

**KMC が考える技術情報戦略と  
製造 DX・GX ソリューションと導入事例**

佐藤 声喜  
株式会社 KMC  
代表取締役社長 工学博士

安部 新一  
株式会社 KMC 研究開発部  
技術開発統括責任者 工学博士

株式会社技術情報協会  
生産プロセスにおけるIoT、ローカル 5G の活用

## 第8節 KMC が考える技術情報戦略と製造 DX・GX ソリューションと導入事例

(株)KMC 佐藤 声喜, 安部 新一

### はじめに

2018年、中国・重慶で政府高官も参加した中国版 Industry4.0「中国製造 2025」において、5Gを基軸にした国家戦略が盛大にキックオフした。当社は日本企業で唯一の参加企業として、日本版製造 IoT ソリューションを紹介し TV 局の取材など注目を浴びた。

それから5年、今や中国は5G技術では世界のトップランナーであろう。しかしながら、それは進化の過程にある通信技術の一つに過ぎない。今、世界の製造現場では半導体や次世代の生産プロセスなど「製造の覇権争い」が始まろうとしている。本節では、その最先端の事例などを含め、ローカル5Gシステムの方向性と製造DX・GX等の取り組みを紹介する。

### 1. 100年に一度の大変革期、製造立国日本を見据えた製造情報戦略と日本流モノづくり改革

#### 1.1 背景と日本製造業の現状認識

世界の人口は既に衰退期に入っている。2050年には中国10億人、日本は8000万人を切り、従来の低賃金作業者をあてにした海外展開や現状の生産プロセスでは乗り切れないことは明白である。製造現場では、スマート工場化に向けたロボットや自動機、センサ内蔵の最新のM2M・IoT対応新加工機等の導入に余念がないが、現状の工場設備は10年以上前の古い生産設備が約80%を占め、全てを新設備に置き換えるには15～20年はかかる。さらに、今まで製造現場を支えてきた現場職が置き去りにされ、退職も進み技術伝承が途絶えつつあるという状態は事業継続上の大きな課題となっている。

次世代のデジタル生産プロセスと技術伝承、その基軸となる製造DXプロセス・DX人材の育成などが急務となってきた。DX製造には通信・情報技術・ローカル5Gの取り組みも必要で、企業の存続に製造・技術情報戦略の構築が必要である。



写真1 中国製造 2025 への製造 DX ソリューション出展とマハティール首相面談

## 2. 世界の製造 DX の取り組みと日本が目指すべき日本流 DX 改革

### 2.1 ドイツの Industry4.0 以降のデジタル革新と日本の製造 DX の取り組み

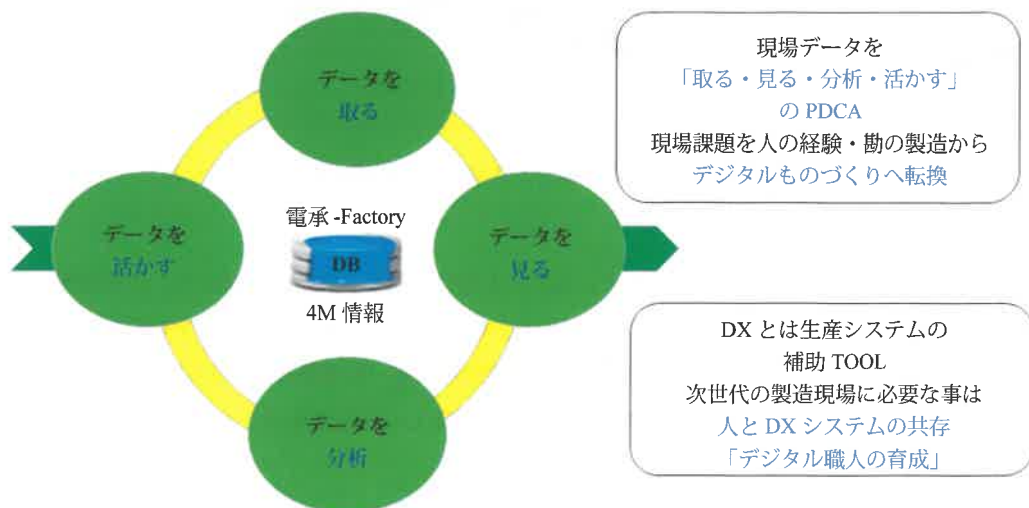
2017年11月、ドイツが政府と産業界共同で推進する Industry4.0 と、日本のデジタル革新への取り組みに関する最初の日独セミナーが開催された。セミナーでは、当時最先端の独シーメンス、そして日本からは三菱電機と筆者が国内企業の取り組む製造現場 DX 事例を紹介し、パネルディスカッションで課題や展望を討議した。

それから5年、IoT (Internet of Things) や M2M (Machine to Machine), Smart Factory, センシングなど次々と新たなソリューションが提唱され、現在は DX (Digital Transformation) と GX (Green Transformation) の時代と言われる。日本の製造ユーザー・経営者にとっては DX, GX, 5G, Digital Twin, AI, AR・VR・MR 等横文字が多く迷惑な話でもある。いつの時代も製造業にとっては生き残りをかけた熾烈な競争下であり、技術革新だけでなく、新型コロナ、ウクライナ侵攻によるエネルギーの高騰、人口減やカーボンニュートラル等の企業環境の変化にも対応しなければならない。不確実な時代であり、経営トップのかじ取りが難しい時代だ。

当社には、「DX の効果は？」という率直な意見が寄せられるので、製造 DX とは現場の改善が目的であり、『売上を上げる』『原価低減』のためのツールであると経営層に日本語で説明している。日本のものづくりの根本は、製造現場の三現主義やカイゼン等のノウハウの積み上げ・すり合わせの上に成立しており、“人と生産設備・素形材・システム”と製造開発・製造現場の情報戦略に改革のポイントがあると確信している。古いと言われようが、日本流の製造機軸を失ってはならないし、情報戦略もその延長線上に設定する必要がある。

### 2.2 日本における製造 DX の導入目的と現場主義の製造情報戦略

図1に当社が提唱し、お客様と製造現場で共に推進する製造 DX の進め方“電承 (デジタル伝承) サイクル”を示す。製造 DX は経営革新や Smart 工場など画期的な QCD 効果と利益創出が目的であるが、システムだけに頼らず、大事なことは製造現場のムリ・ムダ・ムラを徹底的に排除して競争力ある現場にするという視点であり、“利益は製造現場が生み出す”ということを忘れてはならない。そこで当社は、新たな製造 DX 時代に向けた取り組み指針として“データを取る・見る・分析・活かす”の PDCA サイクルと情報戦略、手の内化を提案している。



DX : Smart Engineering Method : KMC のデジタルカイゼン手法・デジタル職人の育成

図1 製造 DX によるデジタルカイゼン : Smart Engineering Method

データを“取る”とは、経験や勘に頼る現場技術者の「視・聴・嗅・味・触」の五感、生産設備、金型、素形材（材料）のコンディションをデジタルデータとして取得することである。“見る”とは、これらの変化点をリアルタイムにデジタル監視、共有すること。“分析”とは、「なぜ不良が起きるのか」「なぜ生産性が低下し、利益が出ないのか」

など、不良と因子の因果関係を論理的に分析し、解明すること。“活かす”とは、「不良をゼロにする」ために設備故障や金型故障、生産停止を未然に防止し、同じ失敗を繰り返さないことである。

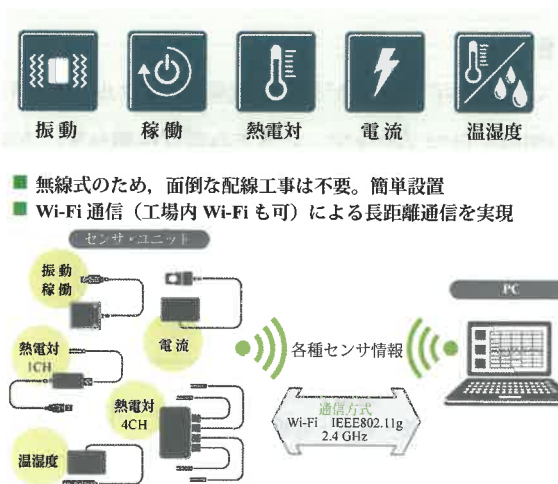
さらに、製造DXで現場力を磨き、過去の失敗を繰り返さない新たなDX人材「デジタル職人」を育成することも重要だ。製造業が魅力ある職場となり、若手が入りやすくなる環境の整備も会社の責任として必要である。これが日本流のデジタル改革の指針であり、情報戦略の基本的な考え方である。

### 3. 職人の5感・経験に変わる製造設備のデータ監視：無線センサとM2Mシステム

#### 3.1 Wi-Fi無線方式のセンサシリーズ：Stethoscope II

後述する各モニタリングシステムの構成をなす無線センサには以下のラインナップがあり、その用途も様々である。Wi-Fi方式の無線通信の採用により、社内LANとの接続や混線を避けるためのローカルエリアの特定LANの環境対応等、通信環境手段の自由度が増した。特に工場内の多くの設備監視（丸ごと設備監視）には、障害物による遮断防止の観点からもWi-Fi方式が配線レスのセンシングシステムには最適である。

Stethoscope IIは「設備の聴診器」というコンセプトでWi-Fi方式の振動/稼働・熱電対・温湿度・電流センサを準備。また、圧力センサ・流量センサ等市販のセンサに対応する無線化ユニットを開発することで顧客の無線化要望に対応している。



仕様	振動・稼働	電流	熱電対	温湿度
センサ形状				
通信方式	Wi-Fi IEEE802.11g 2.4GHz専用			
測定範囲	±16g 3,200Hz	20A: 0~20A 50A: 0~50A	K型: -200~+1,372°C ※最大温度は熱電対に依存	温度: -30~80°C 湿度: 0~100%RH (結露しないこと)
センサ種類	3軸MEMS 30度センサ内蔵	外付付 CTセンサ(20A/50A)	K型熱電対 (J型: オプション)	センサチェック誤 差温度センサ
データ取得 レート	《連続》 0.5Sec~60.0Sec ※PCソフトウェア上で 0.5秒/1秒/5秒/10秒/ 30秒/60秒から選択 《波形》 約0.3mS	0.5Sec~60.0Sec ※PCソフトウェア上で0.5秒/1秒/5秒/10秒/30秒/60秒から選択		
用途	・稼働センシング ・振動解析 ・電圧降下検出 ※副ターゲット仕様は オプション	・電流計測 ・電流検出監視 ・電力モニタリング	・温度計測	・環境温度計測 ・湿度計測
寸法 (mm)	44(W)×40(D)×25(H)	※電圧計測用: 88(W)×50(D)×23(H) CTセンサ用: 91(W)×42(D)×49(H)	60(W)×35(D)×20(H)   125(W)×85(D)×25(H)	※電圧計測用: 80(W)×50(D)×23(H) (※センサ実装部含まず) センサ: 74(W)×13(D)×8.3(H)
動作温度範囲	-5~60°C(指定)			
電源	USB TYPE-A(DC5V)	DC24V	USB TYPE-A(DC2.5~5.5V)	DC24V
ソフトウェア	Windows 10			

図2 設備の聴診器 Wi-Fi無線センサ Stethoscope Sensor® IIシリーズ

当社の無線センサの特色は、単に無線センサというハードだけでなく、「Σ軍師 mini」という付属のグラフ表示・閾値管理等データ管理ソフトがセットされている点にあり、CSVをもとにExcelでグラフや帳票を作成する手間を削減している。また、設備のM2Mセンシング・取ったデータを分析する「Σ軍師II」、IoTによる設備保全管理までアップグレードできるSmart Factory Systemまで用意されているのが最大の特色である。

#### 3.2 サーモモニタリン：金型表面温度センシングシステム

製造現場において最も大事なことは“生産を止めない”“不良を出さない”生産である。例えば成形現場では、金型の表面温度を無線モニタリング（監視）すれば金型内の冷却効率の変化や不良原因を可視化・監視することができる。これまで市場にはハンディタイプのカメラや高価な赤外線カメラシステムが存在していたが、連続撮影ができない・データ処理が手作業・システムが高価格などの導入障壁があった。そこで、当社は小型かつ無線式で24時間連続自動撮像が可能、かつ低価格な「サーモモニタリン」というソリューションを発表した。金型だけでなく、成形品の表面温度やダイカスト鑄造をはじめ鑄鍛造、射出成形、ゴム型などの現場でも導入が本格化している。

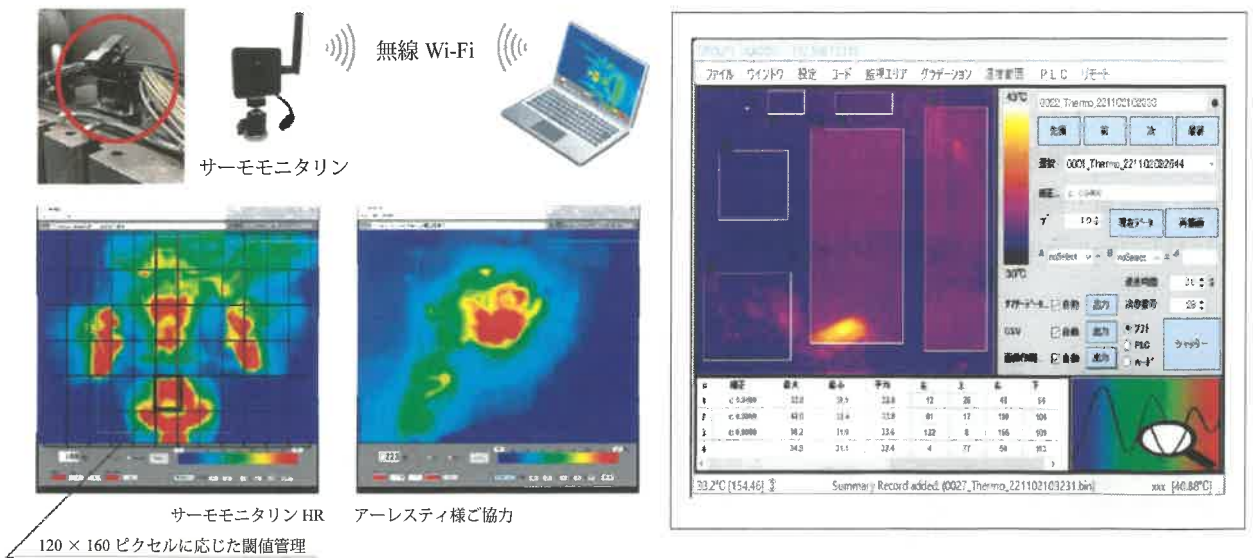


図3 無線金型表面温度センシングシステム「サーモモニタリン」。最大12ヶ所の放射率設定機能を有する。

こうしたセンシングシステムは、生産技術用（主に分析。高精度タイプが要望）と量産現場の変化点監視用に大別される。当社の製品は量産時における変化点監視を最大の目的としており、生産中の特定部位の温度監視を可能とする。さらに、金型には表面に光沢があり、次第に劣化もするので放射率を変更しての温度補正も必要になる。

### 3.3 稼働モニタリン：設備稼働自動監視システム

“生産を止めない”その為には設備異常や金型異常の稼働監視が必須である。稼働監視システムは、パトロールライトによる監視が一般的であるが有線式で、工事、システムが高価という課題があった。設備改造・配線工事等の煩わしさで工場内全ての設備監視には至っていないケースが多く無線式で安価な稼働監視システムが求められていた。当社の「稼働モニタリン」(図4)は、無線振動/振動・加速度センサをワンタッチで設備に装着が可能で、その日から稼働率の積算が可能だ。また、稼働・段取り・停止の3段階の監視が可能なソフトウェアがセットとなっており、実稼働率の把握だけでなく生産性評価“べき動率監視”の活用が行われている。上下動する設備は全て対象で、単発プレス等の人作業設備の稼働率監視にも適用されている（動作モードの設定が可能）。

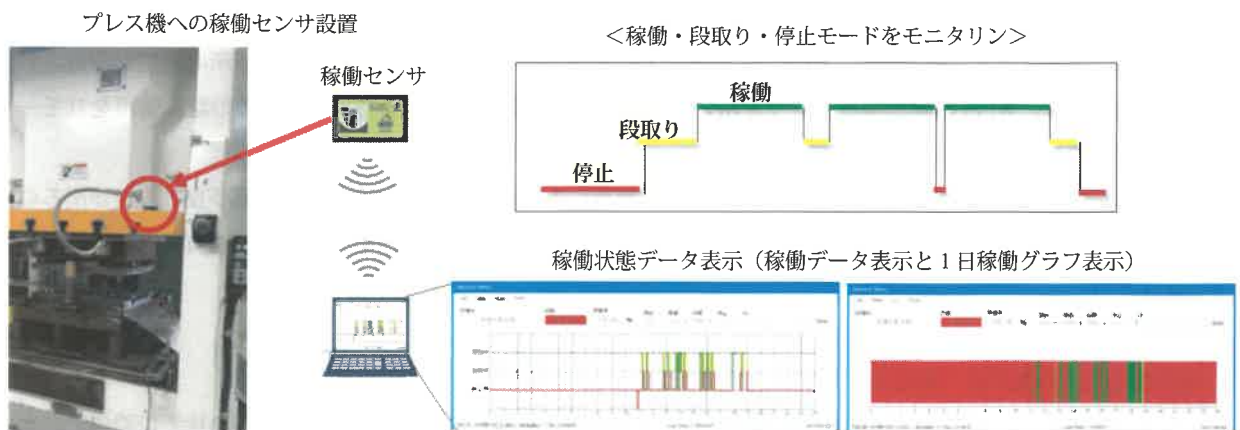


図4 無線稼働監視システム「稼働モニタリン」

### 3.4 主軸モニタリン：加工機主軸センシングと進化する無線センサ

切削加工においては、工具摩耗、欠損、加工精度不良など根本的な課題があるが、現有の古い切削加工機に後付け可能なセンシングシステムは無かった。そこで当社では、振動・熱電対/温湿度・電流の各種無線センサと振動セン

サでは主軸やヘッドの筐体の異常振動測定が可能で、熱電対センサは稼働部の異常温度や主軸の伸び監視、温湿度センサは加工機内・工場の温度湿度変動監視、電流センサはモータへの異常負荷が全て監視できる後付けカンタン設置の「主軸モニタリン」を開発・販売を開始した。量産加工中の異常検知・変化点管理が目的で加工不良や設備不具合の予兆管理に効果を発揮する。無線センサと評価ソフト:Σ軍師 mini をセットで販売しており、振動データ評価は「平均値・最大値・実効値・CF 値等の変動がグラフ可視化でき、閾値が設定できるようになっている。閾値を超えた場合はパトロールライトで警告表示も可能だ (OP)。

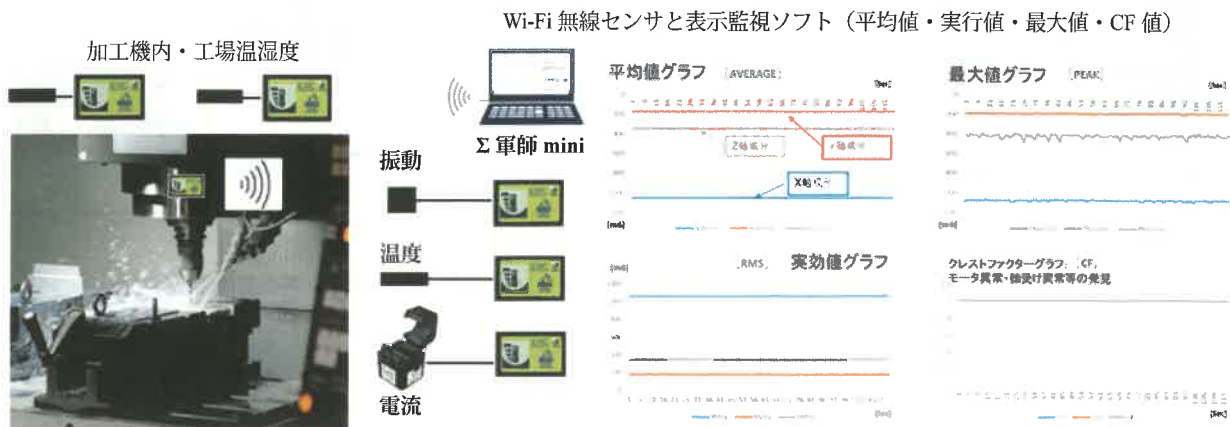


図5 無線式加工・工具モニタリングシステム「主軸モニタリン」

### 3.5 その他“モニタリンシリーズ”の特色と導入効果

#### ①「始業点検モニタリン」

生産開始前の始業点検は ISO9001 でも要注意項目であり、かつ不良やチョコ停・突発故障を未然に防止するには必須となる。しかし、設備1台につき10分程度は要する作業であり、かつ手書き帳票のため集計等や分析にはほとんど活用されていない。

そこで当社は Stethoscope II, Σ軍師 II のセンシングでリモート点検を実現する「始業点検モニタリン」を開発した。取得した保守点検データから点検表(チェックシート)を自動化し、統計データから計画保全まで行える。設備 IoT とも連携可能だ。

#### ② GX 対応の「環境モニタリン」

工場内の温度分布は意外と監視されていない。日報などへ記入されることもあるが、必要な個所の温度が測定されていない。当社では、Wi-Fi 無線温湿度センサを用いて入口・出口・製造エリア等の上中下位置の温度監視をリモートで行える“環境モニタリン”を販売している。

加工機内にも設置することで、加工条件や加工材料温度管理にも運用可能だ。春夏秋冬で部品不良に違いが出るのは環境温度管理が徹底していないことが主要因である。勿論、工場内温度管理で空調の適正化や消費電力の削減にも効果を発揮する。

#### ③ 設備保全員用の携帯式「保全モニタリン」

設備保全員は日々、いろいろな設備や工場環境やインフラ設備と格闘している。昔は、工具箱を片手に設備と向かい合い、熟練保全員が五感や経験・カンで修繕していた。これらの作業は昨今、無線センサの発達によりデジタル保全に移りつつある。振動・熱電対・電流センサやトルクセンサ、圧力センサ、サーモモニタリンなどを保全検査セットにしたキットが受けている。当然、点検記録は全て無線でデジタル化され、記録も自動化される。

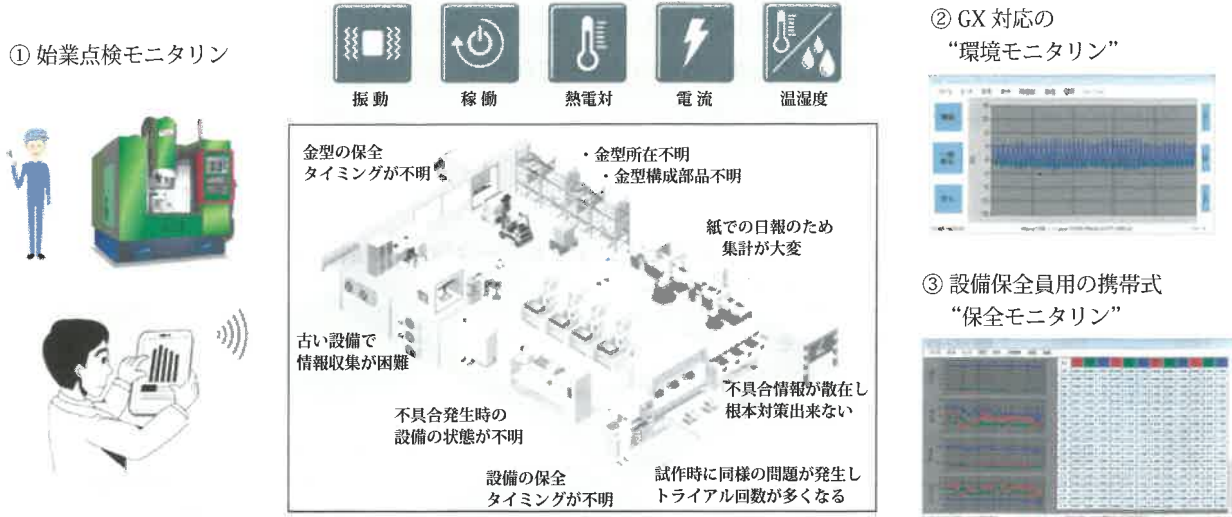


図6 生産監視“モニタリング”シリーズ

このように無線式センサ・センシングシステムの需要は高く、無線化されたセンサの活躍の場は無限だ。製造現場のDX化はまず「データを取る」ことから始まる。

これからのM2M・センシングは単に無線センサというデータを取るハードだけでなく、M2M・取ったデータを分析する「Σ軍師II」、IoTによる設備保全管理までの拡張が望まれる。当社では、製造DXの拡張に向けグレードアップできるIoTソフトウェアとハードウェアをセットで提案できるという点が最大の特色である。

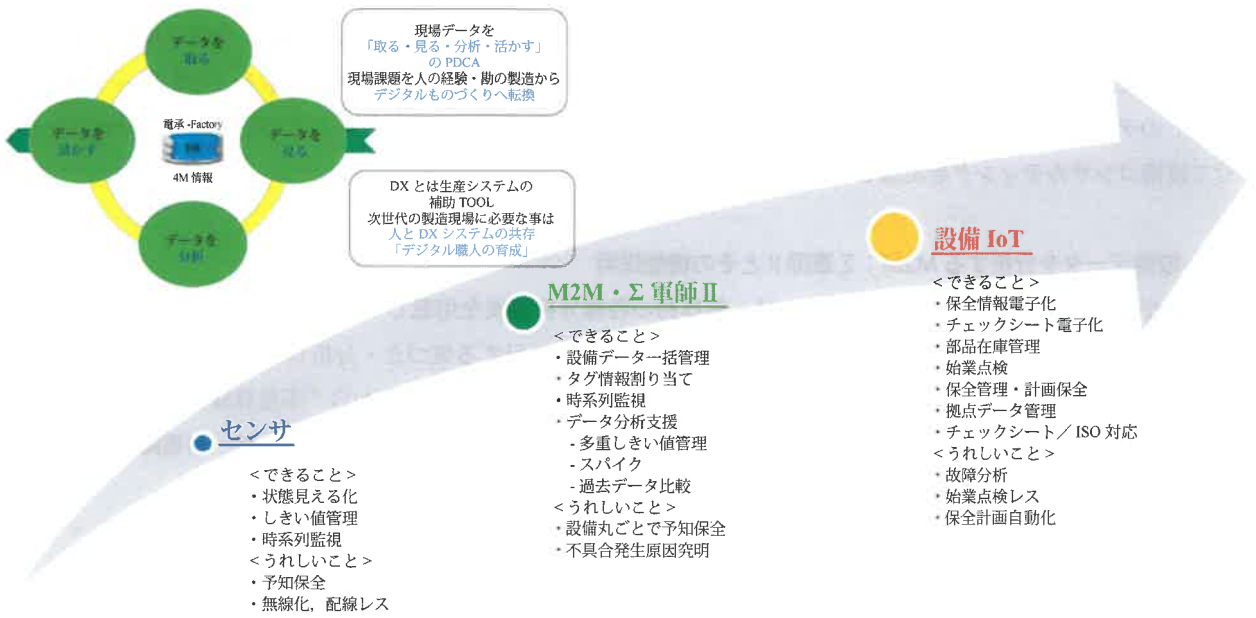


図7 製造DXへの取り組み：センシングからM2M・IoTシステムソリューション

#### 4. 製造DX:IoT&M2Mシステム「Σ軍師II」と成形不良対策事例

##### 4.1 成形IoT&M2Mシステムの紹介

成形条件は作業者の経験と勘に頼った“現場任せ”で設定されるケースが多い。基準となる成形条件を作っても、材料特性や金型の劣化状況、メンテナンスの状態、成形環境温度、冷却水温度などは日々変化するため作業者は基準を変更する。その結果、個人差や熟練度の差が生じ不良発生の原因となる。「なぜ？」と経営者は言われるが、現場

に足を運び作業者と会話をしなければ真の実態はつかめない（経営層≠現場のギャップ）。

そこにデジタルを活用した、作業者のスキルに依存しない“DX:デジタル成形システム”に期待がかかる。以下に当社の DX:成形 M2M システムを活用した分析・対策の事例を紹介する。ポイントは製造データの収集に人手をかけず、コンピュータに収集と分析を任せることにある。

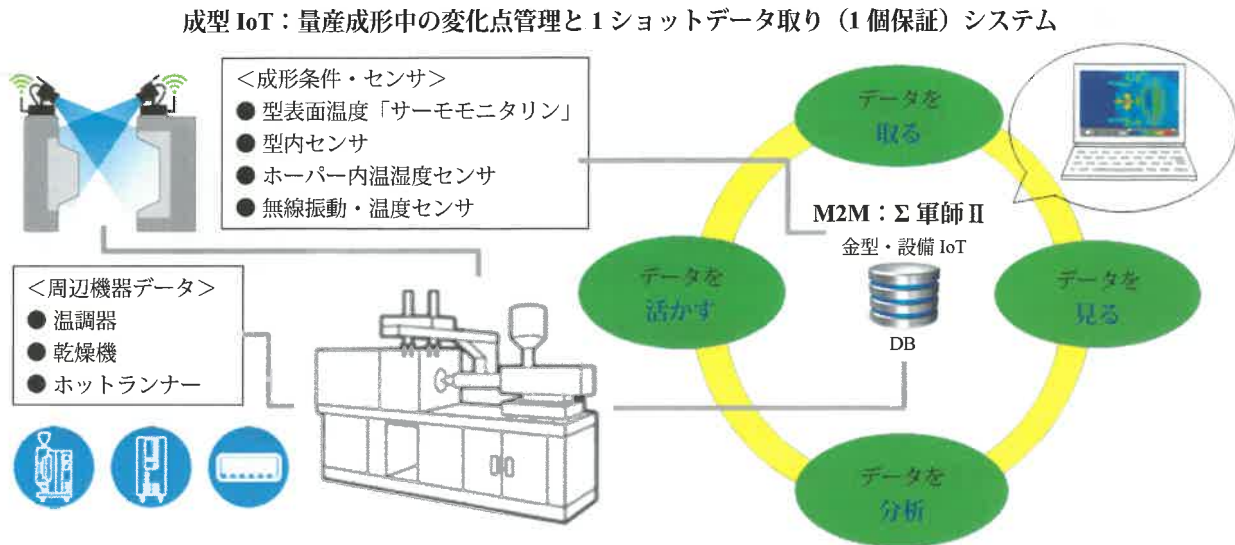


図 8 製造 DX: 成形監視システム：Σ 軍師 II & 設備電子カルテとデジタルカイゼン PDCA

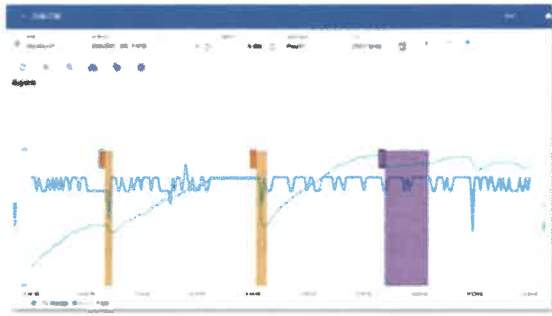
不良削減には、成形に係る全ての情報を一括監視できるようにシステム化することが必須だ。中途半端なデータ収集や見える化だけでは何も解決できない。当社は製造 DX への取り組みに向けて「データを取る → 見る → 分析 → 活かす」のデジタルカイゼン PDCA を提唱し、具体的な不良削減の仕組みと運用、そして DX 体制と人材育成を合わせて技術コンサルティングを実施している。

#### 4.2 取得データを分析する M2M：Σ 軍師 II とその機能説明

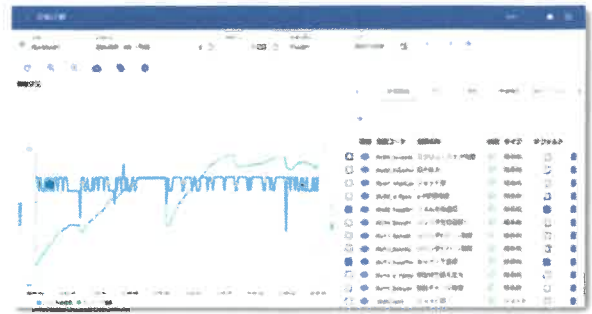
当社がこのほど新開発した「Σ 軍師 II」は、業界初の各種分析機能を用意している。優秀なベテラン成形技術者の育成には時間がかかる。そこで、「Σ 軍師 II」にはベテランが着目する気づき・分析ロジックをソフトウェアが支援するという仕組みを実装した。例えば、部品不良が発生した時刻にタブレットから“不良登録”を行うことで、その前後のデータの比較が可能となる。この他にも時系列傾向値分析や異常値（スパイク）分析、多重閾値設定機能によって、不良の予兆管理・警告も行うことができる。



不良タグ情報と設備データ同期表示・変化点分析機能



設備データを時系列に表示・傾向値管理



設備毎の複数データ収集・多重閾値管理機能



マルチデータ表示で異常を抽出・スパイク分析機能



図9 新開発 DX:M2M システム:「Σ軍師II」® の機能紹介 (特許申請済)

### 4.3 IoT: 設備電子カルテ & 金型電子カルテ

射出成形の現場では、製造条件だけでなく金型と設備の管理も重要だ。良い部品を生むにはこれら3つの要素をDXで管理することで、初めて工程内品質を担保することができる。

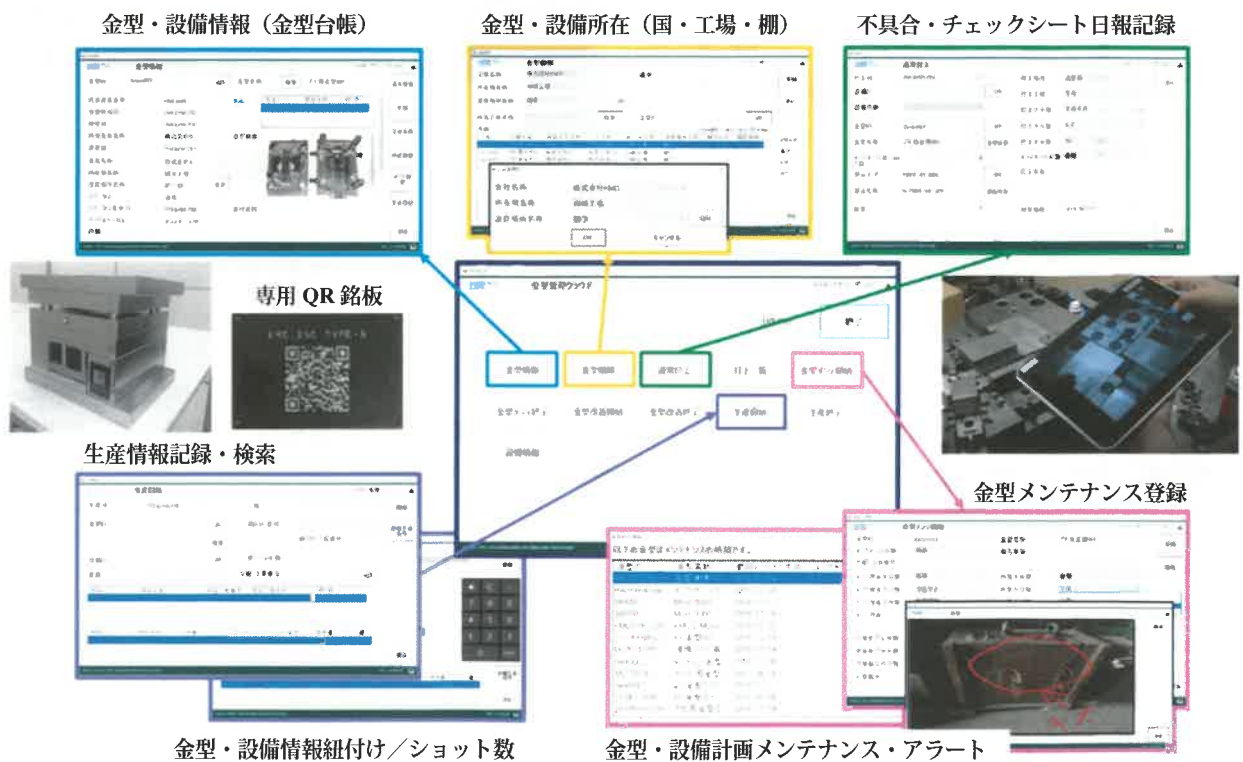


図10 DX: 設備IoT「設備電子カルテ」® & 金型IoT「金型電子カルテ」®

#### 4.4 工場の4M情報を総合的に管理する製造DX:IoT・M2Mシステム

##### (1) コニカミノルタの「Digital Manufacturing」

コニカミノルタ様では、2015年より国内工場へIoT・M2Mシステムの導入を進め、2017年からはマレーシア・中国などの海外生産拠点を結び、「人・場所・国・変動」に依存しない生産方式「Digital Manufacturing」に着手した。さらに、主要サプライヤー11社をマレーシアのマラッカに集約し、徹底した品質管理システムによる不良削減と生産性向上、物流ゼロなど、IoTによるグループ一体の新たなサプライチェーンを構築している。こちらでも世界初の試みであり、当時のマハティール首相が出席されたオープンセレモニーの様子はアジア諸国へ配信され大いに注目を集めた。

同社の海外展開をサポートすべく、当社は「金型管理・設備管理・測定管理・在庫管理」の各アプリケーションで構成された「M-Karte（生産電子カルテ<sup>®</sup>）」を納入（図11）。2018年には国内外（日本・中国・マレーシア等）の生産拠点に「M-Karte」導入が完了した。また、システム運営と保守を目的としてマラッカに子会社（KMCS）を設立し保守サポートを強化した（詳細は日経出版「経営者に問う 現場発 IoT・M2M 革命」を購読されたし）。

また、日本では「世耕プラン」として補修部品用金型における外注への保管料未払いが問題視されているが、当社ではいち早く「AMS（アセット・マネージメント・システム）」を構築（図11）。当社製品の「QR 銘板<sup>®</sup>」とタブレットを活用して、世界に350社以上存在するサプライヤーの金型管理（資産・所在・廃棄・命数管理等）を実施している（保管期間は約10年）。

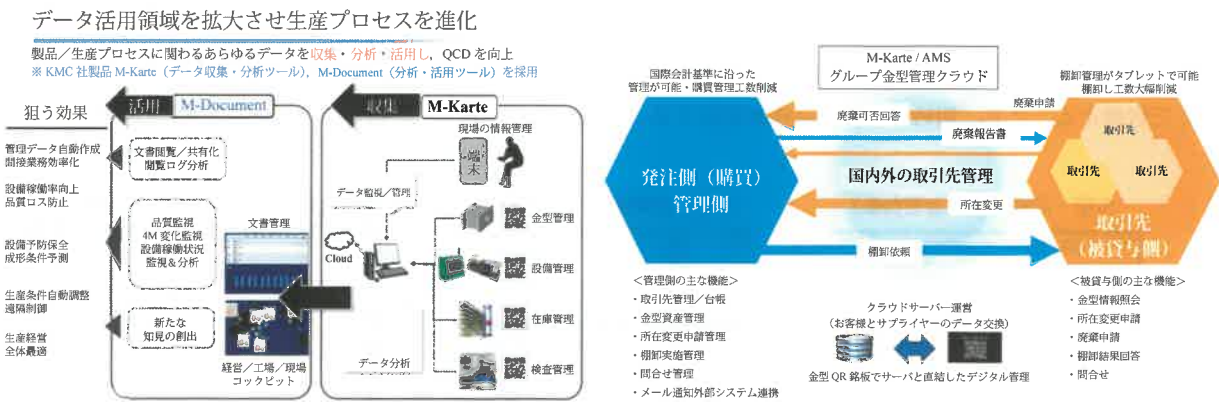


図11 コニカミノルタのDX：グローバル生産監視とAMS：グループ金型棚卸管理

コニカミノルタ様の事例をはじめ、自動車 Tier1 や Tier2 等、当社ではグローバルに展開する企業の国内外の顧客や製造拠点を結ぶ「DX：電承 Factory ソリューション」を提供している（図12）

製造現場の4M情報（人・設備・材料・工程）をクラウド一元管理・トレサビリティを実現  
 KPI 指標管理：(Q)：不具合削減 (C)：製造原価削減 (D)：納期短縮 (P) 生産性向上

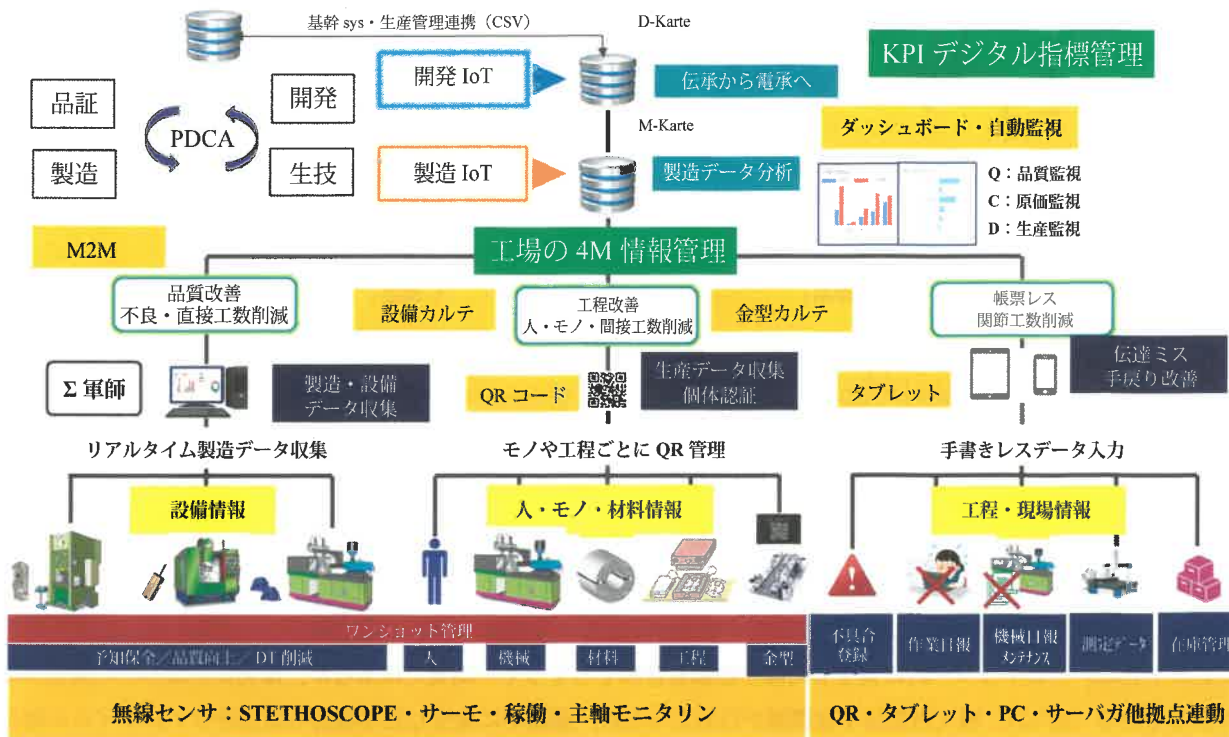


図 12 当社が開発・販売している製造 DX：電承 Factory（Smart 工場）ソリューション

図 12 はコニカミノルタ様が採用した、国内外の生産拠点を情報連携する IoT システム「M-Karte」である。まだ、これほど大掛かりなグローバル製造管理システムの構築事例は見たことがない。他にもエクセディ様やアルプスアルパイン様などで取り組みが行われている。

## 5. DX による具体的な成形不良対策の実例

### 5.1 和興フィルタテクノロジー

具体的な事例として、和興フィルタテクノロジー様の DX 導入事例を紹介する（松山工場長談）。

当社では透明ナイロンを用いた樹脂製品製造の際、シルバーによる外観不良が多く、仕損費も高額となっていた。そこで成形不良の削減を目的として、KMC の DX:M2M システムを導入した。

製造するフィルタユニットのカバー部分などは樹脂の成形品である。樹脂成形は「圧力」「温度」「速度」「量」「時間」の 5 要素が重要であり、これらが一定であればあるほど同じ品質のものが生産できる。しかし同じ材料であっても、ロットによって圧力が変わってしまうことがある。圧力が変われば相反する条件もたくさんあり、そこをどう見抜くかが樹脂成形において重要なポイントとなる。

図 13 は、KMC の「Σ軍師」から取った異なる 2 種類の材料における計量時間（樹脂材料を溶かして計る工程）のグラフである。シルバー発生率の高い「A 部品（図 13 左上）」という製品は数値が非常にバラついているが、樹脂の異なる「B 部品（同右上）」は安定している。停止等のノイズを除外しグラフ化したデータで見た場合でも、やはり「A 部品（同左下）」はバラつきが大きいのにに対し、もう一方の別の樹脂「C 部品（同右下）」では安定している。そこで計量時間がバラつく原因を探ったところ、静電気で材料がホッパー内にくっついていて、ということがわかった。

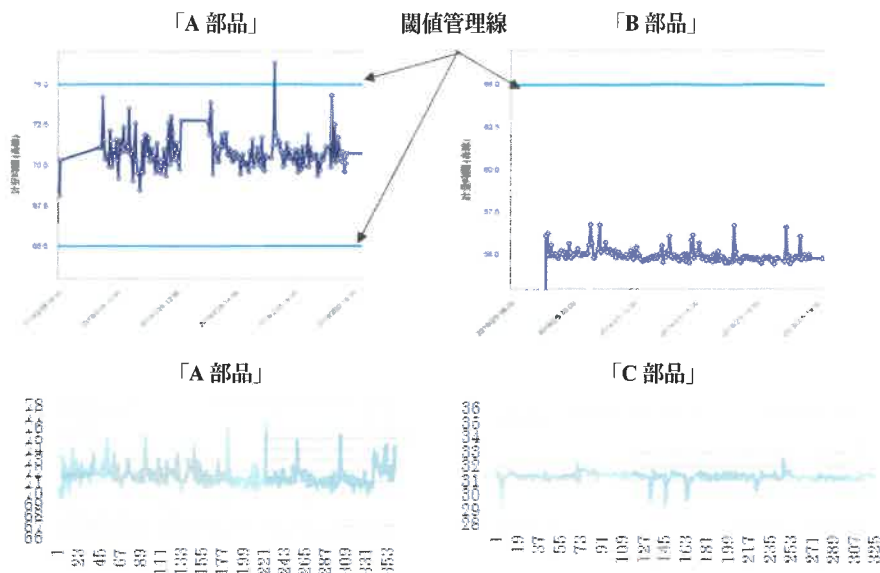


図 13 「Σ軍師」データの計量時間のグラフ

シルバーの発生率を見ると、2020年の平均では8%ほどだったのが、2021年は全体で4～5%くらいまで下げることができた。イレギュラー的に発生した際の数値も含めてしまった結果ではあるが、確実にシルバーの発生率は下がっている（図 13）。導入当初は不良撲滅が目的だったが、量産中に発生した不具合の状況をリアルタイムに確認し、潰し込みをしていくというのが最終的な目的になるかと考えている。今後、電動化・軽量化が加速する自動車業界は、樹脂製品の需要がますます高まっていくだろう。だからこそ、勘だけでなく理論に基づくノウハウをしっかりと蓄積していきたい。



成形機の近くでリアルタイムに「Σ軍師」で取得データを確認

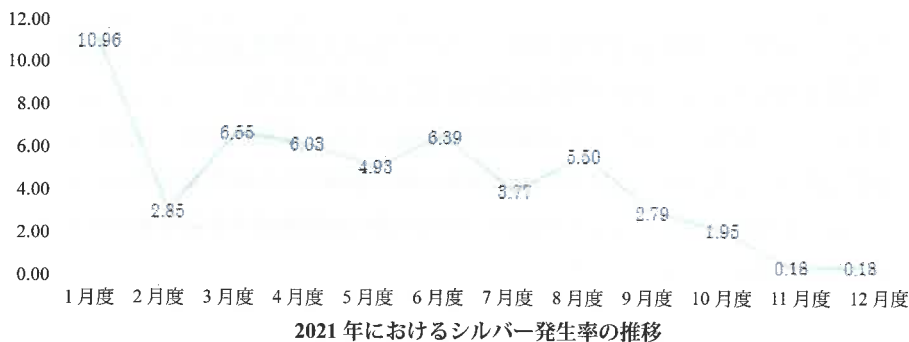


図 14 和興フィルタテクノロジーにおける「Σ軍師」データを活用した不良対策の効果

## 5.2 児玉化学工業

児玉化学工業様における導入事例は、プラスチックエージ（2021年11月号）で具体的に紹介しているので参照されたい。図 15 は M2M システム「Σ軍師」より成形条件を自動収集し、得られたデータからショート不良対策として

クッションのばらつきに着目し、バルブタイミングを見直した結果である。最終的にはバックフロー対策としてチェックリング研磨等を実施したところ、ショートはほぼなくなった（対策前1.8%が0.4%に削減）。

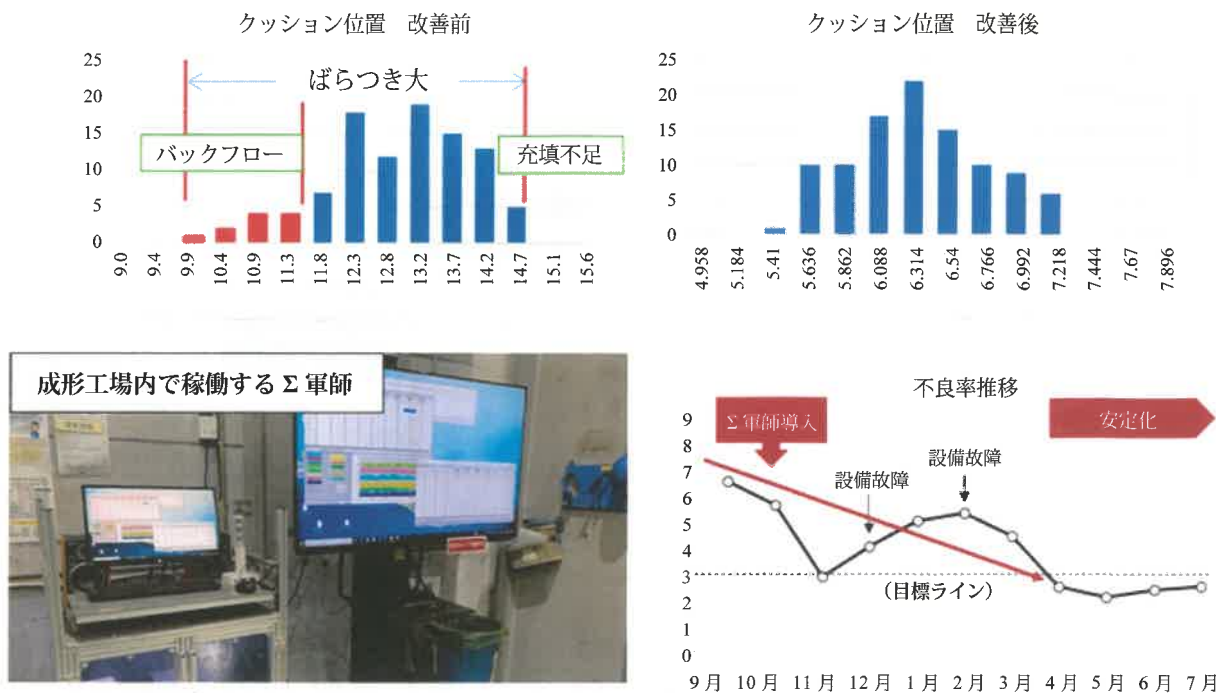


図15 児玉化学工業におけるデジタルデータを活用した不良対策と効果

このほか、「Σ軍師」データからシルバーや異物等の不良削減も実施中であり、全体で6%以上あった成形不良が3%以下になってきたとの報告もある。後述するDX：金型電子カルテ・設備電子カルテの導入も行い、金型起因や設備起因の不具合削減と金型・設備保全費用の削減にも取り組んでいる。社長の号令一下，“企業文化を変える”DX挑戦として、製造現場でのデジタルカイゼンが今も続いている。

### 5.3 製造DX導入と不良削減などのデジタルカイゼンに向けた技術コンサルサービス

DX：成形監視システムを導入しただけでは不良削減や仕損費低減などの原価低減は難しい。収集したデジタルデータを分析して活かすにはそれなりのノウハウが必要であり、そのためのDX導入・運営・人材の育成には“先生役”が不可欠だ。

当社では製造現場へのDX導入支援だけでなく、お客様に寄り添いデータの見方から分析・閾値管理による不良予知、対策手法の提案といった技術支援を行うサービスを実施している。DX導入の難しさは、現場の誰もがデジタルに製造データを見たことがないという点にある。不良削減には、良品と不良品の“変化点”をデータで捉えることが不良原因の究明と対策に不可欠である。

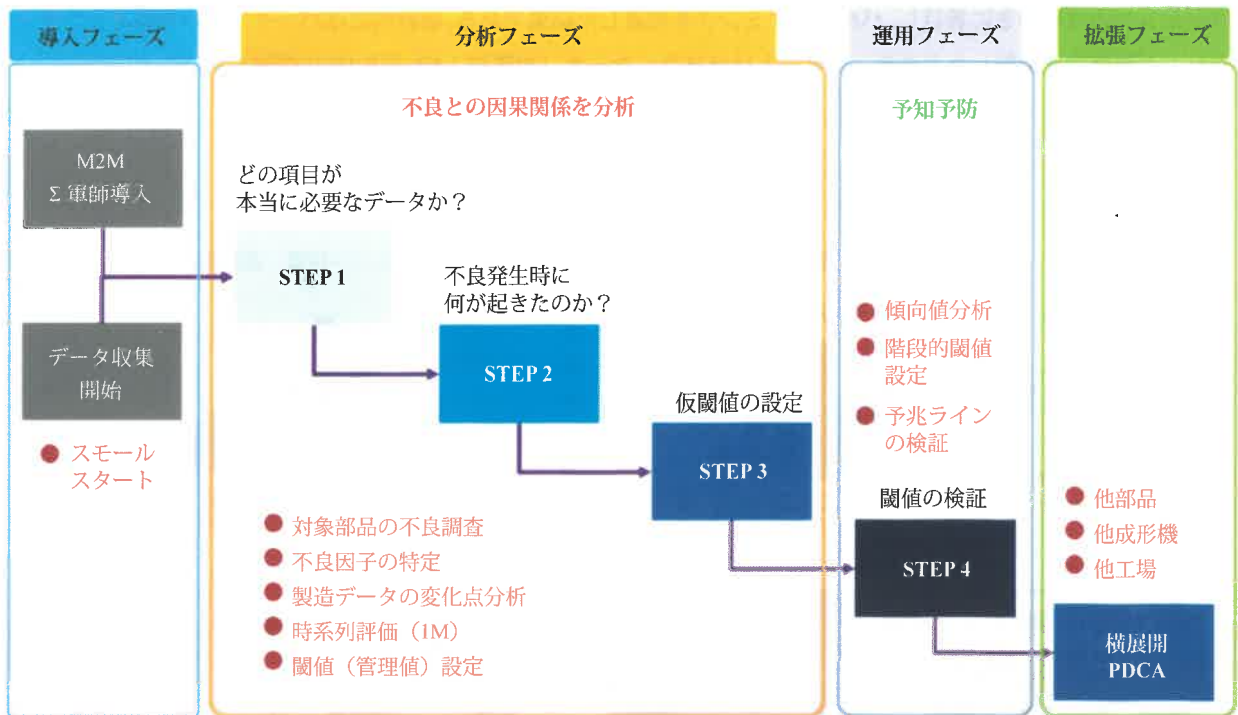


図 16 「データを取る → 見る → 分析 → 活かす」PDCA を回す技術支援コンサル

筆者は前職のインクス時代から、キヤノン様、トヨタ自動車様はじめ前述の和興フィルタテクノロジー様や児玉化学工業様、そして中小企業支援や補助金による DX 導入支援まですでに 250 社以上の技術コンサルの実績がある。

#### 5.4 KMC の提供する「電承 Factory」

製造現場において、人材不足や自動化・省力化のテーマは永遠に続く。そうした中、QCD の持続的カイゼンと会社の永続的成長 (SDGs) を目指すには DX:Smart Factory の活用が不可欠であろう。加えて、昨今のカーボンニュートラル (CO2 削減) への対応に向けては不良削減によって無駄な再製作や電力を使わないことが効果的となる。当社では「稼働モニタリング」や「電流センサ」「環境センサ」等の各種無線センサによる省力化も提案している。当社が開設している Web サイト「電承 Factory」(図 17) を是非ご覧いただきたい。



図 17 電承 Factory

製造 DX は、デジタルによる新たな改善手法“デジタルカイゼン”に時代に突入している。従来の熟練作業に頼った製造では先は見えており、まず着手すべき重要なことは製造現場の“データを取る”ことではないだろうか。

一方、製造業は次世代工場を目指しロボットなどの自動化、ローカル 5G システム、知能生産設備、AI 技術などの導入による次の 100 年に向けた変革が始まったばかりである。全く違った未知の製造業の有りようがそこまで来ている。情報戦略は国防だけの話ではない。

## 6. 次世代のローカル 5G システム及び知能生産設備の取り組み

### 6.1 通信規格について

従来から利用されてきた Wi-Fi 通信は「IEEE 802.11」という正式規格名があり、2.4 GHz 帯を使用している。最大通信速度は 2 Mbps であり SNS 等での利用にギリギリ対応できるという速度である。そこから、第二世代の IEEE 802.11b が登場し、その速度は 11 Mbps となった。SNS は快適になり非常に進化した。

さらに進化は続き、第 3 世代の IEEE 802.11g では速度が 54 Mbps と画期的な速さとなった。現在も使われている安定した高速通信である。数年前に第 4 世代の 2.4 GHz 帯 / 5 GHz 帯が出現し、さらに約 10 倍以上の 600 Mbps が実現した。このころから 5G の電波帯がローカルで利用されるようになってきたが、5G に対応した機器がまだ少なく活用は十分ではなかった。

しかしながら 5G の機器がスマートフォンから採用され始め第 5 世代も 5G オンリーの高速通信機が出てきたが、5G につながる機種が少なく、さらに PC その他の機器類が対応できないため、その後第 6 世代の 2.4 GHz 帯 / 5 GHz 帯共用超高速通信が出現し、第 6 世代に対応した最先端端末機器が昨年度あたりから浸透し始めている。通信速度は 9.6 Gbps となり、呼称を Wi-Fi6 と呼ぶ。これを 6G と呼ぶ人もいるが、本来の通信規格の 6G を指すのではなく第 6 世代を意味する 6G である。2.4 GHz 帯 / 5 GHz 帯をハイブリッドで利用できるようになり、5G が安定していない場合、2.4 GHz 帯にスムーズに移行できるものである。対応機器も今後増えていくものと思われるが、現状はまだその端末が非常に少なく問題点も多い。

3 年ほど前の状況からさかのぼると 5G は一時盛り上がりを見せたが、5G の通信チップが非常に高価であり、また中国系に偏りが多くセキュリティー面からも利用が敬遠され、しばらくの間は利用が進まなかった。その後米国クアルコムが 5G 技術をもつスタートアップのセルワイズを買収し、現在は世界各国で 5G 通信機器に利用されている。

日本でもスマートフォンなど携帯端末や個人住宅にはかなり 5G が浸透し始めて置き換わってきている。目的は動画やゲームが主なものであるが、コロナにより在宅が増えたことによるオンライン会議などで遅延を減少させ画質をよりよくするための方策として企業内での利用も急速に浸透し始めている。従来の 4G から 5G に移行することで、通信速度は数倍（環境による）になりその情報量は格段にアップするため、これらのシステムを導入したところでは、画質、音声ともに通信品質と速度も改善されストレスのない会議ができるようになってきている。

そして日本でもようやく産業界で 5G の利用が始まりつつある。もともと 5G は人と人とのコミュニケーションを支える役割を担うところが主目的であったが、工場の自動化や遠隔操作、自動車の自動運転などを支えるための社会基盤を根底から支える重要な役割となってきた。これらの通信速度は、産業界では生産性を単純に数倍にするポテンシャルを持っていることに早く気がつかなければならない。

通信環境は、問題点がまだまだあるが将来は 5G から 6G に移っていく。さらに多くの情報を無線で伝達できるようになって行くため、これらの無線通信技術は産業界の生産性向上に莫大な恩恵をもたらすものと考えてよい。それらを見越した M2M 技術と IoT 技術も進行していかなければならない。また古いマシン設備から M2M で情報収集するためには、取り付け工数配線工数などの大きな課題があるため安価な無線 M2M 機器が必須になっていく。

現在のところ、これらの M2M、IoT 技術の進化がまだまだ不足しており、虎が出てこなければ捕まえないという状況であることが大きな課題となっている。これらの産業界で利用しやすい通信方式について説明する。

加速度センサ、振動センサに代表される情報量の多いデータ収集では今のところ当社では 2.4 GHz の通信を利用しており、昨今では Wi-Fi を利用した情報収集システムから、ローカル通信方式を用いた低消費電力であるものも多く利用されるようになってきている。当社は、920 MHz 帯及び 2.4 GHz 帯のローカル通信方式と Wi-Fi 方式の両方の M2M 端末（無線センサ）を販売しているがそれぞれに一長一短がある。920 MHz 帯は主に EU や中国の利用が特に多く海外利用が主である。国内でもかつては利用していたが、通信速度が遅いため当社では現在利用していない。また現在 5G について開発は進めている。実際に現状での比較的通信量の多い無線振動センサでそれぞれの通信方式についての状況を述べておく。

- ① 2.4 GHz ローカル通信：M2M 端末（無線センサ）と PC が直接通信することができるため、混信が少ない。また、バッテリーマネージメントのプログラムが利用できるため、バッテリー寿命を長くすることが可能である（当社センサでは7年間の電池寿命）。振動センシングでの通信速度は1 KHz 程度までは安定して通信することが可能である。昨今では適切なアンテナの設置と高出力化で従来と変わらない低消費電力チップも用意されており、複雑に入り組む設備等への設置でも数百メートルといった通信も可能となってきている。また中継ポイントも利用できることから汎用性の高い通信方式となる。当社では「Stethoscope」という名称で利用されている。
- ② 2.4 GHz Wi-Fi 通信：インターネットの通信を中継する機器としてルータがあるが、通常通信プロトコルの異なる Wi-Fi 通信方式を用いる場合の無線センサ等や複数の比較的利用数量のセンサを用いる場合は、直接ルータへは接続することができない場合があることや電波の届きにくさや混信を防ぐためには、ゲートウェイやアクセスポイントが必要となる。一旦ゲートウェイやアクセスポイントを通してルータ（一般回線）への通信を可能にする必要があり、その為に無線センサ子機の電力消費はローカル通信に比べて非常に大きな電力を必要とする。また、バッテリー方式を用いる場合は数日～1 か月程度でバッテリーの交換が必要となる。当社では「Stethoscope II」という名称で販売している。
- ③ 5 GHz ローカル端末：現在試験中。半導体不足の折、流通量の安定化と入手性を含めた端末設計が必要であり販売に至るまでの安定供給の問題にとどまらず、通信における制約が多くまだまだ課題が残されている。流通に関しては徐々に解消方向であるため今後は積極的に高速通信が必要なところから製品の特長に合わせて供給していく。

しかしながら 5G 通信は指向性が強く、遠くに飛びにくい性質と中継ポイントが利用できないほか、屋外での利用についても一部を除き利用不可などの制限もあり、限られた範囲での利用方法を理解して進める必要がある。価格面、利便性、目的に合わせた組み合わせも必要であると思われる。今後 5G では対象となる通信量の多い振動センシング等では、軸受けなどの高度な分析等を行うにはデータ通信量が 2.4 GHz 帯では足りず、今後は 5G 化し、10 KHz 以上のデータを収集していくことにより、そのデータ分析範囲が広がるため有効な手段として現在開発試験中である。現段階での 5G 端末チップの問題点は、価格が高いこと、およ消費電流が著しく大きいことという点にある（バッテリー利用が難しい）。しかしながら無線通信可能な高速通信のメリットを生かせることから利用はされていくものと思われる。

#### ④ 6 GHz について

急速に開発が進んでいる。5G で中国に後れを取った米国、日本は 6G に力を入れている。日本でも総務省が令和 4 年度よりいち早く法的整備を始め、6G の利用がいつでも開始できるように準備されている。

注目すべき点としては 5G では利用が制限されていた屋外利用が可能となり、5G を超えて開発が急速に進むものと思われる。その正式呼称を Wi-Fi 6E という。6 GHz 帯は現在、超高速通信が必要な固定通信や衛星通信、放送番組の中継などに利用されている。利用実績があるが、まだまだ高価であり特定の分野でしか利用されていないが、クリーンで全く新しい電波帯であるため、利用環境は非常によく今後はコンシューマー向けの 6G 端末が 2023 年にも出てくるものと思われる。開発はかなり急速に進むものと思われる。

テレワークやオンライン授業などでより鮮明な画質と遅延の起こらない同時接続可能な環境を求めて大学をはじめ多くの企業が早くも注目し始めている。産業界は 5G で開発を進めている企業もおそらく一足飛びに 6G に進んでいく兆候が見られる。

## 7. 高速通信が求められる製造現場での智能生産設備の取り組み

### 7.1 プレス等の先進的な高速通信データ収集システムの取り組み事例

当社では従来から、様々な生産設備のデータ取りをおこなってきている。生産設備の代表的なものは、射出成形機、プレス機と切削加工機であり（樹脂と金属部品の生産設備）真っ先にデータ取りが必要な設備である。射出成形装置は電子制御機器がほとんどでありデータがとりやすいが、プレス機の場合にはセンシング方法が確立されておらず、



様々なデータ収集方式が検討されている。また切削加工機も加工要素によりそのセンシングも多様な M2M 技術を必要としている。

#### イ) 高速プレス機のデータ収集の取り組み

日本に残る高速プレスマシンでのデータ収集について、当社の開発現状を報告する。昨今の EV 化におけるモータコア等の高速プレスにおける生産が高まってきている。また電子デバイス半導体分野で利用されるコネクタやリードフレームの高速化が日本では進んでおり、最高速度 500 ~ 2000SPM と行った高速回転下での金型技術が日本では強く高効率生産に寄与している。日本ではこの分野は非常に強く今後も日本で行き残る産業分野である。これらの高速プレスでの課題は、金型内の不具合や問題点のセンシングにある。ひとたび金型内で問題点が発生した場合、高速であるがゆえに数分で数万個の不具合が生じさせてしまう事や、高価な金型にダメージを与えてしまうという課題があり、高速下のセンシングが求められている。プレス機はスライド側が高速で動くため、ケーブルの断線という課題もある。現在これらの高速データ取りにおける 5G 通信技術の取り組みと産業用データ収集システムの連携の現状を簡単に説明する。

##### ① プレスパンチ荷重センシングとミスフィードセンシングにおける取り組み

プレスのパンチ荷重は金型内に半導体荷重センサを用いた超小型で荷重を検出するセンシングシステムである。当社の荷重センシングシステムは、 $\phi 0.5$  mm の極細パンチから、数百トンにおけるパンチ荷重まで荷重変動を微細にデータ収集するシステムである。高速下でパンチの荷重変動データ取りを行い、パンチの欠け、折れその他 2 枚抜きなどの変動要素をいち早く検出するものである。これらの取り組みはエンインダストリーズ社と共同で開発しており、大量のデータ収集と処理が必要である。現在これらの課題として無線化における高速データ取り（5G を利用したデータ収集システム）が課題となっている。図 18 が全体のシステム概要である。

現在、4CH 以上のデータを一遍に情報収集できる段階にきている（理論上 8CH 程度の高速データ収集が可能）

金型パンチ荷重・ミスフード等のデータ取りを想定して開発



- ① 角型荷重センサ (4 式)
- ② 高速データ収集装置 4CH 分の小型基盤製作
- ③ 筐体製作
- ④ 付属部品
- ⑤ 4CH 荷重治具

4CH 高速サンプリングシステムの開発概要図

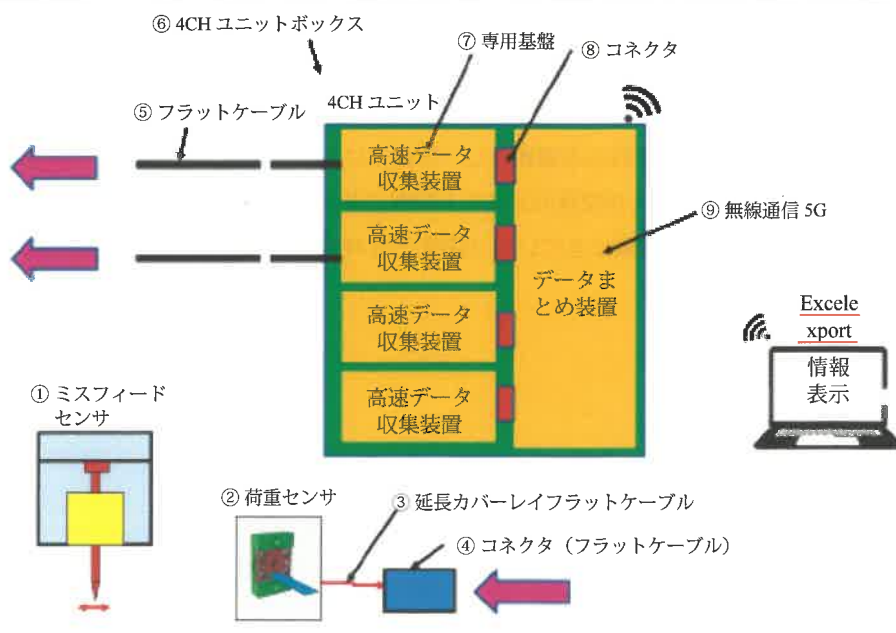


図 18 システム概要図

高速サンプリングシステムは、小型化と安定性に問題がある。10 kHz 以上での高速サンプリングでは、様々な外乱やマイコンその他の半導体との配線次第であるため、確実に取れる保証はない。また、完璧にハードウェアの設計を行っても実際に稼働させてみると理論通りにいかないところが非常に多い。当社的高速サンプリングシステムは、超小型で超高速超小型マイコンと A/D 変換システムを一体化した基盤を起こして超小型化と安定化を図り、現在無線での高速データ収集システムを 5G で実現するべく開発中である。現段階でも図 19 はセンサを組み込んだ金型の画像であるが、超高速プレス機 1200SPM という超高速サンプリングを実現している。データ取りを実際に行ったグラフは図 20 を参照。

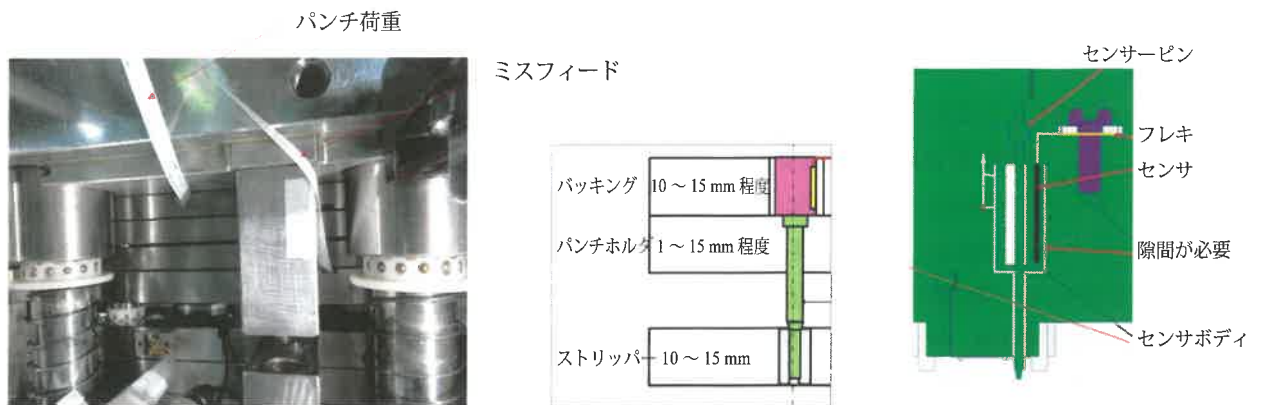


図19 センサを組み込んだ金型写真/パンチ荷重センサ取付図/ミスフィードセンサ取付図

デグラフィ表示 (サンプル) → 4CH 同時データ取り

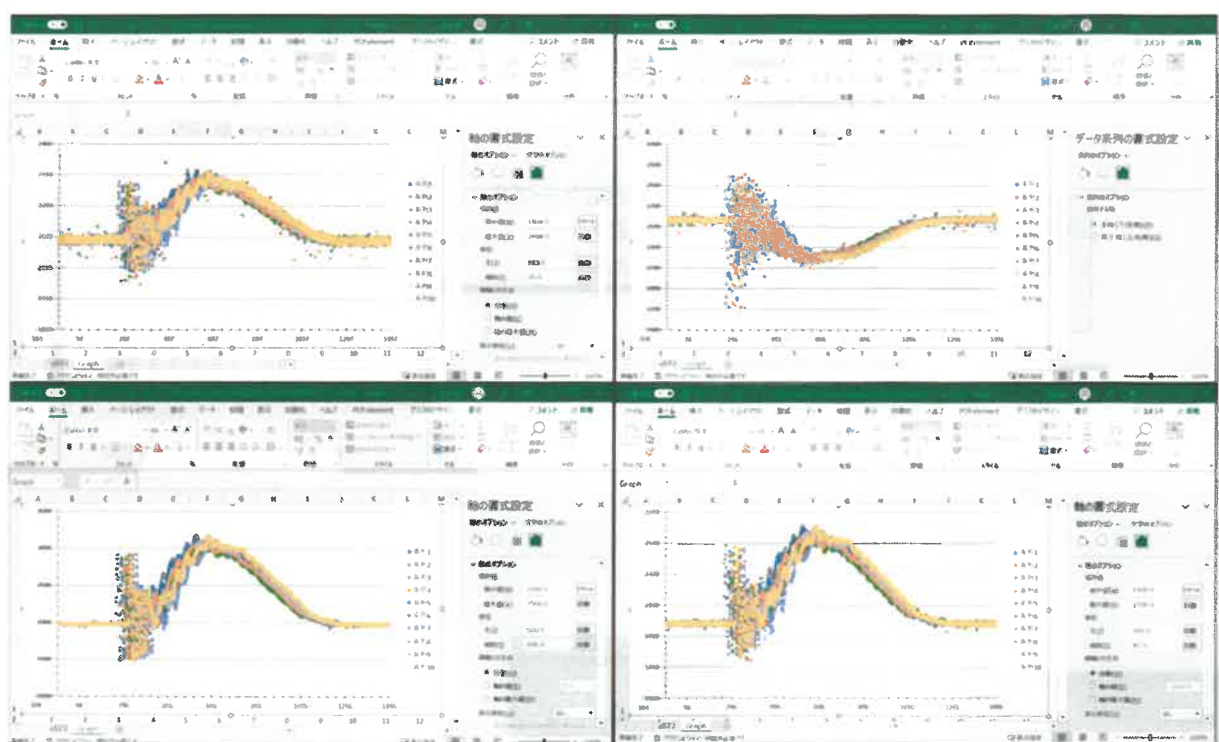


図20 データグラフィ表示

高速データセンシング技術，高速データ通信技術，高速データ処理技術 これらのそれぞれに課題は残されているものの現在のところ高速センシング技術の確立と高速データ処理技術が確立できており，現在5Gにおける無線データ通信システムの改良段階に入っている。

② ミスフィードデータ取り

ミスフィードセンシングシステムは，高速順送型でのフィードミスを検出する特殊なセンシングになる。ミスフィードセンシングの具体的な手法は材料の送りが安定しているかを確認するものである。材料が送られたときに送りすぎ，遅れ気味という兆候をいち早く確認し，閾値を設定することでパイロットミスが起こる前に停止しリセットを掛けなおすという事ができるようになる。また金型固有の癖なども見える化することができ金型改善の有力な対応方策を取ることができるようになる。送りすぎが原因で材料がリバウンドしていたり，少しずつずれがたまっていき，ある時に許容できなくなるところを検出するという特殊なセンシングである。材料自体が薄い場合は，パイロットされ

でも材料の穴が変形して目には見えない変形を起こしていることも検出された。

材料が送られてセンシングピンが材料のパイロット穴に挿入されたときにピンの曲がりが発生し、送りすぎ、遅れ気味をかなり正確にとらえることができる。その時のセンシング速度は仮に 1200SPM とすると 20 回 /S となり、1 回転 50 mS となる。実際に材料の送り状態を確認する時間は全体で 10 mS 以下となる。そのため検出速度や検出サイクルをデジタルで行う場合は 10 ~ 40 KHz 程度の速度となる。それらのセンシングデータを 4ch 以上のセンサから収集しそのデータを圧縮送信したとしても最低限 5G の通信速度を使用しなければ無線でのデータ収集は難しい。当社はこの無線でのデータ収集についての試験段階にあり、リリース予定を本年度中と考えている。通信速度だけでなく安定性やノイズの軽減、アンテナのノウハウなども重要な課題となる。いずれにしても無線センシングの領域は、このような高速センシングをいかに楽にスムーズに利用できるようにするかがカギであり、応用範囲は非常に広いものとなる。配線配管が難しい、高速ロボットのハンド部で様々なセンシングや、自動機上でのマニピュレータなど動作の早い動きのある部分でのセンシングに応用が可能である。図 21 はミスフィードピンの画像であるがピンの曲がり は 1  $\mu$ m 程度の変化を測定することができる。

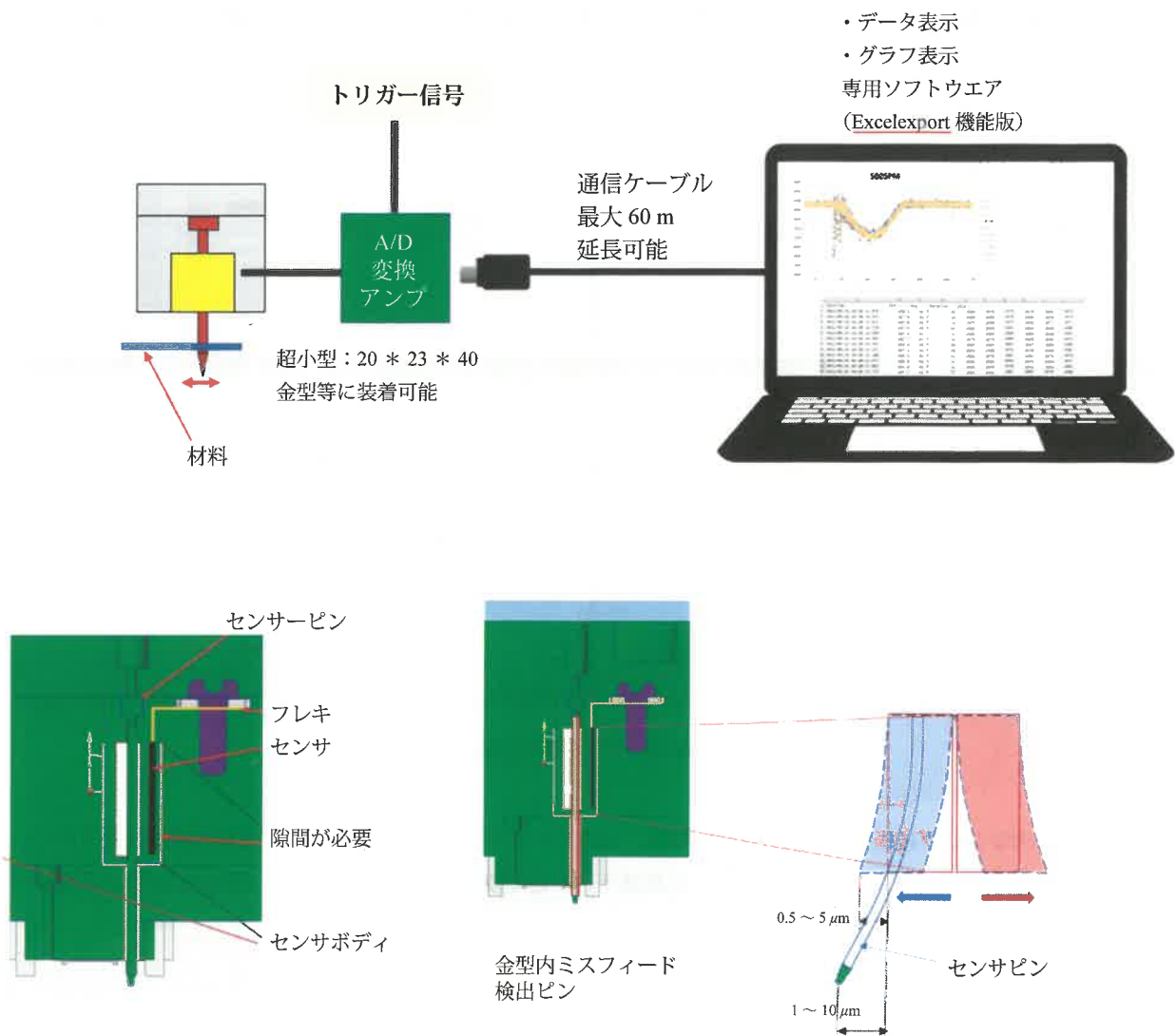


図 21 ミスフィードセンサ取付図

ミスフィードの安定したパイロットピンにおける位置決めがどの程度の状態であるのかを確認する原理は図 22 のようにセンシングピンへ取り付けられた超小型荷重センサである (半導体荷重センサ)。圧縮と引張の両方のデータを最小変位 30 Å の変異を検出できるものである。

- ・順送プレス金型において、フィード量（材料送り量）が安定しているか確認を見る為、パイロットピンにかかる荷重を測定する（計測）ことで材料の送りが安定しているかを確認することができる。

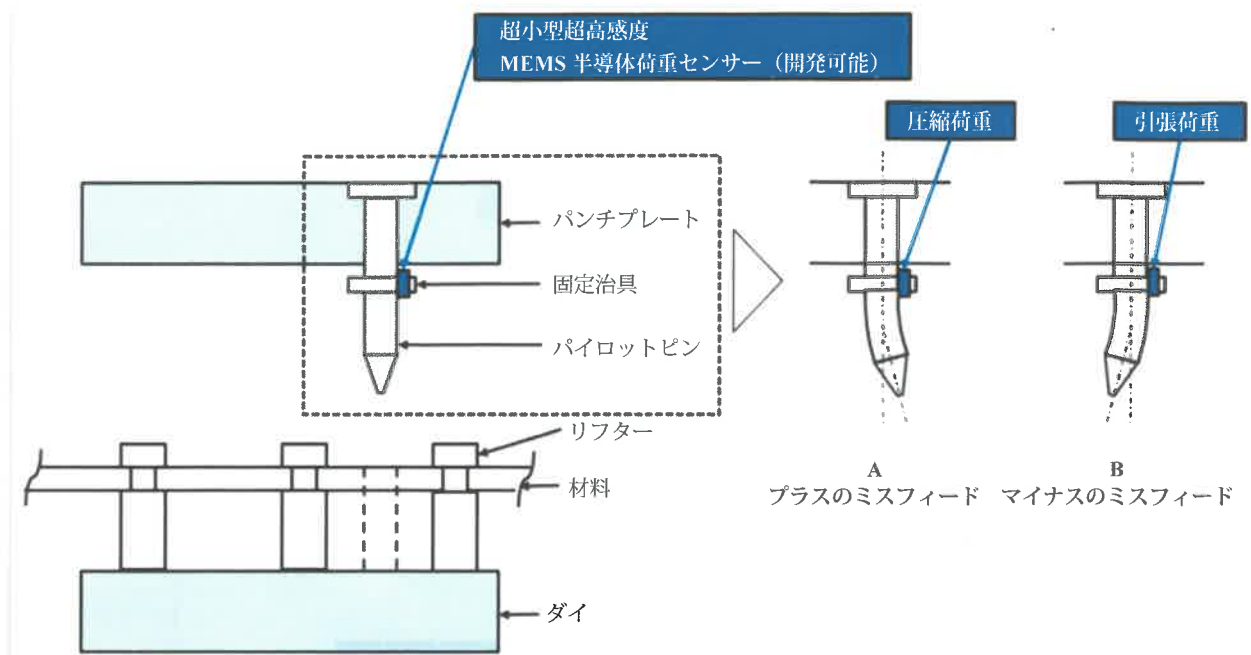


図 22 超高速サンプリングを実現する高速サンプリングシステム

■ ミスフィード測定事前試験サンプル

ピンの先端へ綿棒を使用して、上下に（画像で）ピンを微動させて出力を確認  
 → 双方向ともに良好な感度が得られるように調整。→ 感度は十分に出力する状態

ひずみ量 - 21  $\mu\epsilon$

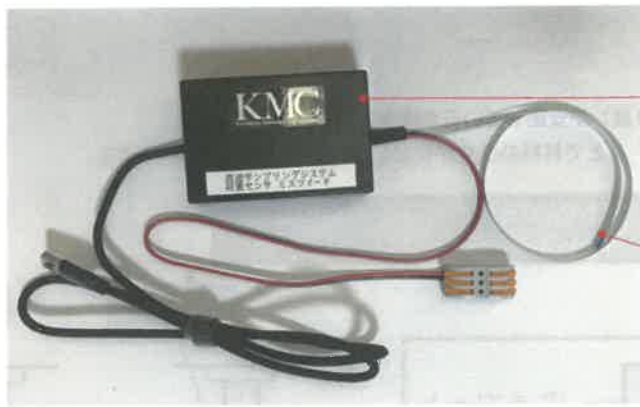


ひずみ量 - 18  $\mu\epsilon$



参考：材料がピンに触れれば、出力は出る状態になっている。

図 23 ミスフィード検出ピンの動作確認を行っているところ



高速サンプリングシステム  
 ・高速 A/D 変換  
 ・高速マイコン  
 ・高速処理ソフトウェア

荷重センサ取り付け  
 ・フラットケーブル仕様

写真2 高速データ収集装置の画像

図 24 は超高速でミスフィード（送り状態の状況）の状況をセンシングしたグラフである。世界初のミスフィードセンシングに成功している。今後は 5G 通信等を利用した無線化に進んでいく。

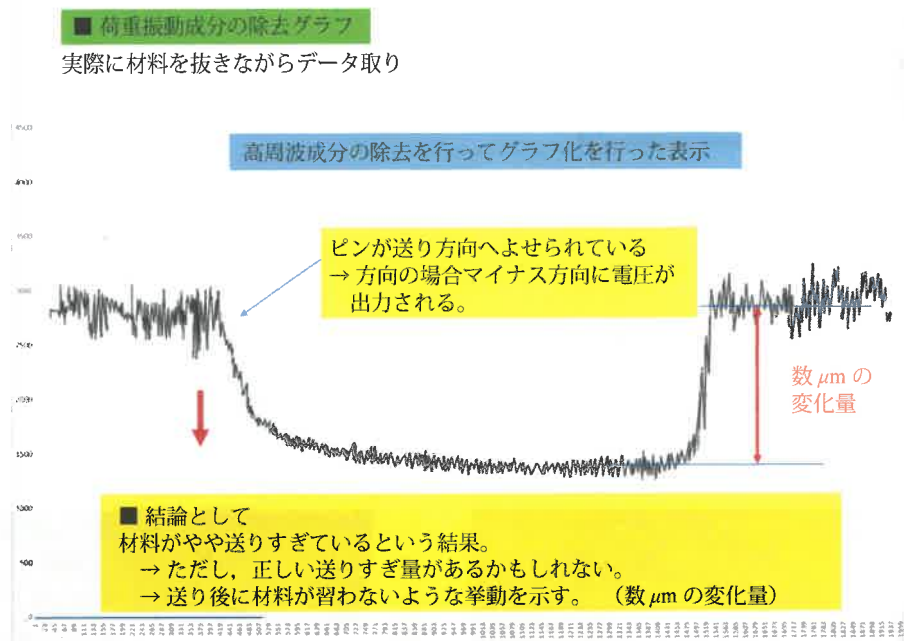


図 24 ミスフィード（送り状態の状況）の状況をセンシングしたグラフ

#### ロ) プレス無線制御盤への取り組み

無線センシングデータ取りの目的として、2つの利用の方向性がある。無線センシング情報をフィードバックして、閾値設定などの設定や入力データの組み合わせの情報判断などでマシンを具体的に制御する方向性とデータを PC で取り続けて傾向値管理に利用する方向性である。リアルタイムにそのセンシング情報を具体的にプレス機へのフィードバックを行うにあたり制御盤の無線化も当社では進めてきた。無線センサの情報を PC で受けてから閾値判断を行い、PC から制御することも不可能ではないが、リアルタイム性に問題があることや PC 制御での不安定さにも問題がある。また配線作業工数の問題も残る。当社では無線センシング情報を PC で受けると同時に PLC でもリアルタイムに同時に情報を受けられるように開発を行ってきた。無線の利点はその情報を同時に複数のラジオにより情報が受けられることにある。もちろん単発での無線センサ ON, OFF の信号を PLC へ取り込む程度の事は出来ているところもあるが、様々なセンシング情報を無線で複数の情報を取り込む本格的な無線制御盤の開発は業界では当社が初めてでありアナログセンシング情報のリアルタイムデジタル変換無線制御化にも成功している。図 25 はその事例であり、

PLCに接続されたPLCでの閾値設定も可能などところまで進んでいる。現在温度、振動、回転、圧力、距離、電流等のアナログ情報をPLCへ情報連携しPLC内でのラダーへの直接的な制御組み込みが可能となっている。これらの通信速度にはまだ少なからず課題はある。今後は、5G化で通信速度問題も解決していくものと思われる。

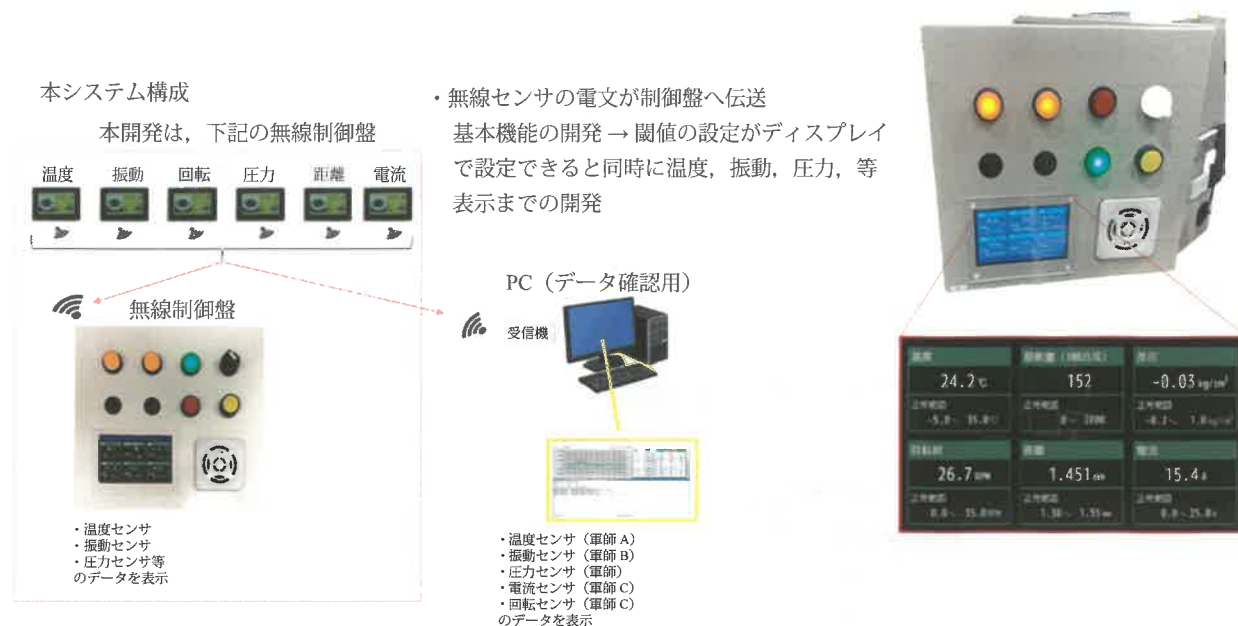


図 25 本システム構成図と無線制御盤のディスプレイ表示

上記の説明は、センサ情報をPLCへリアルタイムにIN情報を伝達するものであるが、PLCにはOUT情報も必要になってくる。離れた位置での表示灯の制御や、モータ、電磁弁、その他の動力制御まで無線OUTインターフェースの開発が完了しており、無線制御はIN、OUT共に、完全無線化が可能となった（世界初）。下記はその事例である。OUT情報も無線できる事で現有の設備にもすぐに応用が可能となる。当社の事例では3段表示灯を離れたところでPLCの制御信号を受け取り制御点灯させることや、モータ、電磁弁などの停止等も無線で後付けが可能となった。もちろん新規での無線制御盤では、IN、OUT共に無線化できることで、制御盤の標準化ができる事も大きなメリットであり、様々なFA機器類の制御盤も標準品でそのまま制御が可能になる為、その無線化の方向性は非常に大きなメリットがある。これらの制御系には安全性やカテゴリ等の問題で最低限の有線接続は必要などところもあるが、ほとんどの配線は無線化が可能である。すでに機密保持契約及びライセンス契約等を行って販売等を始めている。

昨今、自動車の5Gを応用した自動運転が始まり複雑なセンシング情報からの判断により自動運転制御を行っているが、いよいよ産業界でも5Gを応用した産業用機器類に無線化の方向性を提案していく。

図 26 は IN/OUT 完全無線化した無線制御盤の概要図である。

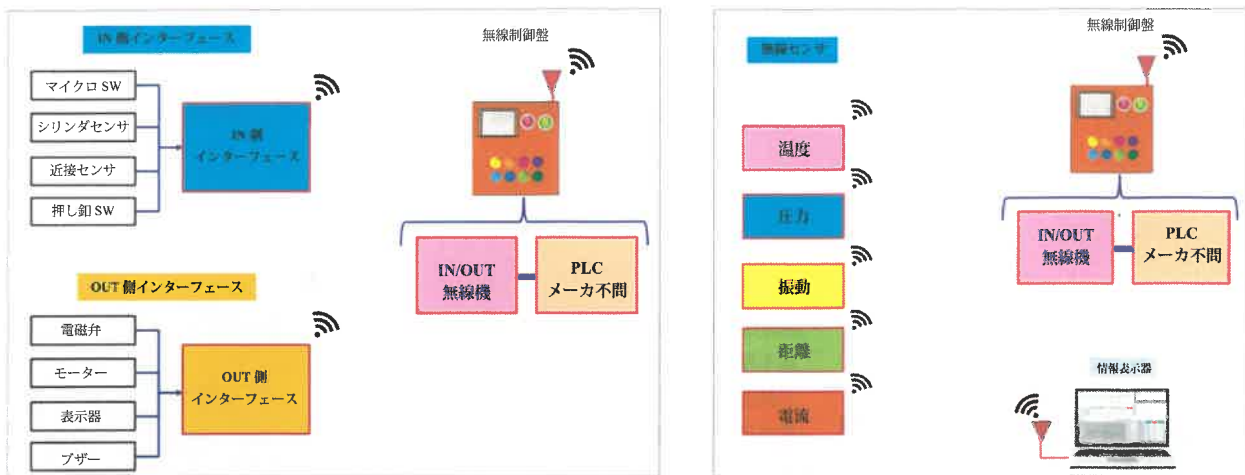


図 26 無線制御盤の概要図

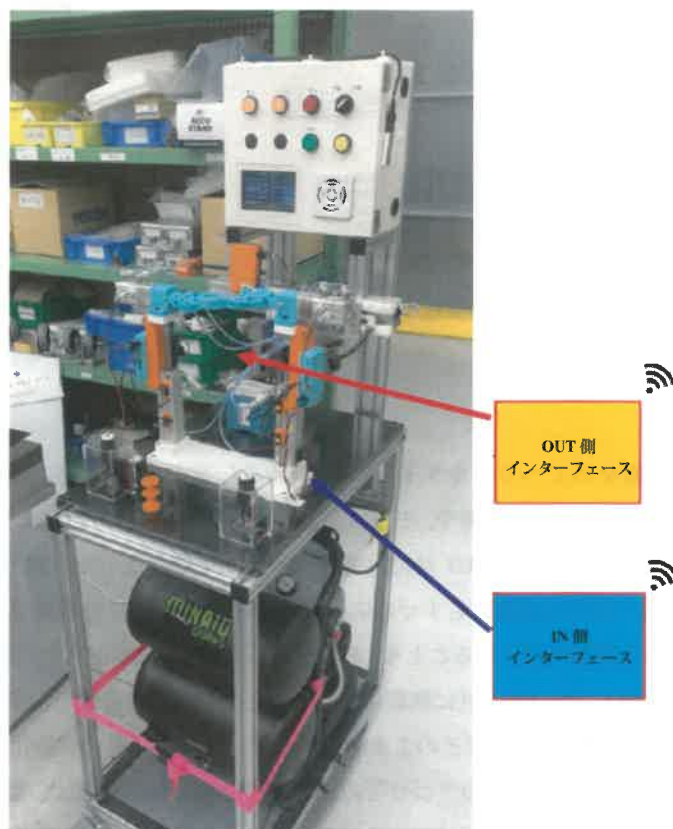


写真 3 無線制御盤の実際写真

無線制御盤は、IN、OUT 共に直接配線は何も行っておらず制御も無線装置を接続した一般の PLC からの指令でマニプレータの自動運転制御を行っている。このマシンは、デモ機も用意されており、無線での運転状態を確認することが可能である。

写真でもわかるように無線化技術を用いることで制御盤のサイズが極端に小型化されている。小型化のポイントはセンサやスイッチ類、電磁弁や表示灯すべて無線化で配線が無い分、IN、OUT のユニットが不要になるばかりではなく、大きなスペースを取る配線ダクト、端子台などが必要ないこと、また温度や振動などのアナログ情報は PLC に高価なオプションのアナログユニットなども必要が無いため、場合によっては 1/10 以下のサイズになることや制御盤自体は、標準化されたものが利用できるためそのメリットは非常に大きい。

その説明図は図 27 で示す。



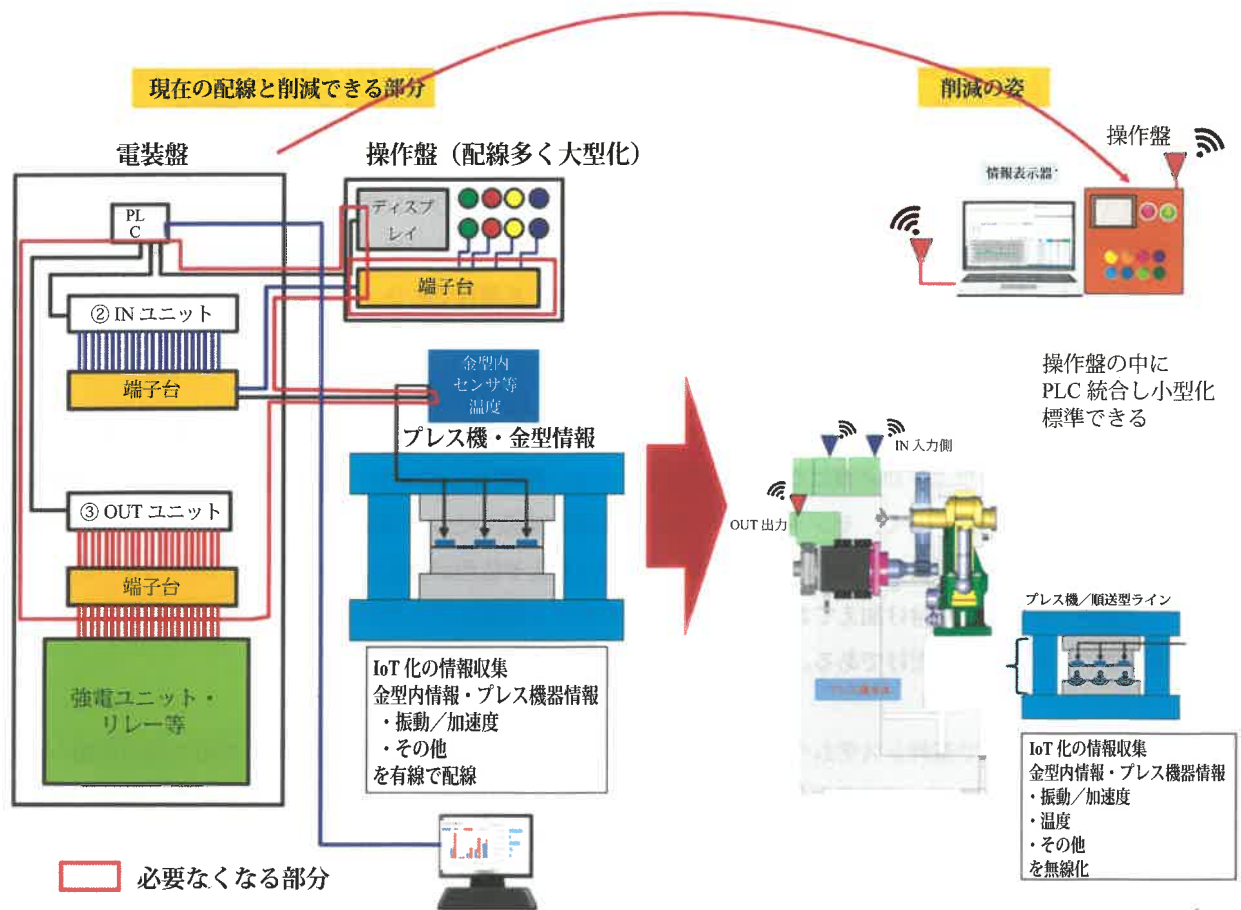


図 27 プレス機への無線制御盤取り付け概念図

当社では、無線制御盤（標準の盤）と IN, OUT のインターフェースのモニター販売から始めていきライセンス契約等を行って販売を開始する。図 28 はプレス機に具体的な無線センサ配置の概要図の事例である。



図 28 プレス機への無線制御盤取付け+情報収集の概要図

## 8. まとめ

産業界でも M2M, IoT の利用が浸透してきたと言えども、まだまだ古い機械や IoT 未対応機器からの情報収集は容易ではない。無線センシング技術の発展はこれらの後付けが簡単にできるだけでなくそれらの情報を一括でまとめる必要があり、当社はどのようなセンサ（他社製品）でも無線化し、ひとつのアプリケーションで情報の一元化を行う「**Σ軍師**」というソフトウェアを販売している。業界初の横断的に様々な市販のセンサ情報も一括でデータ収集できるソフトウェアであり。通信技術と情報収集システムを考えた商品である。各センサメーカーは他メーカーとの連携を行わないため、当社のような中立な立場である IoT メーカーが独自に提供する業界であり、初の統合ソフトウェアが本当に役に立つ IoT システムであると考えている。

従来の無線センサもメーカーごとに独自のアプリケーションソフトウェアが用意されているため複数社のセンサを用いた場合、複数のソフトウェアが必要になり、アプリケーション問題としてソフトウェア同士が同じ DLL を使用していることで干渉するだけでなく、センシングデータの統合が出来ないという問題も非常に多い。5G を含む無線化の技術は当然進んでいくが、情報収集手段だけでなく情報の一元化や応用が幅広く利用できるシステムが用意されていなければ意味がないことも付け加えておく。ユーザーは見かけ上安価にデータが取れたと言っても結局は情報をうまく連携できず手間もかかるだけである。

せっかくの情報を一括で基幹システムへ簡単に接続することはできないため、情報収集しただけで次の段階へ進むことができないというユーザーが非常に多い。当社は 5G の通信技術の応用だけでなく、センシング・制御・情報の収集と統合、基幹システムへの情報伝達に関しても総合的に適切なアドバイスと M2M, IoT システムを含めたモノとノウハウの提供を行い、様々な業界の発展に寄与している。

### 文 献

- ・ プラスチックエージ 2022 年 8 月号, 2022 年 11 月号
- ・ 素形材 2022 年 6 月号
- ・ 型技術 2022 年 7 月号
- ・ 型技術 2021 年 10 月号
- ・ 工場経営 2022 年 9 月号
- ・ 経営者に問う現場発 IoT・M2M 革命（日経 BP 社）