

スマートファクトリー（操業自動化）

Factory Smartification: Automated and Remote Manufacturing Operations

中山 寛人*
Hiroto NAKAYAMA

赤木 俊夫
Toshio AKAGI

井上 雅貴
Masataka INOUE

坂井 康太郎
Kohtaroh SAKAI

竹島 将太
Shota TAKESHIMA

抄 録

日本製鉄(株)は、生産・販売・物流・整備・購買・収益管理など様々な分野において、1960年代から積極的にICTを取り入れており、“省力化・効率化”“自動化”“最適化”を進めてきた。従来の自社での取り組みに加えて、近年の協調領域の様々なデジタル技術を積極的に活用していくことで、ノウハウ等の暗黙知を含む日本製鉄固有技術の形式知化・標準化を加速させ、自動化や予兆検知等による更なる労働生産性向上、生産安定化が期待される。本稿では、画像処理やモデリング技術等を駆使した重機操業自動化と、鉄鋼現場における操業支援技術の適用事例について詳述する。

Abstract

Nippon Steel Corporation has been actively incorporating ICT since the 1960s in various fields such as production, sales, logistics, maintenance, purchasing, and profit management, and has promoted efficient production, automation, and optimization. In addition, we expect to further accelerate the formalization and standardization of our proprietary technologies, including expertise and tacit knowledge by actively utilizing recent various digital technologies in the cooperative area. We also aim to improve labor productivity and stabilize production by utilizing the latest automation and predictive detection technologies. In this paper, we describe in detail the operation support technologies and their application examples at steel worksites, such as automation of heavy equipment operation using image processing and data modeling technology.

1. 緒 言

従来人が目視により、判断・操業操作してきたものを、近年の画像処理技術や人工知能技術及び高速かつ安定的に通信できる通信インフラを活用することでスマート化(操業自動化/遠隔化)する開発を進めている。本稿では、製鉄熟練作業員の操業実績を解析し可視化する取り組みや、遠隔地から操業操作する取り組みの具体的事例を紹介する。

2. 製鉄現場の重機操業における効率的な技術伝承

鉄鋼業においても、少子高齢化に伴う人手不足や製造現場での技能伝承が課題となっており、日本製鉄(株)では産業基盤のDXによる“遠隔化・自動化”を推進している。製鉄現場の重機操業における効率的な技能伝承を目的に、

熟練作業員の作業状況可視化の取り組みを、AIを活用した様々なイノベーションを提供する(株)エクサウィザーズと共同で行っており、その事例を紹介する。

製鉄製造現場では、溶けた鉄の成分、品位調整をする際に発生するスラグを分離する作業を重機操作にて実施している。この作業は、1000℃を超える高温溶融物を扱う作業となるため、作業員は現場に設置したカメラで状況を確認しながら、重機を用いて遠隔操作で作業を実施している(図1)。スラグ分離作業では、高温溶融物の状況が変化する中で、作業員の知識・経験に基づく判断が重要であり、効率的に技能伝承を進めるためには実作業の指標化や熟練作業員のスキル・ノウハウを形式知化することが必要となる。

そこで、現場にある重機の操業位置・速度等のセンサーデータ、スラグ分離作業の状況、溶融物の状態等の動画データ、処理日時、作業員情報等の操業情報を連携する

* 設備・保全技術センター システム制御技術部 電気エンジニアリング室 電気第二課長 千葉県富津市新富 20-1 〒293-8511

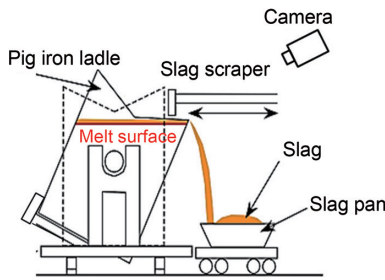


図1 製鉄プロセスにおけるスラグ分離作業イメージ
Outline of slag separation task in steel making process

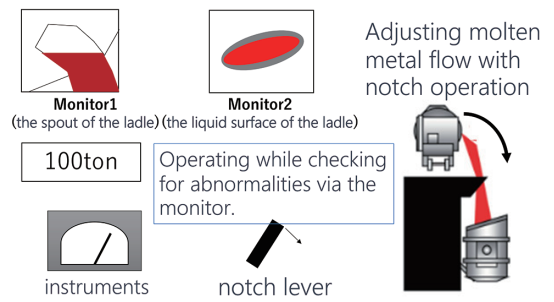


図3 TPC 溶銑払い出し操業の概要
Overview of operations

Behavior unexplainable by a single sensor can be understood using multiple sensors.

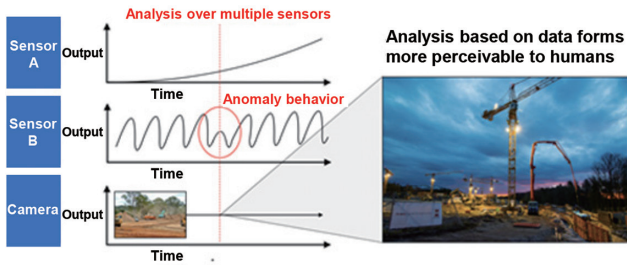


図2 熟練作業の傾向性把握の流れ（画像はイメージ）
Outline of understanding operation of experts using multiple forms of data

データ解析基盤を構築した。

作業者の熟練度合いを解析することで、勤続10年以上の熟練作業者が持つ操業技術を可視化できるため（図2）、新人作業者でも同等の操業が行えるような作業支援が可能となる。本取り組みにより、熟練度合いに関わらず、作業の均質性を保てることが期待される。

3. AIモデリングによる暗黙知の定量化

日本製鉄では、“データとデジタル技術を駆使して事業競争力を強化する”ことを目的に、ものづくりのスマート化、“つくる力”の革新的進化を目標の一つに掲げている。システム制御技術部では、AI・IoT等のデジタル技術の高度利活用によるものづくりのスマート化を、外部企業と連携しながら効率的に推進することを指向しており、TPC溶銑払い出し操業の自動化をテーマに推進している。

TPC溶銑払い出し操業は、製鋼工程において溶けた鉄銑をトービードカー（TPC）から溶銑鍋に移し替える作業であり、作業者は、TPCの傾転角を操作することで、溶銑鍋の重量が狙い値を超えないように溶銑を払い出している（図3）。

本操業に対し、日本製鉄はAIスタートアップ企業と協働し、作業者が持つ暗黙知の定量化やAIモデリングに取り組んだ。取り組みにはプロセス視点での解釈や分類が不可欠であることから、日本製鉄－AIスタートアップ企業間で定期的な対話を実施し、都度、操業する作業者の知見と合致するかをすり合わせすることでモデル開発完遂を果た

した。開発したモデルのシステム実装に当たっては、鉄鋼でのシステムエンジニアリングのノウハウが不可欠であることから、AIスタートアップ企業との協働に加え、日本製鉄内での直協連携による効率的な推進を重点に置いた。

4. クレーン遠隔操作化

少子高齢化に伴う将来の労働力不足に備え、日本製鉄では作業の省力化技術の開発を行ってきた。クレーン操作の自動化・遠隔化技術もそのアイテムであり、従来から実機化検討が行われ、導入されてきた。しかしながら、案件毎に仕様を決定し特注品を使用してきたことから、費用ネックにより、展開が進まないという問題があった。今回のクレーン遠隔化開発は、市販品を活用してシステム構築に必要な費用を安価に抑えつつ、遠隔化に必要な機能を構築することを目指す取り組みである。

まず、クレーン遠隔操作とはクレーンに乗らず、あるいはクレーンに帯同しないで、クレーンの動作する場所とは別の場所で運転、操作することである。遠隔操作で省力化を実現するには、従来作業者が直接現地で行ってきた操業を、現場から離れた運転室にて一人で複数のクレーンを操作する操業へと改革することが必要になる（図4）。

遠隔操業への改革には、作業者が従来感覚的に得ていた情報をカメラ映像で提供可能であること、通信遅延が問題とならないようにすることが求められる。ニーズの実現に当たり、それぞれ次の課題があるため、解決を試みた。

- 課題1. クレーンに設置するカメラ台数・配置の最適化
- 課題2. 映像・操作遅延の影響評価

課題1に関して、現場の要求を整理し（図5）、必要な視野を確保可能なカメラ台数・配置を試験した結果、計5台のカメラと特定の追加情報を用いれば良いことを明らかにした。

課題2に関して、クレーンと作業者の組み合わせを変えて遅延による操業影響を評価した（図6）。結果、クレーンの種類と作業者の経験に依らず、映像・操作遅延を特定の時間内に抑えることができれば、遠隔操業が成り立つことを明らかにした。

2点の課題が解消されたことで基本開発を完了している。

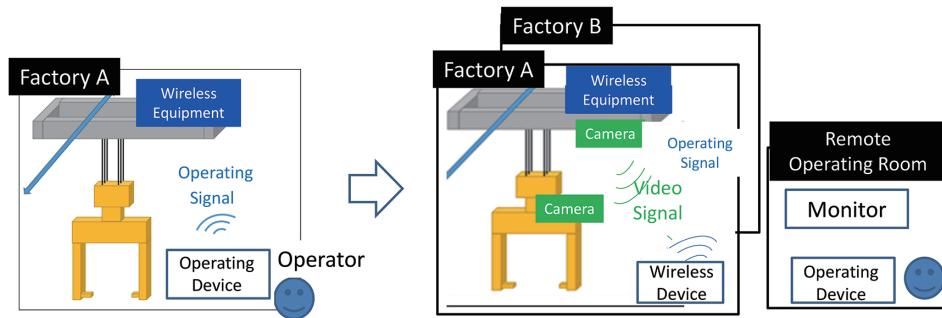


図4 クレーン遠隔化概要
Outline of crane remote control system

Requirements	
① Better View	Riding on Real Crane
② Bird's Eye View	from Directly Above
③ Grab and Let Go	Coils Safely
④ Confirmation of Coil's	Land Clearing and Implantation

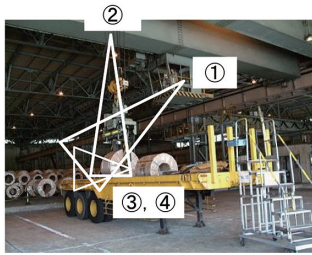


図5 現場からの要求
Requirements from user



図6 試験の様子
Image of experiment

現在は実機化に向けて、耐久性評価、習熟による作業効率向上に向けた操作試験を継続中である。

5. 結 言

近年の画像処理技術や人工知能技術を用い、かつそれら

の技術に長ける外部企業と連携しながら、従来の操業をスマート化した事例について紹介した。今後もこれらの取り組みを推し進めていくことで、熟練作業者のノウハウ形式知化や省力化・自動化の実現を加速させていく。



中山寛人 Hiroto NAKAYAMA
設備・保全技術センター
システム制御技術部 電気エンジニアリング室
電気第二課長
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



坂井康太郎 Kohtaroh SAKAI
設備・保全技術センター
システム制御技術部 システム制御技術室
制御開発課



赤木俊夫 Toshio AKAGI
インテリジェントアルゴリズム研究センター
主席研究員
(現 日鉄テックスエンジ(株) 電計事業本部
開発企画部 部長)



竹島将太 Shota TAKESHIMA
デジタル改革推進部 主幹



井上雅貴 Masataka INOUE
設備・保全技術センター
システム制御技術部 システム制御技術室
制御開発課 主幹