

塑性加工の
総合専門誌
PRESS
WORKING

プレス技術

6

Jun.
2023
Vol.61
No.6

特集

生産性と働きやすさを考慮した環境・レイアウト改善

巻頭インタビュー

(有)小沢製作所 代表取締役 小沢達史氏

VIEW

INTERMOLD 2023/金型展 2023

好評連載

儲かる工場の利益創出法



S字ルーパー

ハイスピードに追従、バタつきなし



ブランキングライン

複数レバラーの組み合わせも可能



シートローダー

定尺材、シート材の自動搬送に

プレスをより、自由に



レバラーフィーダー

上下出し、アップループ、
全自動など豊富なバリエーション



プレス間搬送ライン

多関節ロボットとの連動もOK

YUTANI 株式会社 ユタニ

板金や鍛圧プレスにおける最新のプレス DX ソリューションと事例紹介

(株) KMC 佐藤声喜*
 (株) エンインダストリーズ 山田英二**

板金プレスや鍛造プレスの DX 対応は成形や切削加工に比べ遅れており、要因としてプレス工法が単発、順送、ロボット連携やトランスファ、専用自動プレスラインなど、多岐にわたり他工法に比べプレス DX の取り組みが専用化することになり、ソリューション開発が遅れている。本稿では、汎用的に活用可能なプレス M2M・センサ・センシングシステムやデータ分析システム、IoT によるプレス生産監視(あんどん)の最新ソリューションとその運用事例を紹介する。

* (さとう せいき) : 代表取締役社長
 〒 213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1
 TEL : 044-322-0400
 ** (やまだ えいじ) : 代表取締役社長
 〒 507-0818 岐阜県多治見市大畑町 5-11-102
 TEL : 0572-23-2761

プレス業界の DX 化ニーズと取り組み事例

1. 先行している「樹脂成形 DX」の取り組み

当社は、プレスに限らず樹脂、鋳鍛造、切削加工などの専用の DX ソリューションを開発し、市場に投入してきた。目的は不良削減、生産停止削減など生産性向上にあり、先行している成形業界の DX ソリューション「樹脂成形 DX」を紹介している(図1)。児玉化学工業(株)、和興フィルターテクノロジー(株)などが工業専門誌にも投稿している。最大の狙いは不良削減であり、成形機、温調、乾燥機などの周辺機器、そして金型・ホットランナまで成形にかかわる全ての製造情報を一括で収集し、データ分析を経て不良削減に成功している。

2. 「板金プレス DX」の取り組み

(1) 伊藤製作所、ウチダ製作所、KMC の 3 社連合の取り組み事例

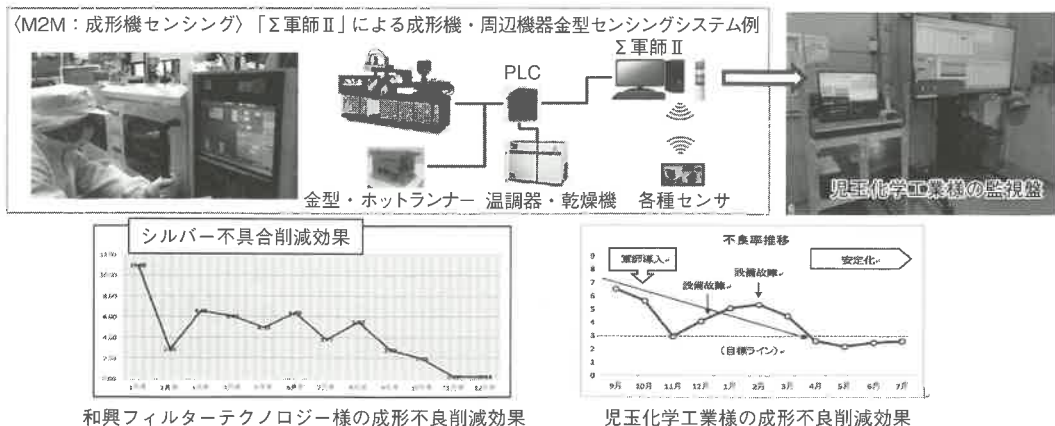
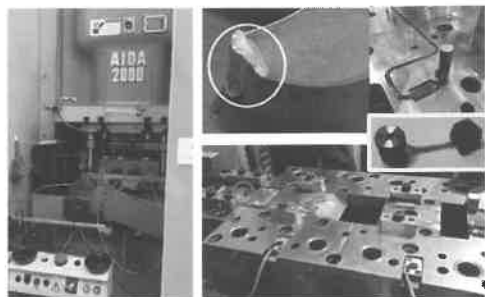


図1 樹脂成形における専用の「樹脂成形 DX システム」事例

PLM：プレス機械センシングと金型センシング



Σ軍師IIによる各センサの状態監視とデータ分析

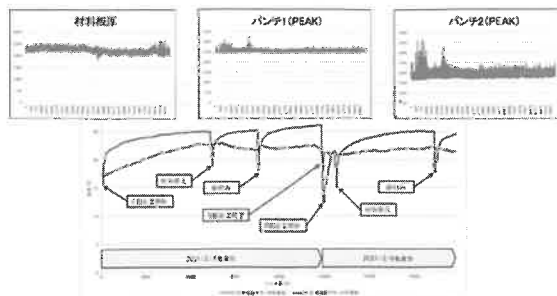


図2 金型とプレス機械、材料センシングを組み合わせたハイブリッド「プレスDX」

生産監視盤（大画面）



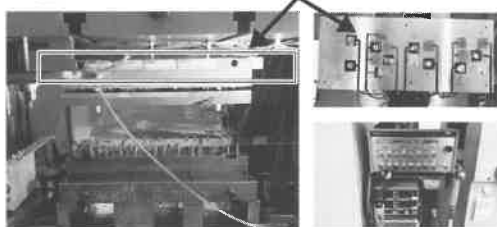
M2M システム：Σ軍師
現場管理のエッジ PC



8ch 圧力センサによる閾値管理による異常値警告



センサプレート方式の型内圧力センサ



金型圧力分布のグラフィック表示



図3 「プレス DX：IoT・M2M システム」によるかす上がり、予兆監視システム

実は板金プレス DX は 2014 年から EXEDY “EXPRESS” システムに始まり、コニカミノルタの “Digital Manufacturing” 構想の樹脂・板金部品などの製造 DX：金型・設備・測定・在庫管理ソリューションを担当した。

最近では伊藤製作所、ウチダ製作所と 3 社共同でプレス金型とプレス機械のセンシングに取り組んで不良の発生メカニズム解析と予知予防が可能な「プレス DX」システムを開発した（図 2）。厚板板金の高圧プレスでのパンチ欠けが課題であるが、①パンチ荷重センサ、②パンチ刃先温度センサ、③パンチ板圧センサ、④排圧センサを金型に組み込み、⑤材料温度センサ、⑥プレス機械のフレーム伸び・剛性センサを組み合わせた画期的なシステムでパンチ欠けの事象を取らえることに成功した。

打抜きパンチ刃先温度センサデータから、加工開始時は室温に近く、約 500 ショットまでは急上昇するが、以降はなだらかに上昇。また、プレス機械が停止すると温度は急降下することが分かった。KMC システムで稼働状況を正確に把握することができ、刃先カケに対して不良予兆が可能とわかった。

(2) 山口製作所とのプレスセンシングの取り組み事例

山口製作所とは 2012 年よりプレス IoT・M2M に取り組んでいる（図 3）。山口社長より、カタログ販売ではない、製造現場で一緒に汗を流しシステムを提供してくれる会社ということで当社をご指名いただいた。採用難、人手不足を補うには DX しかないというニーズに対して生産管理システムと連動した IoT 製造管理システムにより当

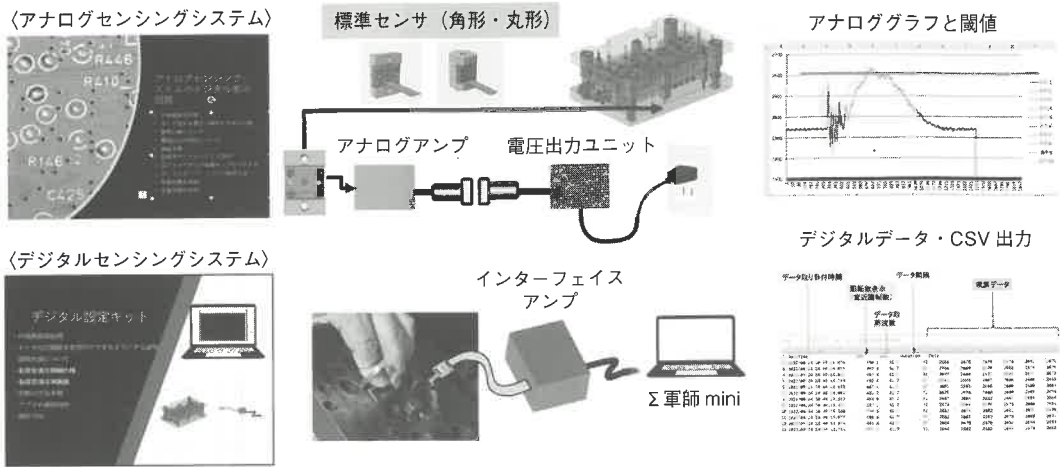


図4 新開発「荷重センシングシステム」：センサは半導体ひずみセンサ（Glosel Co.Ltd. 製を使用）

日のやるべき仕事が現場の生産監視盤で確認でき、かす上がり、かす挟みなど部品不良をなくすためのM2M、金型・設備センシングなどが特色となり、現在でもなおシステム進化している。製造現場では、標準化された作業でシステム支援を受けながら業務が遂行でき、女性や若手も活躍している姿は素晴らしい。

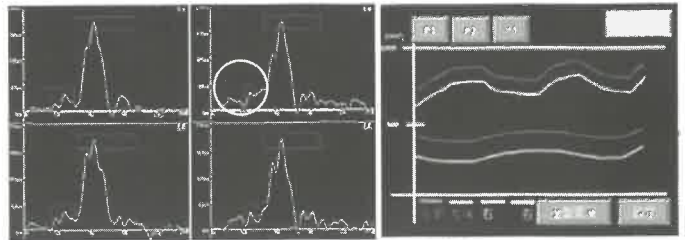


図5 波形・グラフ

最新の板金プレス・鍛圧プレスのDXシステムの紹介

板金プレスDXのポイントは、樹脂成形DXと同様にプレス製造に係る①金型、②設備、③材料全ての不良・保全因子データを監視することにある。さらに最近は春夏秋冬の工場内温度で板金材料硬度が変わり、パンチカケやプレス不良の原因となっており、④環境温度と機内温湿度センシングの要望がある。

1. プレス金型用荷重センシングシステムの紹介

金型ダイセットやプレス機械の変位などにロードセルを装着したセンシングが古くから行われているが、費用が高い、サイズが大きい、荷重分解度がラフすぎる、データグラフや閾値監視などのアプリケーションソフトがないなど、課題が指摘されている。当社では小型で高性能な荷重センシングシステムを開発し、現在、研究開発商品としてユーザーへ提供を開始した。特色は、超小型荷重センサ、標準の角型・丸形のセンサユニットを

採用、アナログ波形とデジタル波形に対応、付属のΣ軍師 mini のアプリケーションソフトでグラフ表示や閾値監視、データのCSV出力機能などがセットされている（図4）。用途は、プレス機械、治工具、金型ダイセット、ストリップなどの変位測定や、パンチ荷重、ミスフィード、かす挟みなどの異常監視に活用が始まっている。

2. プレス機械、設備センシング（エンインダストリーズ 山田）

(1) プレス機械のセンシング

KMC社とエンインダストリーズは、かねてからセンシングやその他の技術開発および販売で連携をしている。エンインダストリーズはプレス加工のセンシングに特化しており、PLMで取得した波形の解析をユーザーと共に協議して改善までのお手伝いをしている。昨今、プレス現場のみならず製造業への若い人材の就業率が低下している。そのため現場力が失われつつあり、かつては加工音の変化でも異常を感知できると言われていたプレス技術者の現場力は、すでに過去のものとなっている。現場力の喪失はそのまま技術力の低下で

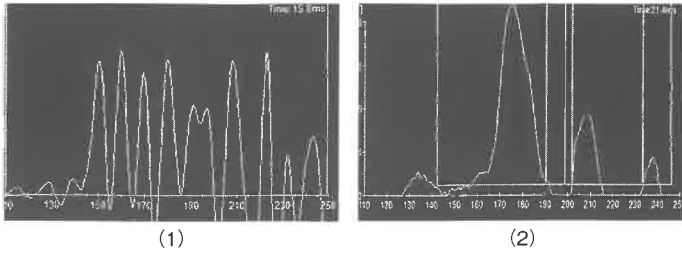


図6 プレス剛性比較

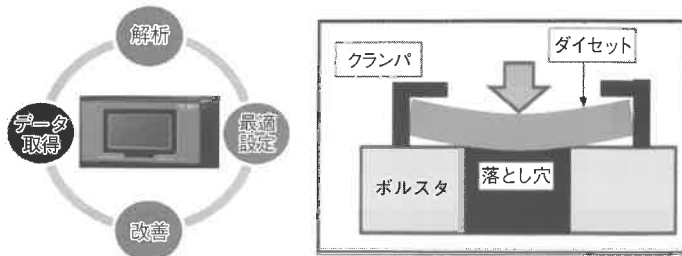


図7 ダイセットのひずみ

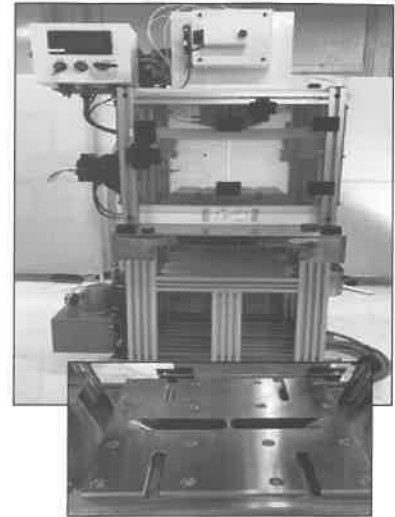


図8 プレスポルスタ
(エンインダストリーズ社製)

あり、ボトムアップによる改善テーマでさえ生まれてこなくなった。とはいえ、SNSやチャットGPTの登場など社会が大きく変化する中、プレス加工のデータ化やその分析など新しい観点でプレス現場のあり方も変化し、若い人材の確保にもつながるのではないかと期待している。本稿ではデータによる問題点の明確化の実例を紹介したい。

(2) 波形の見方について

エンインダストリーズのPLM-02は加工時におけるプレス機械・ダイセットのひずみを波形・グラフに変換する(図5)。この波形・グラフから全体波形・各加工部(ストリッパ・抜き下死点)の状態・動的平行度(加工時の平行度)の情報を得ることができる。動的平行度は、静的な平行度とは異なり加圧時における各部(ストリッパ・抜き・下死点)の平行度の状態を検知して現実に即した問題点の明確化・金型の調整・改善に役立てることができる。

ひずみは加工時の圧力がかかった時に発生し波形が形成されるのだが、図6は同じ金型を異なる2台のプレス機械で加工を実施して製品精度の変化を確認した波形である。図6(1)は加圧時以外でもひずみが乱高下しているが、これはプレス機械の剛性を表している。剛性が低い場合には加圧時以外でもプレスフレームが伸縮している。図

6(2)は図6(1)と比較して加圧の状況を綺麗に転写している。波形は製品の精度に反映される。前述した波形からの解析だが、図5の○部はストリッパ部の状態を示している。この波形から、①ばねの圧力・与圧、プレート剛性、②ストリッパプレートの当たりの強さ、③4点での動的平行度の確認など多くの情報が含まれている。実際に運用されている企業は、この情報を基にストリッパ部に実に多くの改善を実施しておりメンテナンスサイクル130%アップと効果を上げている。

次にダイセットのひずみ取得の要点であるが、スクラップの落とし穴がある場合には図7のようにダイセットは開口部方向へひずんでしまう。原因は開口部の広さ、ダイセットの剛性不足(厚み)、クランプ力不足などが考えられる。企業によっては下死点でダイストップ(ダイブロック)の突当て量を必要以上に設定している作業標準書がある。確かに製品精度を出すための手段としてあるのだが、反面、マイナス点が発生することが理解されていない。下死点を下げて加工するということはダイセットに対して均等ではない、いびつで過度なひずみを生じさせることとなり、その結果は金型のパンチおよびダイの摩耗度に影響を与え、メンテナンスサイクルの頻度を高め、コーティングを施している場合にはその結果にも影響

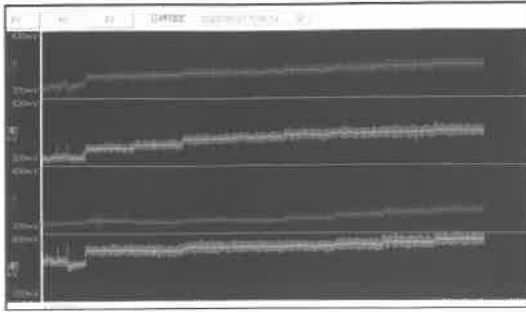


図9 熱変位 /10時間

を与える。

まずは最近のプレス機械精度向上を踏まえ作業標準を見直し、適切な設定に変更する必要がある。プレス加工を円滑に実施するためには、金型の設定(インフラ整備)も忘れてはならない。ダイセットなどの厚み変更はダイハイトの制約があり容易に改善ができないが方法はある。新規プレス機械の導入の場合には、エンインダストリーズ社製50kN プレス機械のボルスタをぜひ参考にしてみたい(図8)

(3) 変化点/熱変位とばね圧

プレス加工において量産時にパンチ折れ・かす上がり・ミスフィードなど突発的な事態を除いては安定した精度で稼働しているが、PLM-02で傾向を管理するとプレス機械の発熱の影響により図9のように下死点変位が発生しているのがよく分かる。加工時の変化点の1つで、熱による下死点変位である。オイルコントロールされているプレス機械でも熱変位で製品精度が損なわれる場合もある。熱発生は室温・量産回転数・オイルコントローラの設定温度から影響を受けるが、防音ボックスを設置するだけで外気温の影響を防ぎ製品の精度が改善する場合もあれば、防音ボックス内の温度管理を施す事例もある。1990年代にリードフレーム加工で用いられた精密な温度管理である。もう1つの変化点はストリッパ部である。前述したようにストリッパ部にはプレス加工を左右する要素が多く詰め込まれており、同点の波形を見ることで改善への糸口となる。

図10は図9と同様にプレス機械の4本のコラム部にセンサを取り付け、ひずみの変化を検知している。このグラフを精査して見ると数点の改善点が見えてくる。1つは入口側(左前・左後のコ

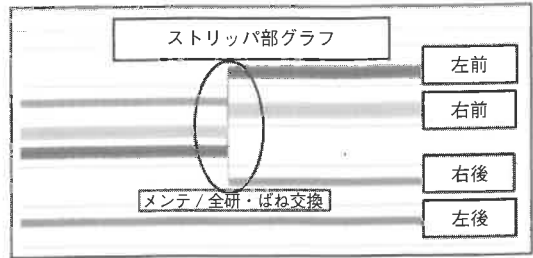


図10 メンテ後の下死点変位

ラム)から材料が入ってくるが、ひずみ値が異なっている。左右の違いは偏心荷重が考えられるが、前後の異なりは、ばねの種類、ばね圧・与圧などが原因だと思われる。次に左後のひずみ値が低い点である。この状態は下死点の精度でも同様の傾向を示しており、プレス機械の精度が疑われる。3点目はメンテナンス後のひずみ値の変化である。エンインダストリーズ製装置の傾向管理によりわかることであり、変化点の管理が重要であることを示している。変化点は他にも、加工油・ロッドごとの材料の変化などがあるが、修正可能な熱変位とストリッパ部に関して挙げた。

3. 古い設備の保全や状態監視センサと材料温度監視・工場内温湿度センサ

「プレスDX」において、その目的は“不良削減”と生産のチョコ停、ドカ停をなくしたいという“予兆保全”のニーズが高い。現状、生産作業でない保全員の経験と勘、五感に頼った日常点検や定期点検が主流であるが、昨今のベテラン職人の退職や多能工化という大きな要因により保全の“質”に不具合が発生している。その対策にデジタルセンシングが脚光を浴びており、①保全員の携帯用無線センサ、②日常点検用常設無線センサ、③局所的なセンシングで「温度・振動・熱電対・電流無線センサ: Stethoscope II」の需要が高い(図11)。

また、工場内は春夏秋冬で温度変化が生じ、材料硬度の変化に伴いパンチカケ・折れなどがおきるため、保全サイクルを考慮しなければならないが現場任せである。そこで温湿度無線センサで工場・機内温度の監視と、板金温度は無線式温度センサ「サーモモニタリン」を活用する。また、材料板厚センサも併用する。

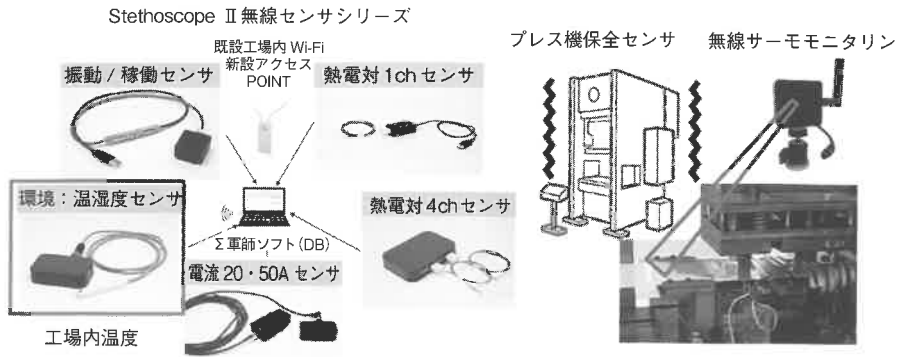


図 11 設備保全・監視用無線センサ「Stethoscope II」と「サーモモニタリン」

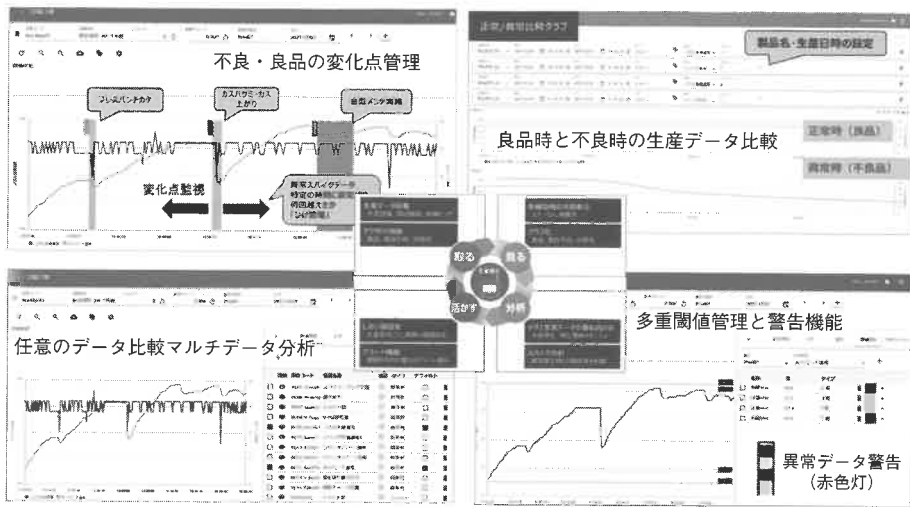


図 12 Σ軍師 II によるデジタルカイゼンの PDCA「取る→見る→分析→活かす」

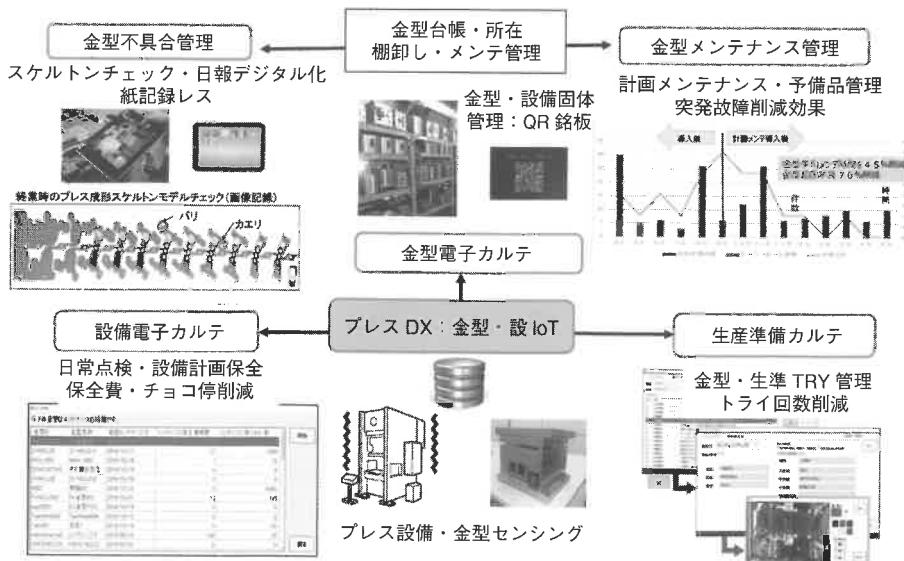


図 13 板金プレス DX：金型・設備電子・生準カルテの構成図

4. 取得データの可視化、分析、予兆監視：Σ軍師Ⅱ

プレス機械、搬送設備などの周辺装置、金型、材料などの取得したデータを一括監視するソフトウェアがΣ軍師Ⅱである。部品不良の原因特定のためのデータ分析機能が充実している。全てのセンシングデータをDB化の上で、任意のセンサ情報を選択して重ね合わせ表示するマルチデータ分析、閾値を多重設定し、各々の閾値に対する異常警告機能、良品時の生産データと不良時の生産データを比較表示する機能、不良の登録と金型メンテや材料交換などの変化点管理機能などがあり、設備故障の予知予防には傾向値管理機能などが用意されている。データを「取る→見る（監視盤）→分析→活かす（FB機能や計画メンテなど）」のDXによるデジタルカイゼンができるソフトウェアとなっている（図12）。

最新のDXセンシングの取り組みとIoTシステムの紹介

DXとは、何もM2Mやセンシングだけではない。工場では4M（Man・Machine・Material・Method）の管理が必要だ。さらに、現場力を向上させ、生産性の向上、さらには利益化には人・工場・国を跨いだ管理・グローバル管理が求められる。当社は、コニカミノルタの“Digital Manufacturing”いわゆるSmart工場DXシステムのサプライヤーである。樹脂・板金部品など

の製造DX：金型・設備・測定・在庫管理ソリューションを担当した。単にDXといっても製造現場では日々の不具合管理やスケルトンモデルの日々点検、チェックリスト、日報、メンテナンス管理、生産立ち上げ時の生準管理など、プレスDXには様々なIoTによる製造情報の管理と共有化が必要である。当社では、金型IoT・設備IoTと共に測定IoTによるデジタル測定器連携による自動測定表やQC品質統計管理なども用意されている（図13）。

これからの製造業におけるDX推進は専業とDXメーカーとの専門家同士のコラボレーションが最も短期的に効果を生み出す。来たるMF-TOKYO2023では冷間鍛造企業、伸光技研産業㈱と作り上げた「圧造製造DX：Forging DX NAVI」を出展する。

☆ ☆

現場課題は何か、対策に何のデータをどう取るのか、データの分析はどうすればよいか、データをどう活かすか。自社の現場・職人が知っているノウハウが枯れないうちにDXに挑戦するTOPの決断が重要だ。

参考文献

プレス技術、2021年10月号
プラスチックエージ、2022年8月号
型技術、2022年7月号

『機械設計』5月号 ★好評発売中!!		定価1540円(本体1400円+税10%)
特集 進展する油圧省エネ化技術の最新トレンド		
<p>■総論</p> <p>●油圧システムにおけるカーボンニュートラルに向けた技術動向.....室蘭工業大学 風間俊治</p> <p>■解説</p> <p>●効率マップを用いた電気油圧駆動システムの全効率の向上.....横浜国立大学 佐藤恭一</p> <p>■事例1</p> <p>●省エネ油圧ユニットの開発.....ジェイテクトフルードパワーシステム 三浦恵史、岸 将男</p> <p>■事例2</p> <p>●回転数制御システムの基礎と省エネ事例.....東京計器 榊原大祐</p> <p>■事例3</p> <p>●省エネルギー油圧システムの製品開発.....川崎重工業 豊田敏久</p> <p>■事例4</p> <p>●油圧システムの省エネルギー化に向けた製品開発事例.....不二越 久保光生</p>	<p>■事例5</p> <p>●高効率電動油圧シリンダ(MMP5)の開発.....カヤバ 田中大介</p> <p>■事例6</p> <p>●脱炭素社会に貢献する省エネ型油圧作動油の特徴と活用効果.....出光興産 山本徹朗</p> <p>■事例7</p> <p>●射出成形機におけるハイブリッドシステムの概要と開発動向.....日精樹脂工業 小井土 隆</p>	
<p>◆好評連載</p> <p>●防水製品の開発・設計の基礎とポイント 第2回 等級に応じた防水設計と防水設計における注意点.....アイテックソリューション 北村信之</p> <p>●設計意図を正しく伝えるGD&T作法 第7回 付加記号編(その3)「はめあい成立の条件を与える」.....折川技術士事務所 折川 浩</p>		
日刊工業新聞社 出版局販売・管理部 ☎03(5644)7410		