

# 工場のスマート化を実現する 最新のFA技術と取組み

Latest Factory Automation Technologies and Activities for Achieving Smart Factory



楠 和浩\*  
Kazuhiro Kusumoki

## 要 旨

IoT(Internet of Things)技術やAI(Artificial Intelligence)技術を活用した工場のスマート化がグローバルに進行する中、三菱電機は生産現場を起点としたFA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”を提供することで、工場のスマート化の実現を支えてきた。

工場のスマート化を実現する当社の最新のFA技術と取組みの事例は次のとおりである。

### (1) IoT導入レベル“SMKL”

工場のスマート化の現状や将来進むべき方向性を経営層と現場との間で共有するための指標である。

### (2) 産業用オープンネットワークCC-Link IE TSN<sup>(注1)</sup>

現場改善のための様々な粒度のデータ収集と制御サイクルの高速化の両立を支える。

### (3) Edgexcross<sup>(注2)</sup>対応ソフトウェア“iQ Edgexcross”

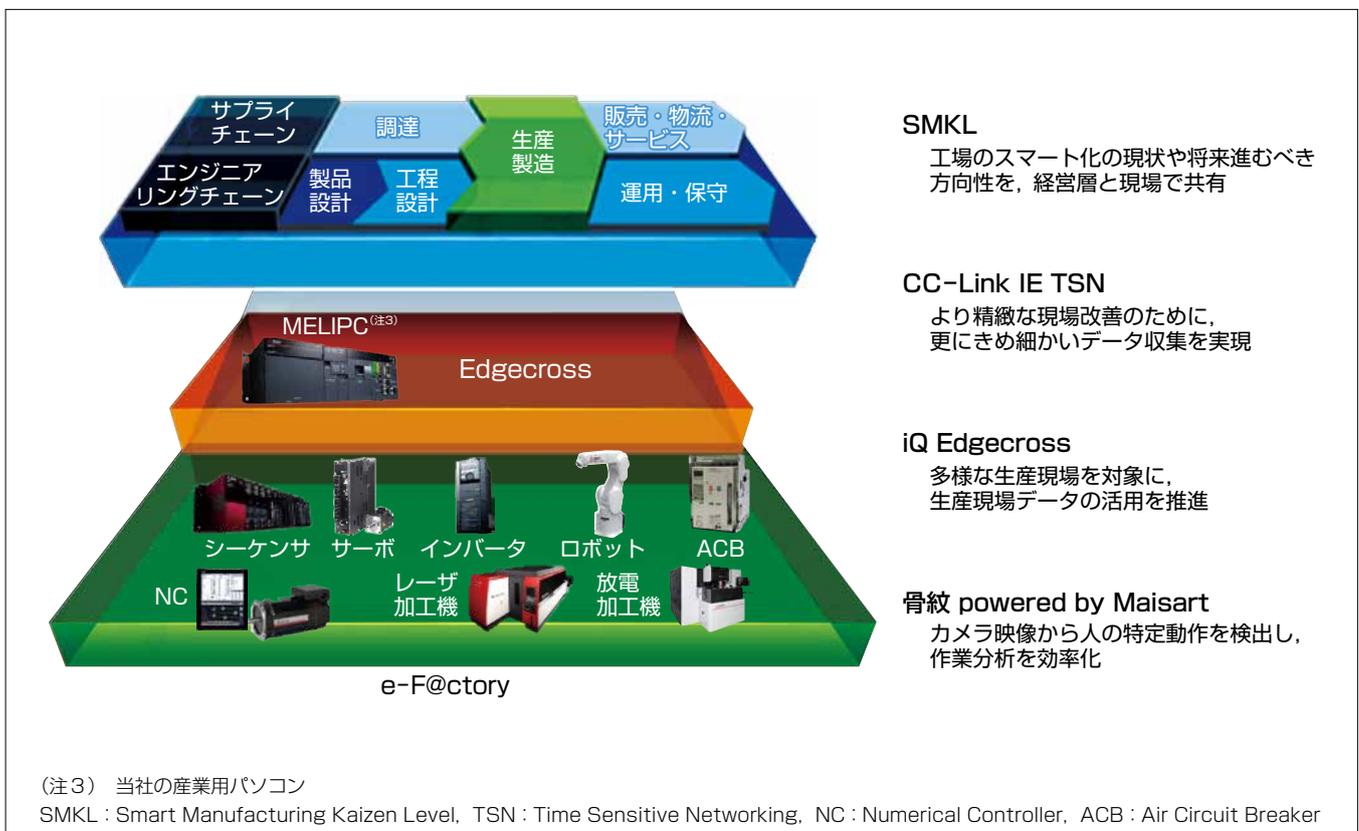
多様な生産現場を対象に生産現場データの活用を推進するエッジコンピューティング領域のオープンなソフトウェアプラットフォームEdgexcrossに対応するソフトウェア製品群である。

### (4) 作業分析ソリューション“骨紋(こつもん)”

当社AI技術“Maisart(マイサート)”を用いてカメラ映像から特定の動作を自動検出して作業分析を効率化する。

今後も、最先端のFA技術を継続的に生み出し、e-F@ctoryを進化させていくことで、工場のスマート化実現に貢献していく。

(注1) 一般社団法人 CC-Link協会によって仕様公開されている。  
(注2) 一般社団法人 Edgexcrossコンソーシアム提供。Edgexcrossは一般社団法人 Edgexcrossコンソーシアムの登録商標である。



## FA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”と最新のFA技術・取組み

e-F@ctoryは、生産現場を起点とした経営改善を目指して、“人・機械・ITの協調”によるフレキシブルなものづくりによって、サプライチェーン、エンジニアリングチェーン全体にわたって工場のスマート化を支援する。また、SMKL、CC-Link IE TSN、iQ Edgexcross、Maisartなどの最新のFA技術・取組みを取り入れることで、更なる工場のスマート化を実現する。

## 1. ま え が き

IoT技術やAI技術の進展はものづくりにも波及し、これらの技術を利用した工場のスマート化が進んでいる。

当社は、生産現場を起点とするFA-IT統合ソリューションe-F@ctoryを2003年から提供し、グローバルに進むスマート工場の実現を支えてきた。

工場のスマート化は、設備・機械からの生産現場データの収集などの“見える化”，収集したデータの生産管理や予防保全への活用といった“観える化”及び“診える化”の取組みが先行して実現されつつあり、一部の製造業では具体的な成果を上げつつある。

一方で、スマート工場の実現に向けて解決すべき課題も多く残っている。

本稿では、それらの課題に対する解決策を中心に、工場のスマート化を実現する最新のFA技術と取組みについて述べる。まず、2章で工場のスマート化のグローバル動向と現状の課題を述べ、3章でFA-IT統合ソリューションe-F@ctoryについて述べた後、4章でスマート工場の実現に向けた課題を解決する当社の最新のFA技術と取組みについて述べる。

## 2. 工場のスマート化

製造業では、顧客ニーズの多様化・高度化を受けて工場のスマート化の動きがグローバルで進展している。具体的には、ドイツが2011年に提唱したIndustry 4.0を始めとし

て、アメリカのIndustrial Internet Consortium、中国の智能製造、日本のConnected Industriesなど様々な取組みが始まっており、また、それぞれの国又は団体が相互に連携しながら進められている。

これらの動きに共通するのが、IoT技術やAI技術を活用したスマート工場の実現である。具体的には、“データの収集・蓄積”“データの分析・予測”“データによる制御・最適化”のステップによって、工場のTCO(Total Cost of Ownership)削減、品質及び生産性の向上、製品の提供価値の向上、出荷後のリスク管理・トレーサビリティ管理などを実現しようとしている。

## 3. FA-IT統合ソリューションe-F@ctory

当社は2003年から、生産現場を起点とし、IoT化によるビッグデータの活用でスマート工場を実現するFA-IT統合ソリューションe-F@ctoryを提唱している<sup>(3)</sup>。e-F@ctoryでは、FA技術とIT技術を最大限に連携させることで開発・生産・保守の全般にわたるバリューチェーン全体でのコストを削減し、顧客の改善活動を継続して支援することで、一歩先のものづくりを実現している。また、“生産性”“品質”“環境性”“安全性”“セキュリティ”の向上を通して、顧客の業務全体を効率化する。

e-F@ctoryのアーキテクチャは、生産現場、エッジコンピューティング、ITシステムの3層で構成している(図1)。生産現場は生産を実行すると同時に、センシングによって生産や設備のデータをリアルタイムに収集する。エッジコンピューティングでは、生産現場から収集したデータを監

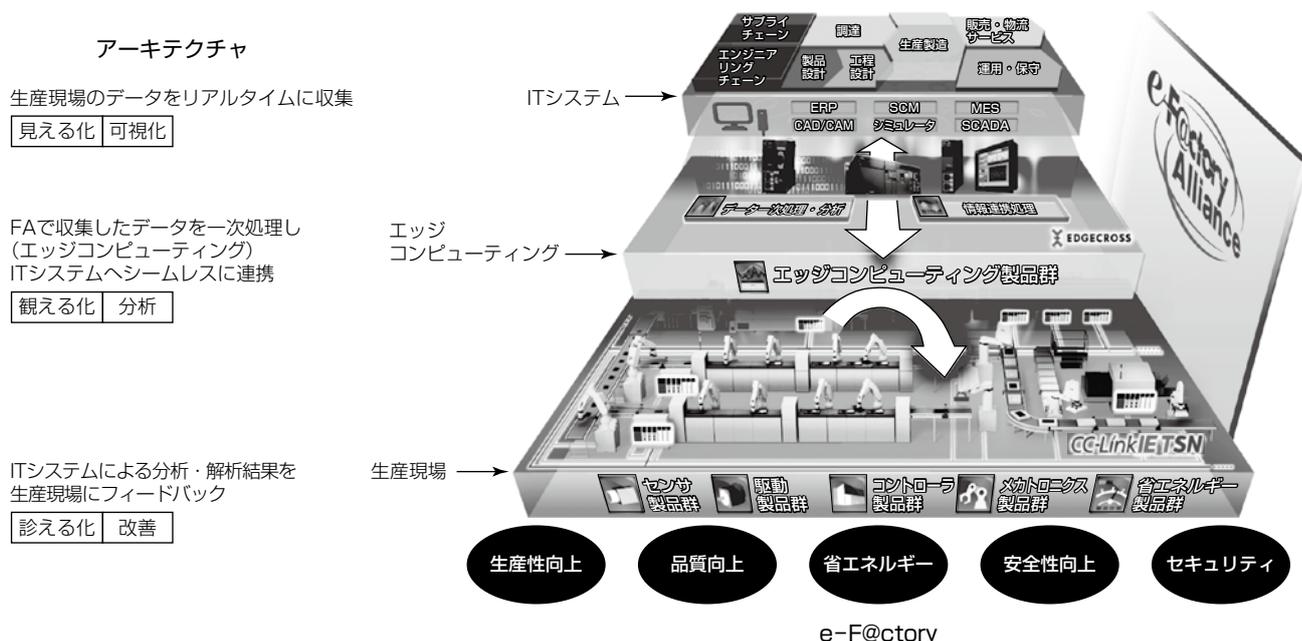


図1. e-F@ctoryのアーキテクチャ

視・分析・診断すると同時に、生産現場へのリアルタイムなフィードバックを実行する。例えば、設備の異常の兆候を捉え、即座に現場へ指示を出すことによって、故障する前に設備を停止したり、設備の異常で不良製品が大量に生成されてしまうような問題を解決できる。また、ITシステムが必要とするデータの抽出や指示と結果の紐(ひも)付けを行うなどの処理を実施して、ITシステムへシームレスに連携する。生産管理や実行指示を行うITシステムは、エッジコンピューティングによる支援によって、必要なデータを理解できる(処理可能な)形式で入手できる。

このアーキテクチャに対して当社では、生産現場向けに、コントローラ製品群やメカトロニクス製品群を始めとする幅広い製品ラインアップを提供している。また、エッジコンピューティング向けとして、産業用パソコンである“MELIPC”を始めとするハードウェア製品群を提供するとともに、Edgecrossコンソーシアムから提供されるオープンなソフトウェアプラットフォームEdgecrossに対応したソフトウェア製品群iQ Edgecrossを提供している。

#### 4. 最新のFA技術と取組み

先に述べたように、スマート工場実現に向けて生産現場の“見える化”“観える化”“診える化”については、徐々に実現されつつあるが、次に示すような課題がある。

- (1) スマート工場は厳密には定義が定まっておらず、また、目指すべきIoT化のレベルが経営者や現場管理者などの立場によって異なる場合も多い。したがって、スマート工場の実現に向けてはまず、工場のスマート化の現状や将来進むべき方向性を経営層と現場とで共有できる指標が必要である。
- (2) より詳細な現場データの収集・可視化・分析を行うことで現場改善を進め、更なる生産性向上が期待できる。そのためには、生産現場では、様々な粒度のデータ収集と制御サイクル高速化を実現可能なネットワークが必要になる。
- (3) 製造業では、現場ごとに作られるモノと作るプロセスが変わるため、現場に合わせた数多くのデータ収集方法やデータ可視化・分析方法が必要である。
- (4) 現状、生産性向上のために設備・機械のデータだけを活用していることが多いが、更なる向上に向けて“人”や“作られるモノ”の動きを解析できるようにする必要がある。本章では、これらの課題を解決する当社の最新FA技術と取組みについて述べる。

##### 4.1 SMKL

課題(1)に対応した取組みについて述べる。スマート工場

の実現には、工場のスマート化の現状や将来進むべき方向性を経営層と現場とで共有することが重要である。共有することで、スマート工場実現のための適切な投資計画を継続的に立案・実行することが可能になる。

共有のための手段として、ここでは2015年に当社内の指標として作成・運用され、現在ISO/TC184で国際規格として審議中のSMKLについて述べる。

SMKLは、“工場をどうIoT化していけば良いか分からない”という悩みを持つ製造現場のIoT化推進を支援する目的のために作られたものであり、図2のようにIoT導入レベルを四つの“見える化”レベルと、四つの管理対象レベルで分けられた16マスで表すことで、対象とする製造現場がどの段階までIoT化が進んでいるかを判断できるものである<sup>(4)</sup>。

縦軸のみえる化レベルは、レベルa“データ収集”、レベルb“見える化(可視化)”，レベルc“観える化(分析)”，レベルd“診える化(改善)”とし、どれも電子化かつ自動化されていることを到達条件としている。また、横軸の管理対象レベルは、ディスクリート系の工場を対象にした場合、レベル1“設備・作業員”，レベル2“ライン全体”，レベル3“工場全体”，レベル4“サプライチェーン全体”とするが、工場の種類に応じた定義を行う必要がある。

SMKLに基づいて、現状のレベル把握と次に進むべきレベルの決定を行い、そのための投資計画を立案することで、経営層と現場との間で理解を共有しながら継続的に工場のスマート化を前進させることができる。

##### 4.2 CC-Link IE TSN

課題(2)に対応した技術であるCC-Link IE TSNについて述べる。CC-Link IE TSNは、一般社団法人CC-Link協会が仕様を公開している産業用オープンネットワークであり<sup>(5)</sup>、当社は、CC-Link IE TSN対応製品の提供を行っている<sup>(6)(7)(8)</sup>。CC-Link IE TSNは、世界に先駆け

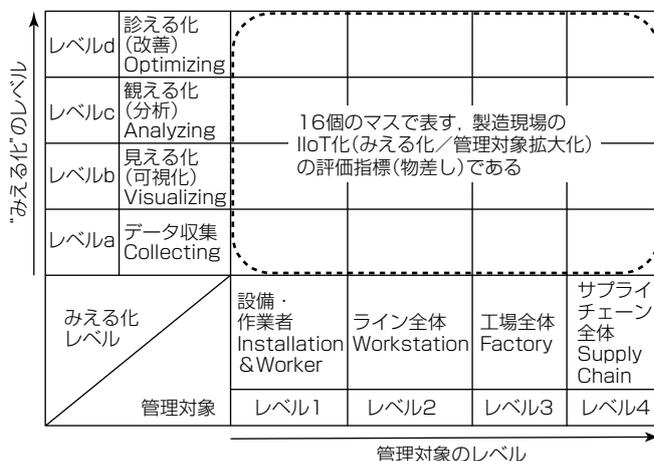


図2. SMKL

て(注4)TSN技術を産業用オープンネットワークに適用することで“FAとITの融合”を実現すると同時に、効率的なプロトコルによって従来のCC-Link IEが持つ性能・機能を更に強化することで“高速・高精度な制御”を実現している。

CC-Link IE TSNは、機器の処理タイミングに合わせて通信周期を設定できるため、それぞれの機器の特性に合わせて通信周期を最適化することが可能になる(図3)。これによって、機器の特性に合わせた粒度でのデータ収集を実現しつつ、不要な通信を省くことによる高速タクトタイムを実現できる。

(注4) 2018年11月27日現在、当社調べ

### 4.3 iQ Edgecross

課題(3)に対応した取組みについて述べる。作られるモノと作るプロセスが異なる現場に対し、現場に合わせた数多くのデータ収集方法やデータ可視化・分析方法を提供するためには、それを実現するオープンなソフトウェアプラットフォームと、そのプラットフォームに準拠した数多くのソフトウェアの提供が必要である。

そのため、当社は、一般社団法人Edgecrossコンソーシアムが提供するエッジコンピューティング領域のオープンなソフトウェアプラットフォームであるEdgecross<sup>(9)</sup>に対応したソフトウェア製品群iQ Edgecrossによって、様々なデータ収集とデータ分析の手段を提供している。

図4に示すように、Edgecrossは、生産現場からのデータ収集を行う“データコレクタ”と、“エッジアプリケーション”と呼ばれるソフトウェアとの組合せによって、様々なニーズに沿ったスマート工場用ソリューションを実現できる。

当社は、表1に示すデータコレクタと表2に示すエッジアプリケーションを既に提供しており、今後もEdgecross対応ソフトウェア製品を拡充することで、様々な生産現場の工場のスマート化を支援する。

今後は、当社AI技術Maisartを更に活用したエッジアプリケーションを拡充することで、データ分析を通じた価値創出の実現を目指す。

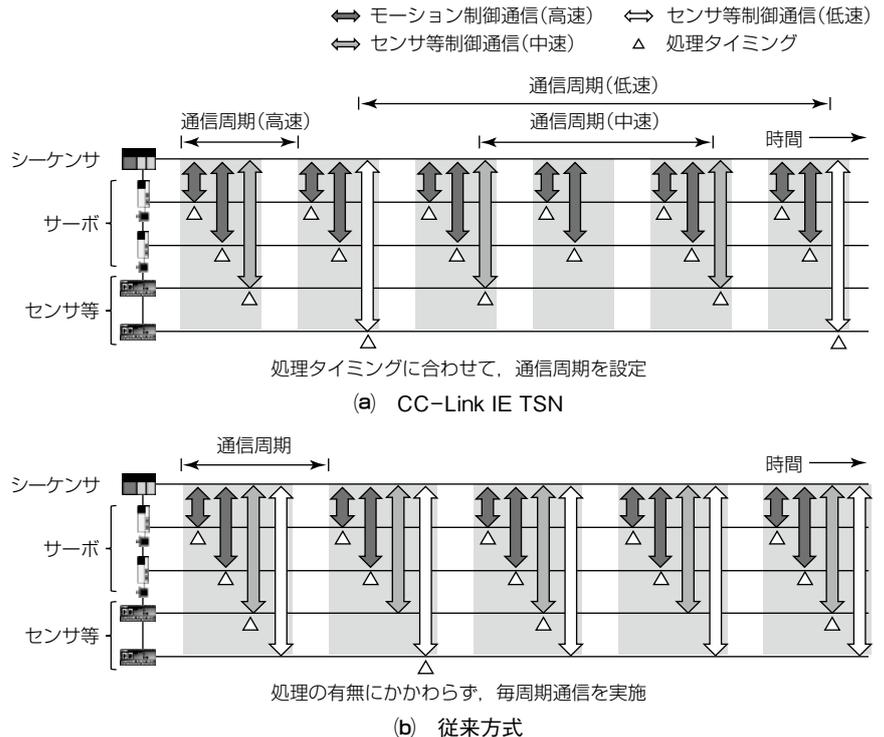


図3. CC-Link IE TSNによる様々な粒度のデータ収集

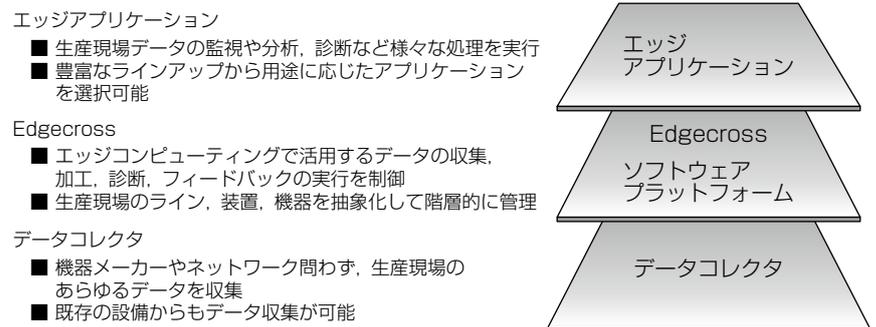


図4. Edgecrossアーキテクチャ<sup>(10)</sup>

表1. 当社製データコレクタ

CC-Link IEコントローラネットワークデータコレクタ
CC-Link IEフィールドネットワークデータコレクタ
CC-Link IE TSNデータコレクタ(対応予定)
MTConnect <sup>(注5)</sup> 対応データコレクタ
OPC UAデータコレクタ
SLMPデータコレクタ

(注5) MTConnectは、The Association For Manufacturing Technologyの登録商標である。

UA : Unified Architecture, SLMP : SeamLess Message Protocol

表2. 当社製エッジアプリケーション

製品名	用途
GT Works3(GT SoftGOT2000)	生産現場の見える化
リアルタイムデータアナライザ	データ分析・診断(Maisart活用)
iQ Care Remote4U Edgecross edition	レーザ加工機稼働監視
MC Works64 エッジコンピューティングエディション	工場全体の見える化
NC Machine Tool Optimizer	NC工作機械稼働監視
EcoAdviser	省エネルギー支援

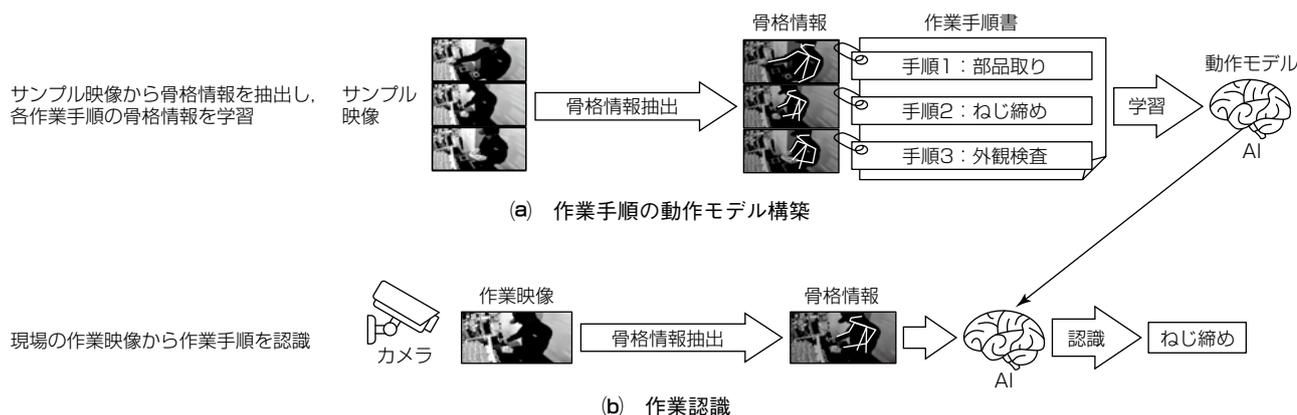


図5. 骨紋の仕組み

#### 4.4 作業分析ソリューション“骨紋”

課題(4)を解決するための技術である“骨紋”について述べる。先に述べたように、これまでの生産性向上に向けた取組みでは、主に設備・機械から収集されたデータが活用されてきた。しかしながら、更なる生産性向上のためには、現場の“人”や“作られるモノ”からの情報収集と活用が重要である。

当社は“人”からの情報収集と活用に向けた取組みの一つとして、AI技術Maisartを用いて、カメラ映像から人の骨格情報を抽出・分析し、特定の動作を自動検出する作業分析ソリューション“骨紋”を開発した<sup>(11)</sup>。

図5に示すように、骨紋では、サンプル映像から抽出した作業者の骨格情報を、部品取り、ねじ締め、外観検査といった作業手順単位でAIに学習させる。その後、現場の作業映像から同様に骨格情報を抽出し、作業者がどの作業手順を実施中であるかをAIが自動的に認識する。

当社工場での検証では、作業認識率は、目視と同程度の90%であり、人間による目視作業の代替が可能なレベルにある。認識結果は、作業バランスの確認や作業手順誤りの自動検出など、様々な用途で活用できる。

また、動作研究の先駆者であるギルプレスが提唱した“動作経済の原則”<sup>(注6)</sup>に基づき、骨格の動きを分析することで、作業者の無理・無駄な体の動きの課題を可視化することもできる。これによって、異なる監督者であっても同じ課題を見つけることができるため、属人性を排除した標準的な作業改善が可能になる。

“骨紋”を利用することによって、生産現場の作業者の動きをカメラで撮影するだけで作業内容を認識・特定し、作業時間や作業ミス、無駄を自動検出することで作業分析を効率化でき、生産現場の生産性向上が期待できる。

(注6) 疲労を最も少なくして有効な仕事量を増やす、人間のエネルギーを効率的に活用するための約30項目からなる経験的な法則

## 5. むすび

IoT技術やAI技術を活用した工場のスマート化の実現に向けた当社の最新FA技術や取組みの例として、工場のスマート化の指標SMKL，“FAとITの融合”と“高速・高精度な制御”を実現する産業用オープンネットワークCC-Link IE TSN，多様なデータ収集・可視化・分析を実現するEdgex対応ソフトウェア製品群iQ Edgex，作業分析ソリューション“骨紋”について述べた。今後も、スマート工場を実現する最先端のFA技術・システムの研究開発を進め、更なる工場のスマート化への貢献に向けた技術の提供を進めていく。

### 参考文献

- (1) 中川路哲男：“Connected Industries”の実現に向けたFA分野へのAI技術適用，三菱電機技報，92，No.4，216～220（2018）
- (2) 水落隆司：FA-IT統合ソリューション“e-F@ctory”を支える最新のFA技術・システム，三菱電機技報，93，No.4，216～221（2019）
- (3) 三菱電機株：e-F@ctoryとは？  
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/sols/efactory/index.html>
- (4) 藤島光城：IoT導入レベル“SMKL”適用によるスマート工場の実現推進と産業用IoT製品の開発&販売促進，三菱電機技報，94，No.4，211～214（2020）
- (5) 一般社団法人CC-Link協会プレスリリース：CC-Link IE TSN（2018）  
[https://www.cc-link.org/ja/material/documents/20181121\\_tsn\\_pressrelease\\_j.pdf](https://www.cc-link.org/ja/material/documents/20181121_tsn_pressrelease_j.pdf)
- (6) 三菱電機株：ネットワーク関連製品  
[https://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/products/cnt/plcnet/pmerit/cmlink\\_ie\\_tsn/lineup/master.html](https://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/products/cnt/plcnet/pmerit/cmlink_ie_tsn/lineup/master.html)
- (7) 原川 翼，ほか：CC-Link IE TSN対応FA製品群，三菱電機技報，94，No.4，215～218（2020）
- (8) 三原 弘，ほか：CC-Link IE TSN対応モーションユニット“RD78GH/RD78G”，三菱電機技報，94，No.4，219～222（2020）
- (9) 一般社団法人Edgexコンソーシアム：Edgexの特長  
<https://www.edgex.org/ja/solution/feature.html>
- (10) 三菱電機株：Edgex対応ソフトウェア  
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/products/edge/edgsw/pmerit/index.html>
- (11) 清水尚吾，ほか：骨格情報を用いた生産現場における作業行動分析手法，情報処理学会第81回全国大会講演論文集，2019(1)，9～10（2019）