電計事業本部 Electrical Instrumentation Unit

TEX-MAISTER　総合保全システムの開発

TEX-MAISTER ; Development of Comprehensive Maintenance System

國永 学
開発企画部
Manabu Kuninaga

山口 善三
開発企画部
Yoshimitsu Yamaguchi

下井 辰一郎
システムソリューション事業部
Shinichiro Shimoi

敦賀 幸一
システムソリューション事業部
システム5部
室蘭システム2グループ
Koichi Tsuruga

福島 豊正
〈生産事業部〉
広畑生産部 剪断課
Toyomasa Fukushima

藤田 健
〈技術総括部〉開発企画室
現在〈生産事業部〉大分生産部
Ken Fujita

近年の製造業における設備保全力強化のニーズに対し、当社では、設備保全に関するデータ収集から解析・診断に至る社内技術を結集するとともに、世の中の先端 IT 技術を活用した、『TEX-MAISTER　総合保全システム』を開発中である。本論文では TEX-MAISTER 開発のコンセプト及び、この取り組みの一環として適用評価を進めてきた「無線センサ応用技術と設備状態監視システム」について述べる。

In response to the demand among manufacturing industry in recent years for reinforcement of facility maintenance power, integrating in-house technology for collection and analyzation of data about facility maintenance, we are developing “TEX-MAISTER Comprehensive Maintenance System” which utilizes cutting-edge information technology. In this paper we’re going to describe the concept of TEX-MAISTER development and “Wireless Sensor Applied Technology and Equipment State Monitoring System” which we’ve evaluated the applicability as part of the development.

1. はじめに

近年、製造業、特に鉄鋼業においては、操業や設備管理要員の世代交代が進む中、設備の高度化による操業の複雑化や品種構成の高度化に伴う設備の過負荷等が原因と推定される設備トラブルが増加しており設備保全の強化が求められている。一方、安全面から稼働中に人手による点検ができない設備も多く、保全対応力をいかに強化するかが重要な課題となっている。このような状況に対応するため、当社では、設備保全に関するデータ収集から解析・診断に至る社内技術を結集するとともに世の中の先端IT技術を活用した、総合保全システム“TEX-MAISTER“の開発に取り組んでいる。

* MAISTER：Maintenance And Inspection System by TEXENG technology with Responsibility

点検支援システム　：モバイル端末を使って設備の点検データを収集

ELESMART　：多機能ポータブル診断器、携帯して設備の状態を診断する[2)]

UNIVEAM　：設備保全管理システム、生産設備やインフラ設備に対してPDCAサイクルの設備保全業務をサポートする機能を装備[3)]

IoTデータ収集機構　：無線センサなどのIoTセンサのデータを収集

オンライン設備診断装置：振動、温度などの情報から設備の異常を診断する[4)]

制御データ収集装置　：設備の制御データを収集する

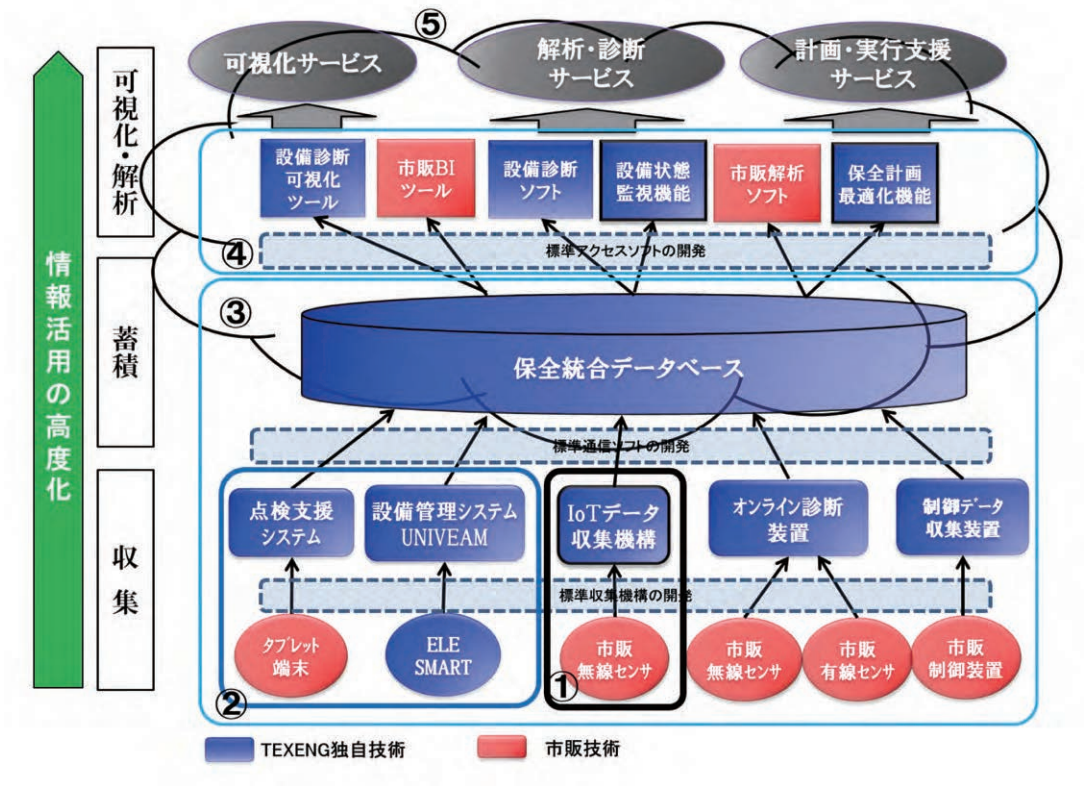


図1：TEX-MAISTER 構想図

2. TEX-MAISTER構想

図1にTEX-MAISTER構想を示す。TEX-MAISTERは、設備保全に係る機器の測定データや設備管理情報、設備点検情報、プロセス・機器の稼働情報、状態情報を総合的に収集し、総合的に可視化、解析・診断することで保全の強化に繋げることを目的としている。

TEX-MAISTARは、図中に示す①～⑤のステップに基づき開発を推進中である。

① 市販の無線センサを活用した設備状態データの収集
② 手動点検情報並びに設備管理情報の電子情報化
③ ①②並びにオンライン診断データ、制御ネット経由のプロセスデータ収集を含む「保全統合データベース（DB）」の構築
④ 保全統合DBを基盤とする、可視化・診断・支援機能の開発
⑤ 標準化およびクラウドサービス化の実現

現在、①～③の基本開発を完了し、④の開発に取り組んでいる。②のELESMART、UNIVEAMに関してはTEXENG Report 2018 No.001、2019 No.002において既に紹介していることから、本レポートでは①の無線センサの活用について詳細を述べる。

3. 設備保全における無線センサの位置づけ

図2は設備の保全について示したものである。TEX-MAISTERはこの中で、点検、診断を支援することを狙っている。設備の予防保全は、定周期で整備するTBM（Time Based Maintenance）で実施されるケースが多いが、設備の寿命推定

が難しいことや使用条件の変化への対応が難しいことから、整備周期が短く設定され、費用、時間などの負担が大きくなる傾向にある。また、人が実施する日常点検では、点検箇所が極めて多いことから巡回に時間を要し、数日に分けて実施するため点検頻度が低くなっている。人が実施する稼働中設備の五感（目視・聴音・触感など）点検についても、安全上、近くに立ち寄れない設備では、設備異常にかかわる予兆の検知が困難である。そこで、点検に無線センサを活用し、設備の状態変化を短周期で定量値のトレンドとして監視することで、異常の予兆を早期に検知することができる。この結果を元に、給油脂、増締めなどのメンテナンスアクションを早期に行なえば、設備を適正な状態に保つことにより、設備の長寿命化や突発故障の低減につなげることができると考えている。異常を早期に的確に検知することで、TBMからCBM (Condition Based Maintenance) へ移行し、不要なメンテナンスを削減する。(図3)

無線センサによる点検の効果を表1にまとめる。

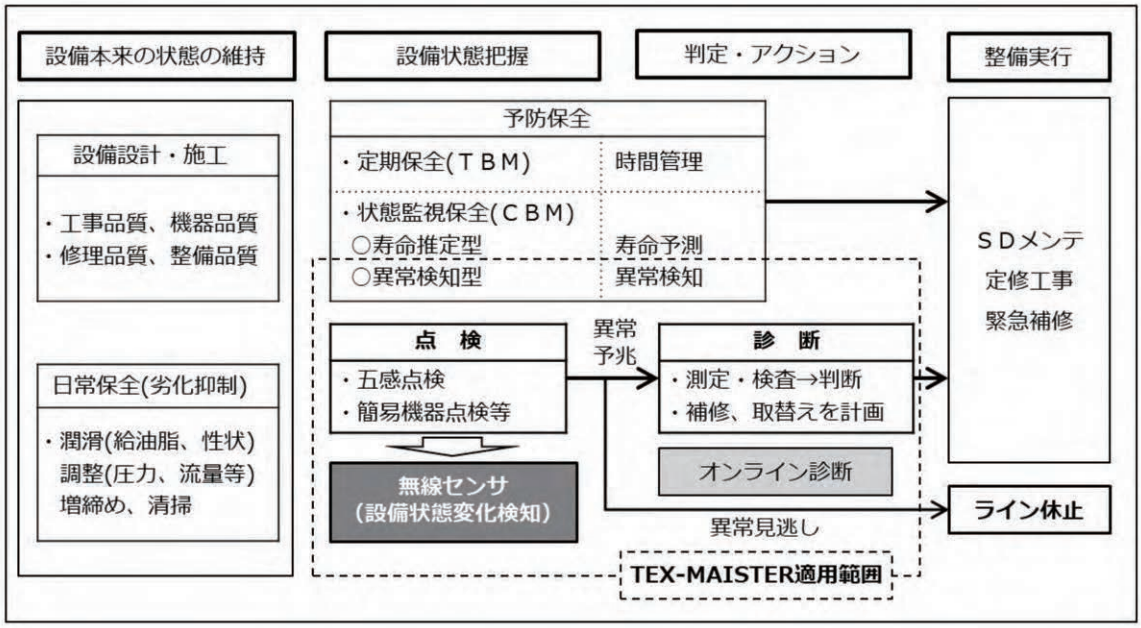


図2：設備保全におけるTEX-MAISTERと無線センサの位置づけ

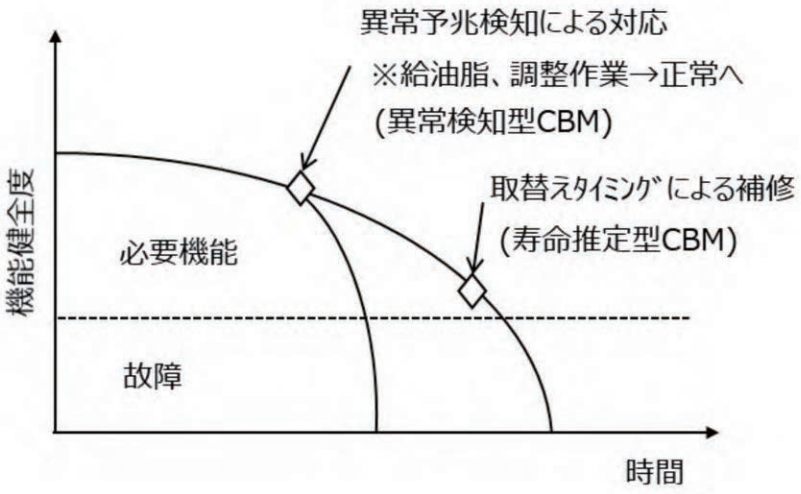


図3：使用時間と機能健全度劣化の関係

表1：無線センサによる点検に期待される効果

項　目	課　題	効　果
(1)要員	・要員不足等による点検密度の低下	○無線センサーによる同時多点測定
(2)設備近接性	・安全柵、環境等で点検困難箇所存在	○耐環境70℃の無線センサーで対応可能
(3)異常判断技能	・作業者の五感点検による判定バラツキ	○温度、振動値の定量的な把握による異常予兆判断
(4)点検頻度	・始業、巡回での点検のみで低頻度	○1min～10min程度の間隔での測定が可能
(5)傾向管理	・点検結果の傾向管理が困難	○傾向管理による設備劣化変化点の明確化

4. 無線センサとオンライン設備診断装置の位置づけ

無線センサと従来から使われているオンライン設備診断装置の特徴について述べる。無線センサは、電池式の場合は配線工事が不要なことから測定対象部への設置が簡単であり設置コストが安価であるが、電池の消費を考えると連続的な測定や多量のデータ伝送には不向きである。また、振動センサは有線センサに比べて測定周波数帯域が狭い場合が多い。一方、オンライン設備診断装置は、電源や信号を有線でやりとりする有線センサが使用されていることから、短い測定間隔で生波形のような大量のデータを測定することができる。振動測定の場合、測定周波数帯域が広い（0.1～40kHz）という特徴がある。しかし、有線であることから配線のための工事費用が必要である。

以上の特徴を踏まえた当社の無線センサとオンライン設備診断装置（有線センサ）の適用の考え方を図4に示す。当社では人による点検を強化したい箇所には無線センサを適用し、重要度が高い設備にはオンライン診断装置を設置することで少ないミニマムコストで設備保全が強化できると考えている。

5. 無線センサ

無線センサは、市販品を採用した。センサ仕様、ならびに外形写真を表2に示す。この無線センサシステムは、無線センサ（子機）で計測したデータをゲートウエイ（GW:親機）で受信し、上位にあるパソコンでデータを収集する構成となっている。電波環境が悪く、無線センサからGWまで直接データが届かない場合は、中継器を配置することで無線通信の安定性を確保する。

今回採用した920MHz帯の無線通信は、スマートメータなどの利用に向けて2012年7月から新たに国内で利用可能となった帯域無線である。特徴は、通信速度が低く大容量データの通信はできないが、電波の回り込み特性が良く長距離通信が可能なことであり、設備の多い工場でのIoTデータの収集には適している。

本センサは粉塵等の劣悪環境も考慮して小型で防塵防滴型を採用した。また、実証テストを基に、センサの固定は磁石もしくはネジ（M6）タイプを準備、脱落防止機能を付加するなど、工場内で使用しやすい構造となっている。

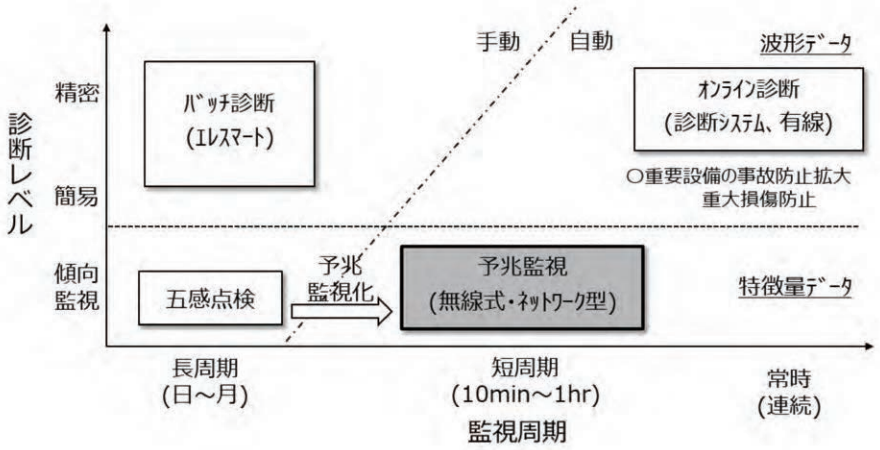


図4：無線センサと有線センサ（オンライン診断装置）の位置づけ

表2：無線センサ仕様と外形写真

センサ種類	振動センサ	温度センサ
通信手段	920MHz 特定省電力無線	
電池寿命（10分周期）	1.5年※	9年※
サンプリング周期	15,30s,1,5,10,30min,1,2,6,24hr	
計測点数	振動軸数1	熱電対2
センサー種類	圧電素子（10Hz～10kHz）	K型熱電対
特徴量	・上位5点（ピーク加速度、周波数） ・加速度RMS、尖り度 ・温度（0～85℃）	・温度　−20～200℃（測定分解能0.1℃）
防塵・防水性	IP65相当	
写真	38×24×38mm 	65×52×27mm

※25℃環境での参考値

6. 無線センサ実用評価結果

▶6.1　電波環境調査と通信環境の構築

工場内では様々な周波数帯の無線が利用されている場合が多いことから、無線センサの使用に際しては、工場内の干渉する電波の有無をスペクトルアナライザーなどの測定器を用いて確認する電波環境調査を行う。既に利用されている周波数帯がある場合は、周波数チャンネルを調整し干渉を回避する。

920MHz帯は、無線LANで使用されている2.4GHz帯や5GHz帯と比較して周波数が低いことから電波の回折効果が大きいため、設備の陰で電波の届きにくい工場内での使用に有利である。しかし、広い工場では、GWとセンサ間の距離が長くなるケースや工場内の設備が障害となるケースがあり、電波が減衰する場合は、適宜中継器を設置しデータ通信の安定化を図る。

本システムは複数の中継器の設置が可能なことから、製鉄所のような広い工場での利用が可能である。

▶6.2　設置方法

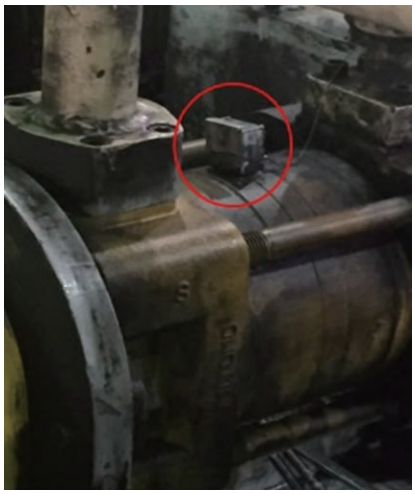
写真1に無線センサ（振動センサ）の設置例を示す。本例では磁石で吸着させるタイプを使用しており、設置が容易である。また、万が一の脱落時でも設備トラブルにつながらないように脱落防止用の対策も実施した。

▶6.3　評価結果

自社工場に100台規模の無線センサを設置し、工場内で安定的に使用可能か1年間に渡り評価した。

本無線センサは、電池の消耗を抑えるため子機からGWに通信が届かない場合でもGWから子機にデータの再送を要求しない通信手順をとっており、再送無しでも必要レベルのデータを確実に収集できるのかという懸念があった。しかし、前述のように通信環境を適正に構築することで99%以上の信頼性でデータを収集することができた。当社では、この値は点検の代替として使用するには十分な値であると考えている。

図5は測定結果の一例であり1か月間の測定結果を示している。図5（a）は振動センサによる測定例であり左縦軸は温度



（a）振動センサを油圧ポンプに設置（設置半年後）

（b）温度センサ（熱電対）をアキュームレータに設置

写真1：無線センサ設置例

（a）振動データ

（b）温度データ

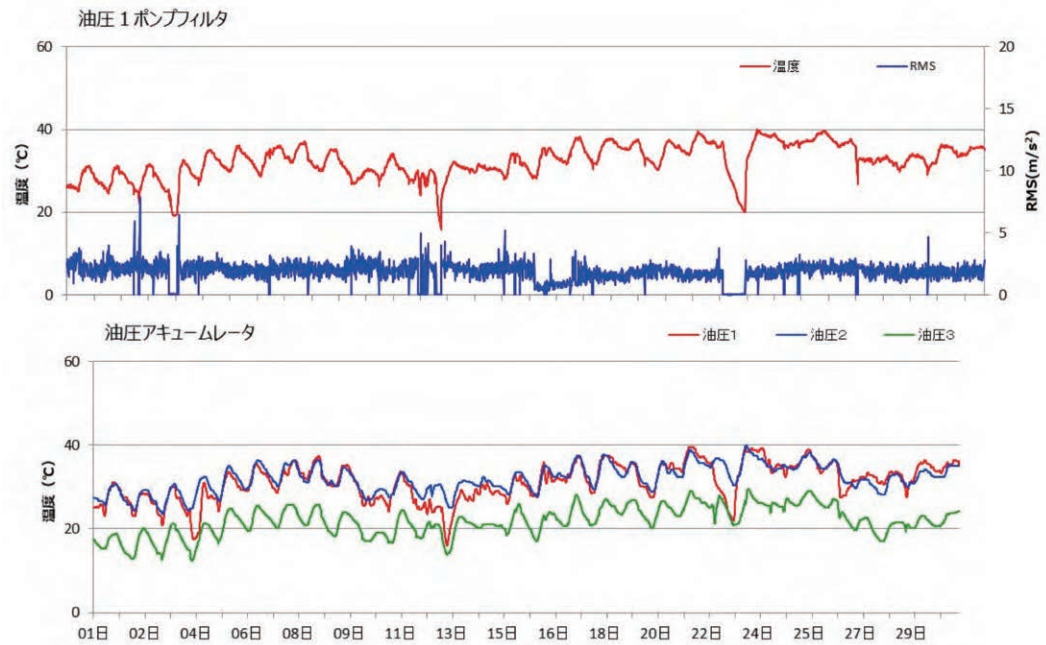


図5：収集データの一例

(℃)、右縦軸は振動の実効値 (m/s^2) である。また、(b) は温度センサ (熱電対) による測定例であり縦軸は温度 (℃) である。振動センサの測定例では、振動値の動きに温度も追従していることが分かる。本設備は定期点検時などに設備の稼働を止めるが、停止時には振動が停止し温度も遅れて低下している。温度センサの測定例では、油圧1, 2に比して油圧3のアキュームレータ温度が低い傾向にあることが分かる。この結果をもとに設備調査した結果当該アキュームレータに不具合があることが判明した。

7. 設備状態監視システム

無線センサによる設備状態監視システムは他メーカからも提供されているが、製鉄所のような大型工場において多数のセンサを使用する場合に適したシステムは限られている。そこで当社では小規模から大規模までのお客様の要望に対応可能な独自の設備状態監視システムを開発した。図6にシステム構成を示す。本システムの特徴は、920MHz帯の使用可能チャンネル数である16チャンネルに対応し最大16台のGWを接続できることである。1台のGWには80台の子機の接続を可能とし、1000台レベルの子機のデータを収集し監視することができる。920MHz帯無線の規格により通信容量には制約があることから、測定間隔と1台のGWに接続できる子機の台数にはトレードオフがあり、当社では目的に応じたシステム設計を行っている。

図7に表示画面例を示す。マップ表示、警報画面、トレンド画面から構成されている。信号値が設定した値を超えると警報が表示されるようになっており容易に設備の状態を監視することができる。

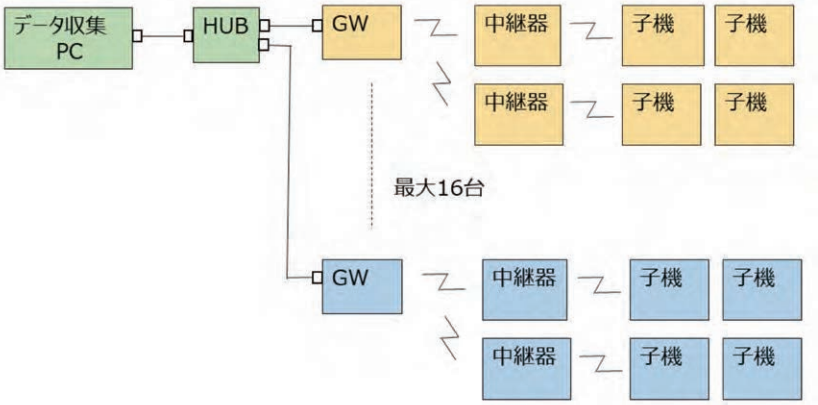


図6：設備状態監視システム構成

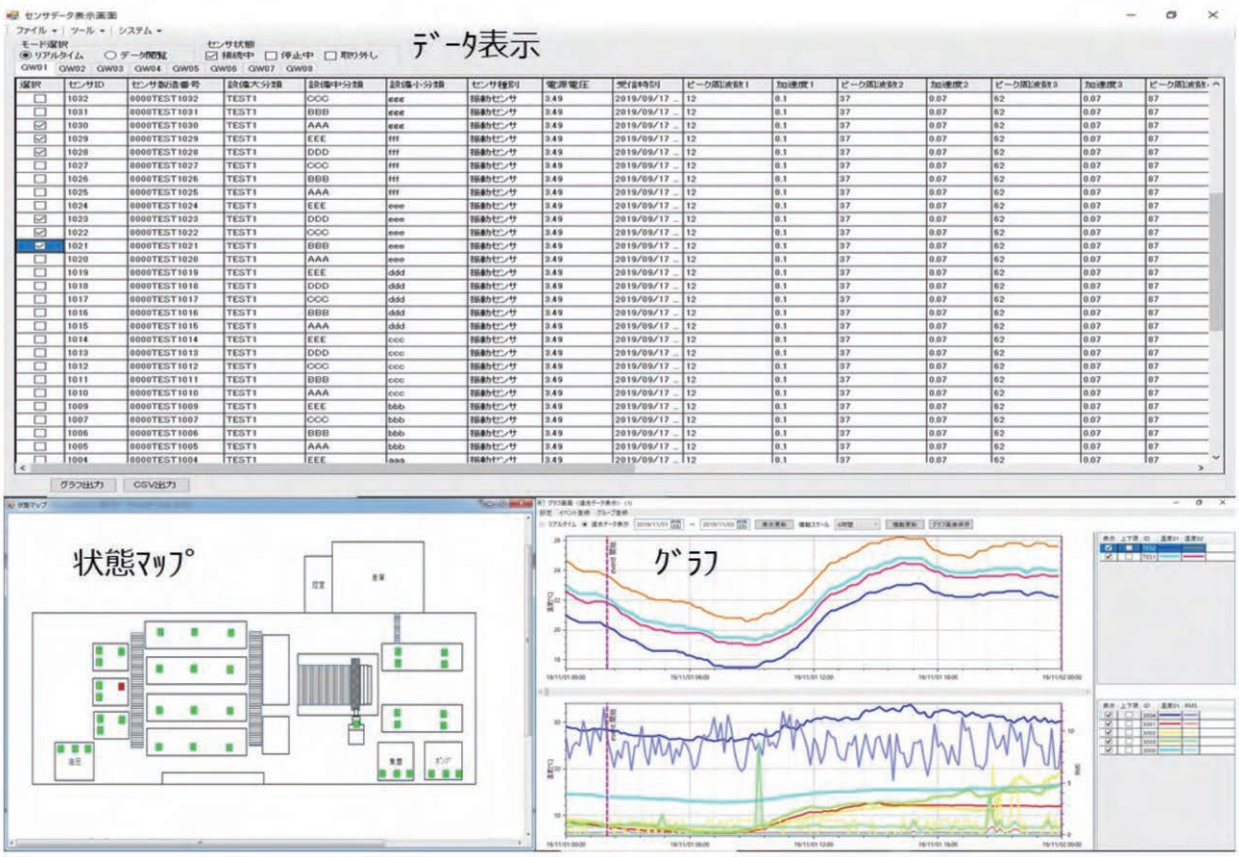


図7：表示画面例

8. 今後の展開

当社では今回紹介した振動、温度を収集する無線センサの自社設備への適用拡大を進めており、実設備への適用ノウハウの蓄積に努めている。この結果を踏まえ以下の取り組みを進めて行く。

(1) 無線センサによる設備状態監視システム販売

自社ノウハウを基にし、トレンドグラフによる傾向監視、異常個所の特定を容易にするマップ警報など現場目線のシステムを2020年度にリリースする予定である。更に、以下の開発成果を逐次反映し機能強化に努める。

(2) データ解析機能強化

今回紹介した無線センサデータのみならずデータベースに蓄積した多様な実績データ、点検情報、故障履歴情報などの解析機能を強化し、予兆検知に向けた複合診断技術の開発を進める。

(3) 計測対象拡大

現行自動計測されていない異音点検、設備全体温度分布等について音響センサ、赤外線サーモカメラ、アナログセンサ等により自動計測化を進める。

9. おわりに

本レポートでは、当社で進めている総合保全システム“TEX-MAISTER“の開発について報告しました。当社では、お客様が要望されるデータが容易に収集できるシステムの実現のみならず、解析・診断機能を始めとしたTEX-MAISTERの上位機能の開発強化につとめ、お客様の保全ニーズに答えていきます。

＜謝辞＞

TEX-MAISTER開発に際し様々なご協力をいただいております多くの関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

1) 産業新聞社：鉄鋼新経営-2020年以降を見据えて-新藤孝生氏 総合再編シナジー引出す, web版産業新聞,2019.1.9
2) 村山恒美：多機能ポータブル診断器“エレスマートX”の開発によるオフライン診断の進化, TEXENG Report 2019 No.002 (2019)
3) 日鉄住金テックスエンジ株式会社：設備保全管理システム「UNIVEAM Ver3.0」のご紹介, TEXENG Report 2018 No.001 (2018)
4) 日鉄テックスエンジ株式会社：WEBサーバ機能搭載診断装置, http://www.tex.nipponsteel.com

※TEX-MAISTER, ELESMART／エレスマート, UNIVEAMは日鉄テックスエンジ株式会社の登録商標です。

お問い合わせ先

電計事業本部　営業部

TEL 03-6860-6625