

注 目 技 術

製造業の生産性向上に向けた 「製造DXソリューション」の開発と事例

佐藤 声喜*、黒岩 時宗**

1. はじめに

CASE等の自動車におけるデジタル変革は加速するが、製造現場のDX（デジタルトランスフォーメーション）化はまだまだ進んでいない。Sierが主導するIoT・AIソフトや高価な自動化設備などは投資可能な一部の大企業の取り組みであり、多くの中小企業の製造現場には効果が不明確で現場課題の解決にはマッチしていないのが要因だ。

本稿では、現場の抱える製造課題に向き合い、当社が開発した課題解決に直結する安価な製造DXソリューションを現場投入した事例を紹介する。

2. 製造業のDXの進め方と「電承FACTORY」

2.1 製造現場の課題と製造DXの進め方

製造現場における課題は「経営課題」と「現場課題」に大別される。経営側が製造DXに期待する要点は大きく2つあり、第1が売上アップ、第2が原価低減である。その背景には、100年に一度といわれる大変革期、デジタル化によるビジネスモデルの変貌、マスカスタマイゼーションに対応可能な製造プロセス、人材不足等の大きな経営課題が存在する。製造DXへの取り組み方をひとつ間違えれば市場から追い出される“危機感”を感じている経営者は多い。

一方、製造現場では「Smart工場」化、つまり生産の自動化を実現すべく、IoT・M2M・AIなどさまざまな製造DXソリューションの導入検討が求められ、右往左往しているのが現実である。一部、大企業や専門業種における取り組みの成

功事例は報告されているが、自動車部品や精密・設備部品、金型などの部品製造・素形材産業の現場、特に中小企業における製造DX導入はまだまだ進んでいない。製造現場の課題はまず原価低減であり、投資効果に見合うソリューションでない限り採用されない。採用にあたってはどのくらい不良・サイクルタイムが削減されるのか、工数・人員も削減できるのか、その具体性・実例が求められる。そこで当社は製造課題の解決と進め方として「データを取る→見る→分析→活かす」のアプローチ手法：Smart Engineering（図1）を提唱している。

製造現場の製造設備は98%以上が古い設備であり、さらにメーカー違いや独自にカスタマイズした専用設備が多い。そのため製造DXの実現には既設設備への対応が必須条件となり、導入する製造DXソリューションは「古い既設の設備・メーカー違い・専用設備・ラインからのデータ取得」に対応していなくてはならない。

さらに原価低減・生産性向上の実現には、生産する部品はもちろん、工作機械・プレス・樹脂成形・ダイカスト等の各工法に対応した製造DXソリューションが必要となるが、当社ではまず「データを取る」ことから始めることを推奨する。

2.2 データを取る・見る・分析・活かす製造DXソリューション「電承FACTORY」の紹介

100年に一度の大変革に向け、製造現場のSmart工場への取り組みや期待はますます大きくなっている。しかしながら、既設の古い設備に対するデジタル化は改造や追加センサ、さらにそのワイヤリング等が大きな障害となっている。そこで当社は、新設・既設に関係なくSmart工場化が

*SATO, Seki/株KMC 代表取締役社長

**KUROIWA, Tokimune/執行役員事業部長

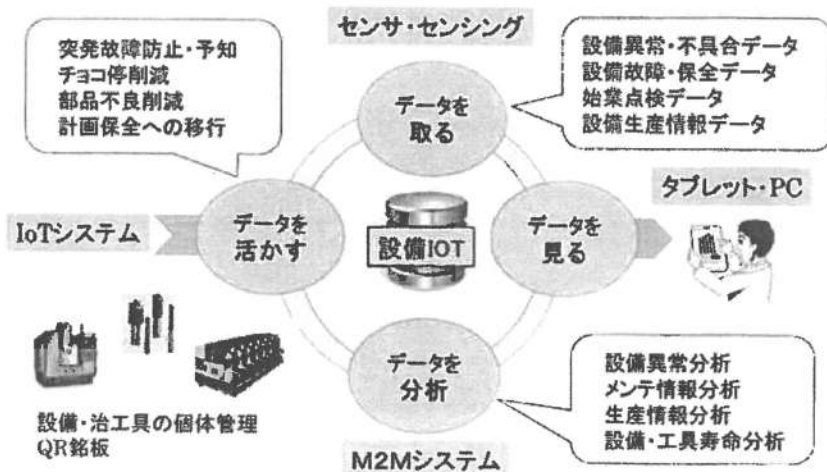


図1 製造現場のDXのPDCAサイクル：Smart Engineering

電承FACTORY

IoT / M2M で
新世代のものづくりを支援する



図2 製造現場のDXソリューション 電承FACTORY

推進できる製造DXソリューションの開発を推進し、ユーザーの現場で孤軍奮闘している。狙いは従来の現場で蓄積した技術・ノウハウを新たなデジタル技術で伝承し、持続的経営の基盤を作ることにある。当社ではこれを「電承FACTORY」と命名し、研究開発から販売、さらに目的に沿ったソリューションの提案・導入効果試算を支援する製造DX技術コンサルを推進している。図2に

製造現場の課題と解決・デジタルカイゼンに向けた当社の製造DXソリューションを紹介する。

設備系の主な製造DXソリューションは、第1に「データを取る・見る」ための高性能センサと設備別センシングシステム、第2に「データを収集・分析する」ための統合データロガー「Σ軍師Ⅱ」、第3にデータを活かす「設備IoT」をそれぞれリリースしている。その他、

設備IoTと金型IoTを組み合わせた工場の統合4M情報管理「生産電子カルテ」の導入事例もある。当社の製造DX商品一覧を図3に示す。

3. 機械設備への後付け可能な高性能無線センサ：「STETHOSCOPE」

製造現場、特に古い既設の製造設備のデータセンシングから紹介する。部品製造現場では工作機械・鍛圧・射出成形・ダイカスト鋳造などさまざまな機械設備に対するセンシングニーズがある。個々の設備ごとに具体的なニーズは異なるが、おおむね制御装置と設備駆動部・動力部・筐体・その他に区分される。中でも古い既設設備の老朽化や設備保全不足による加工精度不良、設備故障によるチョコ停に悩む現場からの相談が多い。なぜセンシングが進まないかというと、有線センサでワイヤリングの耐久性が心配されることや設備改修ができないことなどが挙げられる。そこで当社はワンタッチで後付け装着可能な無線センサを開発、2020年度から本格的に

販売を開始している。センサの種類は現在、温度・振動・電流・圧力・歪センサをラインナップしている（図4）。

3.1 STETHOSCOPEの特色

- ・超小型・バッテリー内蔵MEMS無線センサタグの活用で、自由度の高い設備センシングを実現
- ・無線センサ子タグ+親タグと、グラフなどのデータ表示ソフトを一式で提供
- ・バッテリーは標準仕様で温度7年、振動0.5~1年の長寿命（外付けバッテリー有）
- ・電源盤レス・配線レスで簡単設置。その日から稼働
- ・センサとデータ表示ソフトΣ軍師miniのセットで18万円より導入可能

3.2 STETHOSCOPEの適用事例

1) 稼働率把握による生産性向上：「稼働モニタリン」

生産性の向上を図る上で基本となるのが設

商品一覧

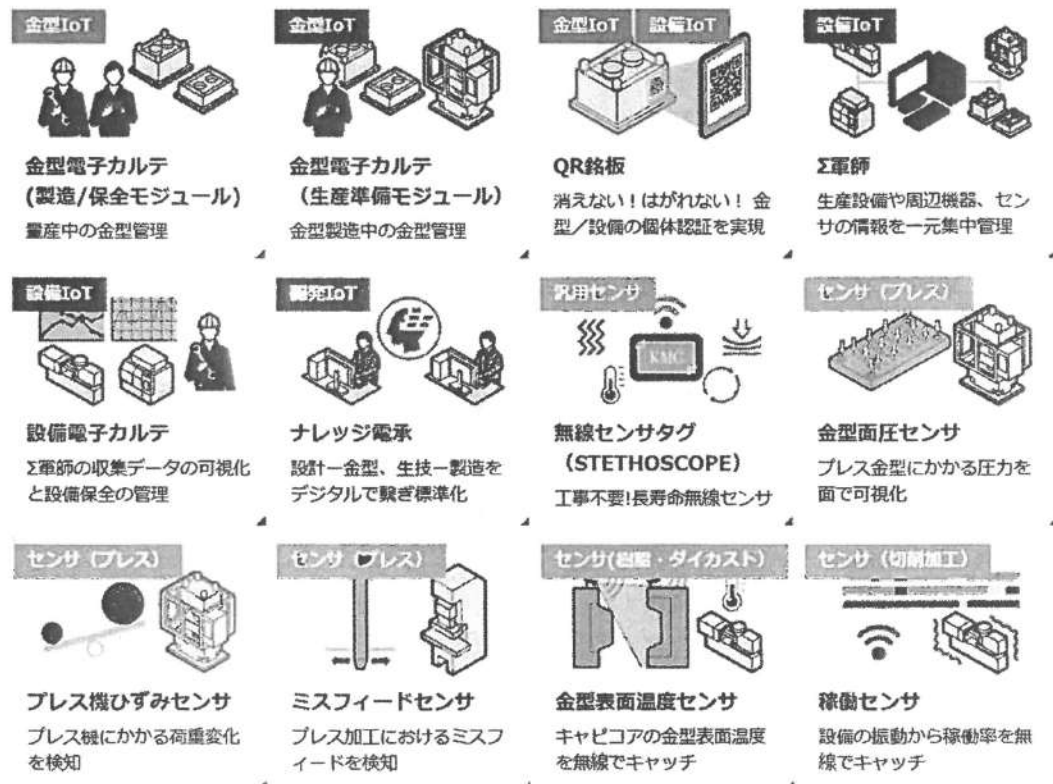


図3 データを取る・見る・分析・活かす製造現場ソリューション群



図4 超高性能無線センサシリーズ「STETHOSCOPE」

＜無線振動センサによる主軸の監視＞

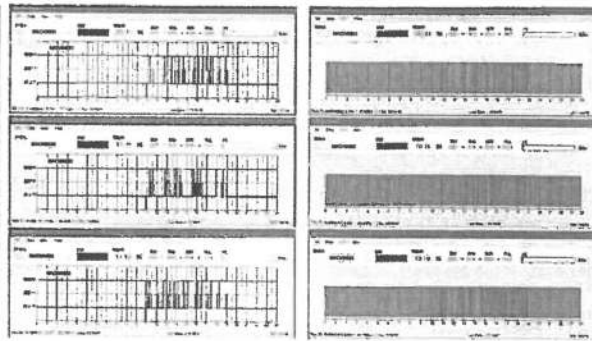


→ 工作機械全般に適用可能



1システム同時5台まで可能

＜Σ軍師miniによる設備稼働状態の監視グラフ＞



＜具体的な現場効果＞

- ・稼働・段取り・停止の見える化で手待ち時間の削減
- ・設備稼働率の自動把握で日報集計工数削減
- ・個人差、設備差、段取り差の把握で作業性カイゼン

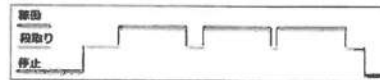


図5 振動加速度式稼働センサによる工作機械の「稼働モニタリン」

稼働状態の把握である。工作機械などの稼働時間の把握にはパトロールライトからデータを取得する手法もあるが、取得できるデータはON/OFFデータに限られ、段取り時間が取得できないという課題が指摘されていた。そこで当社はSTETHOSCOPEの加速度センサを活用し、自動運転の定型モードと、段取りの否定形モードをソフトウェアで自動認識する「Σ軍師mini」を開発した（特許申請中）。「稼働モニタリン」では、例えば人手による作業が主体の研削盤であっても、量産と段取りの区分がモニタリングできることが実証された。段取り時間だけでなく個人差による違いも把握することができ、追加の教育や指導によって研削盤作業全体の稼働率をアップさせることが可能と判断された。同様のことは旋盤加工やプレス単発加工でも立証されている。

効果は歴然としており、実稼働率は25%以上アップ。さらに段取り時間の削減にも効果を発揮し、仕損費は15%から30%の削減を実現した。今後は全体の生産性向上・原価低減などの効果も期待されている。

2) 工具寿命把握・主軸ブレ検知による不良削減：「主軸モニタリン」

切削加工では工具寿命の把握に大きな期待が寄せられている。新しい機械では仕上げ、古い機械では粗・中仕上げが常識になっているが、工具寿命の管理はそのどちらの加工においても必須課題である。工具のびびりが計測しやすい主軸の適切な部位に「コード付き無線式振動センサ」を取り付け、その波形をΣ軍師miniでモニタリングすることで工具のびびり状態を時系列に把握し、工具寿命やびびりの発生を評価することができる。

(図6)。

振動センサデータには上限の閾値管理ができるような機能を設けており、工具異常発生前に停止することも可能だ。また、振動センサとモータ過負荷を合わせてモニタリングする電流センサとの併用の要求も多い。

実際の導入効果として、工具摩耗による不良は30%以上削減できると評価された。今後は、工具ごとの劣化判断や寿命管理のシステム化を要望されている。このほかにも「主軸モニタリン」は、マシニングセンタなど切削加工機のほか、穴あけ加工機や旋盤、放電加工機への導入評価依頼もある。

3) 「主軸モニタリン」の応用事例：STETHOSCOPE 温度センサを併用した主軸温度センシング

また、工作機械の主軸周りのセンシング要望として、主軸温度センシングによる主軸の伸びをモニタリングしたいという声も多い。一般的には量産加工の前には暖機運転を行うことが常識だが、正確に主軸温度を計測することは簡単にはできない。そこで、STETHOSCOPEのコード付き

無線式温度センサを活用し、主軸の適切な位置に温度センサを直接取り付け、そのデータを無線で「Σ軍師mini」に送信。主軸温度が安定したら量産加工を開始する事とした。

導入効果として、作業者の感覚や暖機時間だけの管理ではなく実際の主軸温度で管理できるようになったことで、作業者ごとのばらつきによる不良が削減された。適用事例では前述の振動センサと併用したセンシングシステムの導入事例を示している(図7)。

4) 量産開始前の始業点検工数を大幅削減：「始業点検モニタリン」

製造現場の課題で注目されているのが設備点検、特に量産開始前の始業点検の自動化である。例えばある工場では30台の加工設備を保有しており、1台当たりの始業点検時間は10分から15分を要していた。かつ点検記録が必要とされ、そのほとんどが手書きによる記録であった。工作機械の場合、空(無負荷)運転で主軸やベッド/ガイドレール等、おもに駆動部の異常はベテラン保全員の五感に頼った点検になることも多い。もち

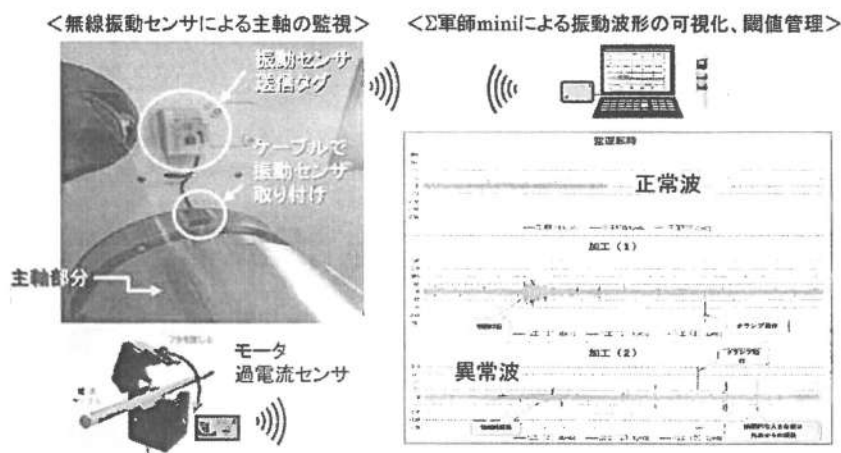


図6 模型MCの主軸上部に設置した「主軸モニタリン」と取得データ

○ 金型加工のオシャカ撲滅に向けた切削加工機の主軸振動・温度センシング



図7 工作機械主軸への振動・温度センシング併用事例

ろん、油や水など液体の圧力等の点検も必要だ。点検作業に関わる要員の不足・工数不足、さらに設備機能の高度化など、始業点検の現場は非常にひっ迫している。

そこで当社では、STETHOSCOPEの無線式振動センサによるリモート保全とΣ軍師miniによる自動記録、閾値管理による異常警告が可能な「始業点検モニタリン」を開発した。(図8)

前述の「主軸モニタリン」に加え、温度センサやモータ負荷計測用電流値センサ、圧力センサも要望に応じて始業点検用センサとしてグレードアップすることも可能だ。導入効果は、前述の30台の加工設備の場合、1台15分とすると7.5時間/日の削減、年間で1,650時間の工数が削減される。加えて、保全員が本来の設備補修に注力できるため、チョコ停や生産停止を防ぐ効果も期待されている。

5) 金型の表面温度を取る:「サーモモニタリン」

樹脂成形やダイカスト鋳造では、冷却・ガス・離型剤等の影響で部品の外観不良や変形、欠肉などさまざまな不良が発生している。量産成形中の不良は、設備・金型・材料・作業者の4要素の変化が絡むが、部品に一番近い金型の表面温度測定でその4要素の影響を測ることができる。通常は始業時にトライ成形をして条件出しを行った後に量産成形に移るが、生産中の金型冷却や金型の熱だまり、ガスなどの条件変化により不良が発生してしまう。量産中における製

造条件の変化を捉えるべく、金型の表面温度をモニタリングすることで異常監視・変化点監視を行いたいとのニーズは多い。従来、金型表面温度計測は作業者がサーモセンサや赤外線カメラで測定しているが、作業性が悪く全ショットのモニタリングはできない。また、ロボットを活用した計測や市販の自動温度計測装置は2~300万円と高価で、とても全設備への設置はできない。さらに、鋳造・成形機からの金型開閉信号を取得し型ごとに計測する必要もある。こうした背景から、当社では安価な金型表面モニタリングシステムとして「サーモモニタリン」を開発した(図9)。

「サーモモニタリン」の導入効果としては以下の点が上げられる。

- ・金型表面温度モニタリングの自動化(作業工数削減)
- ・不良の削減、および変化点監視による生産の中断で不良発生時の拡散防止
- ・測定結果がデジタルで得られるため、量産中における安定生産の実現、および生産品の信頼性向上
- ・低コストでの導入が可能のため、全生産設備での金型表面温度監視が可能

4. 新開発「Σ軍師II」: 製造現場の設備データ一元管理と見える化・分析システム

一方、設備データのセンシングが進んでいく

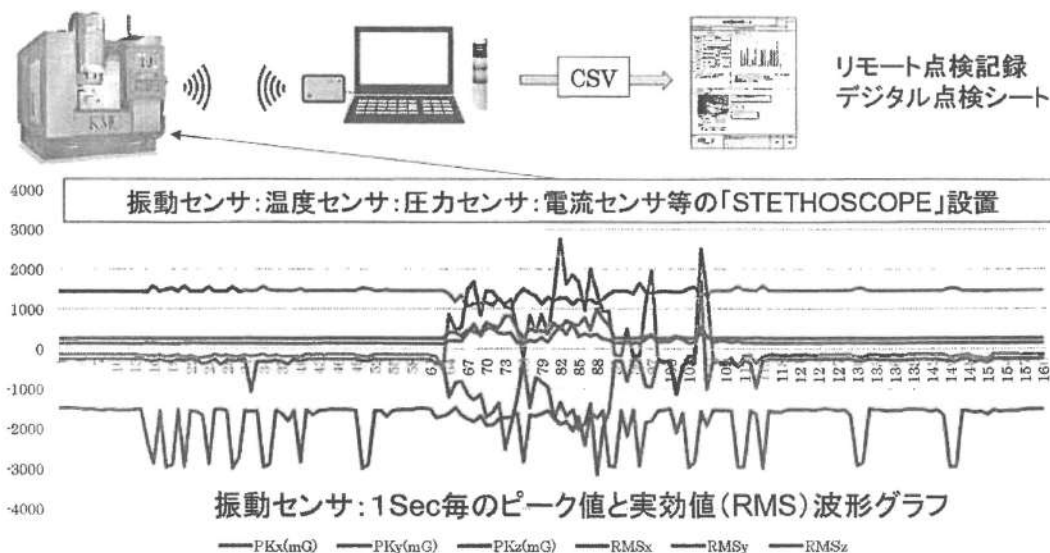


図8 「STETHOSCOPE」によるリモート点検「始業点検モニタリン」

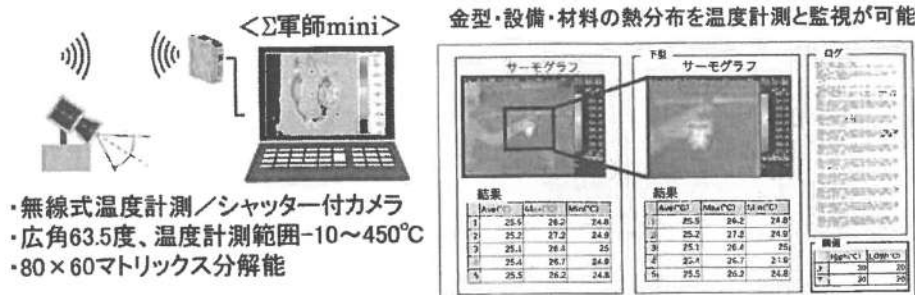


図9 赤外線カメラによる温度測定システム「サーモモニタリン」

と、次はデータの活用について模索が続いていく。特に、Smart工場の目指す自動化に対応するには、設備データのセンシングとともに「取ったデータをどう処理するのか、どう生かすのか」が主題になりつつある。当社は「Σ軍師Ⅰ」を2013年経産省戦略的基盤技術高度化支援事業で開発し、2015年より販売を開始。既に国内外の生産工場の500台以上の生産設備に採用されている。本年11月には、データ収集機能のVer.UP、データ分析や予兆監視機能の拡充を図った「Σ軍師Ⅱ」を販売開始する。

4.1 各センシングデータの集約、一個保証を可能にするデータインポート機能

設備データの収集システムで使用されるデータロガーと呼ばれるFA機器の欠点は、古い既設設備、メーカー違いの設備対応にある。設備からの出力データフォーマットや形式、出力タイミング、アナログ／デジタル出力などはメーカーによって異なる独自形式であり、それらのデータを一元管理することは非常に高度なソフト処理を必要とする。

単なるデータロガー購入ではそれらの異なるフォーマットのデータは処理することはできず、ユーザー側で作りこむ必要がある。端的に言うと、PLCを購入しても内部のデータ処理部のラダープログラムは自前で作る必要があるということであり、通常のユーザーでは対応は困難だ。さらにメーカー各社のフォーマットを公開してもらう必要があるという大きな障害もある。

当社が開発する「Σ軍師Ⅱ」のデータインポート機能では以下の特長を備える。

- ・データ集約PLCは三菱・キーエンスなどに対応し、ラダープログラムを提供する

- ・各設備の制御装置のデータを直接データ収集。追加の無線・有線センサのデータも一元集約できる

- ・1個保証のためのデータ一元集約が可能
- ・加工設備だけでなく、周辺機器やホットランナーなどのデータも一元集約可能

「Σ軍師Ⅱ」では、1つのシステム内において、メーカー・型式・加工設備（樹脂成形機・プレス機・加工機）違いのデータの一元集約を可能としている。まずは、特定の設備からのデータ収集・見える化の取り組みをコンパクトに始め、その後の状況を見ながら工場全体に展開していく事も容易にできる構成としている（図10）。

4.2 データ分析、予兆監視機能

しかし、データ収集・見える化だけでは、製造現場の課題解決には結び付けることはできない。収集されたデータを活用し、不良発生の原因・傾向を把握し、対策を導き出す事が必要となる。ベテランや熟練作業者は長年の経験と勘から原因究明を行うことができるかもしれないが、経験・勘では個人依存の品質となってしまう、組織・会社としての品質を作り出すことはできない。収集されたデータ（事実）より品質を作り上げていくことが重要となる。

そこで、まずは収集された設備データの中から不良が発生した近辺の各種設備データと、不良が発生していない時の各種設備データの比較を行い、差異を確認する所から分析を開始していく。データの差異や変化傾向を見出せた場合は、差異及び変化の原因を特定していく事で恒久対策の検討や予兆監視を可能とする。

「Σ軍師Ⅱ」では、各種収集データに対して以下の機能を持つことによりデータ分析、予兆監視

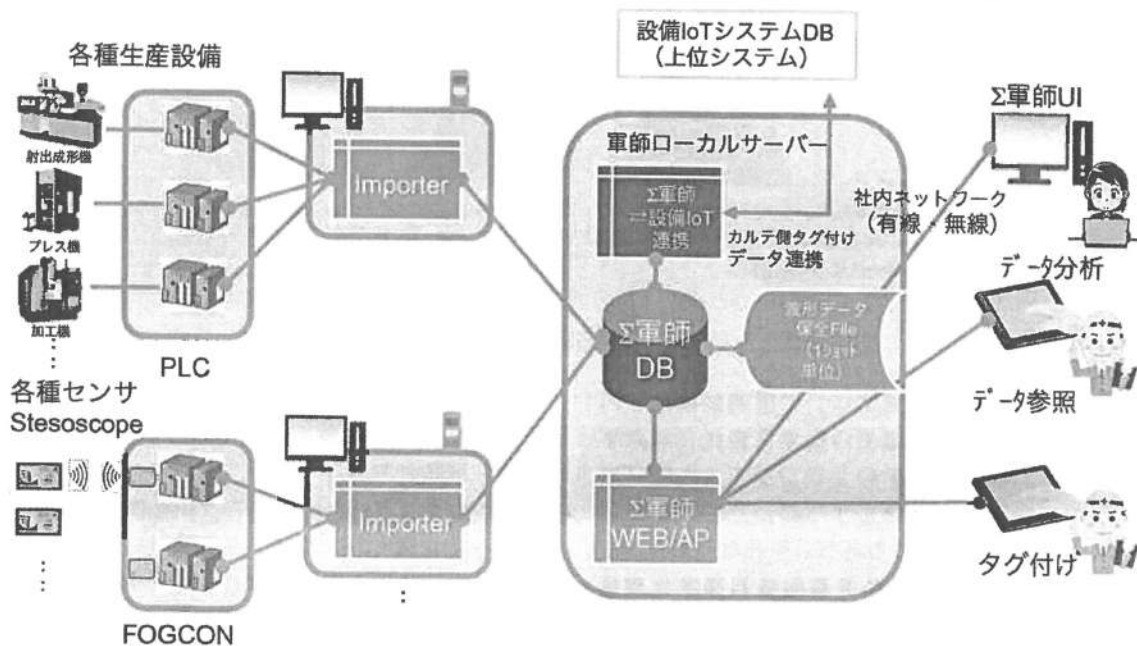
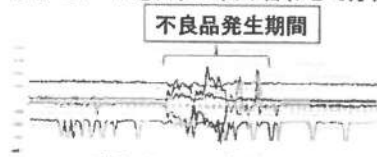
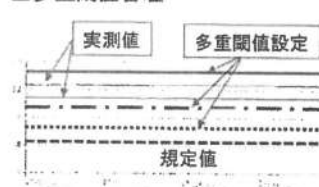


図10 Σ軍師 II システム構成

□マルチデータ分析
各管理データを自在に組み合わせて分析

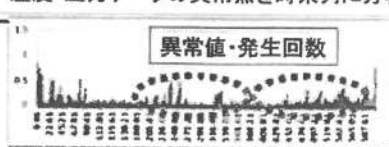


□多重閾値管理



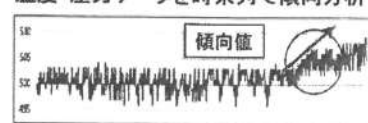
□時系列異常値分析(ヒゲ)

温度・圧力データの異常点を時系列に分析



□異常予知・傾向値分析

温度・圧力データを時系列で傾向分析



□FFT周波数解析
(オプション機能)



図11 Σ軍師 II 分析機能例

の支援を行っている(図11)。

- ・タグ情報(例:不良内容等)付けが可能
- ・タグ付けされた各種データの比較が可能
- ・閾値(上限値、下限値)管理が可能
- ・傾向値(特定時間内にデータの変化量の大きさを)管理が可能
- ・ひげ(特定時間内に何回、設定値を超えたかを)管理が可能
- ・複合波形管理が可能

4.3 設備監視範囲・上位IoTシステム「設備IoT」との連携機能

設備の監視範囲は各担当者の役割により変わってくる。現場担当者であれば自分の担当している設備に限定されるであろうし、工場長であれば工場全体、経営者であれば拠点全体の状況の把握が必要とある。

当社の「Σ軍師 II」では、各工場内にサー

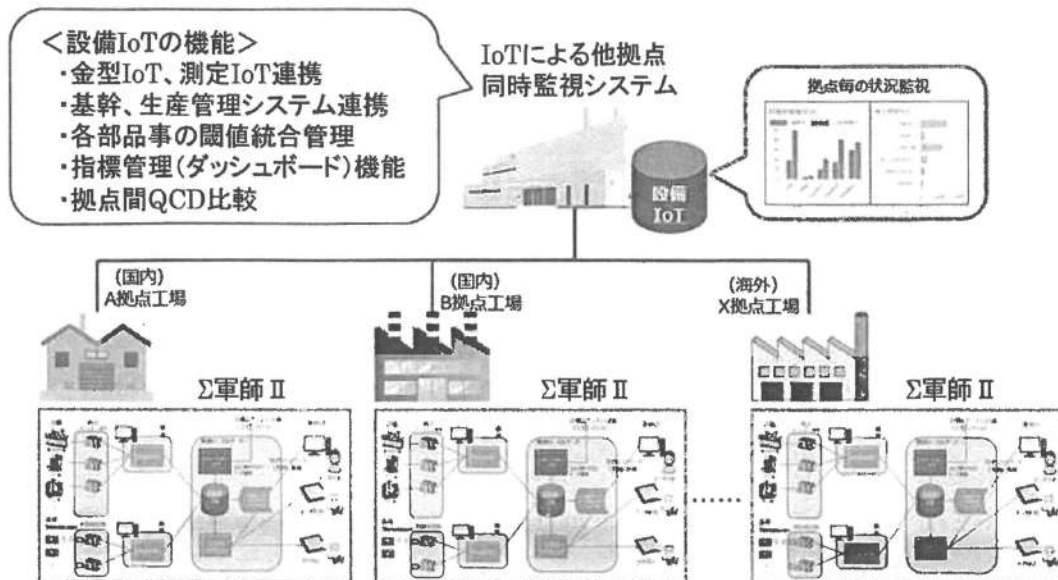


図12 上位IoTシステム：設備IoTとの連携

バーを置き、各設備データを集約して工場内のみでの使用も可能（オンプレミス）だが、当社上位システムの「設備IoT」システムと連携することで、収集したデータをクラウドサーバー上で管理し、各拠点の状況把握も可能としている（図12）。

「設備IoT」システムでは以下の機能により、収集されたデータ活用を支援している。

- ・国内外・他拠点のライン監視・設備の一元監視が可能
- ・ダッシュボード機能により、生産性・稼働率・製造データ・異常データなどをグラフ表示
- ・当社「金型IoT」システムとの連携により、金型の命数・生産数を設備保全情報に自動

ひもづけ

- ・設備保全帳票・不具合帳票のデジタル記録（ペーパーレス化実現）
- ・部品ごとの閾値一括管理（各部品毎の管理項目の設定と上下限值の設定）が可能

5. おわりに

100年に1度の変革期に製造業はどんな未来を創造するのか。競争力の源泉として、やはり足元の現場、特に生産設備のデータセンシングや工作機械の運転中の稼働監視（モニタリング）は必須である。取得データを日々のデジタルカイゼンに活用し、PDCAサイクルを廻し製造力の底上げを図る。100年後の自らを創造することが企業競争力と考える。

切削加工におけるツーリングの基礎と応用 —正しい選び方・使い方—

松岡甫篁 著 A5判170頁 定価：2,750円（税込）

切削加工の最前線で活躍する著者の、知識・経験・実験で得られた知見を総動員し「ツーリング」のすべてを豊富な写真や図面で平易に解説。我が国初のツーリングの解説書。

日本工業出版(株)

フリーコール 0120-974-250 <https://www.nikko-pb.co.jp/>