

■ 設備兆候の話の章

全社デジタル化推進 工場連携チーム 設備兆候管理の取組み

Companywide Factory DX Predictive Maintenance

駒田 和史 ^{*1} Kazuhito Komada	藤巻 勲 ^{*2} Isao Fujimaki	佐藤 俊作 ^{*2} Shunsaku Sato	東村 卓哉 ^{*1} Takuya Higashimura	仙石 友彦 ^{*3} Tomohiko Sengoku	高井 幸輝 ^{*3} Koki Takai	井上 雅昭 ^{*3} Masaaki Inoue
都築 浩志 ^{*4} Hiroshi Tsuzuki	市川 慎一郎 ^{*1} Shinichiro Ichikawa	成瀬 文規 ^{*2} Fuminori Naruse				

*1 ITデジタル推進部 *2 生技開発センター *3 品質統括部 *4 自動車事業部 生産技術部

1 はじめに

2021年9月～12月、事業部長含む14名の役員とともに、当社の現状や未来、そして危機感を共有し、デジタル時代のあり方を討議した。ものづくりを軸とする競争力強化に向け「工場」「開発生準」「人材育成」を注力領域と定め、全社横串活動を開始した。本稿では2022年度より具体的に動き出した工場連携チームの活動を取り上げる。

工場連携チームの役割である「個別事業部で進めるのが困難な共通課題を見定め、対応すること」に対して、主に生産技術部門長を中心とする各事業部リーダーと全工場を現地現物で確認し、共通課題を見定めた。各事業部が「設備兆候管理」に取り組み始めているものの、ツールや手法に悩みながら、それぞれのやり方で多くの時間をかけていることが明らかになった。そこで「設備兆候管理」を全社共通課題の一つに設定し、全事業部と本社が一体となり効率的な設備兆候管理の実現を目指して活動を開始した。

2 概要

2023年1月に「設備兆候管理研究会」を立ち上げ、各事業部の生産技術部・製造部門の実務担当者と本社メンバーでの協議を開始した。まず勉強会を開き、異なる背景を持った研究会メンバーとスタート地点を合わせるために、自動車事業部の事例をもとに整理した設備兆候管理の基本となる考え方を説明した。次に検討会を実施し、各事業部の

取組事例を共有し、困りごとの内容や共通性、重要性を確認した。最後にまとめとして、汎用化する機能やツールの選定と開発日程を策定し、本社機能部門の3部署（生技開発センター、ITデジタル推進部、品質統括部）で機能開発を開始した。

2.1 勉強会

自動車事業部生産技術部とITデジタル推進部とで準備した、設備兆候管理の「ねらい」のほか基本となる考え方や言葉の定義等を「とる」「ためる」「活用・フィードバックする」「運用保守」の4つの切り口で説明し、認識合わせを行った。例として、設備兆候管理の狙いは以下2ケースを対象とすることと定めた。

- ・ケース1. 設備故障の予知：設備異常の兆候を早期発見し、故障を未然防止することで可動率の向上に貢献する（図1）。

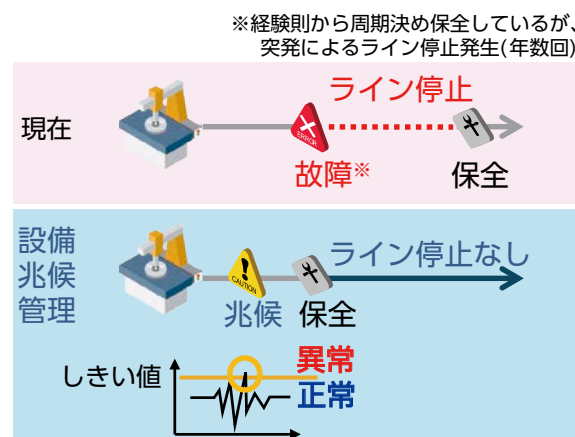


図1 設備故障の予知
Fig.1 predictive maintenance

・ケース2. 製品品質の予測:設備データから全数品質予測することで、従来の抜取検査に比べ品質保証の向上に貢献する(図2)。

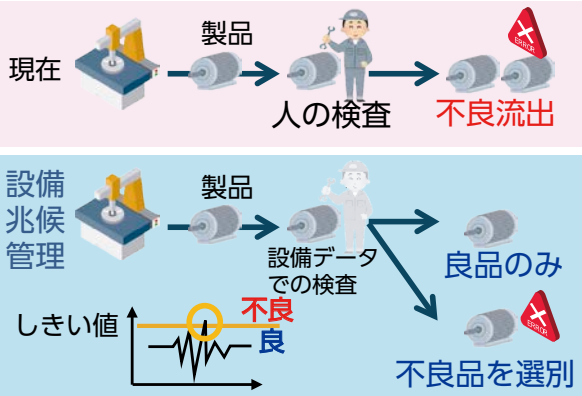


図2 製品品質の予測
Fig.2 quality prediction

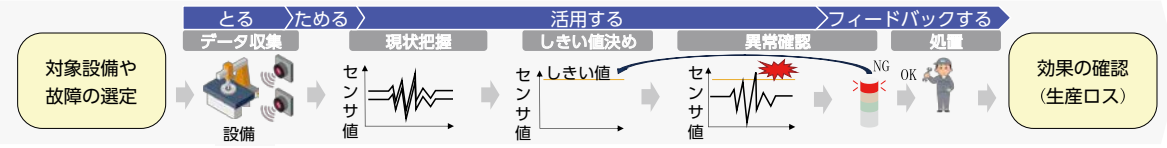
2.2 検討会

各事業部の取組事例を通じて、進捗状況や困りごとを共有した。困りごととして「古い設備からはデータが取れない」「取ったデータの分析の仕方が分からない、手間がかかる」などがあることが分かった。収集したこれらの困りごとに対して共通性や重要性を確認した。

2.3 まとめ

勉強会・検討会を経て汎用化すべき機能やツールを選定し、図3のように本社機能部門の3部署それぞれの役割に応じて、事業部と協業で汎用機能・ツール開発を進める大日程を策定し、2023年4月より開発を開始した。優先順位の高い機能から事業部のモデル設備と協業で開発し、社内実証実験を通じて有効性が認められた機能を順次リリースすることとした。

▽業務の流れ



▽役割分担

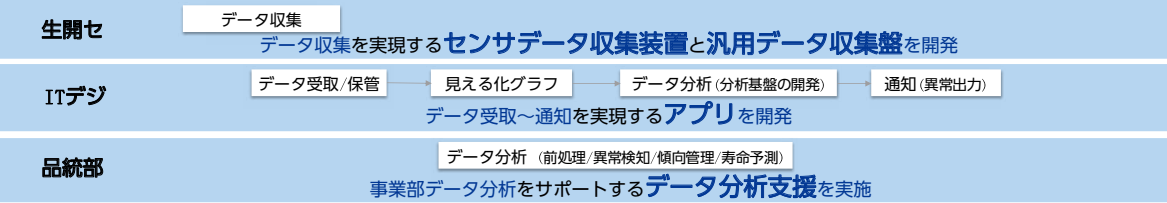


図3 業務の流れと役割分担
Fig.3 Work flow and Role division

3 汎用機能

3.1 データ収集(担当:生技開発センター)

設備兆候管理を行ううえで、まずはデータを取得する必要がある。検討会を通じて見えてきた各事業部のニーズに応えるため、生技開発センターでは2種類のデータ収集装置を開発している。

1) センサデータ収集装置

前述の検討会で見えてきた課題の一つが、Programmable Logic Controller (以下PLC) やセンサを持たない設備からのデータ取得であった。そういった設備は古いものが多く故障が懸念されるため、設備兆候管理を行う優先度が高い。

PLCやセンサを持たない設備からデータを収集・可視化して分析する装置やシステムは既に市販されており、一部導入が進んでいる事業部もある。しかし、それら市販品を他の事例に展開しようとすると、機能・性能ですべてを満足するものがなく、高コストであることが検討会で分かってきた。

そこで検討会を通じて必要な機能とスペックの洗い出しを行い、事業部ニーズに対して汎用的なセンサデータ収集装置を開発することにした。図4にセンサデータ収集装置の構成図を示す。設備や環境の情報を収集できるセンサユニットを対象に応じて自由に組み合わせて使用することができる。例えば、設備のモータの消費電力、温度、振動などを連続で同時に取得し送信することができる。データ取得と送信に機能を絞り込むことで低コスト化(ベンチマーク機の半分以下)を可能にし、当社の工場全体への迅速な普及を狙っている。

送信したデータは後述の全社IoT基盤に蓄積することができ、必要な分析・処理を行うことができる。

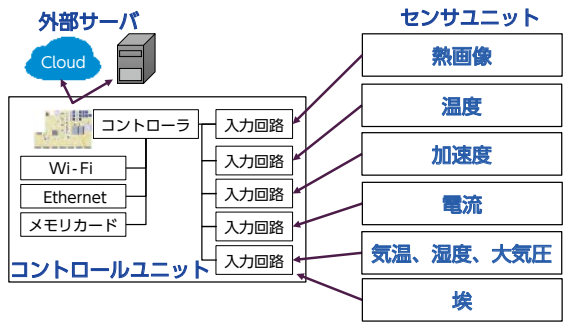


図4 センサデータ収集装置
Fig.4 Sensor Data Acquisition Equipment

2) 汎用データ収集盤

検討会で洗い出したデータ収集のもう一つの課題が、PLCやセンサを持つ比較的新しい生産設備からの大規模なデータ収集である。

既に一部の事業部では、データ収集用のPLCを設置して、データ収集、紐づけ、ファイル化、上位サーバへの送信の役割を担わせている。一方、さらにデータ収集を迅速に展開するためには、適切な機器選定やその設定方法習得、プログラム作成の難しさ、技術・ノウハウの属人化など問題が多いことが分かった。

これらの問題に対応するため、汎用データ収集盤を開発した。生産設備の制御機器としてもなじみのあるPLCを核として、標準化された機器構成をあらかじめ選定、パッケージ化することで、機器選定の検討工数を削減する。さらに、データ収集、ファイル化、転送処理におけるプログラミング部分も併せて標準化することで、諸元設定のみで容易にシステム構築可能となった。標準化することで全社IoT基盤へのデータ送信を容易に構築でき、データ分析・処理の構築を迅速に進めることが可能となった(図5)。

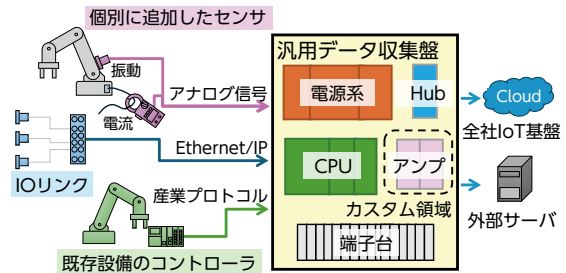


図5 汎用データ収集盤 構成例
Fig.5 General data collector configuration

3.2 アプリ開発(担当:ITデジタル推進部)

1)概要

データの「とる」「ためる」「活用・フィードバック」「運用保守」は設備兆候管理において必須のステップである。これらを実現するためには、サーバやネットワークなどのインフラ技術、およびデータの前処理や解析・可視化に関するプログラミング知識が求められ、個別事業部での進捗が困難であるという声があった。そこで、2023年度から専門知識に精通していない人でも直感的な操作でこれらのステップを実現できる設備兆候管理アプリを、全社IoT基盤を用いて開発し、2024年1月にVer.1をリリースした(図6)。

Ver.1では、検討会にて確認した「データ分析や処理の自動化ニーズの高い機能(表1)」を順次開発・実装した。現在、各テーマの社内実証でこれらの機能の有用性を評価中である。

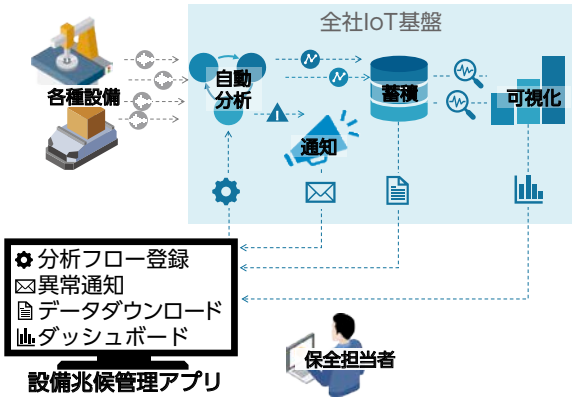


図6 システム構成
Fig.6 System configuration

表1 実装済みの機能一覧
Table1 Implemented Analysis Functions

分類	機能名
前処理	スケール変換
前処理	外れ値除去
前処理	不要行削除
前処理	移動平均
特徴量化	標準特徴量計算(最大値・最小値など)
異常検知	しきい値異常検知
異常検知	ガードバンド異常検知
寿命予測	線形回帰

2)社内実証の例

社内実証は、①分析ロジックの検討、②分析ロジックの実装、③実運用テスト、④機能分割(汎用化)、⑤他テーマへの展開(汎用性の検証)という流

れで進めている。

例えばエンジン事業部ではボアホーニング設備のオイルシール寿命判定について、寿命判定ロジックを品質統括部とエンジン事業部で考案(図7)、それを設備兆候管理アプリ上に実装しており、WEB画面から処理フローを設定でき、そのフローに従って自動でデータを処理できる。

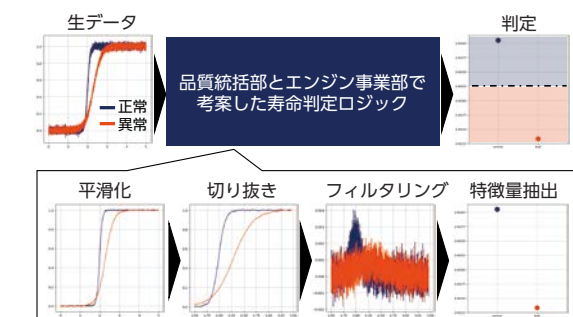


図7 データ分析の流れ
Fig.7 Data analysis flow

3) 今後

2024年4月からは、Ver.1を実運用に堪えられるように操作性・運用コスト・保守性・セキュリティ等を改善したVer.2の開発にも着手している。例えば操作性についてVer.1ではデータ分析のフローを登録する際に実行順が分かりづらいという問題があった。そこでVer.2では登録した処理フローが直感的に分かるようなユーザインターフェース(UI)を検討している。2024年10月からVer.2の社内実証を開始し、実運用に問題ないことを確認したうえで、2025年1月より全事業部へのリリースを予定している(図8)。

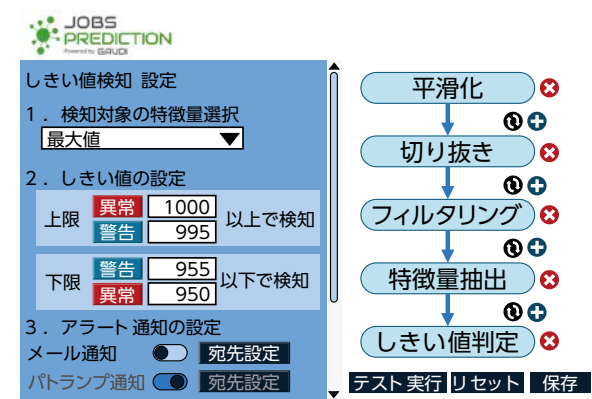


図8 UIの改良イメージ
Fig.8 Image of the improved UI

3.3 データ分析支援(担当:品質統括部)

1) 概要

製造業におけるデータ分析は、分析対象に対する専門知識(以下、ドメイン知識)が不可欠である。特に、当社にはさまざまな事業部があり、多岐にわたるドメイン知識が存在する。そのため、単に各事業部の分析結果や分析手順を共有するだけでは、十分に活用されない課題がある。さらに製造部門で実際に活用されるためには、分析結果や分析手順の理解しやすさも重要である。品質統括部では、後述する汎用的なモデル設備に対して、現場で活用可能な分析を行い、上記の課題に対処する。以下では、2023年度のモデル設備に対する分析結果を紹介する。

2) モデル設備の概要

モデル設備として自動車事業部の6軸ロボットを選定した。6軸ロボットは各事業部に数多く存在するため横展開性を見込むことができ、特に、自動車事業部の工場は多くのロボットが存在するため保全工数が多く、停止時の損失費用も大きいことが選定理由である。図9に分析対象のロボットと異常発生箇所、取得データの概略を示す。取得データは電流値と軸値である。電流値は各軸の減速機が消費する電流、軸値は各軸の座標を示す値である。各軸の減速機内歯車の摩耗を異常とし、定期保全検査で異常と判定されたデータを異常、異常判定後に部品を交換、かつ、検査で正常と判定されたデータを正常とする。

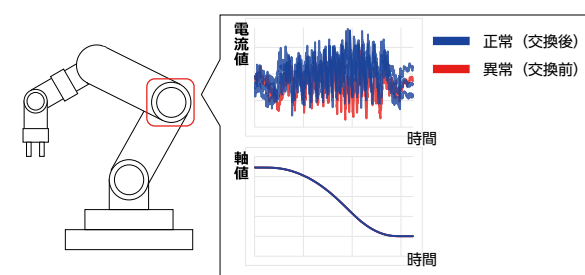


図9 分析対象
Fig.9 Facility for data analysis

3) アルゴリズム概要とその結果

本分析では、分析対象である軸の異常の検出に有効な予測アルゴリズムを検討する。次に、他軸に適用可能か検証し、その検証結果からアルゴリズムの有効性を評価する。分析では、保全検査で異常と判定後、部品が交換され正常に復帰した直後の

データを正常データとして用いる。本分析では部品交換前後での予測結果から有効性を評価した。以下に、アルゴリズムとその検証結果を示す。

(1) アルゴリズム概要

- 図10にデータ分析の流れと予測結果を示す。分析の流れの詳細は下記の通りである。
- ①正常と異常のパターンを明確にするため、ドメイン知識に基づいたデータ前処理を適用する。季節変動の影響を低減する前処理と、異常が引き起こすロボットの動作の変化を強調する前処理を電流値に対して適用する。
 - ②教師なし学習を用いて異常度を予測する。フーリエ変換適用後の電流値の Q 統計量、 T^2 統計量を算出^[1]し、正常データから導出した正常範囲からの差異を異常度とする。
 - ③異常度を管理図の運用に従い、判定を行う。

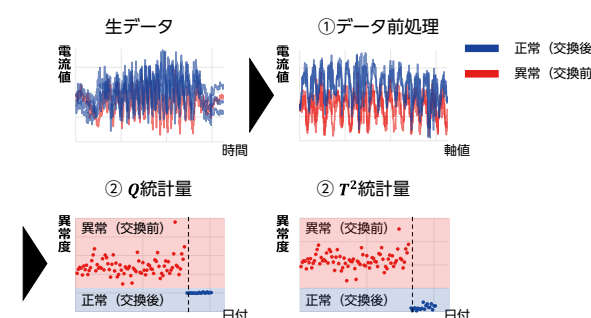


図10 データ分析の流れ
Fig.10 Data analysis flow

(2) 他軸における検証結果

検証対象である他軸においても、部品交換前後で同様の傾向が確認された。

4) 今後

2024年度は、本アルゴリズムを応用し、他事業部のロボットへの分析支援を実施している。概要で述べた通り、現場活用を見据えたデータ分析は、ドメイン知識に拠ることが多く、単に分析結果や分析手順の共有および、ツールの展開だけでは活用には至らない。品質統括部では、上記の分析支援に加え、各事業部においてデータ分析を自立して実践する人材育成に努め、活用を推進する。

4 まとめ

従来の各事業部の各テーマに対して、それぞれが個別に取り組む状況に対して、今回は事業部と協業しモデル設備にて機能開発することで、効率的に活用できる機能開発を行った。

また、生技開発センターが開発した装置を用いてデータを収集し、ITデジタル推進部が開発した基盤にデータを蓄積・可視化し、品質統括部が開発したデータ分析アルゴリズムをITデジタル推進部が開発したアプリによって活用する一連のプロセスを確立することで、シナジー効果の創出に貢献することができた。

今後も事業部と本社が一体となり、機能開発と設備導入を進め、各テーマの課題解決の加速と横展開による効果の最大化を目指して活動していく。

謝辞

この活動に多大なるご指導、ご支援、ご協力をいただきましたすべての社内外の皆様深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 特集 地図を描く・風景を眺める--主成分分析・多次元尺度法とその周辺. 統計数理 = Proceedings of the Institute of Statistical Mathematics. 49(1) (通号 93) 2001,p.1~153.

著者紹介

