



連携記事

次世代の製造現場を実現する IoXプラットフォーム

The IoX Platform's Realization of Smart Factories

吉尾慶太
Keita Yoshio

日鉄ソリューションズ（株）
デジタル製造業センター
IoXソリューション部
スマートファクトリーソリューショングループ
グループリーダー

1 はじめに

日本の65歳以上の人口が総人口に占める割合は、2025年には30%になると予測されており¹⁾、世界でも最も高い割合となっている。日本経済を支える製造業の現場では、労働力不足という量の問題だけでなく、様々な知恵や知識・技能の喪失といった深刻な課題に直面し始めている。こうした社会課題をIoTによって解決したいという思いから、当社は2016年にIoX（IoT：モノのインターネットにIoH：ヒトのインターネットを加えた当社の考え方「Internet of X」に由来）というコンセプトを提唱し、ソリューションの開発と提供を行ってきた。本稿では、当社が独自に開発したプラットフォームである「IoXプラットフォーム」を用いた、次世代の製造現場「スマートファクトリー」の実現に向けた取り組みについて、親会社である日本製鉄をはじめとするプロセス製造業での導入実績を交えて紹介する。

なお、本稿では当社製品である「IoXプラットフォーム」を中心に置いた上での事例を紹介するが、当社製品に関わらず、スマートファクトリーに必要なデジタルプラットフォームの一例として、読者の参考になればと考える。

2 IoXプラットフォーム

2.1 当社が考えるスマートファクトリーソリューションとは

「世界のIoTデバイス（以下、デバイス）数の増加は著しく、インターネットに繋がるモノの数は2025年には約440億個と2020年の約1.7倍にまで増えると予測されている²⁾。中でも産業用途向けのデバイス数は年平均15.8%（単純計算で5年間で約2倍）の成長率と、とりわけ大きい状況にある。」それらの

デバイスから得られるヒトや設備、操業、環境など、ものづくりに関するあらゆる情報を活用し、高度に連携・協調することにより、製造現場の安全確保や生産性の向上、技能伝承に役立てられると考えている。それらのコンセプトを具現化したものがスマートファクトリーソリューションである。

当社は2016年よりプラントで働くヒトの安全・作業支援の領域を中心に、IoXプラットフォームをコアとしたソリューション開発を進め、数年間かけて設備監視や画像AI分野にまでソリューションラインナップを拡充してきた。現在は、それらソリューションの機能拡張に加え、各ソリューションから得られるデータを連携・利活用することによる、新たな価値創出に取り組んでいる（図1）。

2.2 スマートファクトリーを実現するIoXプラットフォーム

スマートファクトリーの実現には、膨大に発生するデータを収集・変換して価値のある形にすることが重要となる。特に、秒もしくはミリ秒単位に発生する大量データを欠損なくリアルタイムに収集し、即座に人が有効活用できる形へと変換・分析した上で、利用するユーザへ遅延なく提供する、という一連の流れを作りつつ、収集したデータを利用してユーザ自身がPDCAを回しながら改善を繰り返していけるモデルを築くことが必要不可欠と考える。それらを実現するために自社開発したIoT/IoH向けプラットフォームが「IoXプラットフォーム」である。その特長は次に述べる通りである。

(1) 多種・大量データの確実なリアルタイム処理

上述した通り、スマートファクトリーの実現には、多種・大量に増え続けるセンサーデータを、確実かつリアルタイムに処理することが求められる。IoXプラットフォームでは、高スループットかつスケールが可能な複数のミドルウェアを

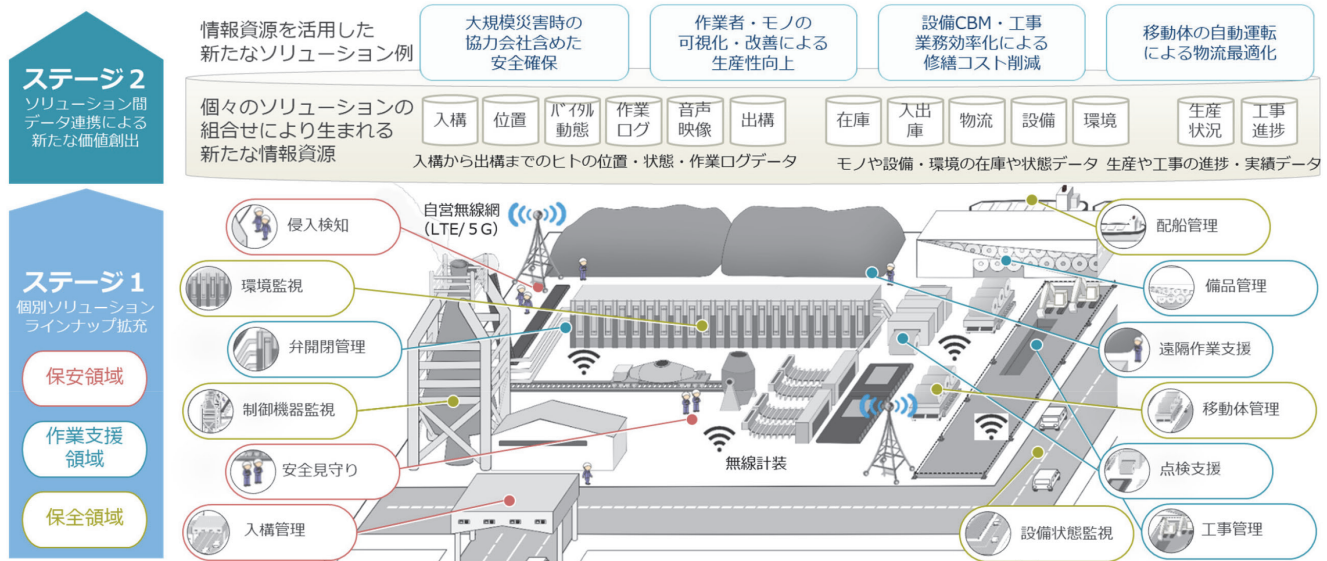


図1 当社の考えるスマートファクトリーソリューションの全体感 (Online version in color.)

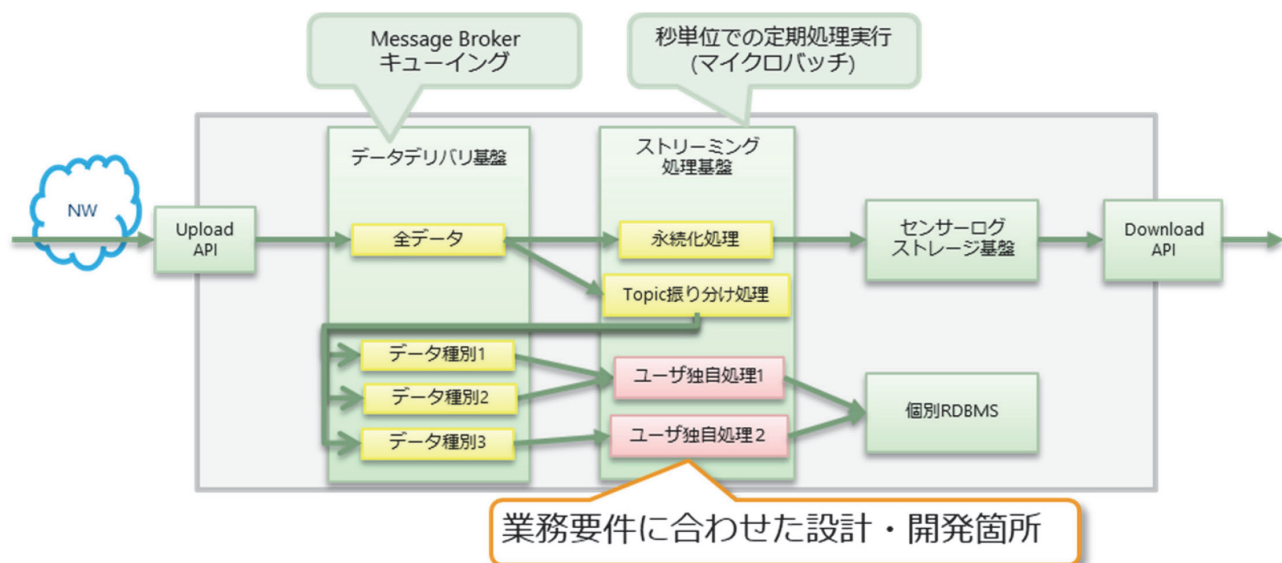


図2 メッセージキュー・分散ストリーミング処理機構のイメージ (Online version in color.)

組み合わせることで、大量データをリアルタイムに処理・蓄積するデータストリーム機構を実現している。具体的には、データのメッセージキューイングを行う機構、秒単位でマイクロバッチ処理を行う分散ストリーミング機構などを有している (図2)。また、時系列データの抽出規則や、そのデータを解釈する処理の内容は業務要件に応じて変更が可能となるように、処理方法については柔軟性を持たせている。性能面においては、同時並行で多数の時系列データを処理し続けるため、並列処理が可能であり、かつ、スケールアウトが可能な構成を取っている。

(2) スケーラビリティ・耐障害性

IoT導入に積極的な企業であっても、まずはスモールスタートの位置付けで導入を進め、効果が具体化した上で本格的に展開を進めたいというケースが大半である。そのような要望に応えるため、デバイスやユーザ、アプリケーション処理能力などは小規模からスタートしつつ、柔軟にリソース拡張が可能な構造が必要となる。IoXプラットフォームでは、仮想コンテナ基盤 (認証機構やデータベースなど全ての機能を分割し、コンテナという単位で稼働する機構。一般的にマイクロサービスアーキテクチャと呼ばれている) を採用している。それにより、各個別の機能 (サービス) を各サーバへ重複を許しつつ自由に配置することが可能となり、デバイスや

ユーザ数、アプリケーション処理能力などは、サーバ1台など小規模からスタートしつつ、柔軟にスケールアウトさせられる構造となっている (図3)。

また、本機構は耐障害性にも効果的である。複数サーバ構成をとっていた場合、単一サーバ障害発生時も、他のサーバへ処理のまとまりを自動的に再配置することが可能であり、手動での障害対応に比べ短時間での復旧が可能となる。

(3) セキュリティ

様々なモノがインターネットに繋がることで、個人情報など機微な情報を扱うケースも増えると共に、クラッキングのターゲットとなりやすいため、セキュリティも重要な要素である。IoXプラットフォームでは、データ暗号化はもちろんのこと、不正なデバイスからのデータ流入を防ぐために通信毎にワンタイムパスワード方式を活用した端末認証を行っており、許可されたデバイスしかアクセスすることはできない。

なお、このようなIoT向けプラットフォームはクラウドサービスとして提供している競合製品は多く存在しているが、日本の製造業では、特に操業に近いデータをインターネットに出したくないという企業も多い。IoXプラット

フォームはそのようなケースも想定し、オンプレミスでの利用も可能としていることも特長として挙げられる。

(4) データ蓄積・分析ソリューションとの連携

デバイスより収集・蓄積したデータの利活用性についても重要となる。IoXプラットフォームでは、蓄積データを可視化するためのWebアプリケーション部品 (グラフ描画・地図描画など) を豊富に取り揃えており、収集したデータを容易に閲覧することが可能である。また、AI/ML、最適化など高度分析プラットフォームと連携できるよう各種APIを提供し、より高度な判断をすることが可能な構成を取っている。

上述の特長を有するIoXプラットフォームのアーキテクチャ構成は (図4) の通りであり、このプラットフォームを活用して、複数のソリューションを開発・提供をしている。

3 IoXプラットフォームを活用したソリューション

本項では、IoXプラットフォームを活用したソリューション事例を紹介する。

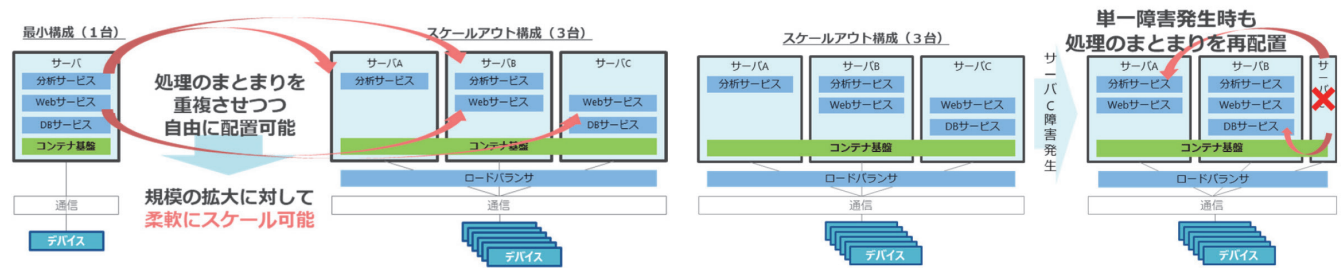


図3 マイクロサービスによるスケールアウト・耐障害性イメージ (Online version in color.)

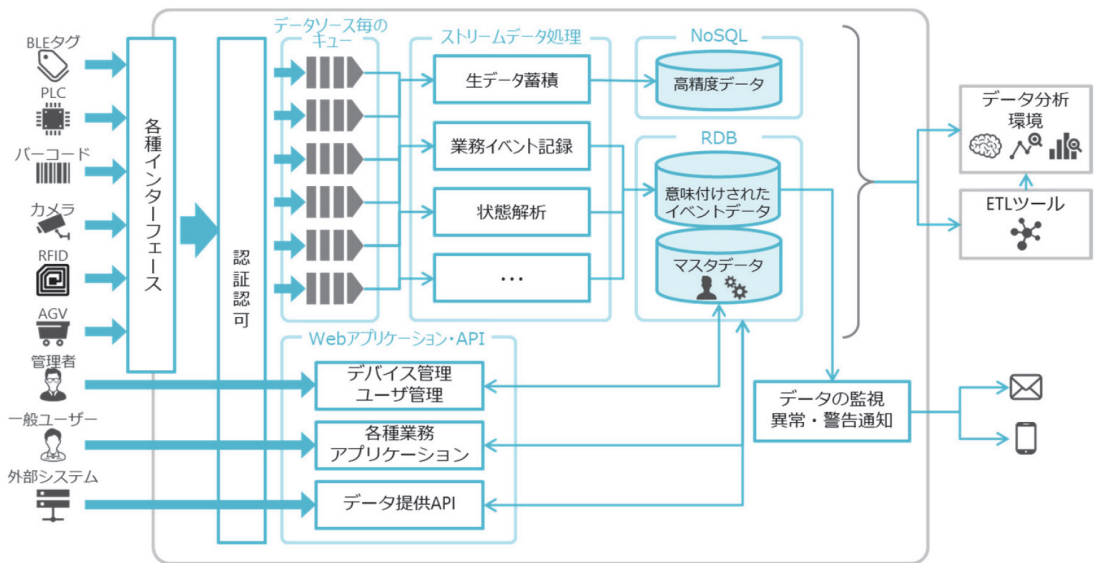


図4 IoXプラットフォーム アーキテクチャ イメージイメージ (Online version in color.)

3.1 安全ソリューション「安全見守りくん」

鉄鋼業をはじめとするプロセス製造業では、24時間365日のプラント操業のため、広大な敷地の中で多くの作業員が従事されている。近年は、少子高齢化による作業員不足や熟練者の引退により、経験年数の浅い1人作業が増加している。筆者の経験でも、ある部署（30～40名規模）において、経験年数5年未満が5割以上なうえ、9割以上の作業が1人作業というケースも存在していた。そのため、高所などの危険な場所での作業中の転落事故や、熱中症などにより体調不良が生じた場合に、その発見が遅れるなど、重大災害のリスクは高まっていると捉えており、今まで以上に安全管理が求められている。

一方、近年のウェアラブルデバイスの発展により、現場作業員の状態をリアルタイムに把握することが可能となり、多くのIT企業において、現場作業員の安全を支援するソリューションが販売されている。当社でも2015年からソリューション開発に着手し、いち早く安全支援ソリューション「安全見守りくん」を販売・導入してきた。次にソリューションの概要や特長を述べる。

作業員はスマートフォンを携帯し、これをゲートウェイとしてスマートウォッチでのバイタルデータ、携帯式温湿度計の温度・湿度データ、携帯式ガス計測器のCOなどのガスデータ、ヘルメットカメラにより取得した1人称視点画像・映像などをクラウド/オンプレ上のIoXプラットフォームに4G/LTE/WiFi通信を使って送信する。サーバ上では転倒・転落などの動態検知や、WBGTや心拍をもとにした熱中症予防アラートなどを発する機能を有している。管理者は各作業員の位置と状態、カメラ映像をPCの管理者画面で確認することが可能であり、アラート発報時には警告表示とパトライト点灯により即座に対処することが出来る（図5）。

蓄積されたデータを分析することで、どの場所で作業員のストレスレベルが高くなるか、異常状態になり易いのかなどが分かるため、不安全行動に繋がる可能性のある作業場所や

作業内容をピックアップすることができ、安全向上に向けた恒久対策を取ることができる。

また、環境データ、特にCOガスや塩素ガスなどガスデータの連携も可能である。プラント構内に固定ガスセンサー、風向風速計を設置し、当該データをIoXプラットフォーム経由で安全見守りくんに連携することで、ガス濃度が閾値を超えた場合にアラートを発報することが可能となる。さらに、閾値を超えたガスセンサーの緯度経度付近に存在する作業員、特に風下にいる作業員の所在を確認できるとともに、当該作業員に対してスマートフォン経由でアラートを発報することで、ガス漏洩時の被害を最小限に抑えることが可能となる（図6）。

本ソリューションの技術的な難しさは、作業員の転倒・転落などの状態を高精度に算出することもさることながら、センサーデータを取得してから結果を提示するまでの性能要件の実現にある。仮に100人の作業員を見守ると仮定した場合、100台のスマートデバイスから800件/秒のデータを収集しつつ、ほぼリアルタイムに数万件のデータ分析処理を実行することが必要となる。IoXプラットフォームを活用することで、分析結果をもとに滞りなく警報を管理者に通知することが可能となり、好条件下で数秒レベルでのリアルタイム性能を実現した。

3.2 設備状態監視ソリューション

設備老朽化や熟練者引退による保全力低下は深刻であり、製造現場では保全力向上が重要課題であると認識している。何より正しく設備の状態を把握し、適切なタイミングで整備や補修などのアクションを取ることが重要となる。しかしながら現状、保全マンが定期的に五感点検を行い、設備の状態を確認していることが一般的であり、人手であるが故に一定の点検間隔があり、異常に気付くのが遅れてしまう、もしくは、経験の浅い点検マンの場合、初期段階の異常を見落としてしまうなどの課題がある。従来、各設備に対して高頻度で状態を把握するためには、有線でセンサーを設置することが



図5 安全見守りくん概要と管理者画面イメージ (Online version in color.)



図6 安全見守りくんと環境データ連携イメージ (Online version in color.)



図7 設備監視ソリューションの概要と状態監視画面イメージ (Online version in color.)

主流であったが、特に鉄鋼業のように広大な敷地にある設備に対して実現する場合、有線の敷設、電源準備など高額な投資が必要となる。そこで、当社は、日本製鉄・日鉄テックスエッジと共同で、LPWA（省電力長距離無線通信）とクラウド技術を用いて、各設備データをIoXプラットフォームにて一元管理する設備監視ソリューションを開発した。

設備には振動（加速度・速度）・温度・電流・音響などLPWA対応の各種センサーを取り付ける。センサーは電池駆動が基本であるが、数年から長いもので10年程度は連続稼働が可能である。価格としても1台数万円～と、有線と比べて安価である。センサーで取得したデータは、GW（ゲートウェイ）を介してクラウド上のIoXプラットフォームへ送信される。IoXプラットフォーム上では、取得したデータに対する

各種判定を行い、その結果を監視画面上にトレンド表示する。判定の結果、異常があった場合には、メールや画面上にアラート表示することで、設備の状態を早期に把握することが可能である。監視画面は、スマートフォンでも閲覧できるため、現場にいる点検マンが実際の設備を見ながら、取得した定量データをあわせてチェックすることも可能となる。判定処理については、上下限や増減チェックに加え、機械学習をベースとした振動予測外れ検知など設備固有の異常状態についても検知可能となる（図7）。これらのデータは、複数拠点のデータを共通のプラットフォームに蓄積することから、国内・海外の複数拠点のデータを別拠点にいる高度エンジニアが解析することも可能となる。本ソリューションの利用を通し、現場での点検業務負荷を5%低減できるなどの効果

も確認できている。

3.3 移動体管理ソリューション

一般的に、製鉄所の構内外では、スラブやコイル等の半製品・製品の出荷、スラグ等の廃棄物処理など、様々な物流が存在している。これらの物流オペレーションの効率化（滞留抑制や最適輸送ルート設定など）は、過去多くの取り組みがなされていると認識しているが、足元、運転手不足による物流量低下や、2024年対応として国から「トラックGメン」の設置による荷主・元請業者への監視体制の強化が実施されることもあり、従来以上に高いレベルでの対応が求められている。

当社は、安全見守りくんの位置情報センシング、可視化技術を応用することで、移動体管理ソリューションを提供している。ドライバーにスマートフォンを携帯いただき、車両の位置や速度、ステータス（積込中、荷卸中、走行中、待機中など）をIoXプラットフォームに収集し、車両の情報をリアルタイムに把握することが可能となる。また当該データは全てサーバ上に保存される。保存されたデータは、日時を指定すると当該時間帯の移動ルートを可視化することが可能なため、適正な労働時間の管理や、待機時間が長い車両は無いかなどの分析に役立てることができる（図8）。販売や輸送計画などの情報を有する基幹系システムとも連携することで、運行管

理システムとして輸送の指示、実績管理としてご利用いただいている。

また、2023年12月より安全運転管理者によるアルコールチェックが義務化される。移動体管理ソリューションでは、当機能をオプションとして提供予定であり、業務開始、終了時に、Bluetooth対応のアルコールチェックを行い、正常／異常を記録するとともに、管理者でもその情報を閲覧することで、管理体制の強化を図ることが可能となる。

3.4 画像AIソリューション

画像AI技術の発展は著しく、業種業態を問わず、画像AI技術適用によるDX事例が数多くリリースされている。当社でも、IoXプラットフォーム上に収集した映像データに対してAI技術を活用することで高度分析し、操業品質改善に活かすべくソリューション化を進めている。この取り組みの中で、製品映像をリアルタイムに取得し、画像AIにより形状や表面状態から異常を検知、当該データを操業オペレータにフィードバックすることで、より早期にアクションを促すなどの事例が出てきている。将来的には、オペレータの操作を自動制御化することで、より高品質な操業が実現可能になると考えている。本稿では、それら画像AIを実現するアーキテクチャについて紹介したい。



図8 移動体管理ソリューションの概要と状態監視画面イメージ (Online version in color.)

画像AIを実業務に適用していく上で、アーキテクチャの面で重要な点は以下と考えている。

(1) 大容量データの収集・加工

画像AIのインプットとなる映像は、検知対象物にもよるが、一定以上映像品質（解像度・フレームレート）が求められるケースが多いことから、大容量のデータをリアルタイムに処理をすることが求められる。また、映像データをそのまま利用するケースは稀であり、一部分の動画の抜き取りや画像加工などの前処理が必要であり、それらを一定の時間内で処理することが求められる。

(2) 画像AI実行インフラのスケール性

一般に画像AIの実行には高いスペックのGPUが必要とされる。また、複数のAIモデルを稼働することを考えると、画像AI実行部分はスケールアップ・スケールアウトが可能な構成を取ることが求められる。

(3) 本番稼働後の画像AIモデル再学習

画像解析のモデルは、画像認識対象物の変化や周辺環境の変化により、運用の中で品質劣化をする可能性があり、学習型のモデルであれば、学習データを準備し、モデルの再学習を行う必要がある。そのため、本番で利用している実データを蓄積・活用し、モデルの再学習・デプロイを行う運用機能を有していることが望ましい。

IoXプラットフォームを活用することで、上記の点を考慮したアーキテクチャを実現している（図9）。これにより大量の映像データに対して、本番運用を想定した画像AIシステムの導入が可能であると考えられる。

3.5 IoXプラットフォームに蓄積したデータ活用 デジタルツインソリューション「Geminant」

上述で紹介したソリューションで得られるデータは全てIoXプラットフォームに蓄積される。それらのデータを組合せて、高度活用することで、新たな価値創出が可能であると考えられる。その一つとして開発しているものがデジタルツインソリューションである「Geminant」である（図10）。

3D空間上に、設備や配管などの3Dモデルを表示し、そこにヒトや移動体・設備に取り付けたセンサーなどのアイコンを配置し、位置や状態情報などを可視化する。3Dモデルは、3D CADやBIMツール（建築設計に用いられるソフトウェアであり、建設する建物の3Dモデルをベースに設計を進めることが可能）などからの外部データを読み込むか、もしくはユーザーでもGeminant上のツールにより自由に作成・配置することが可能である。またアイコンには任意のURLリンクを設定することが可能であり、前述の各種ソリューションや社内外の各システムの画面や、図面・画像・映像などを子ウィンドウ内に表示することが可能である。これらにより、過去と現在のリアル空間での情報をデジタル空間であるGeminant上に再現することが出来、多様なユーザーによる様々な視点・観点での分析が可能になる。さらに熟練者のノウハウを踏まえたシミュレーション・最適化技術を活用することにより、未来の状態を予測・可視化することで、よりの確な判断を支援し、技能伝承を促進することが可能になると考える。

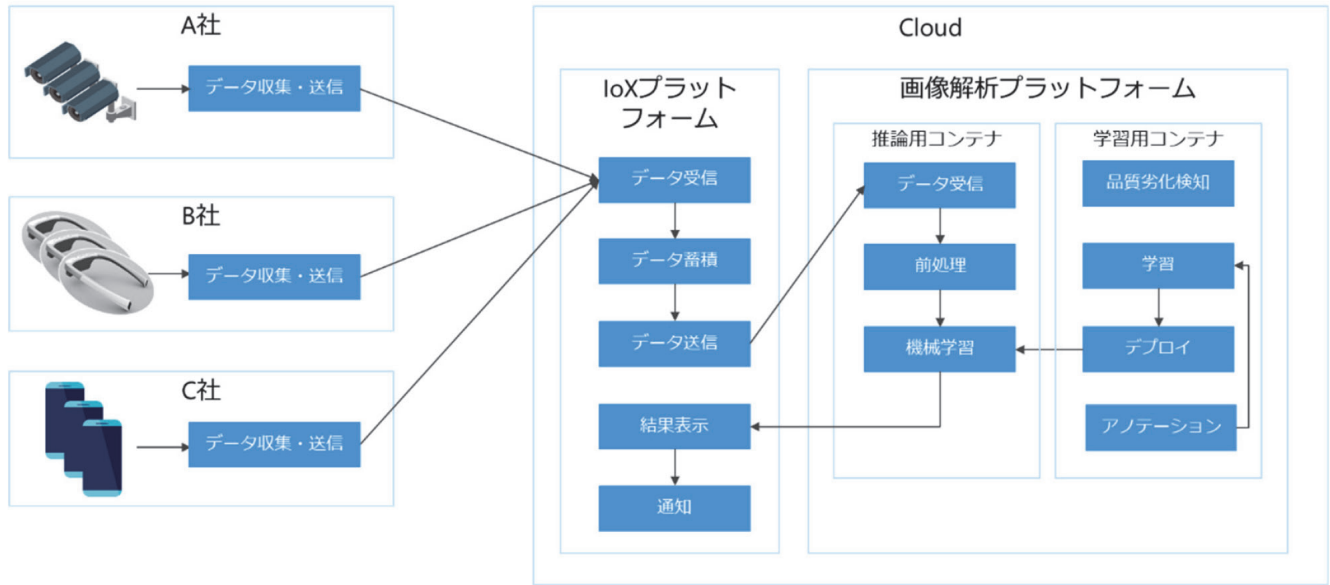


図9 画像解析プラットフォーム アーキテクチャ例 (Online version in color.)



図10 「Geminant」画面イメージ (Online version in color.)

4 まとめ

本稿では、スマートファクトリーの実現に向けて、実ソリューションを交えて具体的なイメージをご紹介した。これらの成功には、ヒトやモノ、設備の状態や操業状況といった製造の4Mデータ (Man, Machine, Method, Material) をセンシングするOT領域、クラウドでのデータ収集・可視化・AI/MLによるデータ活用を行うIT領域、それらスモールで始めつつ定量的に効果検証を進めて拡大していくプロセス、の3つが重要になると考えている。日鉄テクスエンジのOT (オペレーショナルテクノロジー) 領域のノウハウと日鉄ソリューションズの高度なIT領域の技術力を統合し、日本製鉄の実フィールドで培った実践的な知見を活かしながら、製造業のスマートファクトリー化を支えることで、より豊かな社会を実現することが使命だと考えている。今後も最大限の努力をして、皆様の次世代の製造現場の構築を支援させていただきたいと考えている。

参考文献

- 1) 厚生労働省「新しい時代の働き方に関する研究会報告書参考資料」, <https://www.mhlw.go.jp/content/11201250/001166380.pdf>
- 2) 総務省データ集「世界のIoTデバイス数の推移及び予測」, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r05/html/datashu.html>

IoX、IoXプラットフォーム、安全見守りくん、安全見守りくん (ロゴ)、Geminantは日鉄ソリューションズ株式会社の登録商標です。その他本文記載の会社名及び製品名は、それぞれ各社の商標又は登録商標です。

(2024年1月16日受付)