

JFE スチールの DX 技術の発展と今後の展望

The Development and Future Prospects of Digital Transformation Technology in JFE Steel

山口 収 YAMAGUCHI Osamu JFE スチール DX 戦略本部 DX 企画部 グループリーダー
松井 穰 MATSUI Yutaka JFE スチール DX 戦略本部 DX 企画部 グループリーダー
福井 隆之 FUKUI Takayuki JFE スチール DX 戦略本部 DX 企画部 グループリーダー
【現 棒線事業部 仙台製造所 設備部 主査】

要旨

JFE スチールでは、これまで基幹システムのオープン化、インテリジェント製鉄所の実現に向けた製鉄プロセスのサイバーフィジカルシステム/ロボティクス・自動化技術の導入を進めてきた。本稿ではその振り返りと、さらに DX を加速させるための CPS プラットフォームやロボティクス技術について解説する。

Abstract:

In JFE Steel, the open transformation of our core systems and the introduction of cyber-physical systems, robotics, and automation technologies in the steelmaking process have been advanced to realize an intelligent steelworks. This paper reviews these efforts and explains the CPS platform and robotics technologies aimed at further accelerating digital transformation (DX).

1. はじめに

2010 年代にドイツで第四次産業革命である Industrie4.0、日本においては Society 5.0 が叫ばれて久しく、近年では、デジタルトランスフォーメーション (Digital Transformation, 以下 DX) というキーワードのもと、ビジネスの変革を目的にデータ活用、操業・作業の自動化が推進されている。技術的には、LLM (Large Language Model) を活用した生成 AI やロボティクスの発達も目覚ましい。ラスベガスで開催された CES2026 では、人間同様に自律的に判断し業務を代行する Agentic AI や、自動運転・ロボティクスへの AI 活用の事例が紹介されており、近未来において会社の業務全体の自動化を実現する技術開発が進んでいるようである。

本稿は、DX 特集号の総論という位置づけで、前回のデータサイエンス特集号¹⁾以降の JFE スチールにおける DX 推進のための施策を紹介するものである。

2. DX 技術を取り巻く潮流と技術動向

当社は、広範囲な事業領域で長年蓄積された操業データ・ノウハウと他社に先駆けてオープン化された基幹システムで DX を推進し、生産/業務プロセス革新により強靱な収益基盤を構築することを目標に掲げている。DX を推進するため

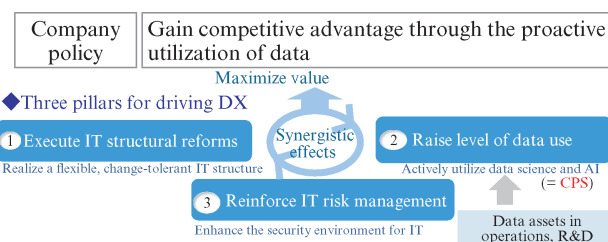


図 1 JFE スチールの DX 推進戦略

Fig. 1 DX strategy of JFE Steel

には、1) IT 構造改革の断行、2) データ活用レベルの高度化、3) IT リスク管理強化の 3 つの柱が重要である (図 1)。

1) については、すでにオープン化が完了している仙台製造所、知多製造所に続き、2025 年 2 月に西日本製鉄所 (倉敷地区)、2025 年 8 月に東日本製鉄所 (京浜地区) がオープン環境へ完全移行した。さらに西日本製鉄所 (福山地区)、東日本製鉄所 (千葉地区) のシステム刷新を含め、2025 年度末までに全製鉄所・製造所の基幹システム約 2 億 STEP のオープン化が完了し、経産省が警鐘をならした「2025 年の壁」問題を克服したといえる。オープン環境への移行には現行システムの一時的な停止が伴うため、製鉄、製鋼、圧延などの各工程での長時間停止を避け、限られた時間内での本番環境への移行が必要である。各製鉄所・製造所の全面協力のもと、JFE システムズを含めたプロジェクトメンバー全員が一丸となり、短時間の工場計画休止で各地区の移行を完遂した。

2) のデータ活用に関しては、2010 年代より、生産プロセス分野において、インテリジェント製鉄所の実現を掲げて、データサイエンス技術の活用を進めており、近年大きく発展した生成 AI の活用も進めている。

3) の IT リスク管理に関して、2021 年に専門組織であるサイバーセキュリティ統括部を設立し、従来の情報セキュリティに加えて、事業所の OT セキュリティ、さらにグループ会社を含めた横断的なセキュリティ対策を牽引している。またセキュリティ・バイ・デザインに基づく DX 推進を加速させるため 2024 年 4 月には JFE スチール傘下に「JFE サイバーセキュリティ&ソリューションズ」を設立し、セキュリティ監視体制の強化と合わせて、外部に依存しない自立した高度セキュリティ人材の獲得・育成を通じて、JFE グループ傘下の会社約 300 社を対象としたサプライチェーン全体のセキュリティを一層強化している。

本特集号では、上記のうち、2) のデータ活用とロボティクスにフォーカスして技術・事例を紹介する。データ活用の面では、JFE スチールが目指しているインテリジェント製鉄所のコアとなる各プロセスのサイバーフィジカルシステム (Cyber-Physical System 以下、CPS) をより活用しやすくするためのプラットフォームを紹介する。また、インテリジェント製鉄所の一翼を担うロボティクス技術について、ロボットの分類と製鉄所内でのニーズ、JFE スチールで独自開発したロボットの概要を説明する。さらに DX の推進に不可欠な高度 DX 人材の育成について紹介する。

3. J-DNexus[®]による DX

3.1 サイバーフィジカルシステムとクラウドの融合

JFE スチールでは 2017 年頃からデータサイエンスの活用による鉄鋼プロセスの高度化を推進してきた。特にサイバーフィジカルシステム (CPS) という概念に着目し、高炉の見える化をはじめとする多様な CPS を生産プロセスへ適用してきた。CPS は物理的な世界 (フィジカル) と情報世界 (サイバー) を高度に融合させることで、最適な制御および意思決定を実現するシステムである。

CPS では、センサや IoT デバイスを用いて現場の状態を把握し、その情報をデータ基盤等に集約し、集約されたデータを用いて AI や数理モデルによる解析・予測・最適化を行う (図 2)。これにより、生産設備の高度な制御技術の実現はもちろんのこと、従来は人手や経験に依存していた現場の運用、品質管理、設備保全等の業務が、データ駆動型の業務に進化する。

近年、クラウド技術の著しい進歩が、CPS の実装および運用をさらに加速させている。クラウドは、インターネットを介してサーバーやストレージ等の IT リソースを必要な時に必要なだけ利用可能とするサービス形態であり、従来のオンプレミス型システム (ローカルに設置するシステム) と比

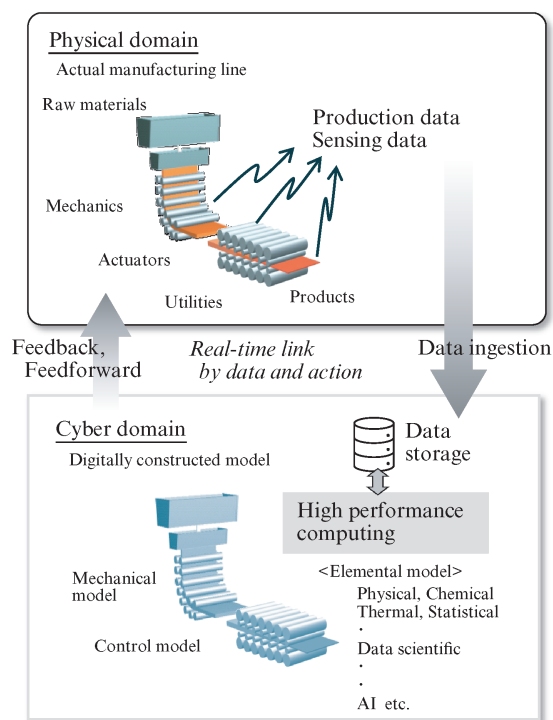


図 2 サイバーフィジカルシステム

Fig. 2 Cyber-Physical System

較して、柔軟なリソース拡張、運用負荷の軽減等、多くの利点を有する。このクラウドは、膨大なデータのリアルタイム集約や高度なデータサイエンスによる解析を可能とし、柔軟かつ拡張性高い情報基盤として十分に機能するまでに進化しており、DX を支える基盤として、その重要性が高まっている。JFE スチールにおいても、CPS の加速を目的として「J-DNexus[®]」を構築した。J-DNexus はクラウドによるデータ統合および CPS の開発と実行のためのプラットフォームであり、生産設備や製品に係る時系列データを統合し、クラウド上で CPS の開発・実行を一元的に行うことができる。第 2 節で J-DNexus の概要、第 3 節で J-DNexus を用いた DX を紹介する。

3.2 J-DNexus[®]の概要

CPS の加速的な展開を目的として、クラウドベースのデータ統合・CPS 開発実行プラットフォーム「J-DNexus」を構築し、2024 年 9 月より運用を開始した (図 3)。J-DNexus は、製鉄所・製造所における操業データや生産実績、品質データ等を一元的に集約する。さらに、製造の上流から下流までのプロセスを一貫してデータを紐づけできる仕組みを持つ。これにより、従来は各所に分散していたデータの収集・統合作業が大幅に効率化され、CPS 開発の基盤が強化された。

また、本プラットフォームは、クラウド上でのデータ解析やソフトウェア開発を可能とし、開発した CPS を遠隔地の製造設備に対して迅速に実装・フィードバックする機能を備

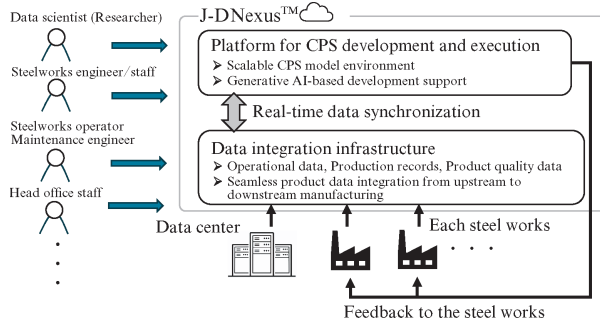


図3 J-DNexus®の構成

Fig. 3 Structure of J-DNexus™

える。これらの特長により、開発から実装までのリードタイム短縮と、CPS 開発プロセス全体の効率化が実現する。

3.3 J-DNexus®がもたらす CPS 開発・データ解析のパラダイムシフト

J-DNexus の導入は、JFE スチールにおける DX 推進の中核的役割を担う。従来、CPS 開発は現場ごとにデータ収集やチューニング作業が必要であり、開発効率やリードタイムに大きな制約があった。例えば、操業データは複数のシステムや現場に散在しており、開発者は人手によりデータを収集する必要があった。場合によっては、開発者が現地に出向き、直接データを取得することも少なくなかった。CPS 実装後のチューニングなども現場で実施するため、これが開発リードタイムの長期化につながり、また開発者の負担も大きかった。

操業データと開発環境への統合的アクセスを実現したことで、現場依存型の開発体制から、クラウドを活用した柔軟かつ効率的な開発・運用体制へ転換し、開発者は場所や時間に依存せず、遠隔からデータ収集・解析・モデル更新を行えるようになった。さらに、AI によるコーディング支援機能を活用することで、プログラミングの専門知識がなくともインタラクティブなデータ解析や CPS 開発が可能となり、開発プロセスの柔軟性と生産性が飛躍的に向上した。

J-DNexus の導入により、データ解析および CPS 開発プロセスは抜本的に変革した。今後も生産性向上に貢献できるように本プラットフォームをアップデートしていく計画である。

4. ロボティクス技術

4.1 ロボティクスの技術トレンドとニーズ

ロボットを形態で分類すると、作業に寄与する腕に相当する「マニピュレータ型」、移動することで作業目的を果たす「移動型」、人の形態と機能を模した「ヒューマノイド型」に大別される²⁾。これらのうち「ヒューマノイド型」は産業分野ではまだ適用が模索されている段階であり、産業活用

表1 可能になった技術と JFE グループのニーズ

Table 1 Technologies that became possible and JFE's needs

		Technologies that became possible	
		Intelligent manipulator robots using vision and force sensors	Autonomous mobile robot that recognizes surrounding environment using sensors
Needs	To a wide variety of targets automate tasks that require individual attention	- Automatic steel pipe grinding robot - Automatic tightening robot for high strength bolt	
	Automating tasks that require movement		- Automatic dust cleaning robot - Thick plate self-propelled ultrasonic flaw detection robot

されているロボットはおおむね「マニピュレータ型」「移動型」の二種類である。これら二種類の技術トレンドとそれに関わる JFE グループのニーズについて以下に述べる。

「マニピュレータ型」は 2000 年代から、視覚センサ、力感センサを活用した知能化が進んできた²⁾。それまでの「マニピュレータ型」は、作業対象の種類が少なく、その位置が正確に決められていることを前提としていたが、視覚センサを設けることで、多少の位置ずれがあっても作業が可能となり、多種多様な材料にも対応できるようになった。また、力覚センサで作業時の負荷力を監視することにより、ロボットの作業品質も確保できるようになってきた。

JFE グループではこれらの技術を活用して、従来人が個別に判断して実行してきた、多種・多様な作業の自動化を実現し、労働生産性、安全性、働きやすさの向上を図ってきた。この実例が表 1 に示す、「鋼管自動研削ロボット」³⁾と「高力ボルトの自動締め付けロボット」⁴⁾であり、次節で概要を紹介する。

「移動型」については、2010 年台後半には、画像処理やレーザースキャンにより周囲環境を認識し、地図情報を作成しながら自由に移動する自律移動型が登場してきた²⁾。従来の技術は磁気テープなどの誘導体を床面に設置してこれに沿って移動する有軌道移動方式であったが、これでは誘導体を設置する手間がかかることや、柔軟に経路を設定することができないという問題があった。自律移動型はこれらの問題を解決できる。

JFE グループではこの自律移動型の技術を用い、移動が必要な作業について自動化し、労働生産性、安全性、働きやすさの向上を図ってきた。

この実例が表 1 に示す、「厚板自走式超音波探傷ロボット」⁵⁾と「自走式清掃ロボット」⁶⁾であり、次節で概要を紹介

する。

4.2 主要なロボティクス開発事例

4.2.1 センサを活用したマニピュレータ型ロボット

JFE グループで、視覚センサや力覚センサを用いて知能化された「マニピュレータ型」ロボット技術を活用し、多種・多様な作業の自動化を図ってきたのは先述のとおりである。

一つ目の事例として、鋼管自動研削ロボットがある。これは視覚センサであるカメラを用いて、鋼管の3次元形状測定と、研削対象である不良部位の自動検出により、ロボットの目標動作を生成し、鋼管の研削工程の自動化を図ったものである。鋼管の研削の場合、その対象は多種多様な寸法かつ作業位置や不良部位もさまざまであり、自動化の大きな課題であったが、視覚センサを用いることで、これらの課題を解決した。力覚センサを用いて研削圧力や研削中の速度などの動作を適切に制御することにより、研削断面形状の平滑化、研削量の自動調節も可能となった。

従来は人手でグラインダー研削作業を行っており、高速回転するディスク状の砥石と人が接近する安全面のリスクが比較的高い作業であったが、このシステムにより危険なグラインダー研削作業を削減でき、研削の作業時間を従来の人手よりも約6割削減する効率化も実現している。

二つ目の事例は、JFE エンジニアリングで開発した、視覚センサによりボルト配置を自動把握し、自動でアタッチメントを取替連続施工できる、高力ボルトの自動締め付けロボットシステムである。ボルト AI 検査システムを活用した締め付け検査の自動化も同時に行うことで、従来比約40%省人化でき、併せて施工品質の向上、高所作業時間短縮による現場作業の安全化にも貢献するものとなっている。

4.2.2 自律移動型ロボット

製鉄所の人手作業には、移動しながらの作業であることから、自動化が難しいものが残っている。これに対応するため、JFE グループで自律移動型ロボットを開発、活用してきた。

この事例の一つとして、「厚板自走式超音波探傷ロボット」が挙げられる。本ロボットには、屋内型の高精度自己位置認識システムが採用されており、厚板上でロボットが移動するべき目標位置と自己位置の差分を認識することで、目標ルート上を自動で移動しながら超音波探傷できる。自動で移動することから、点検者は今までの無理な姿勢を長時間取り続ける作業から解放された。

また、探傷動作から合否判定に至るプロセスを自動化することで検査の信頼性を向上させるだけでなく、検査結果の自動保存機能により、トレーサビリティの向上、および品質トレンド管理の簡易化にも寄与するものである。

二つめの事例として、「自走式清掃ロボット GAZMASTAR[®]」がある。

製鉄プロセスの代表的な3K作業として、鉄鉱石や石炭などの塊や粉体を含む原料を扱う設備の、人手による清掃作業がある。設備周辺の狭い場所や低い場所での重筋作業となることも多く、粉じん環境にもなるなど作業負荷が大きいことから、自動化のニーズが強かった。

「自走式清掃ロボット GAZMASTAR」は、そのような清掃エリアの学習済みの障害物マップと測域センサからの現在値情報（マップ）を比較して自己位置推定を常時行い、清掃ルートに自動追従しながら塊や粉体などの堆積物を清掃するものである。

連続自動清掃を可能にするため、以下のような悪環境への対策等を実施している。

例えば、多量の粉体にタイヤがはまって動けなくなるスタックへの対策として、清掃の全体ルートを細かく分割し、各部分ルートの所要時間を監視して一定時間以上となったらスタック発生と判定、当該箇所をスキップし次ルートから清掃再開する異常処理機能を搭載している。さらにロボットのバッテリーが一定の値以下となったら充電スタンドまで自動帰還してワイヤレスで自動充電することで、連続自動清掃を可能としている。

5. DX 人材育成

JFE スチールでは、生産/業務プロセス革新を担う DX 人材の計画的な育成に注力している。2024 年度までは、実際の業務や製造プロセスを熟知する社員をリスクリングすることによって「データサイエンティスト」や「市民開発者」を育成してきた。2025 年度からは、デジタル技術を活用してビジネスの変革を提案できる「ビジネスイノベータ」、データを活用して生産プロセスの能率や製品歩留まりの向上、リスクの予測などにつなげる「データサイエンティスト」、RPA などを活用して業務効率化を実現する「デジタルデザイナー」の3人材を高度 DX 人材と再定義し、ステージ別に体系化した教育プログラムのもと、計画的に育成している（図4）。

2025 年度末での累計育成人数は、ビジネスイノベータ、データサイエンティスト、デジタルデザイナーの合計で831名である。2026 年度からは Microsoft Copilot や JFE スチールで独自に構築したセキュアな RAG 環境である ChatJFE+D などの生成 AI を活用する人材の育成も開始している。

全部門・社員がチャレンジする風土を醸成するため、年2回の頻度で全社横断の DX 成果発表会を開催している。生産プロセスの課題のみならず、本社や製鉄所の業務系の課題を解決した成果を、社長をはじめとする役員を含む約700名が聴講する中で発表するイベントである。製造プロセス分野、業務プロセス分野から合わせて10件が発表され、論理性、革新性、発展性などを基準に特に優秀と認められた発表に社長から表彰状が授与される。2017 年度から開始した

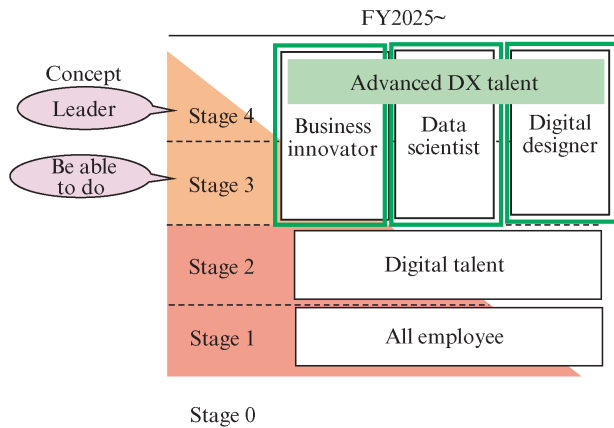


図 4 高度 DX 人材とステージ区分

Fig. 4 Advanced DX talent and stage

前身のデータサイエンス論文発表会から数えて、2026 年 7 月時点で累計 13 回開催され、DX に取り組むインセンティブとして重要な役割を果たしている。

6. おわりに

本稿では、JFE スチールにおける DX の進展とデータ活用基盤、ロボティクス技術、およびその推進を担う DX 人材育成について概説した。これらを活用し、2025 年度から始まった第 8 次中期経営計画において、生産および業務プロセスの革新を通じて強靱な収益基盤を構築していく。

参考文献

- 1) 風間彰, 河村和朗, 津田和呂, 杉岡真吾, 宮田淳. JFE スチールにおけるデータサイエンス活用の展開. JFE 技報. 2020, no. 45, p. 1-7.
- 2) 小平紀生. 産業用ロボット技術の系統化調査 (2024 年度版). 技術の系統化調査報告第 34 集. 2025, 国立科学博物館.
- 3) 渡邊拓, 角谷拓馬, 山下浩二, 石田匡平. 鋼管外面手入れの自動化に向けたティーチングレス研削ロボットシステムの開発と実機導入. JFE 技報. 2026, no. 58, p. 60-67.
- 4) 中野隆, 廣岡拓海, 柿市拓巳. 高力ボルト自動締付けシステム Cobolt™ の橋梁工事への実装. JFE 技報. 2026, no. 58, p. 80-85.
- 5) 山下浩二, 小林正樹, 館野純一. 設備点検・検査自動化のためのロボット自律走行制御. JFE 技報. 2019, no. 44, p. 34-38.
- 6) 高木勇輝, 佐々木成人, 小林正樹. 自動粉じん清掃ロボット「GAZMASTAR®」の開発. JFE 技報. 2026, no. 58, p. 68-73.