

製造・物流業における IoT ～AR・ウェアラブル技術の活用～

井上 和佳*¹

IoT in Manufacturing and Logistics Industries

– Practical Use of AR and Wearable Technologies –

Kazuyoshi INOUE*¹

Abstract– センサー・デバイスやネットワークの進歩により、モノだけではなくヒトも互いに繋がっていく **IoX (Internet of X)** の実現が図れるようになってきている。IoX の適用により、安全・安心かつ生産性の高い製造・物流現場に変革することが可能となる。本稿では、IoX を実現し、現場作業者の能力を拡張するための AR・ウェアラブル技術に関する活用事例、課題と今後の展望について述べる。

Keywords– IoT, IoX, AR, Wearable Technologies, AI, IA

1. 緒言

センサー・デバイスの低価格化とネットワークの広域化により、数多くのモノが繋がる IoT (Internet of Things) が脚光を浴び、様々な企業が積極的に取り組もうとしている。元々は M2M (Machine to Machine) の取り組みが発端であり、日本においては建機・農機、自動販売機などの事例が多数ある。

IoT の眼目は、デジタルデータを取得し、アナログなプロセスをデジタルプロセスに変革することである。デジタル化されたデータはクラウドに蓄積され、分析されていく。そのデータ量は増えることにより価値を増大させていくが、そのデータ処理は次第に人間の能力及ぶ所ではなくなる。このため、ディープラーニングの登場により第3次ブームを迎えている人工知能の出番となる。

最近危機感を煽るような論文 [1] や記事が流れているが、人間の仕事は機械 (人工知能) に奪われていくのであろうか? これまでもそうであったが、確かに単純作業においては徐々に機械化されていくであろう。しかしながら、製造・物流現場においては人手による作業が必要であり、特に創意工夫を必要とする現場・作業においては、人の能力が必須であると考えられる。

本稿では、IoT を活用することでモノとヒトが連携・協調し合うことを **Fig. 1** に示すように IoX と定義し、IoX に関する具体的な取り組みと、課題について述べる。

2. IoX の定義

電化製品、自動車、機械、設備などが互いに繋がる IoT の一般的な概念にはヒトも含まれるが、本稿ではヒトのデジタル化を「IoH (ヒトのインターネット)」と呼ぶことにする。そして IoT と IoH を「IoX = Internet of X」と総称することにする (現場で働かれているヒトをモノ扱いしたくないという思いを込めて)。

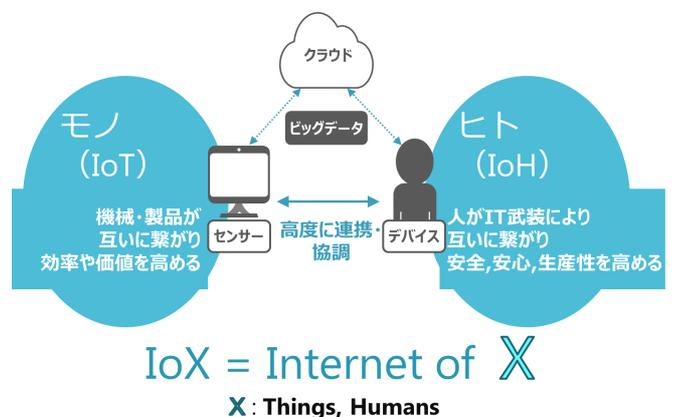


Fig. 1: IoX の定義

* 新日鉄住金ソリューションズ株式会社 IoX ソリューション事業推進部

*¹ NS Solutions Corporation, IoX Solution Business Promotion Department.

Received: 7 December 2016, Revised: 25 January 2017, Accepted: 27 January 2017.

プロセス系の製造現場では、大型の装置・設備にはセンサーが仕掛けてあり、操業データを取得し、リアルタイム制御や操業・品質管理を行っている。工場内や企業内のネットワーク環境下ではあるが、モノのデジタル化が行われている。

しかしながら、現場で働かされている作業者はどうか。作業手順は記憶に基づくか、必要に応じて紙のマニュアルを参照しながら作業を実施している。作業日報は紙に記載し、管理者がチェックし、事務所に積まれている。機器の計測は目視により行い、計測結果を紙の報告書に記載し、事務所で計算機に転記している。作業者がどこで作業しているか、どのような状態であるかを管理者が常時監視することは難しく、必要に応じてページや携帯電話などで会話をすることで状態を把握する。

このように現在の工場で行われている作業の多くはアナログプロセスであり、ヒトのデジタル化が進んでいないと言える。

近年、センサーの小型化・高機能化・低価格化が進み、スマートデバイス、ウェアラブルデバイスの高機能化が促進され、また3G/4Gネットワークのカバレッジが広がってきたことで、ヒトのデジタル化を実現する素地が整ってきたと言える。

現場で働いている作業者がスマートデバイス、ウェアラブルデバイス、各種センサー・デバイスによりIT武装することで、常に作業者の位置、作業内容やバイタルデータなどを取得・分析し、何らかの異常時にはアラートを出し、即座に対応することが出来るようになる。また数多くの作業者の作業実績が蓄積されることで、統計的な作業分析を実施することが可能となり、作業改善に向けた活動を促進することが出来る。

そしてモノとヒトがデジタル化されるIoXが実現された現場では、例えば作業者が工場内を歩き回り装置の前に立つと、作業者には過去の操業トレンドデータ、警報レベル、故障履歴などのデータが提示される。必要に応じて遠隔の管理者と状況を共有し、アドバイスを貰う事で、作業者は適切な処置を選択できる。処置の手順は音声・テキスト・画像・動画などでナビゲーションされ、処置の実施状況は記録されていく。

3. ヒトの能力拡張

AR（拡張現実感）は現実の世界にコンピュータが作り出した情報を付加する技術である。例えば、位置情報を活用したモバイルゲームアプリでは、様々なキャラクターが現実世界に重畳されて出現する。一般に視覚に訴えるアプリケーションが多いが、小型の安価なデバイスが開発されていけば、五感に働き掛け、よりリアリティを演出することが可能となるであろう。

- ・OSSベースのオープンな自製プラットフォーム
- ・必要最小限の機能を有する軽やかな構成
- ・高いデータ可用性とスケーラビリティを実現
- ・柔軟な構成が可能
- ・リアルタイム処理を対象

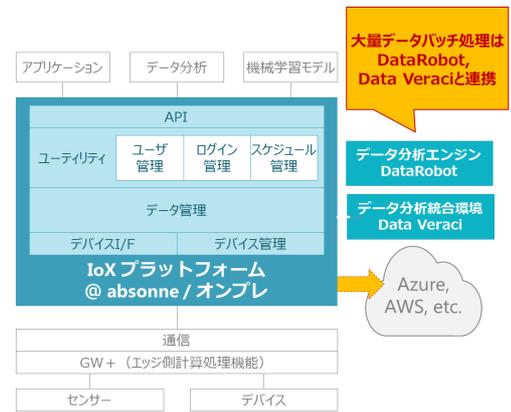


Fig. 2: IoX プラットフォーム

このAR技術はヒトの能力を拡張することが出来ると考えられる。例えば、スマートグラス（眼前にテキスト・画像・映像などを表示するデバイス）を装着し、地面を見ると、地中に埋設されているパイプやケーブルが重畳されて見えたとしたら、誤った位置での工事によるパイプ破損やケーブル切断と言った事故は無くなるであろう。また既築の建物でトラブルが発生した際に、天井や壁を見ると、装置の位置と状態のデータが重畳されて見えたとしたら、トラブルの原因究明が速やかに行えるであろう。また例えばCTにより撮像したデータや、臓器の3次元データを患者の人体に正確に重畳させることが出来れば、確実にミス無く手術を行うことが可能となるであろう。これらの例は透視能力をヒトに与えることと言える。

また現場の環境や設備の状態、作業者のスキルレベルや体調などのデータから、コンテキストを把握することにより、的確で分かり易い指示を出すことが可能となる。例えば、熟練者に対しては注意事項のみ、初心者に対しては手厚いステップ・バイ・ステップの指示を出すなどである。

4. 基本的な IoX アーキテクチャ

モノやヒトからのデジタルデータは、Fig. 2に示すIoXプラットフォームに格納され活用される。このプラットフォームの機能要件としては、センサーやデバイスの管理機能、ユーザ管理機能、リアルタイム処理機能、分析機能などが必要となる。非機能要件としては、様々なセンサー・デバイスを接続できること、スケーラブルであること、柔軟な構成をとる事が可能であること、セキュリティが担保されていること、高いデータ可用性を持つこと、などである。

このプラットフォームには多種のデータが蓄積され処理される。多種のデータを統合することにより、従来

は見つけることが出来なかったデータの相関を見つけたり、より高度な判断をしたり、より広範囲での最適な計画を立案することなどが可能となる。

5. ヒトの能力拡張の事例

本章ではヒトの能力拡張の事例を2つ挙げる。

5.1 遠隔作業支援

少子高齢化・労働人口減少の影響から、国内工場において従来は2人作業であった現場が1人作業を余儀なくされている。また海外に多数の工場を保有している企業では、海外工場でのトラブル発生時の熟練者の出張負荷やダウンタイムが問題となっている。

そこで1人作業の作業員や海外の作業員がスマートグラスを掛け、スマートグラス搭載のカメラで撮影している現場の作業員目線の映像を、遠隔にいる管理者・熟練者が見て、問題点を把握し、的確な指示を出すという方策が有効となる。

作業員にはテキストや音声、現場設備・装置などを撮像した画像上へのマーキングや動画など、様々なメディアでのコミュニケーションを図ることにより、遠隔の管理者・熟練者の指示の意図を正確に理解することが可能となる。

この方策においては、管理者・熟練者は遠方を見る能力が拡張され、作業員は管理者・熟練者が持つ経験やノウハウへのアクセス能力を得ることになる。

新日鉄住金ソリューションズ（NSSOL）が遠隔作業支援実機システムを顧客に導入した事例においては、現場の状況を複数の拠点の様々な部署の方々がリアルタイムに把握することにより、部署間の連携強化・問題解決の早期化が図れたと評価されている。

5.2 作業分析

これまでの現場の作業分析はIE（インダストリアル・エンジニアリング）の専門家がストップウォッチで作業員の位置と単位作業時間を計測し、課題を洗い出し整理し、対策を取るというアナログプロセスである。1人のIEの専門家が計測出来るのは、1人もしくは少数の作業員である。

近年のUWB（Ultra Wide Band）を用いた高精度屋内測位技術の進歩と、加速度・ジャイロセンサーを内蔵したスマートウォッチなどのデバイスとディープラーニングによる動作分類の自動化の可能性向上などにより、位置と単位作業時間の計測が自動化出来るようになってきている。

NSSOLは200人ほどの作業員が同時に作業をしている屋内の現場において、ヘルメット内にUWBのタグを



Fig. 3: 現場作業員見守りシステム

取り付け、壁面に取り付けた複数のUWBのセンサーでタグが発する電波を検知することで、正確な作業員の測位を実施した。測位データはIEの専門家が作業分析をし易いチャートに自動的に整形される。この方法により多数のIEの専門家が必要となる従来のアナログな計測プロセスがデジタル化され、分析作業の効率化を図ることが出来た。

6. モノとヒトの連携・協調の事例

本章ではモノとヒトの連携・協調の事例を2つ挙げる。

6.1 現場作業員見守りシステム

大規模なプラントを24時間365日操業していくためには、装置・設備の状態を継続的に点検・監視し、異常の兆候を早期に発見し、適切な対処を取る必要がある。従来はこの任に当たる点検マンは2人での作業が行えたが、近年では1人作業が増えている。このため高所などの危険な場所での作業中の落下や転倒した場合や、熱中症により体調不良が生じた場合などに、その発見が遅れてしまうという事象が発生し易くなっている。

そこで1人作業の作業員にGPS・カメラ搭載のスマートフォンと、加速度・ジャイロセンサーを搭載しバイタルデータを計測可能なスマートウォッチを装着する。そして作業員の位置・状態をクラウド上のIoXプラットフォームに4G/LTE経由で送信し、蓄積、分析を行う。作業員の異常を検知した場合には、管理者と周囲の作業員に即座に警報を発することにより、作業員の位置・状態を把握し、救助に向かうことが可能となる（Fig. 3）。

また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、安全向上に向けた恒久対策を取ることが出来る。

さらに環境データ（温度、湿度、ガス濃度など）を取

得することで、作業者が置かれた状況（コンテキスト）に応じた対応が可能となる。同様に設備データ（稼動状態、警報有無、温度、圧力など）を取得することで、設備異常の兆候を検知し、作業者に直ぐに設備から離れるように指示を出すことなどが可能となる。またトラックや移動機械などの位置や状態データを取得することで、挟まれ防止などに繋げることも可能となる。

6.2 庫内業務支援システム

最近 EC（電子商取引）マーケットは拡大と競争の激化により、即日配送が求められるがブランド維持のためには配送ミスが許されないと、物流業者においては高いレベルでの業務が必須となってきている。

倉庫内業務における例えばピッキング作業では、紙のピックリストを持って、ピック対象の商品が置いてある棚まで歩き、商品を確認し、カートに入れる、というアナログな作業を繰り返す。作業者の多くはバイトやパートであり短期間で辞めてしまう傾向にある。このため初心者でも短い教育期間で、確実に作業が遂行できるようにする必要がある。

そこで Fig. 4 に示すスマートグラスを活用した完全ハンズフリーの庫内業務支援システムを導入する。スマートグラス上にピックリストが表示され、棚まで移動し、棚に貼り付けてある QR コードを見ると、正しい棚であれば QR コードは緑色、間違った棚であれば赤色に重畳表示される。従来はピック対象の商品が入っている段ボール箱を見つけることに時間を要していたため、段ボール箱に QR コードを貼り付ける。スマートグラスで複数の段ボール箱を見ると、対象の商品が入っている段ボール箱の QR コードだけが緑色に重畳表示されるため、素早く見つけることが可能となる。段ボール箱から取り出した商品にはバーコードが貼付されており、これを見ると正しい商品であればバーコードは緑色に重畳表示される。

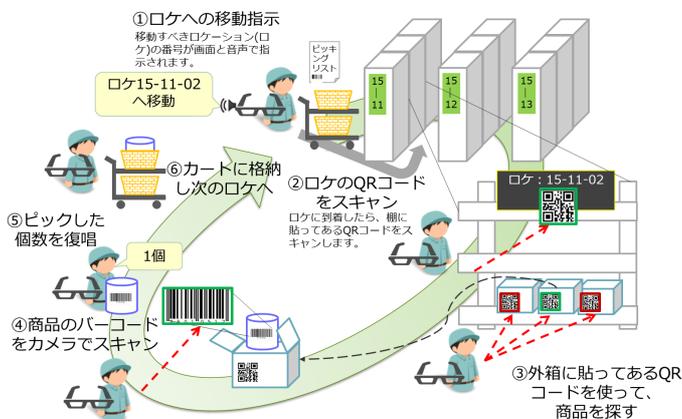


Fig. 4: 庫内業務支援システム

NSSOL が実施した実証実験では、初心者であっても直ぐに作業を覚えて実施することが可能であり、また作業効率も向上し、作業ミスも減らすことが可能となった。

さらに従来のアナログな紙のピッキングでは取得することが出来なかった作業時間データ（移動、探索、ピックなど）が取得できるため、日々経験を積むことで作業スピードが向上することを本人に伝えることでモチベーションの高揚を図ることや、初心者と上級者の違いの分析などを実施することが出来るようになる。

Amazon は Kiva という棚を運ぶロボットを導入することでピッキングの効率を向上させている。ただ Kiva ではピックする作業者は定位置で作業するが、モニタを見て、どの間口からどの商品を取り出すかを読み取り、視線を移して棚から商品をピックするため、視線移動の時間とピックミスの可能性が生じる。このため、例えば間口に QR コードやカラービットなどを貼付し、スマートグラスで棚を見た際に間口の位置の色を変えることにより、視線を移すことなく、またミスすることなく作業をすることが可能となる。このようにモノとヒトを連携・協調させる取り組みは作業生産性・品質向上に有効である。

7. ヒトのデジタル化やモノとヒトの連携・協調における課題

課題に関しては、センサー・デバイス起因、通信起因、ヒト起因のものが考えられる。

まずセンサー・デバイス起因であるが、計測したいデータを取得可能なセンサーを搭載したデバイスが存在しないケースや、存在しても価格が高過ぎるケースがある。またデバイスのバッテリーが業務時間中は持たなくては行けないが、計測・処理・通信を頻度高く行くとバッテリー消費が激しくなるため、業務的に成立する頻度とのバランスを取る必要がある。

通信起因には、例えばスマートフォンを GW（ゲートウェイ）とした場合に、スマートウォッチや外付けカメラなどの周辺デバイスとの通信と、GW とクラウド上の IoX プラットフォーム間の通信がある。前者は Bluetooth や Wifi などにより行うが、デバイスが対応していないことや、現場においてその使用が禁じられているケースがある。しかしながら例えばヘルメットに装着したカメラと胸ポケットに入れたスマートフォンを有線ケーブルで接続すると、ケーブルが引っかかる危険性があることから認められない可能性もある。後者は通信品質やカバレッジ、また大量のデータを送信する場合の packets 代などを考慮した業務設計とシステム設計が必要となる。

最後にヒト起因であるが、例えばスマートウォッチを

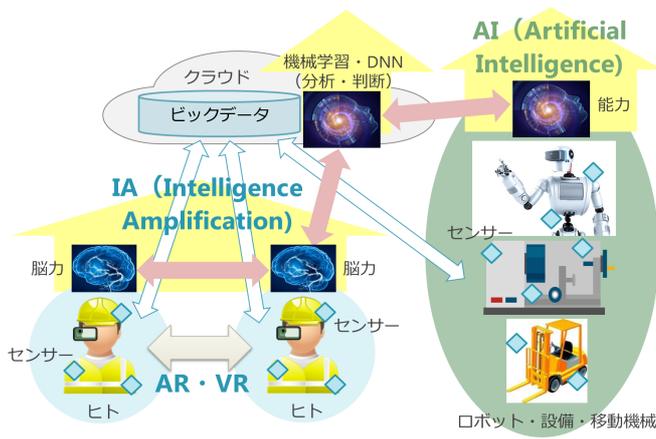


Fig. 5: IA と AI の関係

腕に付ける際に、しっかりと巻かないと正確なバイタルデータを取得出来ない可能性がある。また不整脈などの既往症が発覚することにより、何らかの不利益をこうむるのではないかと不安感により装着を拒否される可能性もある。また最近のスマートグラスは軽く見易くなってきているが、眼の調整能力が衰えたヒトでは見難かったり、疲れやすくなったりすることもあり得る。さらに作業データが逐一取得されることに対して、労働管理強化への忌避反応や、監視されているという心理的な圧迫などを感じる可能性もある。

8. 今後の展望

人工知能の急速な進化は、ディープラーニングが大量のデータから特徴表現をコンピュータ自らが獲得出来るようになったことにある [2]。これは例えば将棋や囲碁の棋譜のように大量のデータが存在することが前提となる。対して人間は少数の経験から規則性を導出し、行動を変えていく能力を持つ。このため、今後人工知能が適した領域への応用は促進されていくが、人間の「脳力」の価値を再認識すべきと考える。

熟練者が退職してしまう前に、その技能・スキル・創意工夫のプロセスを Fig. 5 に示すようにデジタル化し、

記録し、熟練までには至っていない作業者に移植することは直ぐにでも取り組まないと、現在の日本の製造業が持つ大きな力を削いでしまうことになる。また国内のマザー工場で継続的に改善されるプロセスをデジタル化し、海外工場の作業者に移植することも重要な取り組みとなる。

また記録されたデータは、将来的に人工知能がより賢くなるために重要なヒントを持つことになると考えられる。

日本の現場はこれまでは経験・勘・度胸が支配をしている傾向が強いため、ヒトのデジタル化の取り組みは容易では無いと考えられる。しかしながら、自動化・機械化・無人化を進める海外の企業と比較して、ヒトを大切にする日本企業の良さを活かすために、経営者のリーダーシップの下にヒトのデジタル化を積極的に進め、ヒトとモノが連携・協調する IoX 現場が実現することを切に願う。

注記: 本稿で使用した Fig. 1 から Fig. 5 までの図の著作権は、新日鉄住金ソリューションズ(株)にあります。

参考文献

- [1] Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne: THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?, Published by the Oxford Martin Programme on Technology and Employment, (2013).
- [2] 松尾豊, 「人工知能は人間を超えるか」, KADOKAWA (2015).

井上 和佳



1989年3月、東京工業大学総合理工学研究科修了。1989年4月、新日本製鐵株式会社に入社し、画像認識技術の研究開発に従事。1994年から1996年までマサチューセッツ工科大学に留学し、計算機科学の修士号を取得。帰国後に最適化技術の研究開発とサプライチェーン管理システムの開発に従事し、現在はIoX事業立ち上げに従事。