

生産加工技術を支える

機 械 と 工 具

2024
8



機械と工具
オフィシャルサイト

生産加工技術におけるSDGs
特別企画: 環境・省エネ・ロボット
機器ガイド



日本製

今から始める工具室のDX化。
工具の在庫・寿命管理

在庫管理・寿命管理システム搭載 工具収納棚

Tool Cellar GENESIS

ツールセラー・ジェネシス

- 入在庫履歴管理
- 工具の寿命管理
- カメラによる記録(録画)
- 棚のLEDとガイド機能により
該当する工具位置が一目瞭然。
- 工具の払い出しや補充ミスを防止。
- 工具寿命管理により
加工不良の防止をサポート。
- **Factory Manager**® と連動



大昭和精機株式会社

www.big-daishowa.co.jp

販売元

BIG DAISHOWA Japan 株式会社

切削加工現場が求める加工機・工具・加工品の DX：デジタルセンシングと不良の予知システム

佐藤 声喜*

1. はじめに

部品加工現場は生産性向上と原価低減に向け、DX：デジタルセンシングと設備・加工不良の抑止システム開発が盛んだ。本節では、古い既設設備や加工設備にも後付け可能な振動・温度・電流Wi-Fi無線センサ「Stethoscope II」と最新の工作機械「主軸モニタリン」および歪センサによる設備変位測定など効果事例を紹介する。さらに各センサデータの分析、不良・異常予知システムと事例を紹介し、次世代デジタル工場への展望を論ずる。

2. 既設の切削加工機への後付けセンサとデジタルセンシングシステムの紹介と実施例

2.1 既設の切削加工工場、工作機械の課題とユーザー要望

Smart工場化は進んできたとはいえ、15～20年稼働している古い工作機械や部品製造設備の占める割合は90%以上と非常に高い。減価償却が終わって初めて利益が出せる状況になるため、古い設備を使用し続ける必要があるのである。新型のデジタル武装された新設備導入は進めないといけませんが、減価償却が利益に対する重しとなる。そのため古い既設設備の設備故障削減、生産停止時間削減（チョコ停・ドカ停）への対応や段取り効率化・保全など機械設備に対するデジタル化がマストとなる。以下、デジタル化の事例を紹介する。

2.2 無線センサ：「Stethoscope II」による後付けセンサと工作機械の「主軸モニタリン」の紹介と事例

現在稼働中のMCなどの工作機械だけでなく、旋盤やEDM、EDW、更には専用の製造ラインのセンシング要望が多く寄せられている。センシング課題は機械が古く有線センサでは配線工事が大変で、振動センサ等は設置エリアが狭く敷設ができないなど課題が多い。当社は各種無線Wi-Fiセンサを開発した。無線振動センサではマグネットを使ったカンタン設置、取得データは付属のΣ軍師miniにより“ピーク値・平均値・実効値・CF値、それに高速フーリエ変換FFT解析も可能なソフトウェアを提供している。また、無線ユニットとセンサ部を分離し、そのケーブル長は3mとしたことでセンシング部をコンパクトにし設置しやすくするとともに無線ユニットの通信状況をよりよくすることができるなどのメリットがある。閉鎖された大型加工機内部や自動加工ライン内部への敷設も可能にした。次に熱電対、温湿度、電流の各無線式Wi-Fiセンサ「Stethoscope II」とそのハイブリッドセンシング「主軸モニタリン」と活用事例を紹介する。無線センサは、配線レスであり設置の簡便性に優れ、古い既存設備への適応性が高い。価格は、ソフトウェア込みで19.8万円～と手軽に導入ができる。職人ノウハウのデジタル化が可能であるため人手不足対策として有効なツールとなる。

*SATO, Seiki/株KMC 代表取締役社長

2.3 東興機販株が実践するMini Smart FACTORY：工作機械のセンサデータの一元管理「Σ軍師II」異常分析・予兆監視システム

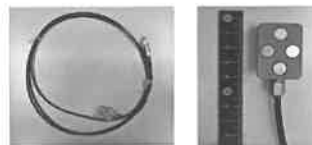
東興機販株は、1966年創業の工作機械販売の専門商社であるが、栃木工場で各種治具などの一品加工を得意とし、多品種小ロット型の工場を運営している。しかしながら、発注が来ると図面を作業者に渡し、完結するまで作業者任せのいわゆる“個人流し”の職場であり、作業の効率化や不具合に課題を抱えていた。作業者のポカミス不良が発生し、再加工もたびたび発生している。また個人持ち管理のマイ工具、マイ治具文化による工場内に点在する治具探し等の無駄な時間が発生していた。重複する工具在庫が散見され、測定等の作業も加工後図面に直接手記入し、また測定室で同じ作業を行って手書きの測定表を作成するなど全く非効率な職場であった。個人頼りの職場では新規の受注獲得にも限界があり、事業として先行きに不安を抱えていた。2023年3月、渡邊社長はこのままでは切削事業はジリ貧、一気にDX：デジタル化で職場の文化を変えたいとデジタル志向のMini Smart FACTORY構想を練り上げ、4月から改革に着手し3か月で立ち上

げた。渡邊社長は「中小切削加工メーカーでは当社と同じような課題をもった企業が多く、今までは相談を受けても返しようがなかったと言う。そのため栃木工場を切削DXソリューションのショールームとして最新化し、自らもデジタル製造に向き合い、同業各社には参考にしてもらうとともに研鑽していきたく考えた。今後は導入したDXシステムをショールーム化し、まずは栃木工場の進化の過程をぜひ見てもらいたいと考えている。M2M・Σ軍師II・加工異常管理システム・測定IoT・測定電子カルテ・治具管理IoTシステム・稼働管理・データ監視盤などを実際に運用し、デジタル効果を上げているので、ぜひ見学して参考にしてもらいたい。

2.4 切削加工現場の「QR工具管理システム」と部品測定「測定IoT：測定電子カルテ」

前述の東興機販株の切削加工現場では、治具は職人氣質の職場で、マイ工具、マイ治具など個人管理であり、受注ごとの工具発注で無駄な工具が山積みになり在庫の山となっていた。まずは新品工具、摩耗品（廃棄）、再研磨に仕分けし、それぞれにQRコードを付加し、QR工具管理システムに登録したことで工具費30%程度削減することができた。新品工具の重複購入も防げ、工

	振動・移動	電流	熱電対	温度計
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 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 温度湿度センサ



3mケーブル・マグネット付き
小型振動ユニット (H21×W25×L32mm)



MV4・ツガミ様ご協力

<モータ過電流監視>
主軸やテーブル動作モータの電線にクランプして過電流計測

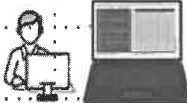
<主軸振動監視>
主軸に振動センサを設置
工具ビビリ、加工不良監視

<主軸温度監視>
通常、3か所に熱電対を設置
主軸温度計測で安定域の監視

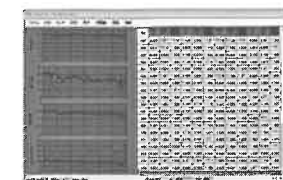
国内外の工場・複数拠点
複数種類のデータ管理



WiFi



Σ軍師II



振動センサモード・FFT解析(オプション)

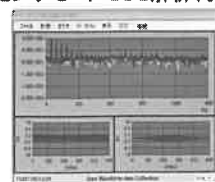


図1 新開発ケーブル式Wi-Fi無線振動・加速度センサと稼働・熱電対・電流・温湿度センサ

具管理がデジタル化された。同様に測定電子カルテによる検査表作成・品質管理にもデジタル管理を導入した。

近年、大手自動車メーカーや部品メーカーでは、“検査不正”が問題視されているが企業存続が危ぶまれる状態にある。ほとんどの経営者は口をそろえて“当社は品質第一”をうたい、確かに日本製品はその国際競争力で優位に立ち信頼を勝ち得てきた。しかし、製造現場の工程内品証、品質検査は性善説の人手による測定・記録が基本となっており、検査不正はその弱点が露呈したものである。対策としては、測定作業や記録・合否判断など全く人を介さない“デジタル測定・自動記録・自動合否判定・自動検査表”とすることにある。もちろん、デジタル測定からCPKなどの統計処理や不良分析もデジタル処理で同様に自動化し省力化が必要である。当社は、ミットヨのノギス・マイクロなどのソフトツールや東京精密やミットヨ、キーエンスなど各測定機メーカーのデジタルデータから測定表を自動作成するシステムを開発し、販売を開始した。部品製造メーカーの悩みは、測定メーカー各社ごと専用のデジタル測定表ソフトウェアがあるが、測定表として一元記載・管理ができずに、手書き測定表からEXCELでまとめているのが現状である。全く無駄な工数で、測定表からのCPKなどの品質管理もEXCEL管理が主体であり、測定値がデジタル化されれば自動で算出・管理できる。当社の「測定IoT：測定電子カルテ」は測定機校正管理機能を有し、不正防止には2度入力などの履歴が残るソフトウェアになっており、検査不正防止効果が期待できる。前述の東興機販株式会社においても「品質第一」を掲げ、受注向上・企業信頼性向上に向けデジタル検査システムを導入運用開始している。

2.5 無線センサによる「デジタル保全キット」と設備IoT：設備電子カルテによる設備保全、計画保全システム

(1) これからの機械の保全システム「デジタル保全キット」

古い機械の保全は、その異常検査に振動・温度・電流などのセンサが有効であるが、有線センサ設置には課題が多い。配線や工事、さらには断線など、保全にとっても大問題である。そのため既設設備への簡単設置可能な無線センサとリモー

ト監視ができるセンシングシステムに対して高いニーズがある。経験と勘コツを有する保全職人に代わり、設備異常を自動的に発見し、監視できれば予兆保全も可能である。Smart工場でも新設備と15年～20年の古い設備が混在して稼働しており、新旧設備両方のデータ一元化・工場監視システムが必要である。当社では、古い設備にマグネットなどでワンタッチ装着可能なWi-Fi無線方式センサ「Stethoscope II」で振動・電流・温湿度の各センサを専用トランクケースに収納した「デジタル保全キット」として販売している。価格も90万円～と低価格となっており、保全部門への販売実績が多い。振動センサや熱電対・電流・温湿度など基本的な設備状態監視センサとデータ監視ソフトウェアΣ軍師miniのセットで不具合打ち上げのあった設備に設置すれば事務所にいながらリモート監視することができる。図2の実施例は、工場が一番多く不具合が報告されているものであり、予兆保全のニーズが高い“電動モータ”へのセンサ適用事例である。センサを設置すれば、事務所にいながらモータの異常監視を数日継続してモニタリングできる。モータの他、設備の動作部、摺動部・エアシリンダ・アクチュエータなどへの各種無線センサ設置だけでなくマイクロSW、他メーカーセンサなどの無線化の問い合わせも多い。また、オプションで設備の変位測定用に高感度歪センサや材料や配管など工場設備の温度監視に「サーモモニタリン」も用意されている。

(2) Smart工場の設備機械IoTシステム「設備IoT：設備電子カルテ」の紹介

部品製造工場の設備起因の部品不良費や設備保全費用は、工場運営の大きな課題であり削減依頼が多い。実態を調査すると、設備不良の記録が手書きの機械日報でありデータ化されておらず保全不全になっている。メンテナンスも機械メーカー任せで、不具合との因果関係は追求されていない。当社の「設備IoT：設備電子カルテ」は設備ごとに“設備QR”が貼付され、不具合記録、日常点検、週次、月次点検、半年点検など、すべてタブレットによるデジタルデータとして記録される。同じ機械での持病が異なり、その不具合データから設備ごとのメンテナンス計画や交換部品チェックが行える。メンテ費用や不具合ランクなどのダッシュボードにオプション対応している。



<SYSTEM構成>

- ◇主軸モニタリ
振動・熱電対・電流
機内温湿度の各センサ
を加工機に設置
稼働率監視センサ(振動)
- ◇工場内温湿度センサ
- ◇設備IoT:保全カルテ
- ◇QR工具管理システム
- ◇測定IoT:測定カルテ
- ◇稼働監視盤



<リアルタイム異常監視項目>

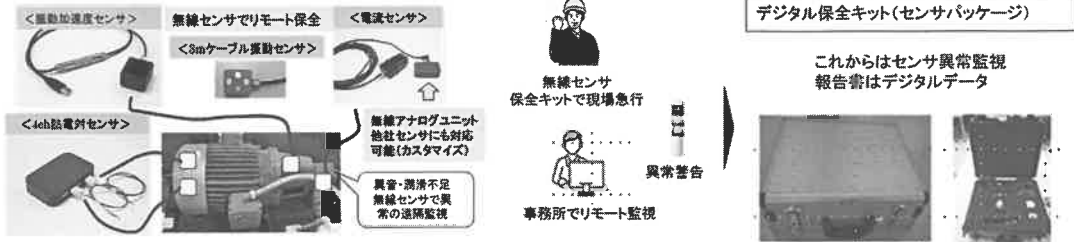
- 工具異常
- 設備異常
- 加工品不良(傷・寸法)
- 不適切加工条件
- 工場・機内温度異常

<企業信頼性アップ・受注アップ>

<Σ軍師II:主軸モニタリンのリアルタイム異常監／マルチデータ分析>

図2 東興機販(株)が構築した“Mini Smart FACTORY”と導入したデジタル監視システムとIoTソフトウェア

<デジタル保全キットによるモータなどの工場設備異常監視>



<設備IoT:設備電子カルテによるデジタル保全管理>



図3 設備保全業務のデジタル化TOOL「デジタル保全キット」と設備IoT:設備電子カルテ

無線式トルク・温度・振動センサ内蔵の減速機試験機の開発

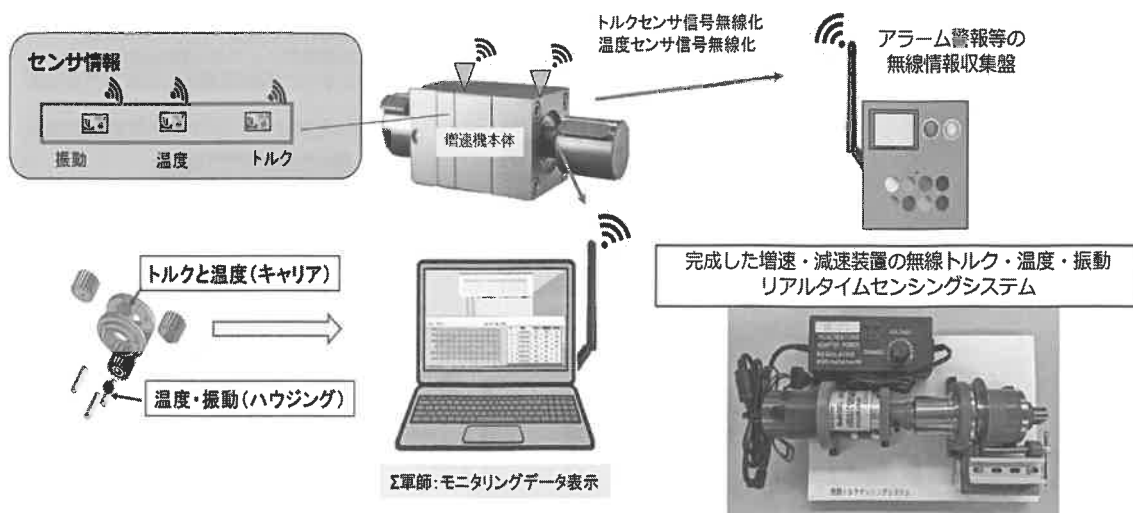


図4 M2M・IoT無線制御システムと「増速・減速試験機の試作機」開発

特色として、無線振動センサによる稼働監視や工作機械のデータからの機械稼働監視システムもあり、稼働時間による計画メンテナンスの通知なども可能である。

3. 生産設備ラインを構成する機械や変速機、ロボットなどへの「無線式トルクセンシング」システムの開発

超小型大出力伝達遊星歯車・減速機設計製造メーカーの株式会社AILEは、次世代の大出力超小型化を実現する減速機を想定した「無線式トルクセンサ・温度・振動無線センサを内蔵した増・減速試験機®」を開発した(特許申請済)。当社長は、減速機内部の状態がセンサで監視・モニタリングできれば、故障予知や劣化診断などの予兆監視が可能となる。さまざまな機械やロボット、搬送機などで問題となっている故障の予知が可能になり、性能向上や生産性向上に画期的な効果が期待できるシステムになると意気込みを語る。新開発の無線トルクセンサは、半導体センサを採用し、高精度なセンシングとマイコン内蔵で多種多様な増・減速機への対応ができる超小型のセンサである。回転体への無線トルクセンサ需要は非常に高く、合わせて試作機では振動と温度の無線センサを採用し、完全な無線センシングシステムとしている。データ収集システムと無線I/O制御装置と合わせKMC製のシステムを採用した。情報を収集するだけでなくPLCへ無線で情報伝達できる

ためフィードバック制御が可能となり、減速機にかかるトルク制御を行うこともできる。現在、さまざまな実証実験を繰り返しており完了次第、年内には量産販売を行う予定である。

4. 高精度加工の現場を支える工作機械・設備などの「高精度確度計測システム：無線式水準器」の開発

株式会社大菱計器製作所は、精密計測器メーカーとして70余年の実績がある。自動計測装置、専用計測装置、超精密基準器、水準器、定盤、真直度測定器、直定規(ストレートエッジ)、直角定規(スコヤ)、直角定盤、直角度検査器、Vブロック、平行ブロック、ダイヤルゲージスタンド、角度測定器、ケガキ器、イケール/テーブル、偏心検査器等をユーザーのニーズに合わせて最適なソリューションを展開している。日本は地震や災害が多く、切削加工の現場では地震後、加工機の水準出しに大変な労力を強いられる。また、高精度加工の製造現場では日々、始業点検で水準チェックをしており、5軸加工機など多彩な高精度工作機械の日常点検が現場作業者の負担になっている。そこで従来水準器に対し、「3軸の水準チェックが可能無線式水準器®」(特許出願済)の開発に着手し、試作機が完成した。無線水準器とリアルタイムデータ表示: Σ軍師システムをKMCと共同開発した。2024年11月のJIMTOFへの展示を計画しており、一部モニタリング販売も

無線対応デジタル水準器

タイプ1
0.01'分読能

タイプ2
1μm/m分読能

受信機

主な特徴

- ・高精度平面度測定ソフト(MC)の搭載
- ・無線方式対応R215.4の搭載
- ・株式会社KMC製の電波に対応

※本機に使用している高度センサを制御し、M2500システムに接続します。

<高精度角度計無線計測制御システムの概要>

- ・各種工作機械の水準計測を無線で行えるシステム
- ・高精度タイプと汎用機用タイプの2種類を開発
- ・水準データはモニターと付属のΣ軍師にてPC表示が可能

完成した無線式デジタル水準器試作機

大型モニター

PCモニター

モニター

情報収集(電線)

KMC 親タグ

KMC: Σ軍師 (データ表示)

位置	X	Y
380	0.0014	0
390	0.0042	0.0001
400	0.0143	0.0004
410	0.0435	0.0012
420	0.1344	0.004
430	0.2539	0.0116
440	0.3483	0.023
450	0.3392	0.038
460	0.2308	0.06
470	0.1954	0.091
480	0.0958	0.139
490	0.032	0.206
500	0.0049	0.323
510	0.0093	0.503
520	0.0833	0.71
530	0.1855	0.862
540	0.2804	0.954

図5 工作機械・設備などの「高精度確度計測システム：無線式水準器」

計画されている。

5. おわりに

100年に一度の変革期、切削加工の製造現場も急速にDXデジタル改革が進んでいる。無線技術

の進化とともにセンサ・センシングシステムも画期的なイノベーションが進んでいる。まずは工場をどうしたいか、現場課題は何か一緒に考えて取り組んでいきたい。