

IoE の取り組み

IoE Initiatives

山口泰一 Y. YAMAGUCHI

Industry is facing the problem of worsening labor shortages on the production shop floor due to factors such as a decline in the working population and shortage of successors to seasoned technicians. Meanwhile, there are increasingly high expectations that rapidly-advancing IT technologies and utilization of information such as big data, learning and AI will dramatically solve such problems affecting monozukuri and bring about a paradigm shift in the manufacturing industry. This paper will report on JTEKT's IoE (Internet of Everything) activities and our initiatives for solving monozukuri issues which we intend on reflecting in future activities.

Key Words: IoT, AI, IoE, smart factory, line builder

1. はじめに

近年、IoT (Internet of Things) やビッグデータ、AI など情報技術の進化が、働き方や生活基盤に大きな変革をもたらすと期待されている。また、産業界においては第4次産業革命の起爆剤とも言われ、2011年頃からさまざまな分野で活用が検討されている。日本では、システムや生産機器からデータを取得しているメーカーは多いが、その分析ができていないなどの指摘¹⁾もあり工場すべてをコンピュータネットワークでつなぐスマー

トファクトリーの構築が急がれている (図1)。

当社では、モノづくりを変革させる重要技術と考え、2012年から調査・コンサルタント・社内ベンチャー活動を経て、工作機械・メカトロ事業の柱に育てるべくIoE (Internet of Everything: 当社独自の用語) として活動を推進してきた。IoEとは、IoTに対して、さらに工場働く人の情報もつなげて人の活躍も引き出したいとの考えから、「もの (Things)」から「人、情報も含めあらゆるもの (Everything)」につなげるとし、概念を鮮明にした (図2)。

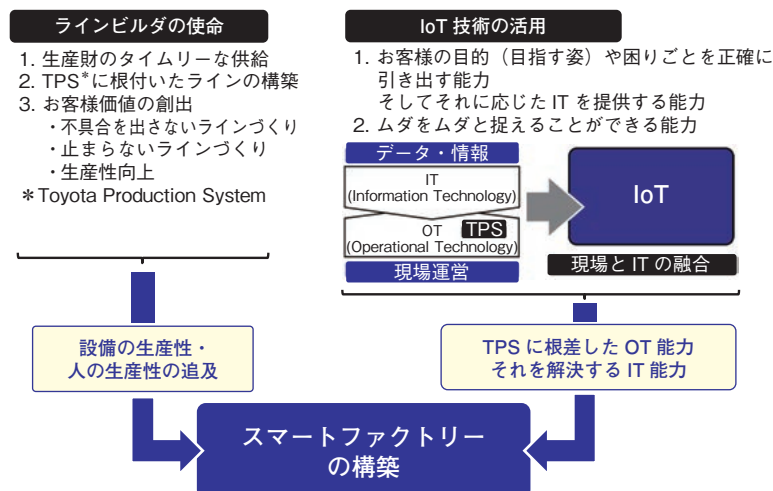


図1 スマートファクトリー
Smart factory



図2 IoE の概念
The IoE concept

2. 各国の戦略

IoT 技術の活用などで、工場をスマートファクトリーに進化させる気運の高まりは、国家レベルの戦略によって先導されてきた側面がある。モノづくりの新たな成長を喚起し、産業構造や商品構成レベルで変革を産み出すことを目指し、国家主導やトップダウンで推進され、そこに力をもった企業が関与し流れを形成している。

一方で、IT 技術は広く一般社会に浸透しており、ベンチャー企業も含めてスマートファクトリーに向けた新技術提案は裾野の広がりを見せながらボトムアップ的に進化している。

2.1 Industrie 4.0

Industrie 4.0 はドイツの経済成長を支える新たな国家戦略として 2012 年に提唱され、その骨子はデジタル化やコンピュータ化によるサイバーフィジカル*な産業社会の構築である。具体的な姿として、生産においては工程改善やトレスビリティの強化と、消費者の個々のニーズに即座に対応できる消費情報の伝達とマスカスタマイゼーションの実現を掲げている。

*これまで「経験と勘」に頼っていた事象を効率化し、より高度な社会を実現するためのサービス

2.2 IIC (Industrial Internet Consortium)

米国は IIC を中心に多くの企業が参画している。General Electric Company (GE), International Business Machines Corporation (IBM), Cisco System, Inc.(シスコ), AT & T Inc., Intel Corporation が中心に、Industrie 4.0 を包括したより広い領域をターゲットに、参加企業に実証環境を提供するなどして全体を牽引している。現時点では規格・基準の制定ではなく、連合体による技術進化を率先垂範する形を取っている。

2.3 Connected Industries

日本では経済産業省が提唱する Connected industries であり、図3に示すように、基本的な考え方と三つの柱がある。人が活躍する産業社会が思想に盛り込まれ、当社の推進する IoE と合致している。

<p>基本的な考え方</p> <p>さまざまなつながりにより新たな付加価値が創出される産業社会。デジタル化が進化する中、我が国の強みである高い「技術力」や高度な「現場力」を活かした、ソリューション志向の新たな産業社会の構築を目指す。</p> <p>現場を熟知する知見に裏付けられた臨機応変な課題解決力、継続的なカイゼン活動などが活かせる、人間本位の産業社会を創り上げる。</p>
<p>三つの柱</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 人と機械・システムが対立するのではなく、協調する新しいデジタル社会の実現 2. 協力和協働を通じた課題解決 3. 人間中心の考えを貫き、デジタル技術の進展に即した人材育成の積極推進

出所：経済産業省プレスリリース
<http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170320001/20170320001.html>

図3 Connected industries
Connected industries

3. ハノーバメッセ 2018 で見た各社の状況

2018 年 4 月にドイツで開催されたハノーバメッセに出展する機会を得たので、IoT 技術や、Industrie 4.0 に対する各社の取り組み状況を調査した。国内外において、IT 企業側からエッジ層（設備、工場サイド）へのアプローチが盛んになっており、複数メーカーと連携していくことが必須になっている。

3.1 メーカーの動向

最大手の Siemens AG は Industrie 4.0 は概念ではなく実現する時期に来たとアピールしており、実際の生産現場において実用化への意識が高まっていた。

大手 IT 企業が、エッジ層により近い領域へアプローチし始めた印象だが、1 社では実現できないため、プラットフォーム提供者・活用者の連合が主流になってきている (図4)。

それはヨーロッパだけではなく、日本でもファナック株式会社の FIELD system や三菱電機株式会社、オムロン株式会社など 6 社が設立した Edgecross などが活発になってきている (図5)。

3.2 IoT, AI

IoT については、概念として浸透したからなのか、言葉そのものの訴求は減っており、AI が中心となるロボットの進化や無人化に移行している。展示会全体を通して、ロボットの展示が数多くあり、人に対する観点が薄れた印象となっている。AI 制御の双腕ロボット (図6) や卓球ロボットが進化しており、製造現場で人と協働作業できる、人協調ロボットが展示の主流になっている。



図5 企業連携②
Cooperative companies 2



図4 企業連携①
Cooperative companies 1

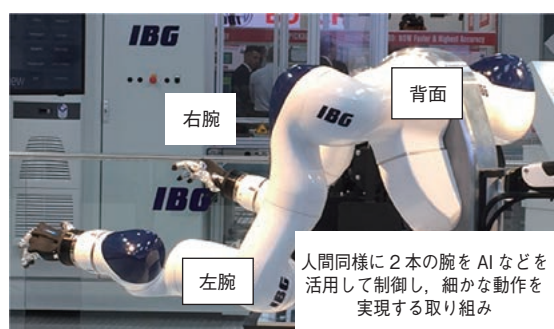


図6 双腕ロボット
Two-arm robot

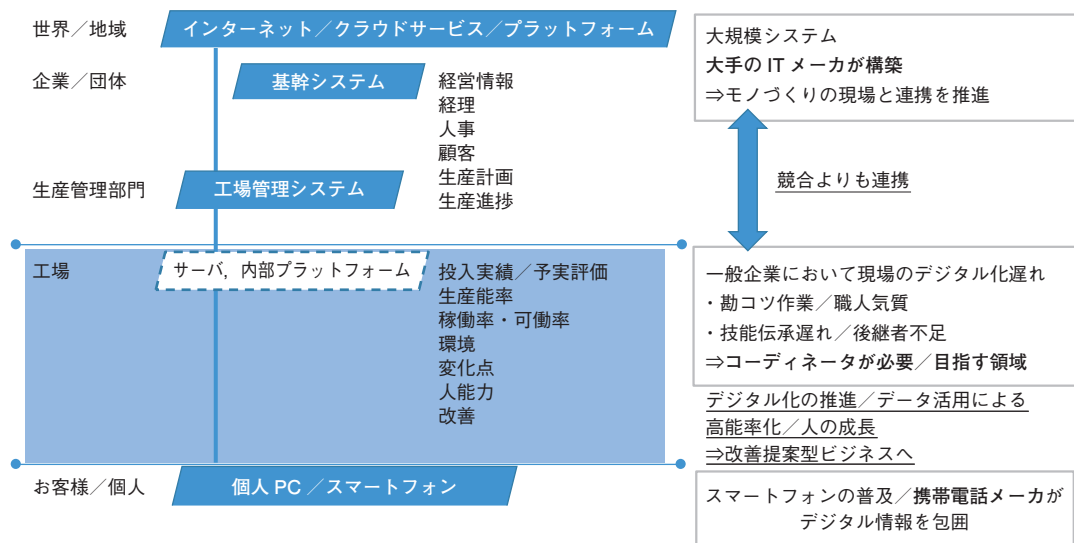


図7 工場の立ち位置
Positioning of factories

4. サービス提供者・活用者と当社の活動

3項に見られる動向は国内も同様で、Industrie 4.0やIICが提唱するデジタル化を実現するために、上位から下位まですでに多くの企業が参入している。上位は大手ITメーカやNCメーカがクラウドサービスやプラットフォームを投入し、エッジ層への展開まで領域に加えてきている。

一方でエッジ層でのデジタル化は総じて遅れている。生産現場では、より現実的な成果が求められ盲目的にはデジタル化が進まず、様子見に入る場合が多い。大手メーカでは、まずデータを収集し、学習や解析を行いながら、取り組みを進めるといった場合も出てきているが、中小のメーカではそのような担当者も配置できず、進まない状況である。

工場サイドで、デジタル化をコーディネートする機能が不足しており、当社のようなラインビルダが力をつけなくてはならない。

当社は設備やシステムを提供している立ち位置から、工場内にある生産情報をデジタル化し、その結果から生産改善を産み出すユースケースをまとめながら、設備・システムに加えて、新たな当社としての付加価値を産み出すべく、活動を続けている。そして、そのキーワードが「人が活躍するスマートファクトリー」である。

工場では労働人口減少への取り組みと、匠の技の伝承が喫緊の課題になっている。それらの課題に手当てをしながら、工場や工場働く人の効率が向上する姿を当社として描いている。

5. IoE の取り組みとその技術

5.1 機械のスマート化

生産設備は、より高度な自律化＝スマート化を目指している。これまでは設備稼働の維持や加工精度の保障、品質の確保において、目に見えない所で、実際には人の匠の技によって高水準が達成されてきた。しかし今後は、IoE技術などを活用し設備が自律して、それらが高水準に達成される姿を描いている。

5.1.1 予兆管理

設備の状態を管理し計画保全することが、突然の故障による生産停止を防止するために重要視されている。ベテラン作業者は、何気ない音や振動および加工結果などから、設備の不調を感じ取ることができるが、より自動化された生産ラインではそのような人の判断が入り込むことができず、突発故障が発生する。また、設備の不調を感じとれるベテラン作業者も急激に減少している。

設備の挙動をセンサなどでデジタル化し、設備挙動と故障情報、加工品質情報と組み合わせることで設備が学習することにより、人の感覚に頼らない予兆管理が可能となる。当社のIoE取り組みにおいても、解析による予防保全につながる知見がいくつか得られている。下記はその事例である。

- ①研削びびりの予兆検知 (図8)
- ②研削焼けの予兆検知 (図9)
- ③主軸用軸受の異常検知 (図10)
- ④ドリル、エンドミルの工具寿命予測 (図11)

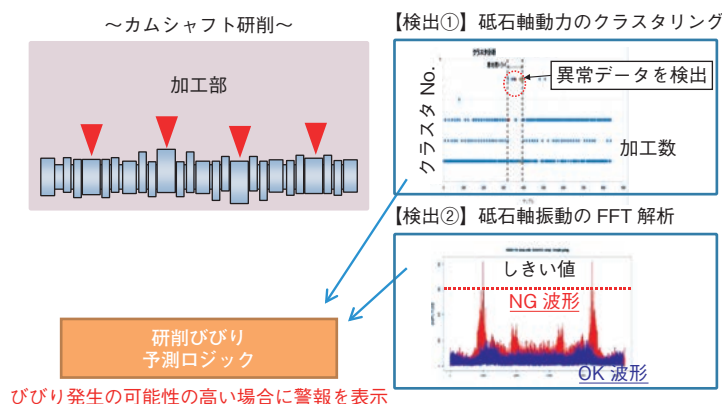


図8 カム研削のびびり判別
Chattering judgment for camshaft grinding

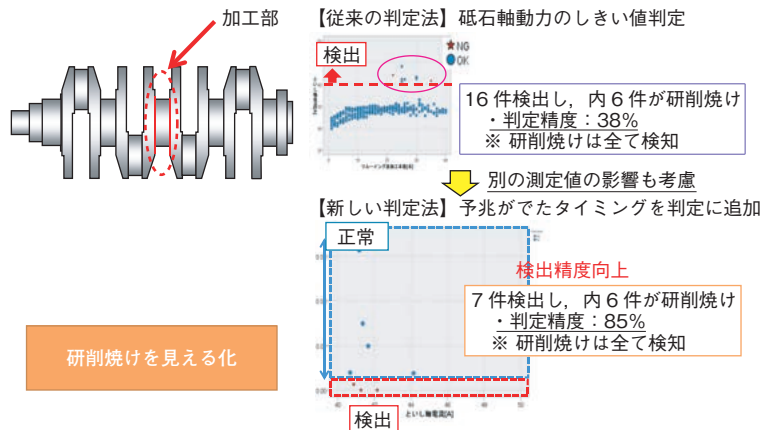


図9 端面研削焼け判別
Seizure judgment for end-face grinding

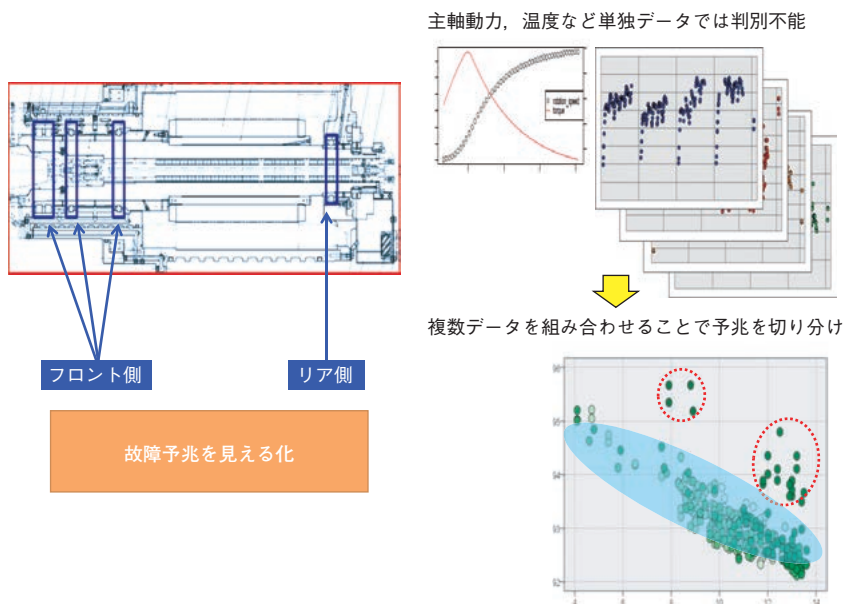


図10 主軸用軸受の故障予兆
Symptoms of main spindle bearing failure

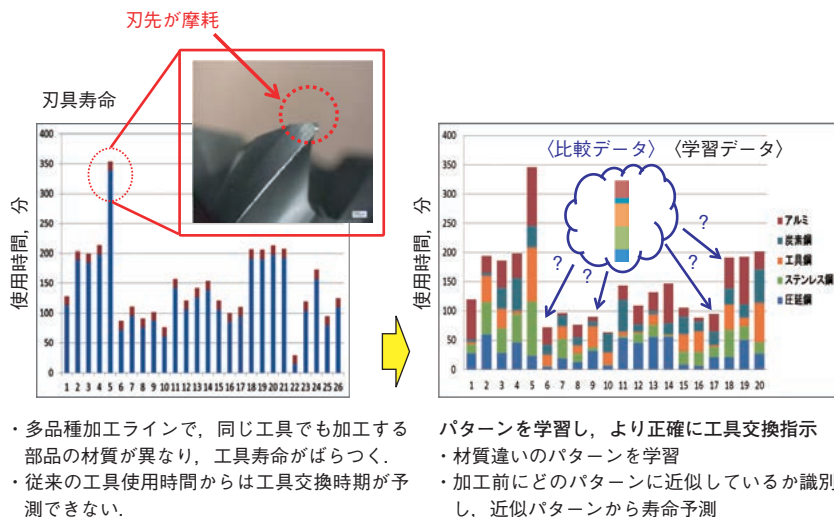


図11 ドリル、エンドミルの工具寿命予測
Forecast of tool life for drills/end mills

5.1.2 JTEKT smart cutting

切削加工において、びびりの無い高品位の加工面を実現するために、加工条件の選択は重要なポイントとなる。これまでの、作業者が機械の状態を見ながら、従来の知見をもとに試加工を繰り返し、最終の加工条件を選定していた。

しかし、それでは準備に時間が掛かるし、生産性も考えあわせた最適な加工条件になっているのか、曖昧さも残る。当社のマシニングセンタに搭載されたJTEKT smart cuttingは、工具を含めた主轴系の振動特性を簡易に取得し、加工現象に沿ったデータ解析によって、精度が安定する最適加工条件をデジタルに提示できる。

5.1.3 リアルタイム熱変位補正

工作機械の熱変位は機械加工における長年の課題であった。設備環境の温度変化や、機械自身の発熱により機械全体が変形し、加工精度を悪化させていた。そこで、機械に埋め込んだ複数のセンサで機体温度を測定し、リアルタイムに熱変形を解析して対応の補正量を算出することが可能となった。

当社の熱変位解析ロジックでは、従来数時間単位の解析時間が必要であったFEM解析手法を、秒単位の短い時間で、加工中にリアルタイムに補正できるもので、IoE活動に先駆けて設備情報と加工品位をデジタルにつないだ技術である。

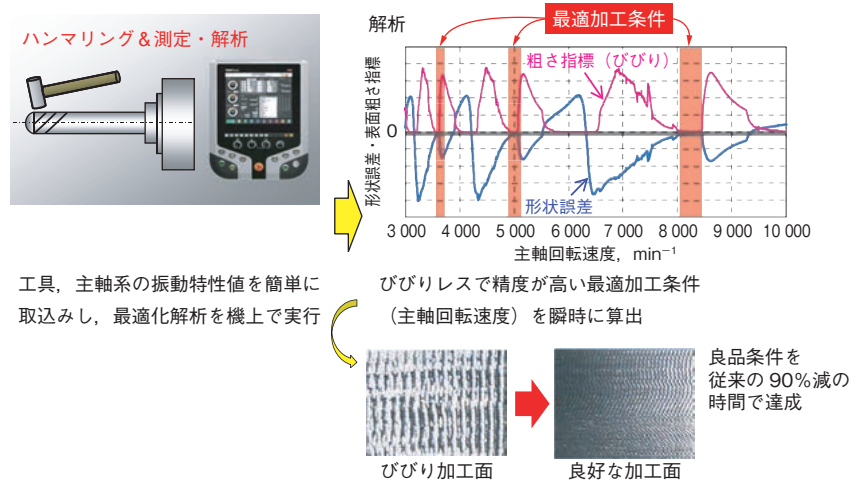


図12 JTEKT smart cutting
JTEKT smart cutting

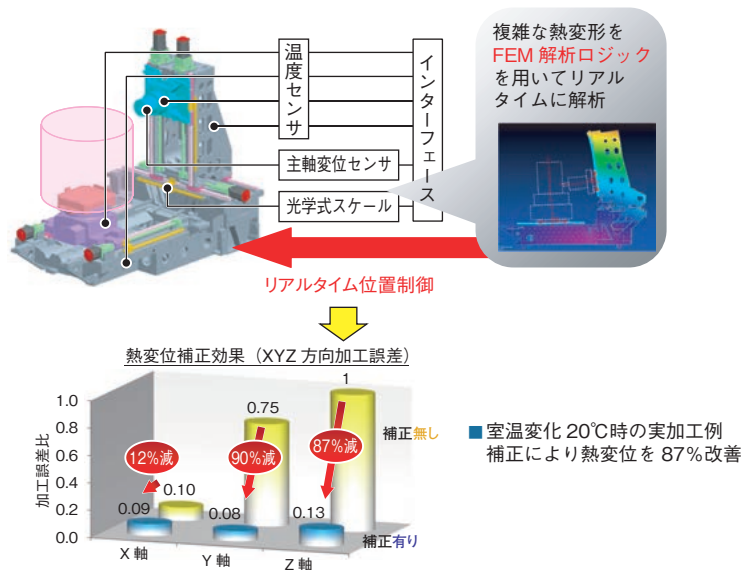


図13 リアルタイム熱変位補正
Real-time thermal displacement correction

5.2 生産の見える化

生産性向上として、生産計画に対する生産結果の予実を見える化して、現場のカイゼンを活性化する取り組みを進めている。これまで自動車生産ラインなどでアンドンシステムを展開しており、アンドンは生産量や設備稼働率、異常停止などの指標がリアルタイムに表示され、監督者が即時必要な対応ができる仕組みになっている。TPSの進化とともに必要な見える化の要件を定めながら、アンドンシステムは進化を遂げてきた。

IoTでは、自動車生産ラインにかぎらず汎用機のFMC(フレキシブル生産セル)や数台の設備においても、稼働状況が見えるように、汎用的に活用できるアンドンシステムとして、TOYOPUC-Hawkeyeを展開している。

事例では、1～2名の作業者が8台のマシニングセンタを担当しているが、各設備は多品種少量加工を行っており、加工時間にばらつきがある。作業者は加工の進捗に合わせて、次の工作物をローティングステーションに投入し、8台の設備を稼働させているが、実際は加工完了ごとに作業者が右往左往しており、待ち時間が発生していた。

そこで、TOYOPUC-Hawkeyeを導入し、残り加工時間や必要な次工作物の品番、投入状況が見える化することにより、作業者が加工完了前から事前に準備できるように改善され、生産性が大きく向上した(図14)。



図14 TOYOPUC-Hawkeye
TOYOPUC-Hawkeye

また、簡易な方法で設備稼働状況が見える化する手段として、状態表示灯の色を読み取って記録するJTEKT-SignalHopも市場に投入した。状態表示灯の色は、もともと稼働中、停止中、異常など意味付けされており、これを記録することで設備の稼働状況を簡易に見える化できる。

JTEKT-SignalHopでは通信は無線で、取付けはテープで貼り付けて使用できるようにしている。投入する電源は内蔵している電池で対応するため配線は不要となる。状態表示灯の上に貼り付けた送信機から、工場内の任意の位置に固定した受信機へ点灯情報を伝達し記録する構成で、1台の受信機で50台の送信機に対応できる(図15)。

収集した点灯情報で、機械の稼働情報としてどの設備がどれだけ加工していたか、どれだけ停止していたか、異常はなかったかが一覧できるので、TOYOPUC-

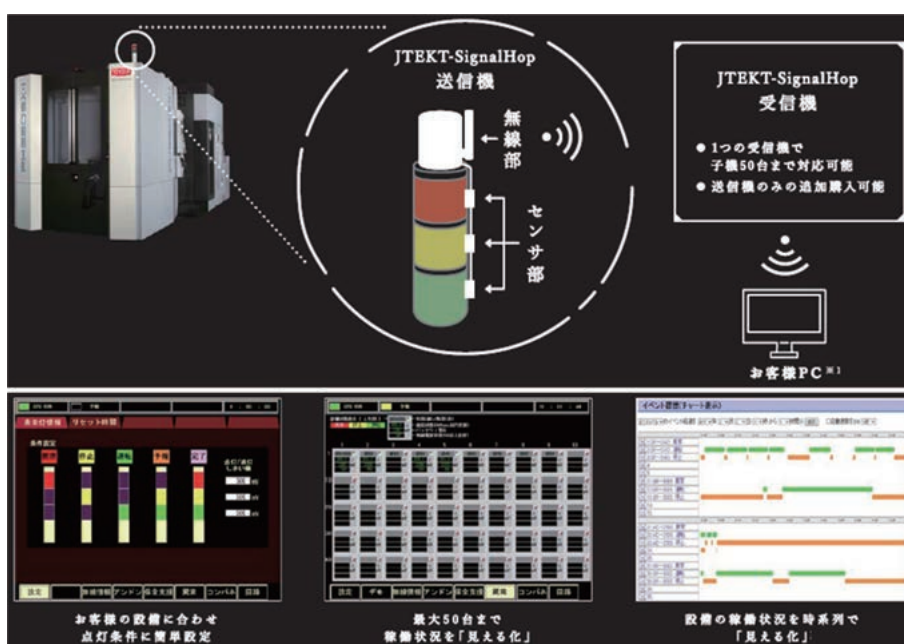


図15 JTEKT-SignalHop
JTEKT-SignalHop

Hawkeye 同様に生産状況が容易に把握でき、改善のポイントが絞り込める。実際に導入頂いたお客様ではさらに独自の画面を作成されるなど情報活用が進み、無駄時間の改善活動に活用されている。

6. おわりに

労働人口の減少や、技能職の人材不足、匠の技の伝承遅れはすでに当社でも課題となっている。

IT 化、デジタル化が担う領域は広大だが、中でもモノづくりの現場を如何に変革するかは、ラインビルダを目指す当社の大きなミッションの一つである。

現在、IoE 活動では、社内、社外の生産状況の見える化やデジタル化を推進し、生産や品質の改善に貢献しながらビジネスとして形作れるように腐心しているが、まだまだ現場でのユースケースの積上げが必要と考えている。一つひとつの取り組みがお客様の真の困りごとを解決するソリューションに昇華できれば、今後のモノづくりに必要不可欠なモノになっていくはずで、目線をずらさないようにしっかりと見据えて、取り組んでいきたい。

- * 1 TOYOPUC-Hawkeye, JTEKT-SignalHop は、株式会社ジェイテクトの登録商標です。
- * 2 FIELD system は、ファナック株式会社の登録商標です。
- * 3 Edgexcross は、三菱電機株式会社の登録商標です。

参考文献

- 1) 清 威人：スマート・ファクトリー—戦略的「工場マネジメント」の処方箋, 英治出版(2010).

筆者



山口泰一*

Y. YAMAGUCHI

* 工作機械・メカトロ事業本部
ラインコントロール技術部