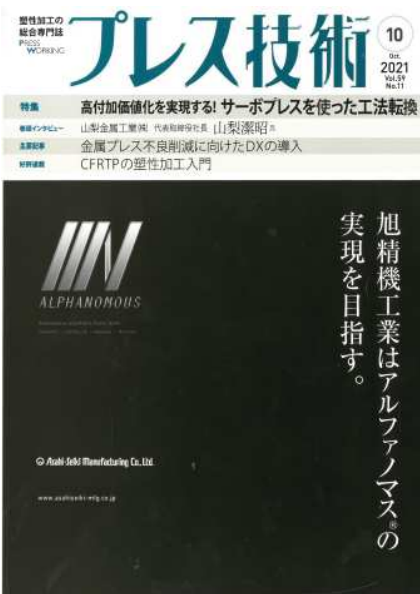


金属プレス 不良削減に向けた DXの導入

～プレスセンシングの開発と実践～



ウチダ製作所・伊藤製作所・KMC –
3社がそれぞれの技術・ノウハウを結集。
金属プレスの次世代を切り開く、製造現場のDX導入への挑戦



 株式会社 **ウチダ製作所**



 株式会社 **伊藤製作所**

KMC
Knowledge Manufacturing Company

金属プレス不良削減に向けたDXの導入 ～プレスセンシングの開発と実践～

(株)KMC 佐藤声喜*、安部新一**

100年に一度の大変革期にあたりと言われている我が国の製造業。製造現場ではDX（デジタルトランスフォーメーション）をいかに導入するか模索が続いている。プレス加工業においてもCASEへの対応としてモータコア製造や高張力鋼板への取り組みが進んでいる。また最先端のプレス機械では日本の強みである職人の経験や勘の世界と、デジタルを融合する技術開発が本格化してきた。本稿ではそのプレス向けデジタルソリュー

ション開発の現状と実践事例を解説する。

進まない製造業のDXの背景

1. 背景

製造現場のDXについては、金属プレスに限らず、ダイカスト、鍛造、樹脂成形、ゴムなど、特に金型を扱う企業からどのように取り組んだらいいのかわからないという声をよく聞く。実際、当社にも「どこから手を付けたらいいのか」「他の会社ではどうやっているのか」などといった問い合わせが実に多い。

本年7月には筆者らに日本鍛造協会と日本金型工業会から「DXをわかりやすく解説して欲しい」という依頼があり、

それぞれの会員企業に向けて「製造業のDXの取り組み方と実例」と題した講演を行った。参加者、特に経営者や技術部門の担当者からの質問によって彼らの悩みの一端を知ることができた。以下にその要旨を紹介する。
○DXの導入目的は「原価低減」と「売り上げアップ」(図1)。

○DXによる原価低減
プレ ス 技 術

* (さとう せいき)：代表取締役社長

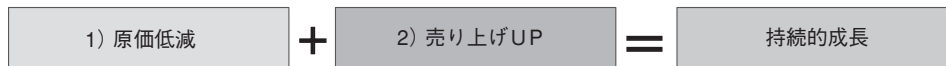
** (あべ しんいち)：フェロー

〒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

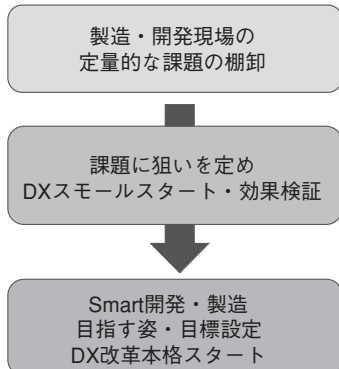
100年に一度の変革期に製造業がDXデジタルに期待する効果と狙い



※目的や課題が不明確なDX導入は現場を混乱させるだけ、基本は製造と開発の現場改革

1) DX導入に向けたアプローチ

まずは製造の原価低減から



KMCは課題棚卸しのお手伝いを致します
ご相談・現場調査からスタート

【製造現場の抱える課題】

- 低設備稼働率
- チョコ停・ドカ停
- 不良・不具合ロス
- 手戻りロス・コミュニケーション不足
- 非効率作業・段取り・手待ちロス
- 職人頼り・高齢化・進まない人材育成
- 生産計画ロス・工程管理ロス
- 手書き帳票・集計ロス
- 改善・改革・自動化・ICT化の遅れ

定量化・見える化がPOINT

図1 製造業のDX導入の狙い

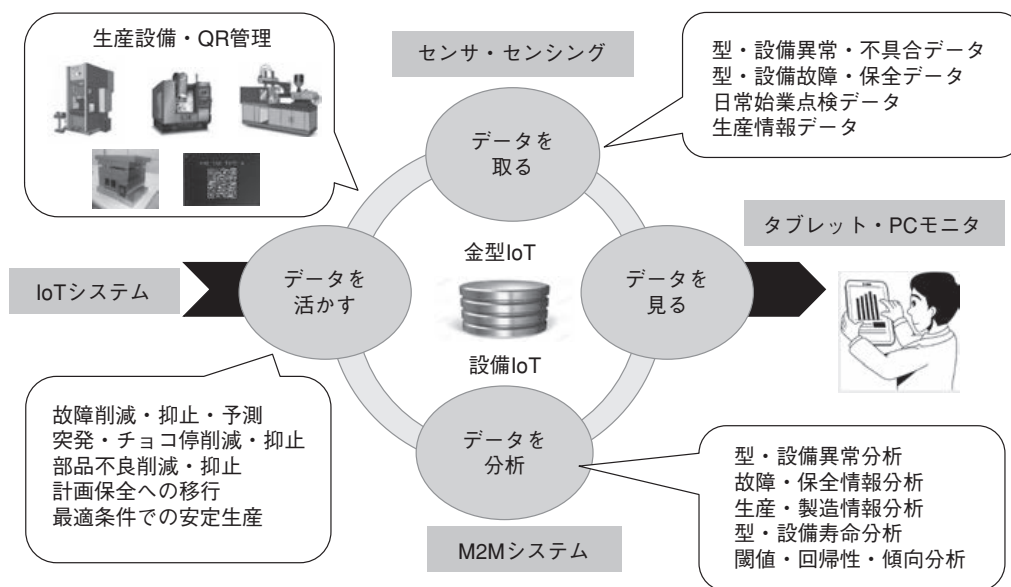


図2 DXの進め方「データを取る→見る→分析→活かす」サイクル

減とは、不良の削減、設備／金型故障の削減、人的工数の削減、サイクルタイムUPによる生産性向上。

- 売り上げアップは、自社の製造デジタルデータを活用した技術サービスと、社内運用で実績を重ねたソリューションの販売。
- DXの進め方は、まずは社内の課題／不具合の棚卸と目標の設定。やりたいことが明確になれば、あとは専門家と一緒に取り組むことである。注意すべきは、決してDX導入自体が目的であってならないということ。そしてSIerのカタログ商品販売には乗らず、製造現場の課題棚卸から始めることである。なお取り組み方に関する詳細は、ぜひ当社ソリューション企画部までご相談いただきたい。

2. 現状のDXの課題と取り組み方針

2010年前後、ドイツで始まったIndustry 4.0は、日本でもIoTという名で大いに注目されてきた。日本におけるIoTは2015年10月に開催された日独の産学民の有識者による“第一回IoTセミナー”から始まったと言われ、筆者も同セミナーの講演の中で日本企業のIoTへの取り組みの現状を紹介させていただいた。

それから6年、IoTはDXとAIに移行したため、現在はデータサイエンスが注目を集めている。DXやAIへの移行の背景には「取ったデータをどう生かすのか」という課題があった。蓄積した

ビッグデータの分析と用途の模索へと目的が変遷していったからである。しかし、足元の製造現場に目を移してみると、そこには15年以上も前の古い機械・設備が未だ98%以上をも占めているという現実がある。古い機械・設備からデータが取得できないことがDX推進の大きな“壁”となっている。

こうした現実を踏まえて、筆者は製造現場のDX化の方針として「データを活かすPDCAサイクル」を提唱している(図2)。ここではDX対応の新設備の導入からではなく、まずは既設の現有設備からのデータ取り、およびそのためのデータセンシングから始めることを推奨している。

本稿では、金属プレス加工向けの最新センサとセンシングシステム、そしてデータの見方、データの分析、活かし方について「KMCのデジタルソリューション」開発の紹介とお客様との運用事例について解説する。

金属プレスのセンサ・センシングシステム開発と運用事例

1. プレス稼働状態(率)のセンシングシステム「稼働モニタリン」

製造現場には生産性向上が求められ、その起点となるのが設備稼働時間(率)の把握である。自社の現場の稼働率がわからなければ、営業側は「製造現場に余力はあるのか」「どの設備・ラインが

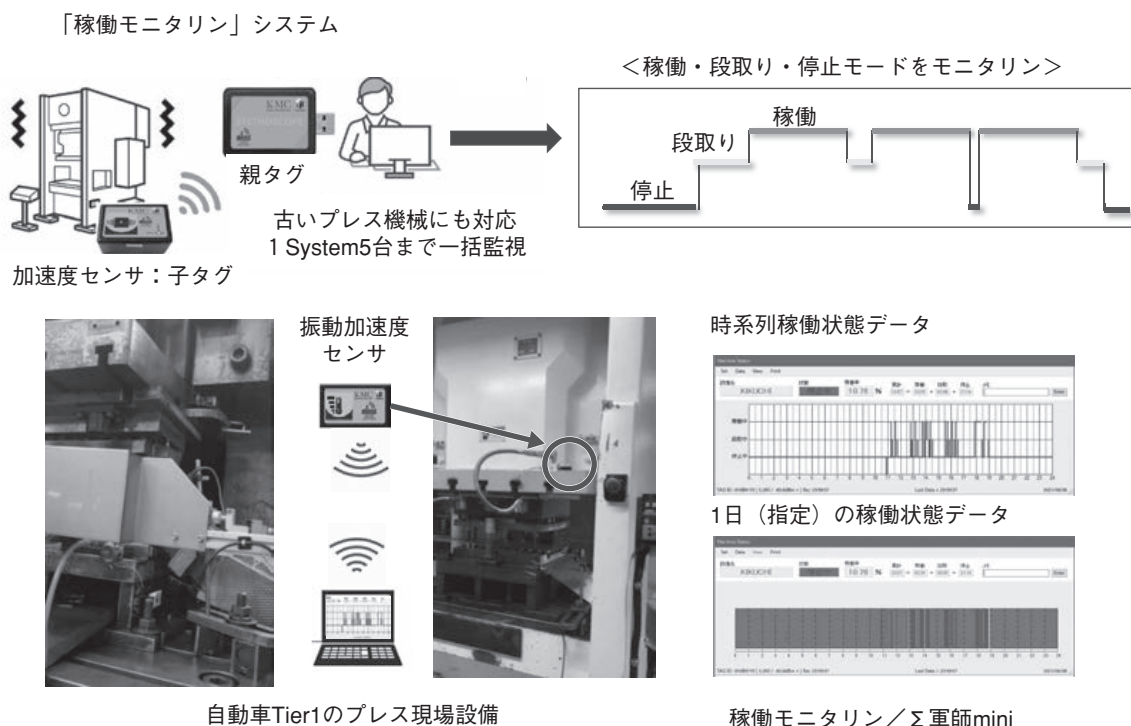


図3 プレス現場の稼働（率）監視「稼働モニタリン」

埋まっているのか」「どこまで仕事を取ってきて良いのか」などについて常に製造側へ情報確認を行う必要がある。当然、経営・管理者側も気が気ではない。

稼働監視灯（パトロールライト）や設備カウンターから ON/OFF の信号が取得できる仕組みも存在するが、全ての設備に付いているわけではない。また、稼働率の集計にあたり、多くの製造現場では日々手書きで提出される作業日報や機械日報といった製造記録から稼働時間を抽出し、EXCEL で集計。その後、稼働データ表にして経営陣へ稼働率の報告を行うが、そこには集計のための無駄な人員・工数が発生する。また、当然だがこの稼働率はリアルタイムなものではないため、営業側が確認したい「稼働状況」とは乖離し役に立たない。

そこで当社では、設備に簡単にポン付け可能な無線式振動・加速度センサを開発し、稼働時間をリモート集計できるセンシングシステム「稼働モニタリン」を開発した（図3）。本システムは ON/OFF 信号ではなく、無線式振動・加速度センサによって「稼働」「段取り」「停止」の各状態をセンシングし、さらにそれぞれの時間帯を色分け表示する機能を備えたソフトウェア（Σ軍師 mini）

もセットで提供している。「稼働モニタリン」の活用によって設備の実稼働時間が正確に把握できるだけでなく、さらに段取り時間の把握により真の稼働率（べき働率）を向上させるデジタルカイゼンへの基礎データとして生かすことができる。なお、「稼働モニタリン」はプレス現場からの強い要望で、順送、トランスファプレスだけでなく“単発プレスの稼働把握”も可能となっている（特許申請中）。

<実適用>

神奈川県横浜市のプレスメーカー A 社、静岡県自動車 Tier 1 B 社でそれぞれ実施した「稼働モニタリン」の現場検証では、単発プレス、順送プレスの稼働データの取得が確認され、その有効性が実証された。今後、工場内の全設備の稼働監視に向け導入費用、適用設備、取得データのデジタルカイゼン活用などを一緒に考えていく計画だ。

<導入効果>

- 手書き・EXCEL での集計無しに稼働率まで自動算出できるのは大きなメリット。作業工数の削減になる
- 段取り時間削減の基礎データにできるのが大きい。作業・設備差などの比較も可能になる
- 設備の要/不要の判断材料となり、投資抑制に

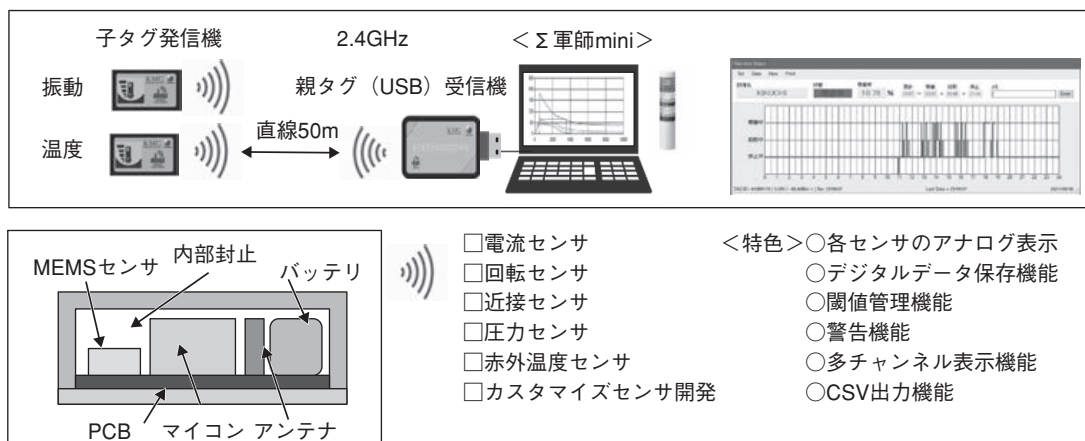


図4 「STETHOSCOPE」無線センサタグシステム

なる。停止が多い設備も自動的に抽出できる
 ○営業側ともリアルタイムに共有できるので連絡・問い合わせ工数が削減できる

プレス機械の種類としては800spmの高速プレスからの稼働データも取得が確認できている。今後、古いプレス設備への適用拡大に向けて、段取り改善機能、ショットカウンター機能などの要望もあり、順次機能アップしていく計画だ。費用的にも5台1セットで48万円からと割安で導入できる。

2. プレス機械、金型のセンサ・センシングの開発と適用事例

(1) 無線式 MEMS センサ「STETHOSCOPE」

従来の有線式センサは、断線の危険が常に伴い製造現場では不評であった。そこで当社では2019年より無線式 MEMS センサの開発を行い、「STETHOSCOPE (ステソスコープ：設備の聴診器)」という商標で2020年より販売を行っている。無線センサの種類は、振動・加速度センサ(サンプル周期 10ms/1.25ms)、温度センサ、駆動モータの電流センサ、近接センサ、回転センサなど順次拡充している。特色はセンサを組み込んだ小型の子タグ内にマイコンを搭載するほか、サンプル周期対応や省エネソフト、目的に沿ったデータ出力機能やアンテナ機構、さらに長寿命電池を内蔵した構造となっている(特許申請済)。子タグ内部は封止処理による防水構造となっており、その構造とセンシングシステムを図4に示す。

<導入効果>

○無線式のため断線の心配がない

- 長寿命バッテリー内蔵。電池交換式の仕様もあり(振動・加速度センサ)
- 設備への取り付けが簡単(両面テープ/接着材/マグネット/専用ブラケット)
- 小型でケーブル仕様(200mm)もあるので、設備故障が起きやすい箇所を狙って設置可能
- 障害物がある場合は、中継アンテナの利用も可能
- 無線センサとしては格安の1セット18万円より導入可能

(2) プレス機械の「始業点検モニタリン」

金属プレスは高圧力での加工となるため、プレス機械本体だけでなく金型、治工具、付帯機器などの故障が頻発し、チョコ停や生産停止、部品不良などの問題発生へとつながる。そこで製造現場ではプレス機械や付帯機器の設備点検、特に日々の始業点検は欠かせないが、点検精度は作業者の経験や勘に頼っており見逃しも多い。

そこで、当社では「STETHOSCOPE」の振動・加速度センサを主体に温度、電流センサなどの組合せが可能なりモート保全システム「始業点検モニタリン」を開発した(図5)。故障が起こりうる箇所に無線式の各種センサを取り付け、自動でモニタリングすることで始業点検工数を“ゼロ化”し、設備のデジタル稼働データによる正確な診断を推奨している。

<効果>

○作業者の経験と勘に頼った始業前の設備点検が、デジタルで正確なデータにより閾値判断ができる



図5 「STETHOSCOPE」による『始業点検モニタリン』

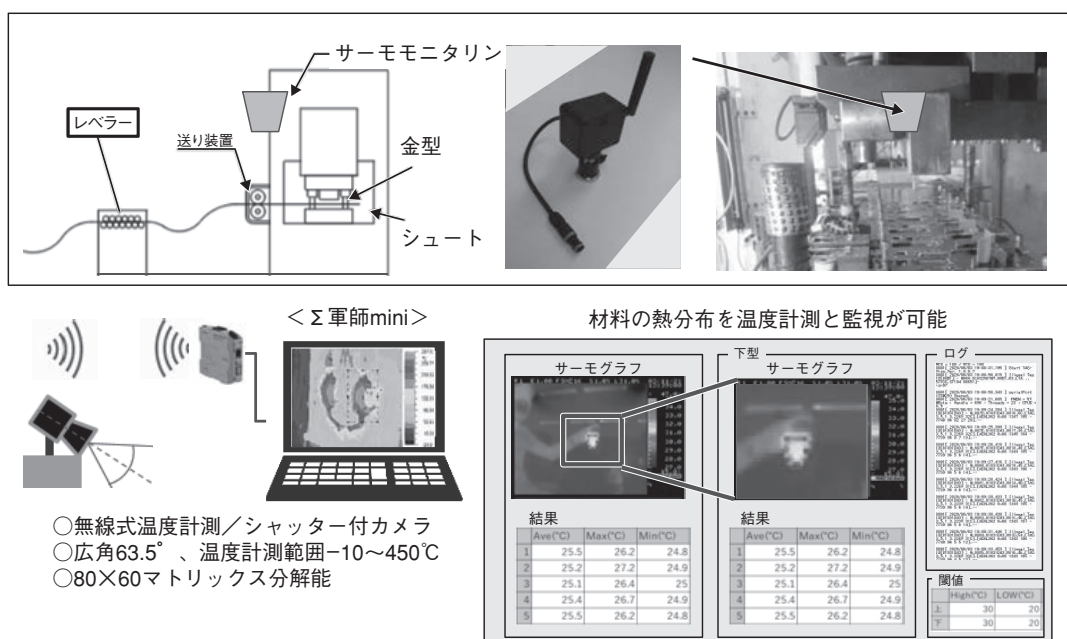


図6 「サーモモニタリン」による板金温度監視

- 点検記録が自動化でき、作業工数が大幅に削減できる
- Σ軍師 mini から自動で異常警告が発出されるので、保全員が無駄なく修理に対応できる
- (3) プレス材料の表面温度測定「サーモモニタリン」

プレス材料の板金温度にも監視ニーズが寄せられている。材料温度は塑性加工では抜き圧力に大きな影響があり、金型のパンチ寿命、パンチ摩耗や部品精度にも大きな影響があることが現場ではわかっている。また、季節の変化にともなう工場内の温度変動で不良・不具合が発生することは感覚的には知られていたが、適切な板金表面温度のモニタリングシステムは存在していなかった。従来から赤外線カメラや温度センサでの定点観測で材料温度を測定する試みはあったが、専用にシス

テムアップすると高額な費用が掛かるため普及していない。

そこで当社では、赤外線小型センサカメラを用いて広範囲に面単位で温度分布を常時モニタリングするシステム「サーモモニタリン」を開発し、プレス設備への適用を提案している（図6）。

＜効果＞

- 量産中の板金表面温度を常時モニタリングすることで、材料温度起因の不良を未然に防止。
- パンチ折れ、カケ、摩耗などの金型不良と材料温度の関係を分析することで、型故障防止が期待できる。
- 精密板金プレスで材料温度制御（ヒーター）などと連動できれば自立制御が可能になる。
- (3) 新開発「ミスフィード検知システム」
当社では、従来から圧電素子センサを活用して

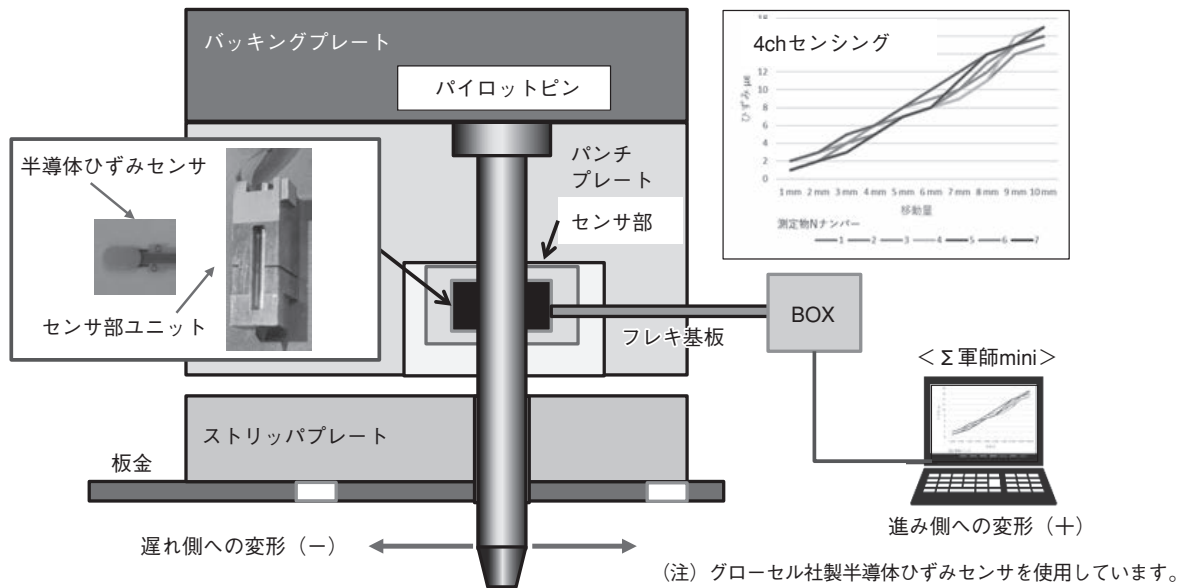


図7 半導体ひずみセンサと「ミスフィード検知システム」構造部

いたが、小型かつより高感度で微小変動のセンシングも可能な「荷重センサシステム」を開発した。本センサは高感度なセンシング能力、小型かつ薄型、安価にシステム化が可能などのメリットがある。以下に半導体ひずみセンサを組み込んだ各種センシングシステムへの適用事例を紹介する。

①半導体ひずみセンサを組み込んだ「ミスフィード検知システム」

モータコアやコネクタ端子などの一般プレスでは材料のミスフィードによる部品不良が後を絶たない。そこで当社は、前述の半導体ひずみセンサをパイロットピンに用いて材料の送りミスを検知する「ミスフィード検知システム」を開発した(特許申請済)。現在モニターユーザーでの検証を進めているが、早くも本システムの有効性が多数確認されている。本システムは现阶段ではモニター販売ではあるものの年内には上市予定で、各企業からは早期販売開始の期待が寄せられている。図7に「半導体ひずみセンサ」(グローセル社製)を組み込んだ「ミスフィード検知システム」を金型に組み込んだ構造図を示す。本システムは前後左右のパイロットピン4本の4chセンシングまで対応する。

<効果>

- 材料送り時の不具合による部品不良の防止、型故障の未然防止
- ミスフィード時の警告発信

○材料送り装置との連動により、自立制御へのシステムアップが見込める

②かす上がり・2枚抜きセンシング「センサプレート式プレス型圧力モニタリン」

本システムは、平成30年度戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン事業)において採択された「プレス成形不良ゼロを実現するスライド一体型高感度・高耐久型センサと予知予防AIシステム」をベースに、前述の半導体ひずみ・圧力センサを組み込むことで、より高精度なセンシングとコンパクト化を図ったものである。

本システムはプレス機械と金型の間にセンサプレートを配置する構造のため、金型ごとにセンサを取り付ける必要がなく、経済的メリットが非常に大きい点が特長だ。サポインでの開発段階から(株)山口製作所(新潟県小千谷市)にご協力をいただき、現在は薄物精密板金プレスの量産加工で実証段階にある(図8)。検証開始から既に15万ショットを超え、その有効性が徐々に見え始めてきた。

かす上がり・2枚抜きの判断を基準化するにはデータの蓄積が重要であり、閾値設定がノウハウとなるが、これまで難題とされてきた、かす上がり・2枚抜きを防止するシステムの実現に光明が見えてきた。当社としては、共に協力いただけるモニター先を募集しており、実証検証を加速しデータ蓄積を行い、完成度を高めていく計画である。

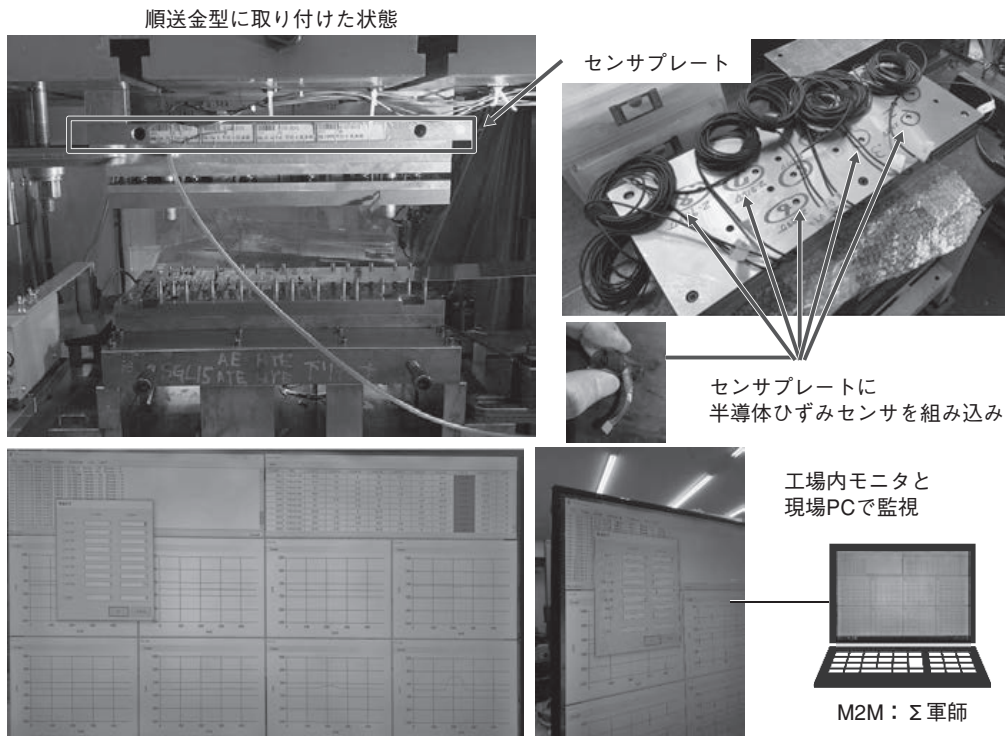


図8 面荷重センシングシステム〔協力：(株)山口製作所様〕

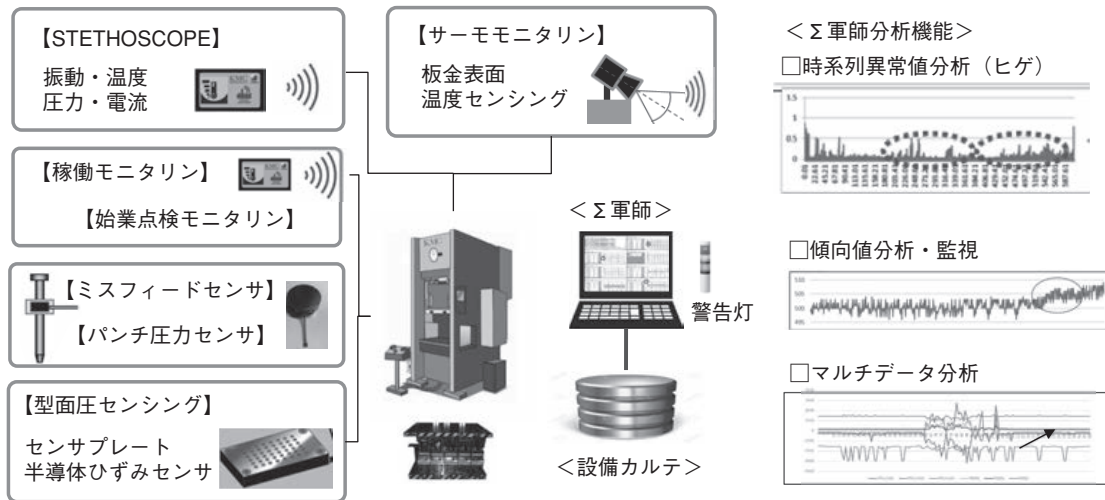


図9 フォグセンシング：Σ軍師による各種センシングデータの集約と分析機能

金属プレスを総合的にセンシング、監視するフォグセンシングの開発と実証企業

(1) 各種センサ、センシングシステムの一括データ集約システム「Σ軍師」

プレス加工には、部品不良・設備不良・金型不良・段取り不良など多くの課題があり、様々なセンサ・センシングシステムの採用が進んでいる。課題は各システムのデータ出力プロトコルやモニタがメーカーごとに異なり、ワンプレスに対応し

たデータ集約ができないこと、またプレス機械周りがセンサメーカーごとのモニタだらけになってしまう問題がある。ユーザーからは、各種センサデータを一元管理し、比較したいデータを重ね合わせた“マルチデータ分析”ができないかという相談が多い。またそれぞれに閾値設定が可能ではあるが、製品・金型ごとに設定するのはかえって作業性の低下を招くとの声も聴く。

当社では、他社のセンサも含めてセンシングデータの一括収集、ワンプレスデータの整列処理、

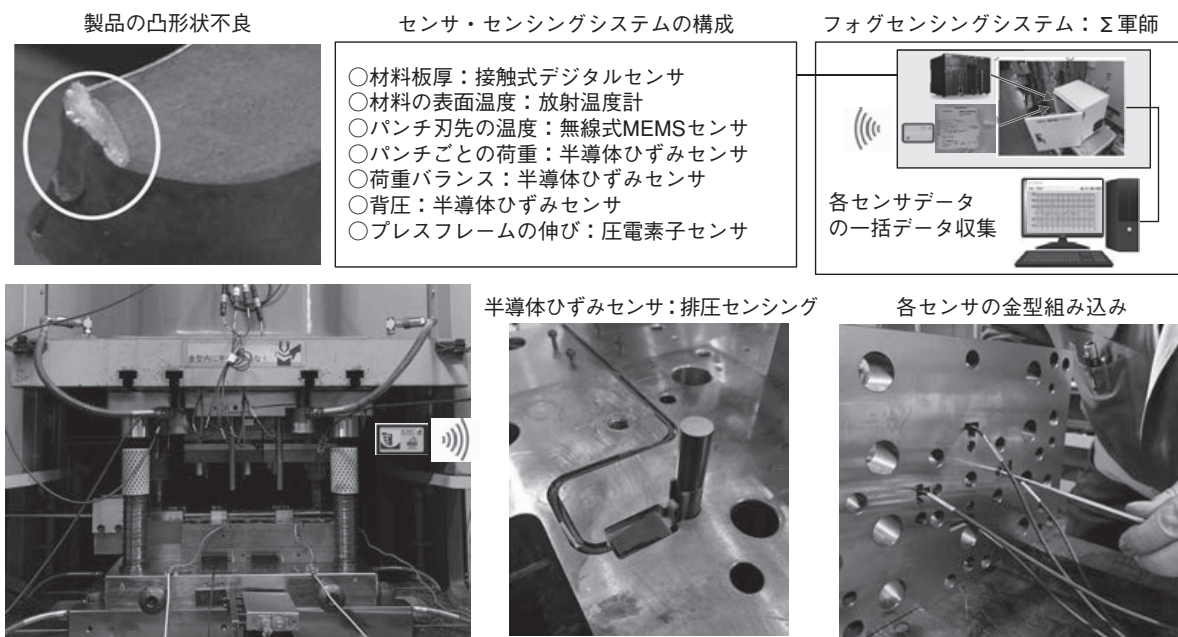


図 10 フォグコンピューティング金型監視システム

さらにデータ分析機能を備えたフォグセンシングシステム「Σ軍師 Edge」（2020 年度ものづくり補助金事業）を開発し、上記のニーズに対応している（図 9）。センシングシステムは自動車用モータコアやコネクタなどの薄板・高精度・高速プレス領域でも採用が進んでいるが、取得データの分析機能、およびプレス機械と金型・段取り精度・材料送りのバランスをいかに取るかが最大の課題になりつつある。そのため、プレス機械および周辺装置の一元的なセンシングが可能な「Σ軍師」には近年益々注目度が高まってきている。また、「Σ軍師」データは当社が取り扱う「設備カルテ」に転送することで、クラウドを利用した他拠点監視も可能となる。この他にも各部品や金型ごとのプレス条件データベース、閾値設定や管理が行える上位システムも用意している。

(2) プレスを科学する取り組みに挑戦する伊藤製作所・ウチダ製作所の実例

株式会社伊藤製作所（三重県）、株式会社ウチダ製作所（愛知県）、そして当社の 3 社は、プレスセンシング・監視システムの導入と実証・高度化システムの構築を目指して現在、活動を行っている。

① 「フォグコンピューティング金型監視システム開発」の狙い

高硬度の厚板部品加工ではパンチの刃先にかか

る圧縮応力が高く、パンチコーナー部に欠けや剥離が生じやすい。これが製品に転写されると凸形状となり不良品が発生する。万一発見が遅れると十数万円の損害が生じることもある。これまでもかす上がりやミスフィード、排出不良による 2 枚抜きなどの異常を検出しプレス機械を急停止させるセンサは多種多様存在していた。しかし、これらは結果に対して OK/NG を判定するに過ぎず、NG の場合にプレス機械を急停止させたとしても、高硬度の厚板部品の場合は金型が大破、ドカ停のリスクがある。事が起きてからでは遅いのである。

このような問題を解決するため、厚板の順送りプレス加工を得意とする伊藤製作所、IoT によるプレス機械の生産性向上などデジタル化に早くから取り組んできたウチダ製作所、そして当社がそれぞれ協力し、材料板厚・材料の表面温度・パンチ刃先の温度・パンチごとの荷重・荷重バランス・背圧・プレスフレームの伸びなどを総合的に監視、異常発生前の傾向について分析を行った。分析結果に基づき閾値を設けることで異常発生前にプレス機械を停止させることを目的としたものである。

② 導入したセンシングシステム

フォグコンピューティングシステムを構成している金型センシングシステム監視システムを図 10 に示す。

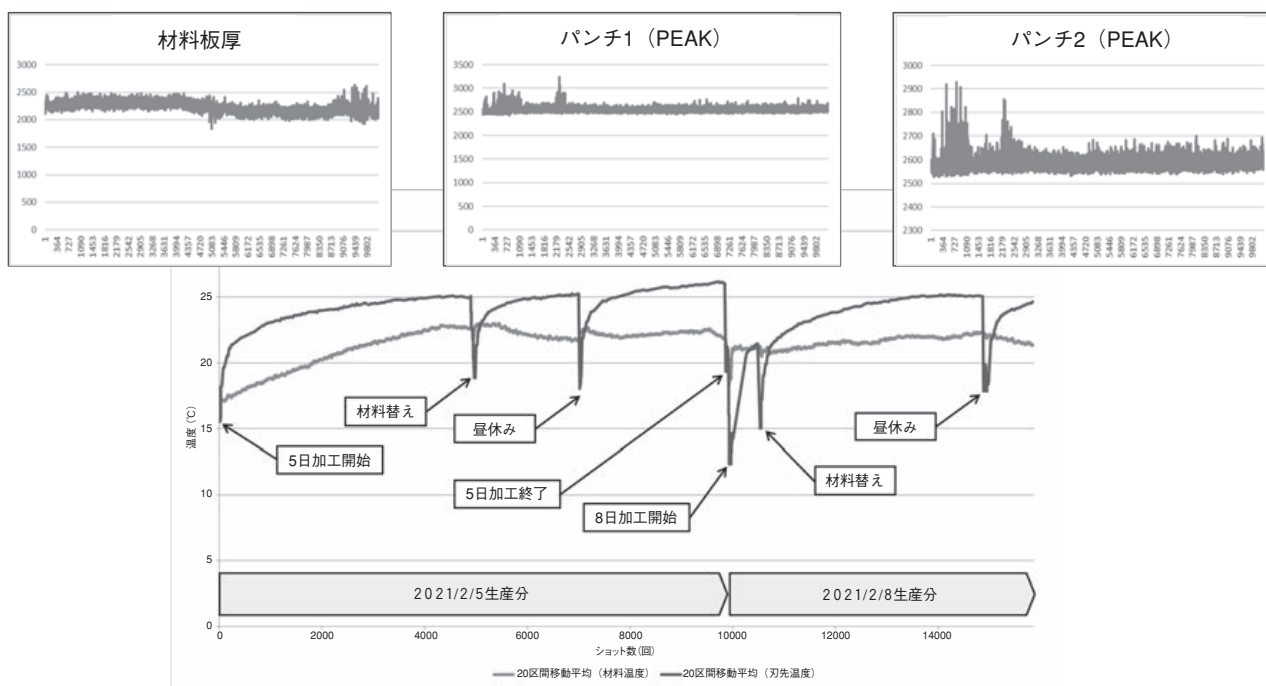


図 11 フォグコンピューティング金型監視システムのデータ

③センシングデータとその評価 (図 11)

パンチ荷重やプレスフレームの伸びの波形に閾値を設け、波形の変位によりプレス機械を停止させることに成功した。

打抜きパンチ刃先温度センサから得られたデータを見ると、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。このデータから言えることは、複雑で高額なシステムを使用せずとも当社システムを使用することでプレス機械の稼働状況を簡易的に把握することができるということだ。深絞りや板鍛造など、高温にさらされるパンチの管理や表面処理の最適化も可能である。また、本システムは無線でエッジ PC までデータ送信ができるので PLC が不要となり、コスト面からも中小製造業には大きなメリットがある。

④期待効果と今後の取り組み計画

- ビッグデータに対してディープラーニングを行うことで学習済モデルを確立し、プレス機械を停止するフォグ監視システムを開発する
- 傾向値ビッグデータから AI システムの構築 (金型の未来予測、金型の故障診断、故障の予知などの処理)

○板厚変動などによる寸法外れに対し、センシングデータを金型内寸法調整機構にフィードバックし、良品しかつからないプレス加工システムの開発

○既存の金型にセンシングシステムを追加すると金型の剛性を大きく損なうため、センシングシステムの装備を前提とした金型設計の標準化以上、3社の取り組みを通して、今後、プレス事業者とセンサ・センシング企業がパートナーシップのもと DX に取り組むケースが加速していくものと確信する。「プレス工程を科学する」このような取り組みが「製造業の DX」の成功事例となることを期待する。

☆ ☆

金属プレスは生き物のように繊細な板金素材を高圧で加工するため、効率的な加工を実現するためにはプレス機械・金型・材料それぞれのバランスをとる必要がある。そこでカギとなるのは製造工程のセンシングだ。DX を活用した「デジタルカイゼン」、そしてそのために必要なデジタル人材の育成を推し進めることが企業の持続的成長を実現する大きな要因となるだろう。