

進化を続ける 日本製鉄の“つくる力”

日本製鉄は2019年4月、データ解析・AI開発プラットフォーム「NS-DIG™(エヌエス・ディグ)」の運用を開始しました。自動車や船、橋、ビル、家電、エネルギー関連で使われるパイプなど、さまざまなニーズに応じた高品質な鉄鋼製品を、これからもよりタイムリーに安定供給するため、高度IT活用で日本製鉄の“つくる力”に磨きをかけています。

製鉄所はIT活用のパイオニア

製鉄所では鉄鉱石や石炭などの原料を世界各地から輸入し、高炉から転炉、連続铸造、圧延、焼鈍、表面処理など各工場でのプロセスを経て、数万種類もの鉄鋼製品をつくり分けています。鉄鋼製品は注文に基づいた受注生産で、大きな製鉄所になると注文は年間100万件にも達します。そのため多品種・小ロット生産に対応できる設備になっています。

製鉄所のさまざまな製造設備は、多くの制御装置やセンサーとそれに接続される多くの計算機によって動いています。計算機システムはプロセスコンピュータ(パソコン)とビジネスコンピュータ(ビジコン)で構成されています(図1)。まずビジコンは注文情報などに基づいて、生産計画を立て、操業や品質などの管理を行っています。パソコンはビジコンからの情報をもとに、圧延機などの製造設備をコントロールします。

鉄づくりは一見、ダイナミックでシンブルに映るかもしれませんが、そんなことはありません。鉄鉱石と石炭のような固形粒状のものが高炉で液体に変化し、連続铸造で再び固形の棒状になり、さらに圧延機などで大きさや形を変えていくという複雑な状態変化を伴います。そして、そこには品質管理や生産性などの観点で、緻密なコントロールが行われています。

現場では金属組織の状態や形状が時々刻々と変わっていくため、その変化をセンサーや画像などで捉え、オペレータが製造工程



図1 製鉄所の計算機システムの仕組み

の状況を監視するとともに、自動運転制御されている設備の運転管理を担います。制御装置はプロコンからの指示を受け、モーターやシリンダなどで多くの設備機器を動かしています。製造工程の状況は制御装置から電子信号でプロコンに伝えられ、さらに代表的なデータについてはビジコンまで伝えられます。伝えられた大量のデータは、必要な階層で、必要な状態で、それぞれ蓄積されていきます。その大量のデータをもとに、設備をコントロールするプロコン用の数式モデルを開発し、生産計画を立案するビジコンの計画ロジックを構築しています。

こうしたコンピュータによる24時間365日ノンストップの巨大オンラインシステムを、日本製鉄は世界に先駆けて1968年、君津製鉄所で実現しました。そして、お客様の納期情報をもとに生産管理を行うようなSCMシステムをいち早く構築するなど、IT活用のパイオニアとして、各製鉄所で半世紀にわたり進化し続けてきました。このようなシステムは、24時間連続操業に耐え得る信頼性、大きな重量物にもかかわらず、成分や温度、スピードなどを細かく管理する、精度の高さやレスポンスの速さ、大規模設備ゆえの大量情報処理が求められるとともに、製造工程の複雑さによる安定操業やつくり込みの難しさがあります。そのためこれらのシステムは自社で構築・運用してきました。製鉄所で培ってきた技術は、2001年に分社化した日鉄ソリューションズ(株)を通じて、製造、流通、金融、社会公共、通信など幅広い分野にも活かされています。

製鉄所のインテリジェント化 より難易度の高い鉄づくりの課題を解決する

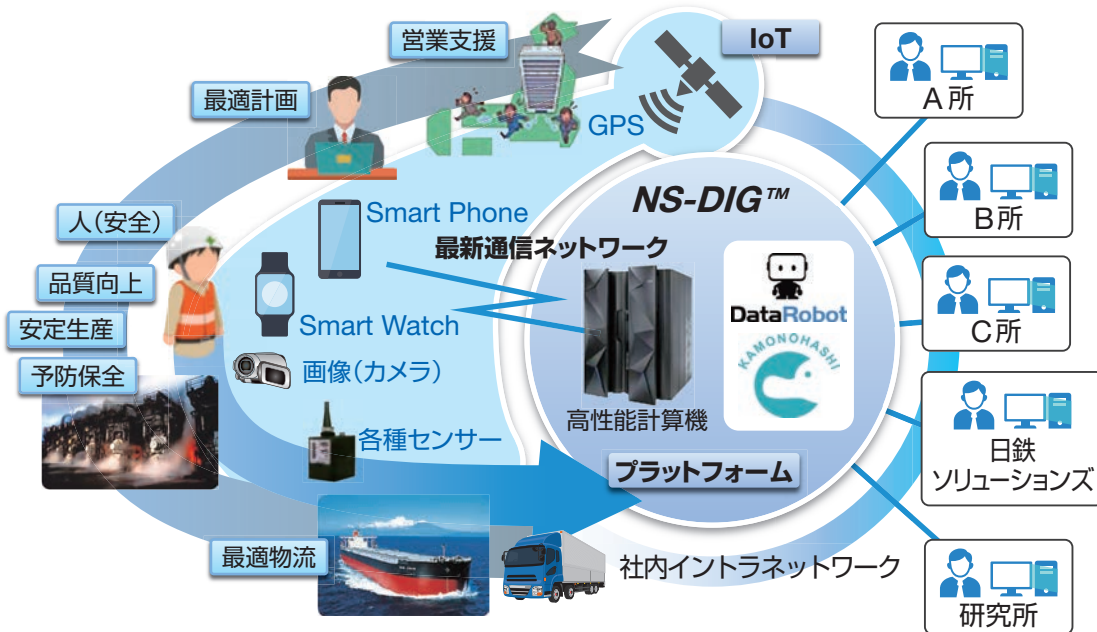


図2 日本製鉄の高度IT適用イメージとNS-DIG™

データ解析・AI開発プラットフォーム※1

NS-DIG™

社内ネットワーク内に製鉄所、本社、研究所のスタッフが連携できる全社横断のデータ解析・AI開発プラットフォームを構築。多種大量のデータをいつでも迅速に解析できるよう、高度な画像解析と深層学習(ディープラーニング)を可能にする高い計算能力を備えている。またAI開発を自動化するツールとして、DataRobot®※2やKAMONOHASHI®※3などを組み込み、データの準備・解析、AIの開発・評価までを一貫して実行できる環境となっている。大規模なAIの開発を効率的に行い、これをデータサイエンティストやスタッフが活用することで、製鉄所のインテリジェント化を進めていく。

高度ITの適用を推進

日本製鉄には全国12カ所に製鉄所があります。製造する製品や納品先が製鉄所ごとにそれぞれ異なっているため、これまで独自に選定したツールでデータ解析を行っていました。しかし多岐にわたる製品をより効率的・安定的に生産し、ジャストインタイムで納入するため、日鉄ソリューションズ(株)の高度ITを組み込んだデータ解析・AI開発プラットフォーム「NS-DIG™(エヌエス・ディグ)」図2の運用を2019年4月から開始しました。NS-DIGは多種大量のビッグデータをいつでも誰もが迅速に解析できるような、高度な画像解析と深層学習を可能にする高い計算能力を備えています。またAI開発のツールとして、AI自動化ツールのDataRobot®や、新たに採用した日鉄ソリューションズの画像解析、深層学習ツールのKAMONOHASHI®などを組み込み、データ準備からデータ解析、AI開発、評価まで一貫して可能なプラットフォームにしたことで、より効率的に大規模なAIの開発・適用を可能にしています。鉄づくりの課題に対して、これまでは各製鉄所で収集したデータを解析環境のある研究所へ業務依頼し、解析結果を現場が受け、何度かのやり取りを経て、ようやく現場に解決策を反映させていました。しかしNS-DIGは全社横断のデータ解析基盤を構築しているため、優れた知見や分析ノウハウの共有化によって、解析のリードタイムが削減できるとともに、組織として分析力が高まり、より難易度の高い鉄づくりの

課題解決につなげることが出来ます。

「日本製鉄の社員に対しては、より安全かつ高い生産性を確保すべく、高度ITを活用した働き方を推進しています。また製鉄所、本社、研究所の連携・強化によって、データサイエンティストがAIの開発を全面的にバックアップする体制も構築しています。さらにITリテラシー向上に向けて、2014年から高度ITの活用事例を紹介する全社大会や開発者間での技術開発の討論を行うコンソーシアムを開催し、18年度からはNS-DIGの環境を活かした社内機械学習コンテストも実施しています。全社員のITリテラシー向上の一步として、新入社員へのITリテラシー教育も19年度から開始するなど、人材育成にも取り組んでいます。スーパーコンピュータを使っても100年かかるような複雑で高度なビッグデータ解析も、NS-DIGを使いこなすことによって、例えば10分で最適解を導き出せるような世界を実現し、鉄づくりを革新していきたいと夢を描いています」(日本製鉄・中川義明部長)



日本製鉄(株) 業務プロセス改革推進部
中川 義明 部長

※1. プラットフォーム：基盤となるシステム環境。

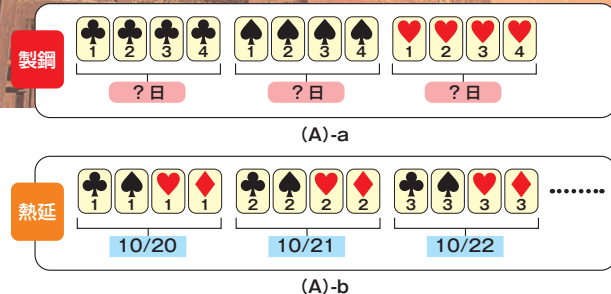
※2. DataRobot®：機械学習における解析やモデル作成を自動化。計算機科学や統計解析に関する高度なスキルを持たない人でも、ニーズに合った高精度な解析やモデル作成が簡単に利用できるようになる。DataRobot, Inc.の登録商標。

※3. KAMONOHASHI®：ディープラーニングを効率的に行うためのAI開発プラットフォーム。既存の汎用的モデルでは実現できない、高精度AI開発を支援する。日鉄ソリューションズ(株)の登録商標。

CASE 1

生産管理ITソリューション

A 課題



B 最適解の導き方

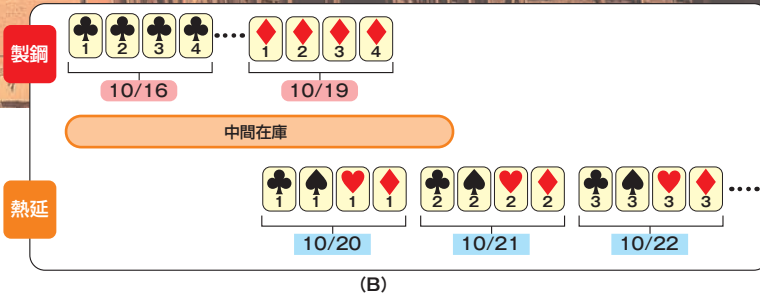


図3 製鋼・熱延2工程で製品をつくるときグループ分け例

A トランプに例えると、製鋼ではマークが同じものが同一品種と考え、(A)-aのような組み合わせで処理する必要がある。一方、熱延ではトランプの数字が同じものを同一ロット(連続処理できるグループ)として処理する必要がある。出荷日を見ると、熱延は(A)-bの月日に処理しなければならない。そのためには、製鋼はいつ処理しなければならないか。

B 製鋼と熱延の各工程は連続処理したほうが効率が良いので、(B)のように熱延で連続処理できるまで、製鋼が終わった中間在庫を置き場に保管することが考えられるが、すぐに置き場が満杯になるため現実的でない。そこで高度IT活用によって、出荷日を前提に多くの注文をうまく組み合わせ、(B)の熱延処理する半製品の連続性と置き場能力を考慮しながら、製鋼と熱延の最適なスケジュールの決定を可能にする。

ビッグデータ解析活用で競争力向上

ここからは高度IT活用により、日本製鉄の鉄づくりがどのように革新されようとしているのかをいくつかの事例を通して紹介していきます。まずは生産管理システムです。

鉄鋼業では原料が製品になるまでのリードタイムが長い。事前に商社から引き合い情報を得て、大まかな販売計画と生産計画を立案します。そのあと実際に注文が入るとオーダー処理を行い、あらかじめ決定していた月次の生産計画を見直し、注文の現品ならびに各工程での中間製品のグループ分けを行います。

ここで多くの計画を立案することになりますが、素材産業であるため、各工程で一度に処理できる量は上工程ほど大きく、注文が数トンの製品であっても、転炉では数百トンの中間製品をつくらなければなりません。そのため、計画は製品に近い製造プロセスの下工程から上工程に向けて組み立てていくことになります。

計画は最後に立案されますが、同一品種の製品をつくるうえでの最初のプロセスは、製品特性をつくり込む製鋼工程となります。

製鉄所では高炉で鉄鉱石とコークス※4を高温度で化学反応させ、鉄鉱石の酸素を効率よく取り除き、溶鉄がつくれます。溶鉄は炭素量が多くもろいため、転炉で炭素を取り除き、成分を調整し、加工しやすく粘り強い鋼をつくり出します。転炉では一般に数百トン単位で溶鉄を処理するため、注文を束ねて同一品質となるグループ分けを行っています(図3)。

「多品種の製品のグループ分けや作業順番

は、納期と生産性のどちらを優先にするのかなど、需給環境の変化や刻一刻と変化する操業状態を見て、ベテランの計画者が経験に基づいて決定しています。これまではベテランの計画者の頭のなかにある暗黙知※5化されたノウハウを、完全にシステムに置き換えることが大変難しかったのです。しかしNS-DIGの運用によって、ビッグデータ解析でベテラン計画者の考えるロジックを抽出し、形式知※6化を可能にしてくれると考えています。データ解析ノウハウの共有化が行われることで、技能伝承がスムーズに行われ、誰もが最適な生産計画を作成することができるようになります(日本製鉄・中川部長)

ディープラーニングで予兆検知

転炉でつくられた鋼は、連続鋳造機で一定の形のスラブにつくられると、圧延工程へ送られます。薄板鋼板の圧延工程では約1200℃に加熱した厚さ250ミリのスラブを、一直線に並んだ複数の圧延機で連続的に圧延し、最終的に1・2・25ミリ程度まで薄くしてコイル状に巻き取っていきます。最終スタンドでは高速で鋼板が走るダイナミックな光景が見られます。

圧延工程より下工程では、コイル状に巻き取られた鋼板を再び巻き戻しながら連続して処理する工程が多くなります。この連続処理では、鋼板を左右にブレることなく安定して処理するため、ITV(工業用テレビ)などにより通板状態を人の目によってモニタリングしています。鋼板が左右にブレると、最悪の場合、設備にぶつかり破断することがあります。これまでは

※4. コークス：石灰を蒸し焼きにして、炭素分の純度を高めた多孔質の固体。

※5. 暗黙知：言葉などで伝えることができない知識。

※6. 形式知：言葉などで説明できる知識。

CASE 2

品質管理ITソリューション

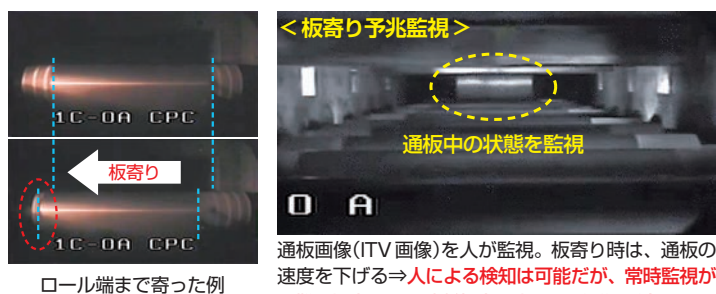


図4 鋼板の搬送状態のモニター

監視カメラで通板画像をオペレータが監視していました。しかし人による常時監視が困難という課題がありました(図4)。

そこで鋼板の搬送状況を撮影した動画を毎秒30枚の静止画に分解し、1枚ごとに異常の予兆有無のラベルを付けてA-に学習させ、将来の異常を3~5分前に検知できるように改善しました。ディープラーニングと呼ばれるAI技術を使った画像の予兆検知手法を取り入れた事例です。監視カメラが人の目の役割を果たして高度な画像解析を行い、人の判断をディープラーニングによってAIが担っています。鋼板の搬送モニタリングはオペレータと同じレベルで予兆保全の精度を向上させました。

IOX[®]※7で安全を守る

高度IT活用は生産プロセスだけでなく、鉄づくりの作業現場にも適用が進んでいます。その1つが現場作業員の安全性向上を目的とした安全見守りシステムの導入です。安全見守りシステムとは、製鉄所での現場作業員の位置や動態、作業環境を見守るシステムです(図5)。作業員は腕時計型の活動量計やスマートフォンなどの携帯端末を身に付けます。そこから送られてくる各種データをもとに、異常を早期に検知することで事故防止などにつながっていきます。例えばGPSで危険な場所に侵入していないかを確認したり、気圧計で高さを、加速度計で動く速さを把握し、落下事故の懸念もいち早く察知できます。また温度計や湿度計から暑さ指数を計算し、熱中症のリスクも予知できます。

さらにスマートフォンのカメラや、ヘルメットに着けたカメラを用いれば、若手作業員から送られた映像をもとに、離れた場所にいる熟練作業員が適切な指示を送ることもできます。もちろんカメラ付きの眼鏡型ディスプレイを使えば、視野画面に必要な情報を送信することで、マニュアルなどを見ながら、両手は作業に集中させることができるようになります。IOXの導入によって、高度な安全・安心を確保するとともに、スマートな現場業務への変革を加速させています。

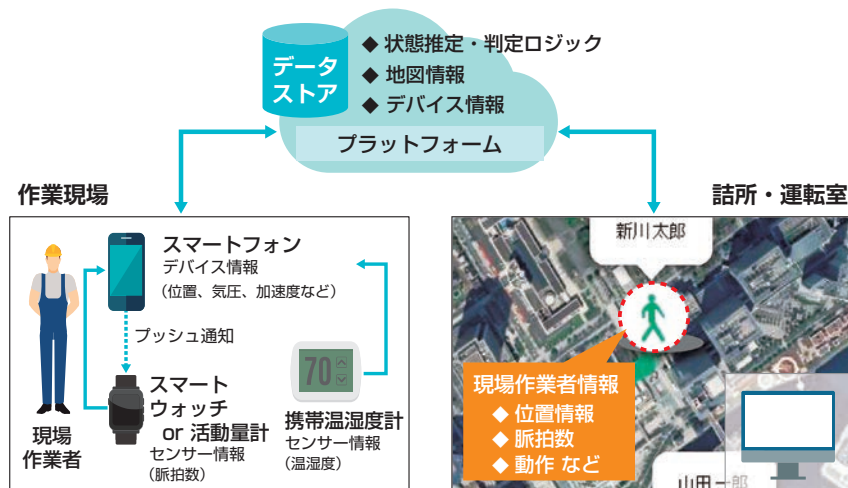


図5 見守りシステムの概要

CASE 3

安全ITソリューション

※7. loX[®]: 機械・部品が互いにつながる「IoT(モノのインターネット)」と、ヒトがIT武装によって互いにつながる「IoH(ヒトのインターネット)」が、高度に連携を図ることで、現場の動きをデジタル化すること。日鉄ソリューションズ(株)の登録商標。



CASE 4 輸送ITソリューション

人の力を最大化する

安全・安心な現場でつくられた高品質な鉄鋼製品の多くは、各製鉄所の埠頭から数百隻にも及ぶ船で国内外へ出荷されています。これら船舶の出荷計画を策定するにあたり、実行では日々変動する製造スケジュールや船の動静情報を収集し、関係先と日々調整を行い効率的な出荷・輸送を目指しています。これらの調整を行う際に、製鉄所の生産・出荷情報、荷捌きの状況、中継地や倉庫の在庫状況に加え、船の動静をリアルタイムに把握できれば、船内のデッドスペースを減らしたり、納期を短縮することもできます。また船の運航は天候や潮流、風向きなどの影響を大きく受けるため、気象データの分析結果を船の動静予測に反映し、最適な鋼材物流の実現を目指しています。

これまで製鉄所ごとに業務システムが異なっていたことに加え、船会社のシステムや各揚げ地のシステムとの連携が十分でなかったため、全体最適化が困難でした。しかしIT技術の高度化や外部情報の精度向上に伴い情報の一元把握ができるようになり(図6)、さらにはビッグデータ解析による到着精度予測の向上と、日本製鉄だけでなく、配船と出荷の社外関係者(船・中継地など)も共有できる新システムの開発により、配船・出荷業務全体の一貫最適化を実現していきます。

「輸送対策に加えて、生産管理の取り組みにおいても、最新の最適化技術を適用することで、設備の制約条件など生産計画を作成する際のルールに加え、大量の生産計画を解析して抽出した計画パターン、さらには熟練者のその都度変わる判断のパターンま

でをAIに学習させ、市場の需要変動に対応した精緻な生産計画をいつでも誰もが立案できるようにすると期待しています。データをドラッグ&ドロップで入力し、実行ボタンを押すだけで、数十ものアルゴリズムを用いた予測モデルが出てきます。一定のデータ解析技術を持っているものの、高度な解析は難しかった人でも、精度の高いデータ解析が可能になった時代がやってきました。しかしAIが提示する情報はあくまでも人が判断を行う際の支援材料に過ぎません。高度ITを使いこなせる人材を育て、人の力を最大化する高度ITを武器に、つくる力に一層磨きをかけていきます」(日本製鉄・中川部長)

日本製鉄は高度ITを成長戦略の一つとして有効活用し、これからも絶え間ない技術革新で国際競争力の向上を図っていきます。

