからのデータ収集、データのグ

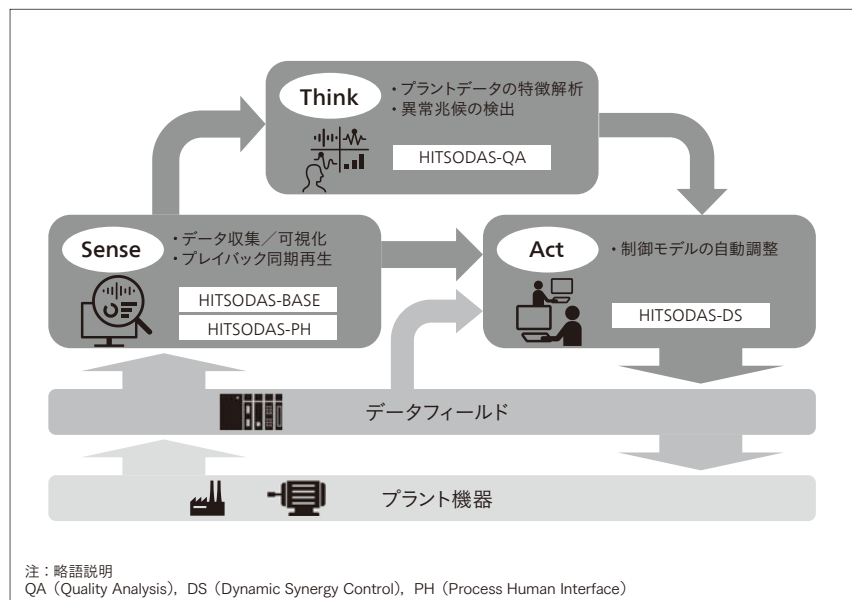
ラフ表示などをサポートした基本機能であるHITSODAS-BASEと三つの拡張機能であるHITSODAS-QA (Quality Analysis), HITSODAS-DS(Dynamic Synergy Control), HITSODAS-PH (Process Human Interface) により構成される。HITSODASの全体像とデータ活用の流れを図3に示す。

HITSODASによるデータ活用は、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システムの改善を効果的に行うことができる。

Senseの部分では、データフィールドのプラントデータの取り込みと見える化を行う。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HITSODAS-BASEで収集される。また、HITSODAS-PHはビデオカメラで撮影した動画の活用を可能とし、デー

図3| HITSODASにおけるデータ活用の流れ

鉄鋼製品の高品質化のため、プラント設備のデータを継続的に活用する機能を備えている。



注：略語説明
QA (Quality Analysis), DS (Dynamic Synergy Control), PH (Process Human Interface)

タと映像をプレイバック同期再生することで、生産上の課題をより多角的に検討できる。

Thinkの部分では、解析支援機能であるHITSODAS-QAのデータ解析ツールなどを用い、収集したデータから原因とその解決策を検討する。プラントから収集した信号を基に異常兆候を検出することで、製品の出来栄が悪いときにその原因となる部位を早期に特定することができる。

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。HITSODAS-DSはプラントから収集したデータを用いて制御モデルチューニングを効率的に行うことを目的とした機能を備えている。

日立は、グラフィカル機能と操作性を向上させた新しいHITSODASの提供を2019年より開始しており、HITSODASを活用した操業支援サービスとともに海外顧客を中心として導入実績を増やしている。

4. モーター電流予兆診断を通じた保守業務効率化

さまざまな分野のプラントの運転を支えるモーター関連設備は、機器トラブルによる設備の計画外停止や保守・点検コスト増加といった課題を抱えている。これらの課題に対応するため、電流データを基にAIを活用してモーターの劣化や異常などを自動的に検知・可視化するモーター電流予兆診断ソリューションの提供を開始した。

このソリューションでは、日立の培ってきたモーターの製造・メンテナンスの知見を生かし、OTの知見と独自のAIによる解析技術を取り入れた予兆診断技術を用いている。モーター関連設備が劣化すると、モーターにかかる負

荷が変わるため、モーター電流の挙動が変化する。この微小なモーター電流挙動の変化から対象機器の劣化状態を表す特徴量を抽出し、AIの一種である独自開発の機械学習により、与えられたデータからモーターの異常を見つけ出すことで、高精度な故障予兆診断を行う（図4参照）。

- 本ソリューションの主な特長は以下のとおりである。
- (1) リモートで点検・診断ができるため、モーターの点検作業をより安全な環境で実施可能である。
 - (2) 多数のモーターの監視・分析・診断を集約するため、保守業務の省力化とコスト低減を実現できる。
 - (3) モーターごとの状態を可視化するため、モーターごとにメンテナンスの優先順位を判断できる。
 - (4) 作業員の感覚や経験則に頼っていた診断を標準化し、熟練作業員不足の補完が可能である。
 - (5) モーターメーカーとしての物理的な知見を生かした特徴量の抽出により、高感度な診断を追求する。

予兆診断で使用するセンサーは、ケーブルを挟むクランプ式の電流センサーを採用することで設置が容易になり、電気室に設置された制御盤内部に集約できる。これにより従来のモーターに直接センサーを取り付ける場合と比較し、センサーメンテナンスのために現場を回る負担が軽減できる。

また、AIを活用した予兆診断アルゴリズムによって電流データを分析し、個々のモーターの劣化状態を可視化し、劣化の兆候を把握できる。修理・交換が必要な対象のモーターだけをメンテナンスすることで、突発的な設備停止の防止や、メンテナンスの負担軽減に貢献する。

現状ではサービス対象は交流モーターのみだが、直流モーターへの対応も進め、また、モーターに接続されたギアボックスや、さらにその先に接続された各種装置・設備

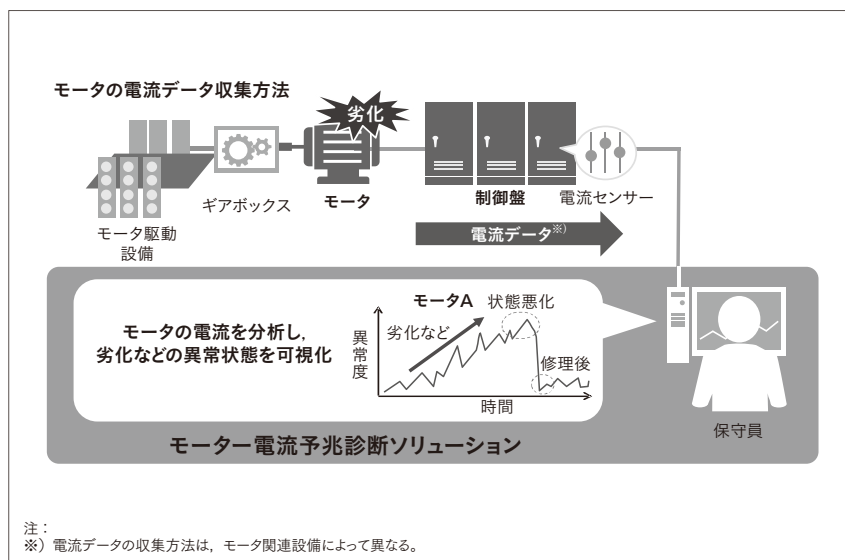


図4 | モーター電流予兆診断ソリューションの概要

モーター電流予兆診断ソリューションとは、モーターの電流データを日立の特許技術である予兆診断アルゴリズムで分析することで、モーターの異常を診断する技術である。

の状態まで可視化・診断できる発展型ソリューションの開発にも取り組んでいる。

本サービスにより作業員の負担軽減のみならず、保全業務の効率化を実現し、プラントの安全・安定操業を支援していく。

5. おわりに

本稿では、鉄鋼生産バリューチェーンの高度化に資する数あるソリューションのうち、一部を紹介した。日立は今後も、変化し続ける顧客の課題に対し、OTとITの知見を結集・融合させ、総合力を生かしたソリューションを提案し、顧客に価値を提供し続けていく。

参考文献

- 1) 鹿山昌宏, 外: 鉄鋼プラント解析システムの開発: データのハンドリングとこれを用いた制御・診断, 電気学会研究会資料, MID, 金属産業研究会, Vol.22, pp.7~11 (1999.10)
- 2) 栗林健, 外: IoT時代における鉄鋼制御システムの進展, 日立評論, 98, 3, 180~183 (2016.3)

執筆者紹介



伊東 努

日立製作所 産業・流通ビジネスユニット
デジタルソリューション事業統括本部
ソリューション&サービス事業部 産業製造ソリューション本部
電機ソリューション計画部 所属
現在, 鉄鋼向けデジタルソリューションの拡販・展開に従事



曹 哲

日立製作所 産業・流通ビジネスユニット
デジタルソリューション事業統括本部
ソリューション&サービス事業部 産業製造ソリューション本部
産業ITソリューション部 所属
現在, デジタルソリューションの拡販・展開に従事



前川 健志

日立製作所 サービス&プラットフォームビジネスユニット
制御プラットフォーム統括本部
社会・インダストリー制御システム本部
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ソリューション開発に従事



築前田 直也

日立製作所 産業・流通ビジネスユニット
デジタルソリューション事業統括本部
ソリューション&サービス事業部 産業製造ソリューション本部
電機ソリューション計画部 所属
現在, 鉄鋼向けデジタルソリューションの拡販・展開に従事



齊藤 拓

日立製作所 社会イノベーション事業推進本部
事業創生推進本部 事業開発本部
スマートインダストリー開発部 所属
現在, 鉄鋼向けデジタルソリューションの拡販・展開に従事