

生産加工技術を支える

機 械 と 工 具

2023
7

特集



機械と工具
オフィシャルサイト

航空機部品加工へのニーズと
対応技術

特設記事

欧州と日本の研削盤、
それぞれの技術をみる

 住友電工
Connect with Innovation

 SUMITOMO
CARBIDE - CBN - DIAMOND
Global Support, Global Solutions.

耐びびり性能で 安定加工



溝入れ・突切りバイト

SEC-溝入れバイト GND 型

適用被削材: **P M K N S**



切削加工における「加工DX：IoT・M2M・センシングシステム」の最新動向と事例

佐藤 声喜*

1. はじめに

製造業、特に切削加工における「加工DX」が注目を集めている。半導体や自動車のEV化に向けて高精度、高速加工等のニーズの高まりが背景にあり、本節では、切削加工のセンサやセンシングシステム、データ分析ソフト等の適用事例としてセラミックなどの脆性材料向け加工環境システム「加工DX」とその取り組み事例を紹介する。

2. 切削加工現場からの「加工DX：センシングシステム」のニーズ

時代はまさに100年に一度の大変革期にあり、半導体の急速な需要増加や自動車のEV化、電子機器類の小型・高密度化で切削加工現場に求められるDXソリューションにも変化が起きている。

1) ユアサ商事が推進する脆性材料向け「加工環境ソリューション」

工作機械業界は、機械単体の販売だけでなく、半導体など鉄から脆性材料、新素材加工への対応が求められており、加工機だけでなく、その加工環境の整備が重要となってきた。ユアサ商事は自動化の推進やモノのインターネット（IoT）の活用と共に、加工環境の管理が欠かせないという信念を持ち、サンメンテナンス工機のバブパワー2や濾過精工の精密ろ過システム等、クーラント装置を軸に13社のソリューションを“つなぐ”「加工環境ソリューション」を開発した。2022年度にツガミ加工機MC-VA4に対し、13社が各社の加工ソリューションをシステム実装し、実験加工を繰り返してきた。その結果、当初目的

としていた工具異常、加工異常の検知に成功し、「加工環境ソリューション」の有用性を確認することができた。ユアサ商事とプロジェクト参画メーカー13社は、2023年度から「加工環境ソリューション」をデジタルトランスフォーメーション（DX）として、切削加工メーカー向けに本格販売に乗り出す。プロジェクトリーダ金山久樹氏は「見学した工作機械メーカーや顧客から高評価が得られ、考えが間違いでなかったとホッとしている」と話す。金山氏は「加工環境の中でも、特にクーラント管理が大切。環境を整えるだけでなく、クーラントを有効に使えば、工作機械や工具の能力を従来以上に引き出せる」と強調する。また、今回のシステムで重要な1つが、100nmサイズのマイクロファインバブルだ。マイクロファインバブルの破裂で生じた不對電子の水酸化物（フリーラジカル）の効果により、クーラントの腐敗を防ぐ。微細な気泡の効果で流体性が上がり、工具とワークが接する加工点にクーラントを供給しやすくなり、工具摩耗の抑制や冷却効果、洗浄効果の向上を期待することができる。また、AI、MCへのFB等へ期待を膨らませている（図1）。

KMCは、「Friction Sonar（JCC社）」やKMCの「主軸モニタリン（振動・電流・熱電対）」の各センサデータを一括収集し、時系列データとして分析するソフトウェア「Σ軍師II」を提供している。「Σ軍師II」によるデータ分析システムは、無線式Wi-FiセンサデータとFriction SonarデータはPLC経由を「アップローダ」ソフトでクラウドサーバに一括管理され、事務所内のPCでデータ分析・監視やタブレットで遠隔での監視可能なシステムとなっている。今後、濾過装置や

*SATO, Seiki/株KMC 代表取締役社長

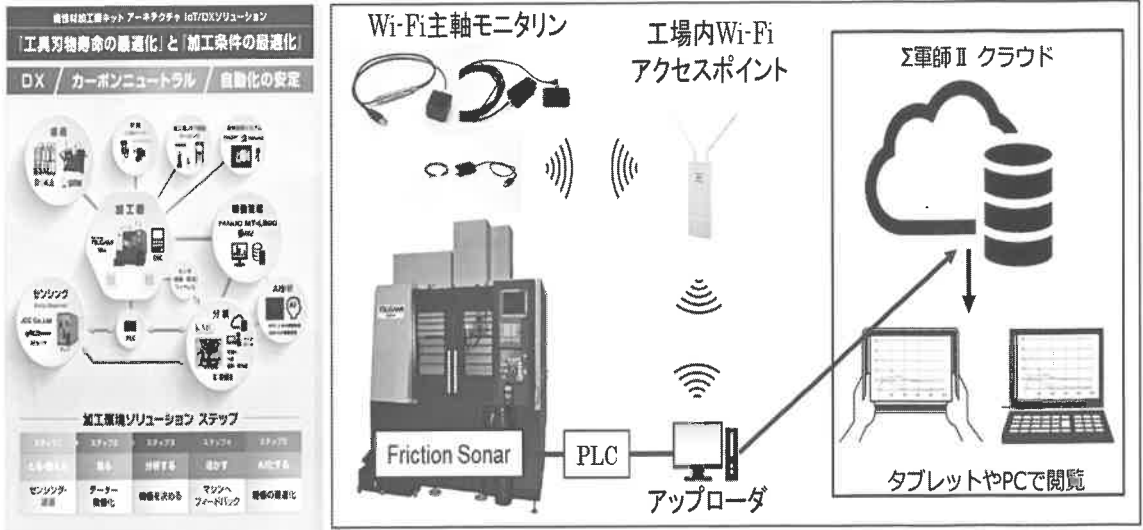


図1 ユアサ商事「加工環境ソリューション」とFriction Sonar&主軸モニタリン&Σ軍師IIのデータ分析

工具測定機器データ、環境温度センサ等との連携も期待される。

2) Stethoscope II®「主軸モニタリン」による切削加工機のセンシングとデータ

「主軸モニタリン」の活用方法は、生産技術的な微細分析というより、量産加工中の異常の発見と予兆管理を目的としている。特に製造現場の古い工作機械へのセンシングを主な対象としているため、加工異常・設備異常の発生頻度の高い古い機械におけるセンサ設置のニーズが高い。Wi-Fi無線センサの「Stethoscope II」は、通信配線が不要で古い既存設備への設置が簡単なことが最大の特色となっている。Bluetoothでは障害物等による無線障害や遠方距離に課題があるのに対して、「Stethoscope II」は工場内Wi-Fiとなるため、多数の加工機のモニタリングには最適な無線方式となっている。「主軸モニタリン」は、①振動/稼働センサ、②電流センサ、③熱電対センサで構成されている。

- ・振動センサは、工具摩耗やカケ、折れと異常加工負荷、主軸の回転異常などの加工機の主軸異常を検知、ピーク値・実効値・平均値・CF値のモニタリングとFFTモードがオプションで用意されている

- ・熱電対センサは、1chと4ch方式があり、主軸の温度・異常上昇や摺動部、稼働部の蓄熱異常を検知

- ・電流センサは、モータの劣化異常と振動センサと組み合わせた加工負荷異常を検知

各センサには時系列グラフ表示と閾値管理、CSV出力機能を備えた「Σ軍師mini」ソフトが付属されている。また、量産加工現場の見える化と監視のために、異常警告（ランプ警告）機能がオプションとして用意されている。「主軸モニタリン」は、生産技術者向けの高額な分析装置ではなく、量産加工モニタリングを目的としており、工具異常、加工不良を防止し、設備異常の予知予防に活用できる量産加工現場用のセンシングシステムである（図2）。

3) 「Σ軍師II®」：各センサ・センシングの切削加工データ分析と不具合予兆管理

“取ったデータをどう活用するのか”よく聞く質問である。本来、センサやセンシングは、熟練作業者の経験や勘、五感といった属人的ノウハウをデジタルセンシングでその職人判断や条件設定を自動化する目的がある。属人的な現在の加工現場から生産をスマート化し、「加工DX」で人手不足への対応や不良削減、設備故障による生産停止を防止することが迫られている。「Σ軍師II」は、前記「Stethoscope II：主軸モニタリン」やM2Mシステムにより、製造データを一括管理し、ベテラン加工職人に代わりデータ分析・判断を行う。“データを取る→見る→分析→活かす”の現場のデジタルカイゼンを牽引するソフトウェアである。「加工環境ソリューション」での実証検証は「ツガミVA4」に設置した「AEセンサ」と「主軸モニタリン（振動・熱電対・電流）」のデータを同一グラフで工具チップングや

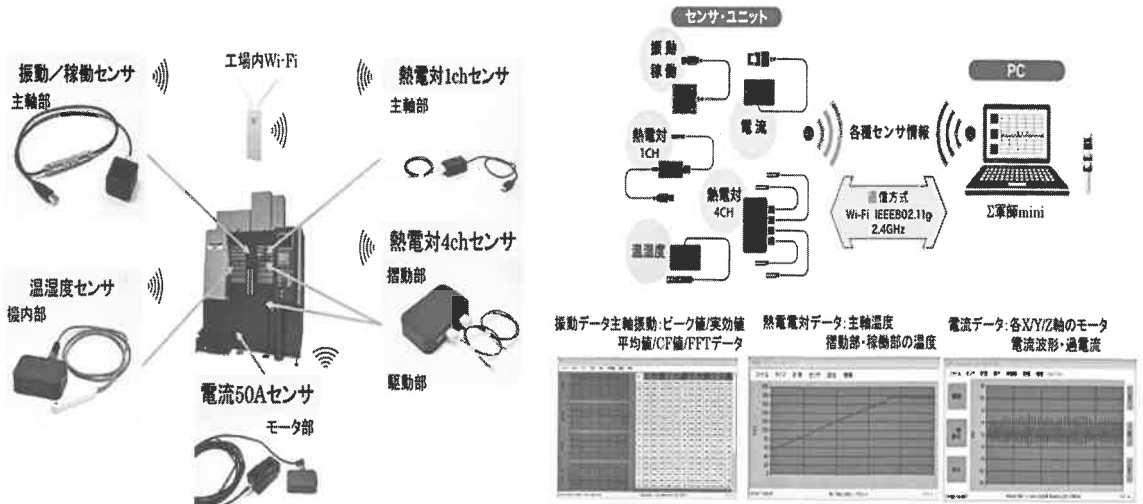


図2 Wi-Fi無線センサ「Stethoscope II[®]」と切削加工機用の「主軸モニタリン」

主軸モニタリン: 振動・電流・熱電対の生産別時系列データ表示

Σ軍師IIの分析機能例

- マルチデータ分析機能**
 - 成形機等の制御装置・付帯設備・各種センサデータを一括管理
 - 各データの組み合わせは で自在に組み合わせ、分析可能
- 多重閾値設定機能**
 - 多重閾値設定機能: 上限、下限管理だけでなく、複数の閾値設定が可能
 - 製品ごと・設備ごとに閾値設定が可能
 - 警告機能 各々の閾値に対して警告が可能
- スパイクデータ監視機能**
 - 振動データ等、異常な突起データ: スパイクを監視
 - 閾値を設定すれば、一定期間に何回スパイクが発生したかカウント
 - 異常回数に応じて、点検、生産ストップ等の異常処理が可能

図3 各センサ/機械制御データを一元管理し分析・警告する「Σ軍師II」とその機能

摩耗状況、設備異常などの監視を行い、工具不良・加工不良の異常警告と予知予防を行う。「Σ軍師II」は、①マルチデータ表示、②多重閾値管理、③ヒゲなどの突発異常、④傾向値管理、⑤統計管理などの多彩な分析機能があり、従来の手集計によるEXCELやマクロ分析ではなく、製品や目的に応じた分析と工程内品証ができるソフトウェアとなっている。また、各センシングデータに対する閾値設定により、異常警告の発出と、警告灯により赤：異常、黄色：警告、オレンジ：検査、青：正常などの“あんどん”が現場で常時監

視ができるシステムとなっている（図3）。

3. 無線センサ「Stethoscope II」を活用した「稼働モニタリン」と「始業点検モニタリン」

1) 「稼働モニタリン[®]」による停止・段取り・稼働のセンシングとべき動率・稼働率管理
 切削加工現場の古い加工機の稼働率の把握ニーズは根強くあり、KMCでは無線センサ「Stethoscope II」の振動/加速度センサを活用した工事レスの稼働把握を商品化している。動くも

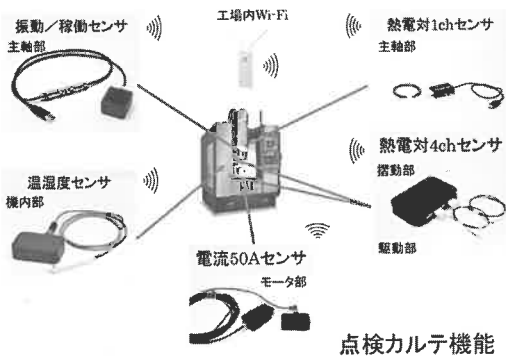
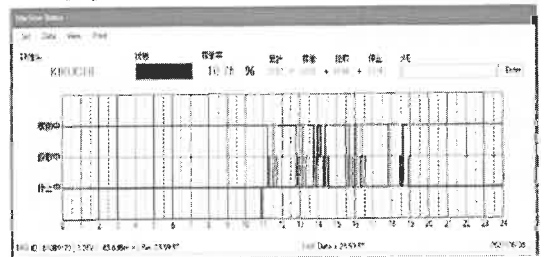


図4 「Stethoscope II」稼働モニタリン（振動・加速度）による各種工作機械の稼働監視システム

監視モード：段取りまで区分できます



監視データ：グラフ表と横棒での表示が可能



設備QRでの個体管理

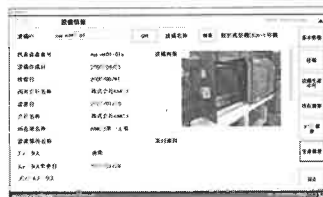


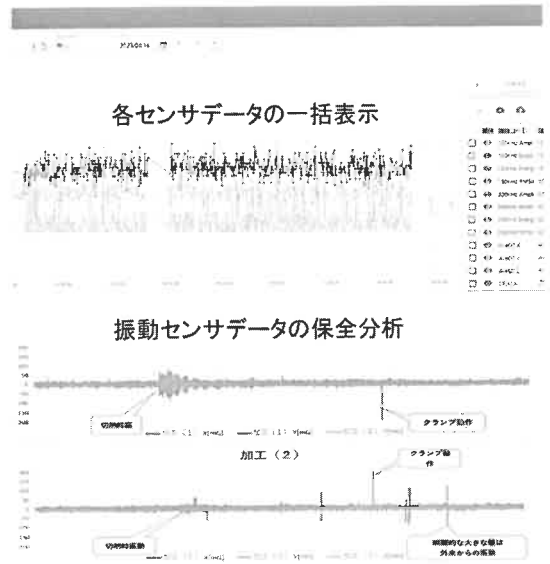
図5 無線Wi-Fiセンサ「Stethoscope II」によるリモート保全システム「点検モニタリン」

のならどんな加工設備でも可能で、稼働部の振動や加速度から“稼働・段取り（非定型動作）・停止”を判別し、稼働率を自動把握する「稼働モニタリン」がにわかに脚光を浴びている。理由として、稼働率等の把握は、設備制御装置やパトロールライトからの信号取得方式が一般的であるが、古い既設設備の場合、有線式となること、工事費がネックとなり、工場全設備の稼働把握のためには投資金額が多額となる。経営的には稼働率と共に、製品を製造している時間“べき動率”の管理要望もあり、「稼働モニタリン」の特色である

段取りモードの区分けソフトウェアがその要望を満たす。MCだけでなくEDM・EDW・研削盤の手作業でも活用が進んでいる他、人作業の単発プレスの稼働把握においても実績がある（図4）。

2) 「点検モニタリン」による自動始業点検と週次・月次点検記録の自動化

無線センサ「Stethoscope II」の活用事例として、日常点検のリモート化「点検モニタリン」がある。点検は1台当たり5分から10分掛かり、設備台数が10台あるすると、2,200分/月、実に36時間費やしていることになる。その多額な工



各センサデータの一括表示

振動センサデータの保全分析



図6 センサ・モニタリングシステムや制御装置データを一元管理する設備IoT:「設備保全カルテ」

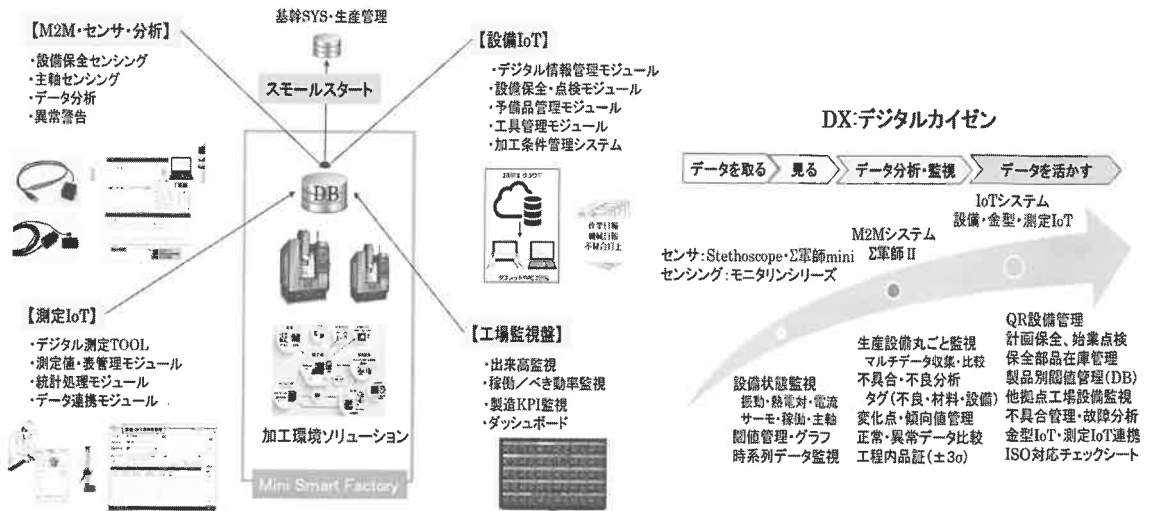


図7 Smart Factoryをスモールスタートで始められる「加工DX」“Mini Smart Factory Package”

数が週次点検、月次点検とあり、約100時間かけて作業者が紙の点検表にチェックを記録している。更に紙記録からの集計はEXCELで行われ、機械ごとの点検記録は役員報告やISOのチェックシートとして義務化されている。その記録整備工数は多大で、かつ点検表は形骸化した手書きのチェックであり、保全の効果はなく、信ぴょう性も疑われている。今や、設備保全は生産性向上や不良削減には必須事項であり、この作業こそ、デジタルでの正確な“リモート点検”が最適な解決策といえる。保全記録は、設備カルテの点検機能でDB化され、各センサデータには閾値で異常警告や設備QRで各機械の故障履歴など保全分析に活

用され(図5)る。

3) 設備IoT:「設備保全電子カルテ®」システム

「加工DX」は、MC等のM2M制御装置データとセンサデータをデータ連携し、一元管理するIoTシステムが用意されている。図6に示す「設備保全電子カルテ」は、①設備・治工具台帳 (QR個体管理)、②所在管理、③不具合・チェックリスト、④生産情報登録 (M2Mシステム連携)、⑤設備メンテ記録、⑥メンテナンス計画・アラート、⑦予備品管理等の機能を具備している。特に加工現場での設備保全カルテでの運用評価が高く実績もある(図6)。

4. 切削加工におけるMini Smart Factory 「加工DX」の提案

KMCはSmart Factoryのスマールスタートを目指す企業向けに「加工DX」：Mini Smart Factoryを提唱し、納入を開始した。資金力、人材面で優位に立つ大手企業は「加工DX」の推進は可能であるが、中小企業では一気に導入することはできない。そこで、Smart Factoryに求められる①M2Mシステム（センサ・センシング）、②データ分析システム：Σ軍師II、③製造データ一元管理・保全システム：設備IoT、④加工品のデジタル測定・管理システム測定IoT、⑤工場監視盤：ダッシュボードの基本機能を最小限PackageとしてMini Smart Factory「加工DX」を商品化した。

勿論、“データを取る”センサ・センシングからでも始めることができ、効果をみながら拡張できるシステムとなっている。切削加工メーカーが独自のノウハウを注入し、新たな販路拡大に向けたDXソリューションビジネスも可能だ（図7）。

5. おわりに

100年に一度の変革期、切削加工に係る企業も新たなビジネス開拓のチャンスが到来した。DXで自社の構造改革と自社ノウハウを組み込んだ“Mini Smart Factory”を新たなソリューションサービスとして挑戦する企業が増えることを期待する。そのイノベーションが日本製造業復権の活力となるだろう。

□ □ □

日本プラスチック工業連盟誌

プラスチック

Japan Plastics

定価1,650円(本体1,500円+税10%) / 年間購読料・年12冊19,000円(税込)

樹脂の動向・展望、また樹脂別生産・出荷などの統計資料等のベーシックな情報をはじめ、成形加工技術での、射出成形、フロー成形、押出成形におけるシステム、成形機の研究・開発などに注目し、それらの技術解説を幅広く紹介していきます。また、廃棄物処理あるいはリサイクル技術など、プラスチック産業が抱える環境・省エネルギー問題、海外のプラスチックの現状、展示会にも焦点を当て編集しています。

購読のお申込は フリーコール **0120-974-250**

<https://www.nikko-pb.co.jp/>

日本工業出版(株) 販売課

〒113-8610 東京都文京区本駒込6-3-26 TEL.03-3944-8001 FAX.03-3944-6826
E-mail : sale@nikko-pb.co.jp