

塑性加工の
総合専門誌
PRESS
WORKING

プレス技術

12

Dec.
2023
Vol.61
No.12

特集 加工屋のためのロボットと自動化の基礎と人材育成

巻頭インタビュー 篠原工業(株) 代表取締役 篠原謙介氏

好評連載 中小部品製造業のための利益を出す「値決め」の鉄則

特別誌上展 2023 国際ロボット展



**ツインコアモータ搭載
トルクを大幅にアップ!**

Variax OPUS 1R-Xシリーズ



次世代型
高性能サーボフィード
**OPUS1R-500X
650X**

IoTに適応した予防保全、診断機能を搭載
最大送り速度120m/minを実現

株式会社
三共製作所

最新のプレスセンシング開発動向と製造条件や機械・金型などの現場情報戦略～半導体圧力センサによるプレス金型の内部圧力とΣ軍師IIによるデータ分析と事例紹介～

(株)KMC 佐藤声喜*、安倍新一**

自動車 EV 化による電装部品需要や薄肉高張力鋼板、複雑形状の高精度プレス部品製造で現場は多忙だ。しかしながら、製造現場のプレス不良はまだ解決していない。原因究明と予兆管理の DX プレス金型センシングへの期待は高まるばかりである。本稿では最新のプレスセンシングとプレス情報戦略に取り組む企業事例を紹介する。

プレス製造現場の課題とプレスセンシング紹介

当社はプレス・鍛造・樹脂成形・ダイカストな

* (さとう せいき)：代表取締役

** (あべ しんいち)：技術開発統括責任者

〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1 KSP 東棟606

TEL：044-322-0400 FAX：044-322-0401

ど部品製造における製造現場 DX の専門メーカーである。顧客の現場に出向き、不良削減や設備故障、金型管理などの技術コンサルと DX ソリューションを提供している。

1. データを「取る・見る・分析・活かす」デジタルカイゼンの PDCA

製造現場の改善・改革は今やデジタルデータ活用を抜きにして取り組みができない。当社では、現場の 4M 情報データを取る→デジタルデータを見る→そのデータを分析する→データに基づいた改善・改革を実行する“デジタルカイゼン”の PDCA を提唱している（図 1）。

次に当社が提供している DX ソリューションを紹介する。まずは現場製造データをデジタルで取る・見るから始めることを推奨している。なにせ、現場の人は経験と勘の世界でデータを見たことが

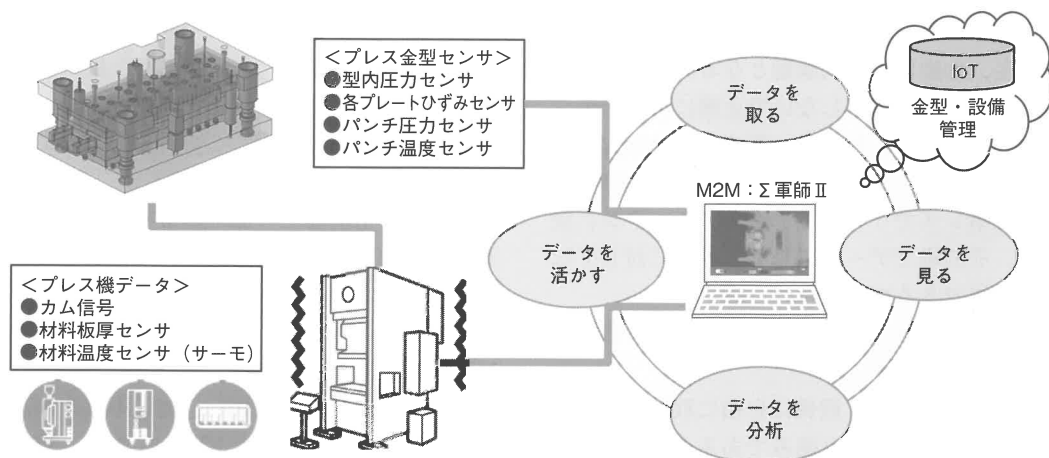


図1 プレスセンシングシステム構成とデジタルカイゼンのPDCA ～KMC 技術コンサル～

	振動・稼働	電 流	熱電対	温湿度
センサ形状			 1CH	 4CH
通信方式	Wi-Fi IEEE802.11g 2.4GHz			
測定範囲	±16g 3,200Hz	20A: 0~20A 50A: 0~50A	K 型: -200~+1,372℃ ※最大温度は熱電対に依存	温度: -30~80℃ 湿度: 0~100%RH (結露しないこと)
センサ種類	3 軸 MEMS 加速度センサ内蔵	外付け CTセンサ(20A/50A)	K 型熱電対 (J 型: カスタム対応)	センサテック製 温湿度センサ

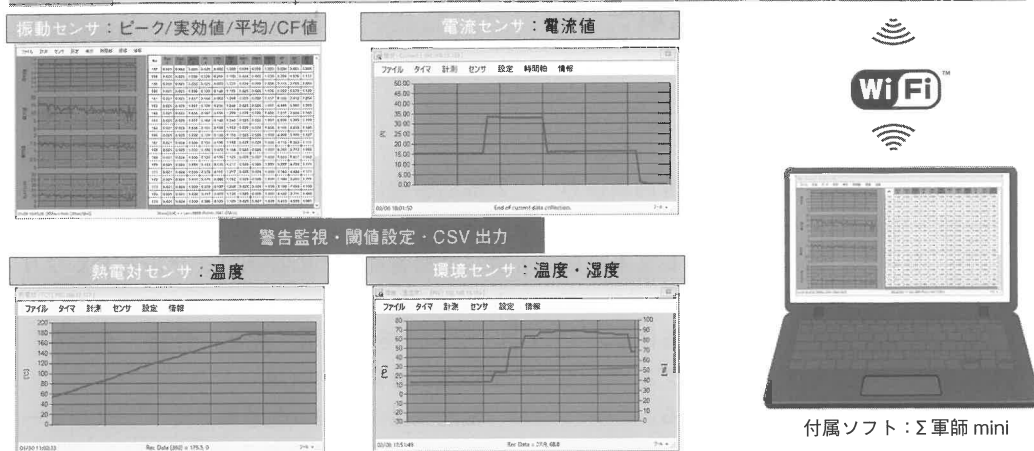


図2 Wi-Fi式無線センサ「Stethoscope II」と付属無償グラフ表示ソフト「Σ軍師 mini」

ない人が多い。

(1) 現場の経験と勘をデータ化する：設備・金型用汎用無線センサ「Stethoscope II」

音が異常だ、油切れは触ると熱でわかる、モータ故障は振動で予想できるなど、現場の作業者は設備異常を経験と勘で大体わかっている。しかしながら、海外実習生の増加や熟練作業者の離職による現場力の低下は否めなく、結果、設備故障や不良発生、生産停止で大騒動となる。

そこで、練度に依存しないで正確に異常をデジタル検知する振動・熱電対・電流・環境温湿度無線センサを開発した。Wi-Fi無線方式を採用し、配線・工事レスでワンタッチ装着・カンタンに設置でき、その場でデータを見て、異常に対しては閾値で監視できるのが特色だ(図2)。

(2) 無線センサ Stethoscope II の組合せによるモニタリングシステム

無線センサ単体で、設備に自由に取り付けて監視することが最初の取り組みであるが、次にカイゼン・改良目的に応じたセンシングシステム構築

が求められている。当社では、“モニタリンシリーズ”として製品化している(図3)。

(a) 稼働モニタリン^{注1}：プレス・ロボット・自動機・各種加工機などの設備稼働センシング

稼働モニタリンは、Stethoscope II：振動センサを用いて、“稼働・段取り・停止”の各モードをモニタリングするシステムである。段取り時間を把握することにより、べき動率(製品を製造している時間の監視)を向上させ、生産性向上を目的に加工メーカーで採用されている。

(b) 主軸モニタリン^{注1}：切削加工機の主軸センシングシステム

金型など切削加工の加工異常や工具異常、設備異常を主軸部に振動、熱電対、モータ電源ケーブルに電流センサを取り付ける「主軸モニタリン」がシステム化されている。熱電対センサは暖機運転時間を温度で判定する。また振動センサは工具摩耗や加工びびりを検知し、加工不良を削減する。勿論、紙作業日報記録、EXCEL集計、報告資料などの間接業務の集計作業も自動化することがで

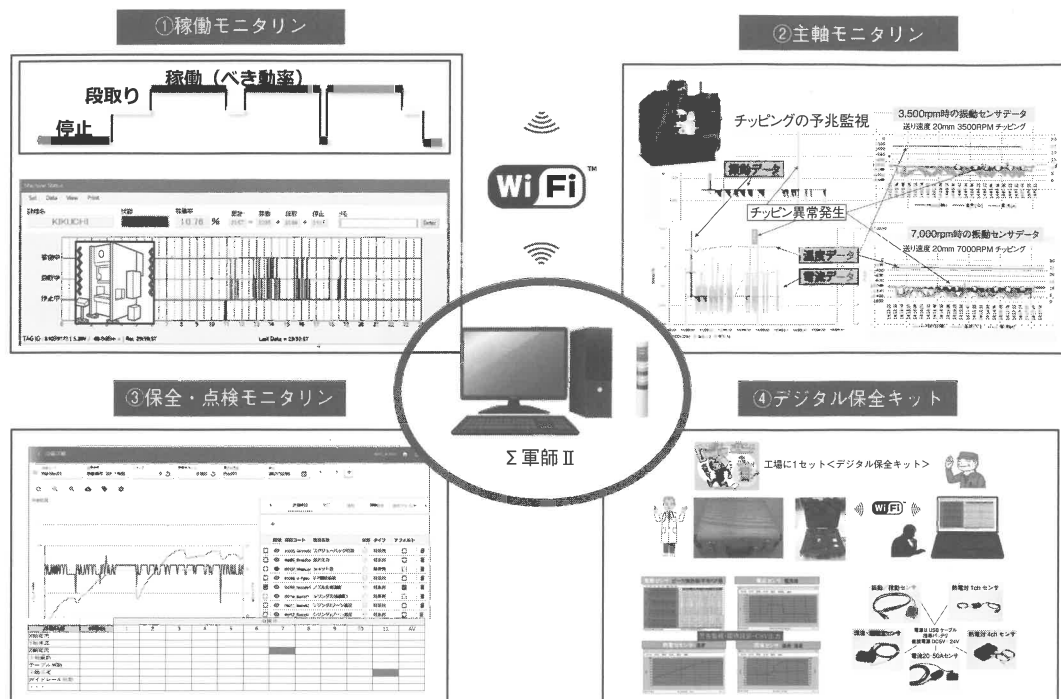


図3 無線センサを組み合わせた設備センシングシステム“モニタリンシリーズ”

き、無駄な人的作業を削減することもできる。電流センサは、モータ過電流を検知することができ、“振動・熱電対・電流”で主軸のセンシングシステムとなっている。後述する山口製作所（新潟県小千谷市）をはじめ、金型メーカー、切削部品メーカーなどが採用している。

(c) 点検モニタリン：始業点検、週次・定期点検のリモート点検センシングシステム

始業点検は、1台当たり5～15分かけて現場作業者が機器を点検し、紙に記録しており、多大な工数をかけ、毎日実施している。また、ISO管理上、必須業務でもある。しかしながら、記録することが目的となってしまう、保全などにはほとんど活かされない。当社では、無線センサなどを設備に設置し、リモートで自動点検作業を行う「点検モニタリン」システムを提供している。人手不足の現場では好評であり、効果は大きい。

(d) 保全キット：工場設備保全用デジタル保全キット

工場全ての設備保全は大変である。特に設備不具合発生、チョコ停、緊急の呼び出しなど設備保全員は大変な毎日だ。今や、工具箱をもって急行する時代ではなく、設備点検用のセンサをもって

設備異常部位の点検、継続監視を行う時代だ。当社は、保全用に低価格なデジタル点検「保全キット」を昨年から販売を開始し好評である。振動、熱電対、サーモ（OP）はモバイルバッテリー方式であるため使い勝手がよく、保全チェック記録や継続検査も事務所で紙レス・デジタル記録が可能だ。

(2) プレス M2M システムとデータ分析ソフト Σ軍師Ⅱの機能紹介

次に大容量で複数のセンサデータをどう分析するか、生産技術者にとっては悩みの種である。生産技術者は、データロガーで多くの設備データやセンサデータを取得しているものの別途、EXCELで集計し、分析グラフを作っており、その工数は膨大であるため、分析までたどり着けないのが現状である。

当社では、設備制御データや各種センシングデータをクラウドで一元管理し、リアルタイムにグラフ化と異常原因を分析する「Σ軍師Ⅱ」を開発した。不良を削減するためには、適正状態（標準）から異常となる変化の監視が基本である。また、チョコ停などの設備異常に関しては異常への閾値監視と傾向値など故障予知が求められている。

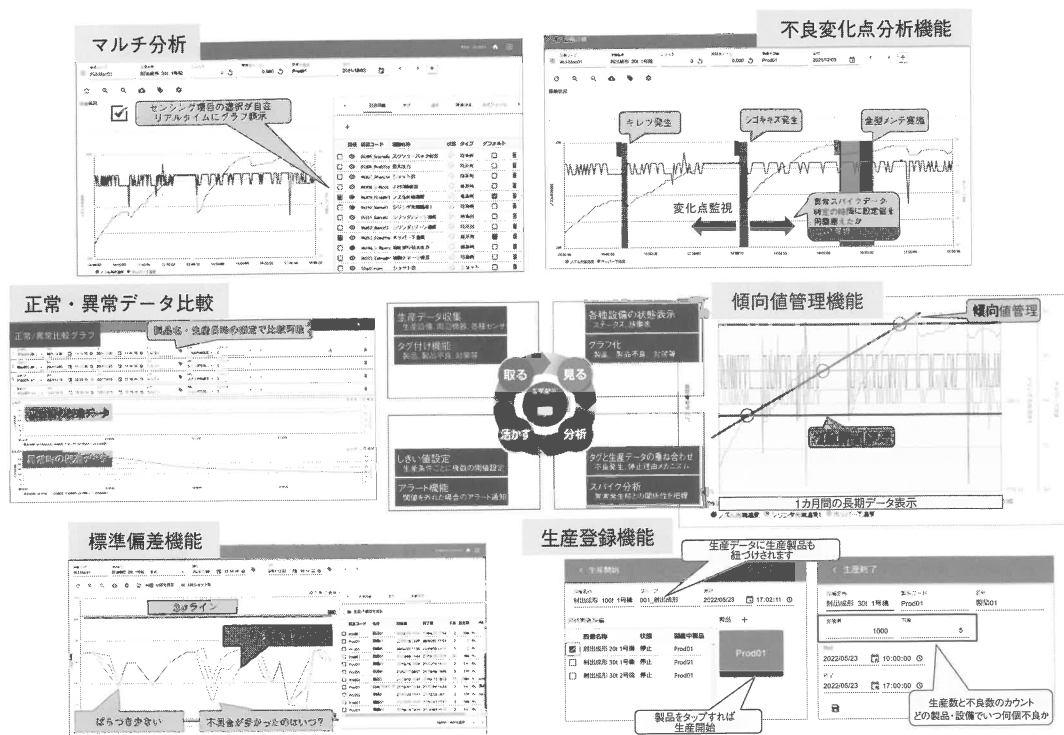


図4「Σ軍師Ⅱ」^{注2}による設備データの一元管理と各種分析機能

- ・不具合に関連する各因子データを自在に組み合わせる“マルチデータ分析機能”
- ・材料や金型など変化点登録(タブレットでも可)と不良発生時の前後データ比較する“変化点監視機能”
- ・良品を生産する適正データ(標準)と不良発生時の異常データの“正常・異常データ比較分析機能”
- ・振動データなどの異常値の頻度分析や頻度分析のための“スパイク監視機能”と“多重閾値設定機能”
- ・“生産登録機能”“標準偏差管理機能”“ヒストグラム管理機能”“統計処理機能”など

Σ軍師Ⅱは、ユーザーで運用中のデータロガーシステムにも対応、さらに他社製の各種センサのデータ取り込みも可能であり、ソフトウェアの汎用性は高いシステムである(図4)。

プレス製造現場のプレス不良の原因究明に向けたプレスセンシング事例

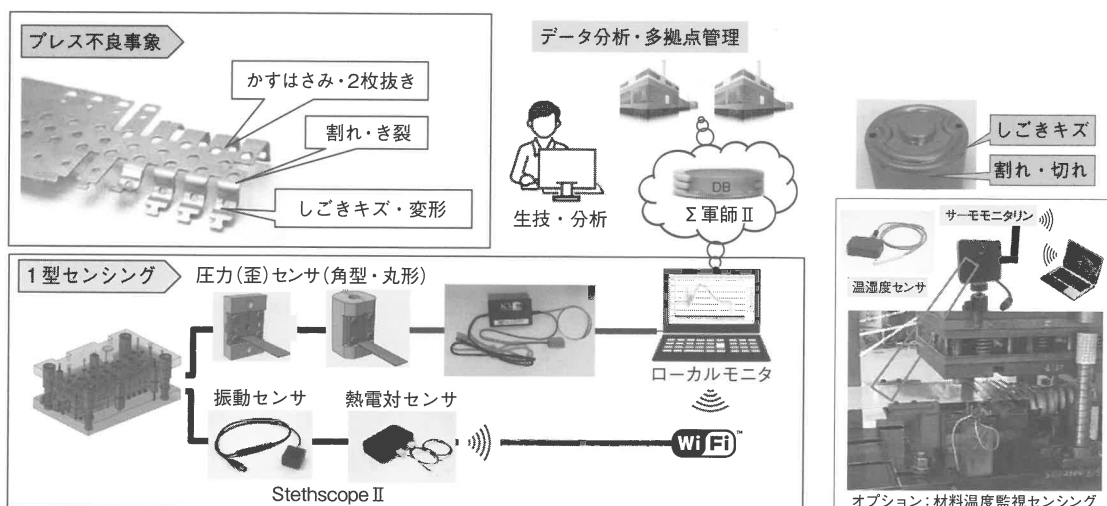
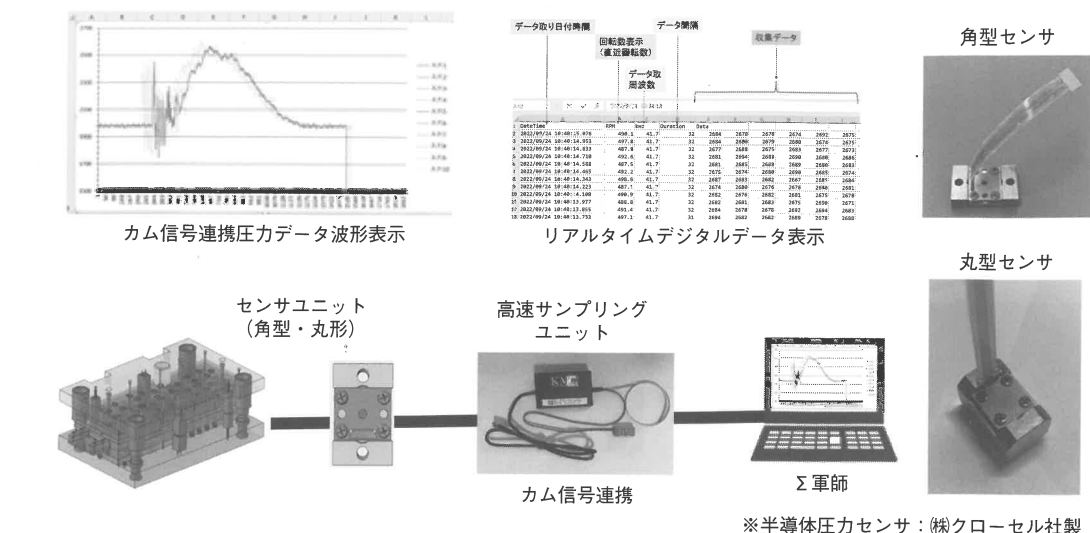
プレス現場での最大の悩みは部品不良と金型故

障である。先にプレス部品不良に取り組む事例を紹介する。プレス部品の不良のメカニズムを捉えることが生産技術に課せられた大きな課題であり、不良削減は製造現場の切望である。具体的には、順送、トランスファプレスにおける絞り部の割れ・き裂・曲げ部しごきキズなどの外観不良、スプリングバックの変形などの相談が多い。これを解決する新開発のセンサとセンシングシステムを紹介する。

(1) 新開発半導体圧力センサを用いたプレス金型圧力(歪)センシングシステム「プレスモニタリン^{注1}」

新開発の半導体圧力センサを用いたプレス金型圧力(歪)センシングシステムは、最小分解能が $1\mu\epsilon$ ($1\text{mm}/100\text{万}$)と高性能で微小な変異をセンシングできる。これにより、プレス金型内の各プレート歪やパンチなどにかかる荷重と変位を計測することができる。

従来、ロードセルやひずみゲージなどが用いられてセンシングの挑戦が行われてきたが、荷重に対するゲイン調整ができないなどの問題がある。当社は、小型の「角型センサ・丸形センサユニッ



ト」を標準として製品化した。大量の荷重・歪データのリアルタイム処理は、独自の専用「高速データサンプリングユニット」を開発した（プレス機で1～2000spmまで対応）。超小型高速高性能ロードセルといってよい。アナログ、デジタル両出力タイプの「荷重検査システム」も商品化しており、手軽に金型荷重評価が可能な生産技術者向けキットとして有効である（図5）。

(2)「Σ軍師II」と連携したプレスDX「プレスセンシングクラウド監視システム」

プレス不良の原因追及には、前述した「プレス

金型圧力（歪）センシング」と振動センサによる異常振動、熱電対センサによるパンチ／ダイの温度異常と組み合わせ、「Σ軍師II」で総合的なプレス状態監視を行っている。ストローク回転数と荷重、プレス生産方式、金型によって個別システム設計が必要であるが、スタンダードなプレスDX「プレスセンシングクラウド監視システム」をパッケージ化した。

まず30～100spmレベルの順送、トランスファ金型に対するプレスセンシングシステムを想定したセンサを標準化し、提案している。システムの

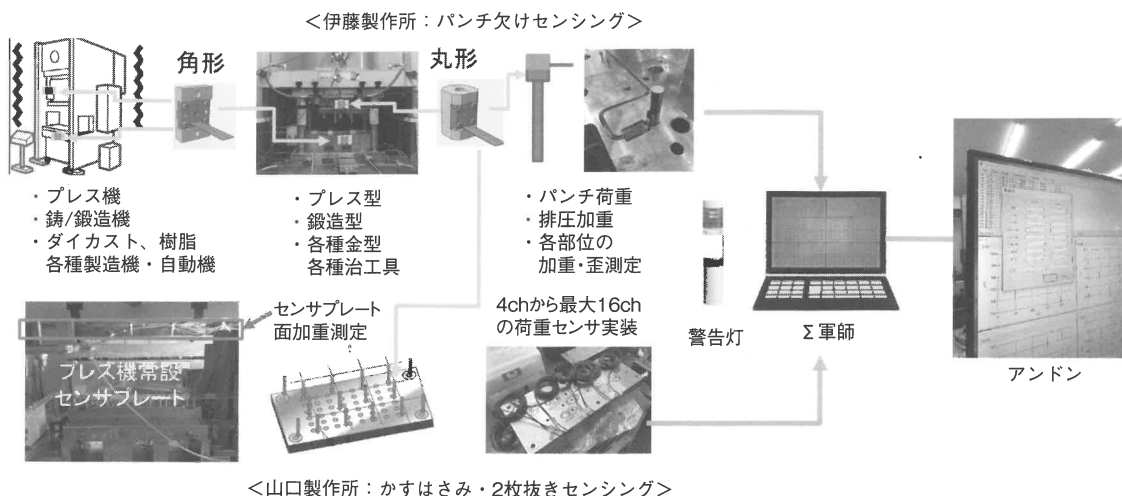


図7 パンチ欠け予兆管理（伊藤製作所）と、かすはさみプレスセンシングシステム（山口製作所）

目指す具体的な不良事象として絞り割れ、き裂、曲げキズなどを対象とし、そのセンシングデータ収集と分析・評価システムとした。オプションに工場内温湿度監視センサと材料表面温度モニタリン、材料板厚センサを追加するユーザーもある(図6)。

システム構成は、「半導体荷重センサユニット(角型・丸形)」、「高速通信ユニット」で型内圧力(歪)センシングを行い、「Stethoscope II 振動センサ・熱電対センサ」でパンチ/ダイの振動・温度の同時計測、ローカルモニタ経由「データアップローダ」経由で「Σ軍師II (クラウド)」によるデータ分析、多拠点や海外工場などのグローバル管理を備えた分析・評価システムとした。もちろん、導入済センサやロガーシステムなど既存監視データの取り込みなど対応できるシステムである。

(3) プレスセンシング実施例：パンチ排圧センサとパンチ刃先温度センサ事例

プレス金型内部のパンチが受ける荷重変化とパンチ刃先温度のセンシングによりパンチ欠けの予兆監視が可能な時代になってきた。伊藤製作所(三重県四日市市)での実証では、明らかにパンチ温度の急激な降下と立ち上がりがパンチ寿命に影響することが分かった。また、同時にパンチ/プレートが受ける荷重と板厚変化をモニタリングし、前述の「Σ軍師II」を活用することにより、不良とその因果関係を分析することが可能である。

また、前述の山口製作所とは順送型のかすはさみ検知に向けて特許センサプレート方式型内部圧力センシングを実施している。ともに金型内部の変化点の可視化がプレス部品不良削減や金型突発故障、経時変化に対する予兆監視にはプレスセンシングが効果を発揮することが証明されている(図7:「プレス技術」2023年6月号参照)。

このほか、当社は、コネクタメーカーからモータメーカー、自動車メーカーまで多くの顧客とプレス現場でセンシング検証を共同で積み上げてきた。プレスは、板金から圧造まで幅が広く、様々な経験と事例を持つ当社と共同研究的に進めることをご提案する。当社は、プレスユーザーの要望にお応えできるよう研究開発体制を構築しお待ちしている。

プレス不良削減には 金型管理と設備管理が重要

プレス不良削減には、金型などのセンシングと共に良品の生産が可能な金型状態を維持、メンテナンスする必要がある。当社では、金型管理システムとして「金型 IoT: 金型電子カルテ」を販売している。金型個体管理の「QR 銘板」と共に、不具合管理、チェックシート、計画メンテナンス、予備品管理機能と新たに開発したトランスファ機能などを含んだ充実した金型専用管理システムとなっている。日々のスケルトンモデルのチェックもチェックリスト・日報機能で対応可能であり、

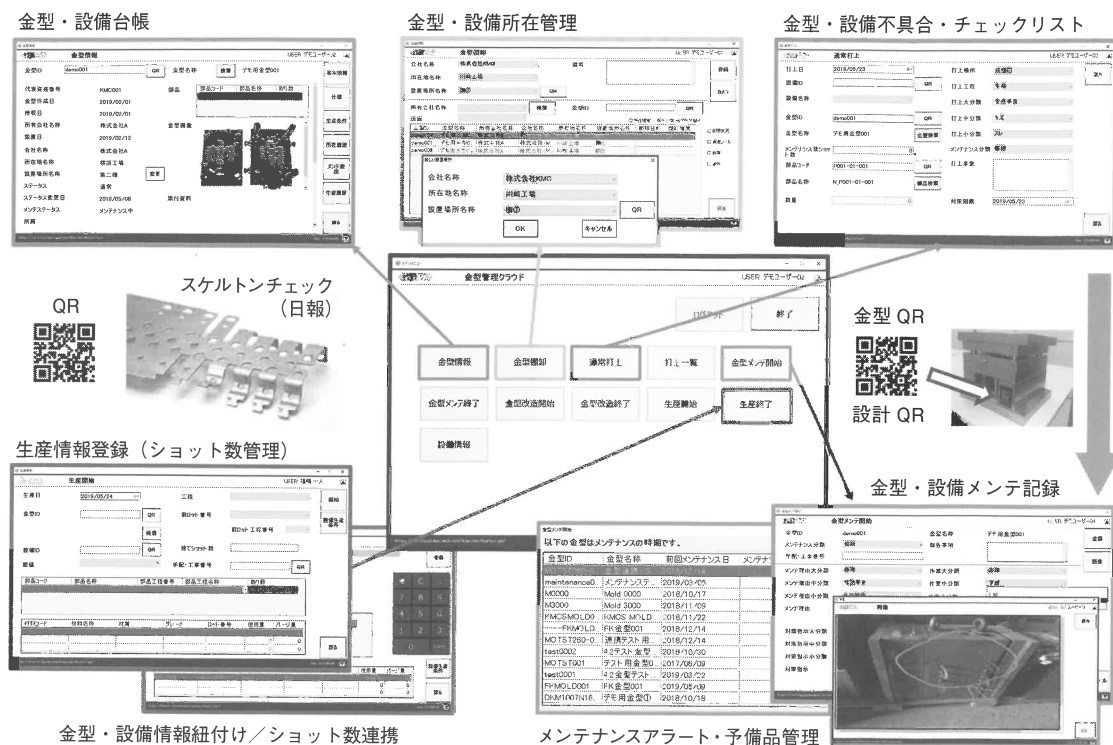


図8 プレスDX：IoT 金型電子カルテシステム^{注3}によるデジタル金型管理ソフト

交代時の申し送り事項や金型メンテナンスに活用される。同様にプレス設備故障や計画メンテナンスなど設備管理にも活用され、修繕費用削減に寄与している（図8）。

プレスDXの今後の展望

プレスセンシングは、センサやセンシングシステムの進化により大きな変化を迎えている。EV

向け電装部品金型やモータコア、自動車内・外板の高張力鋼板金型まで不良削減に向けたセンシングニーズは高く、DXの取り組みも本格化してきた。プレス業界は好不調企業の二極化の傾向にあり、今までの延長線の管理・製造体制では企業間競争には勝ち残れない。

注1～注3「モニタリン」「Σ軍師」「金型電子カルテ」は（株）KMCの登録商標（®）です。