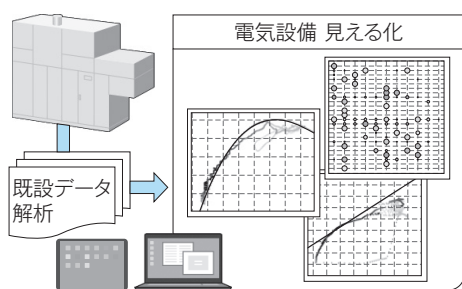


監視データ解析による電気設備状態の見える化

外田 脩 Osamu Toda

キーワード インフラ、電気設備、データ解析、見える化、異常検知、故障予兆

概要



データに基づく設備状態の見える化技術

当社は電気設備の状態基準保全（CBM：Condition Based Maintenance）への移行を目的に、クラウドメンテナンスサービスを提供している。本サービスの機能として、監視データを活用した電気設備の可視化（見える化）機能を開発した。具体的な見える化の活用例として、(1) 警報ログを用いた大域的な設備状態の可視化、(2) 監視データを用いた熱交換器の故障予兆、(3) 回転機の異常検出を示した。本機能は監視データを基本として開発しており、対象設備を限定しない。見える化機能の活用で、監視データによる状態基準保全への転換を促すことができる。

1 まえがき

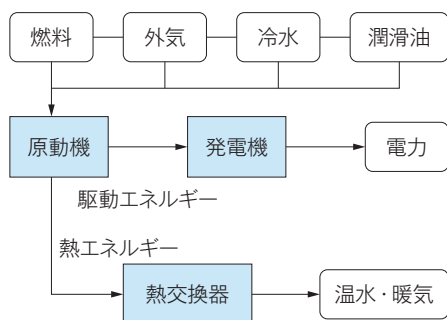
当社は国内外の公共・産業分野に電気設備・システムを納入し、社会インフラの基盤構築に貢献してきた。これら電気設備は品質・性能を維持するため、定期的な点検保守や時間管理保全（TBM：Time Based Maintenance）が一般的である。近年は、経済性や管理効率化の観点から状態基準保全（CBM：Condition Based Maintenance）への移行が始まっている。CBMを実設備に適用するには健全性を高精度に診断する技術・ツールが必須である。そのため、電気設備に各種センサを取り付けることで、多種・多量の計測データを収集・蓄積・分析する技術開発が進行している。一方、既存設備にセンサを追加する改造が、導入効果や費用面から非経済的となる状況がある。本課題の解決方策として、既設のPLC（Programmable Logic

Controller）・SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）などの制御・監視システムから収集するデータ（監視データ）の活用を考える。監視データのみで解析ができれば、既存設備のCBMに対応する領域を拡大できる。

当社は、既設設備のCBM実現に向けて、監視データを中心とする解析・状態監視機能（見える化）を開発・構築した⁽¹⁾⁽²⁾。本稿では、実設備における見える化の事例をとおして、既設電気設備における高度保全技術の取り組みを紹介する。

2 監視対象：コージェネレーション設備

実検証として、某施設で運用されているコージェネレーション設備（以下、コージェネ設備）の監視データを用いる。監視データは、当社カスタマーセンターのリモート監視サービスで使用したもので、



第 1 図 コージェネ設備構成

コージェネ設備は、複数の機器で構成される。機器の間には、多様な要素（燃料・冷水・エネルギーなど）が伝達される。各要素を計測することで、設備や運転の状態監視に活用されている。

「警報ログ」と「計測データ」がある。今回、当設備の管理部門の協力の下、過去に得られた監視データを見える化した。第 1 図に対象となるコージェネ設備の構成を示す。当設備は、当社製発電機を中心とするディーゼルエンジン・熱交換器などの複数機器で構成される。本設備の設計段階から数十種類の項目（電力・温度・圧力・流量など）を監視するシステムが搭載・運用されていた。多数の監視項目があるものの、機器が複雑に連携するコージェネ設備では、ルールベースの判定による状態評価は困難である。そのため監視データによるCBMには、データ駆動型解析に基づく高精度な見える化が必要となる。

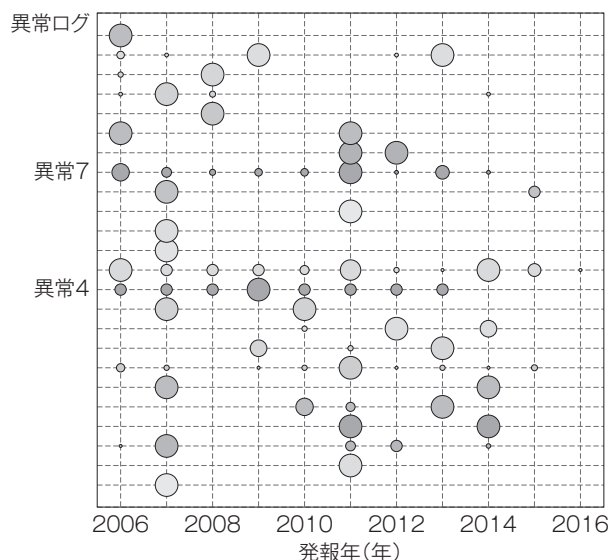
3 見える化

監視データに対する解析・見える化の事例を以下に示す。

3.1 警報ログを用いた可視化

監視データのうち警報ログには、過去に発生した異常に関する情報が保存されている。内容は多種多様で、目視による規則性の抽出は困難である。当社は蓄積した警報ログを監視ディスプレイに一括表示させることで、異常に関する大域的傾向の見える化を試みた。

第 2 図にバブルチャートによる設備状態の見える化の結果を示す。バブルチャートは、異常要因ご



第 2 図 バブルチャートによる設備状態の見える化

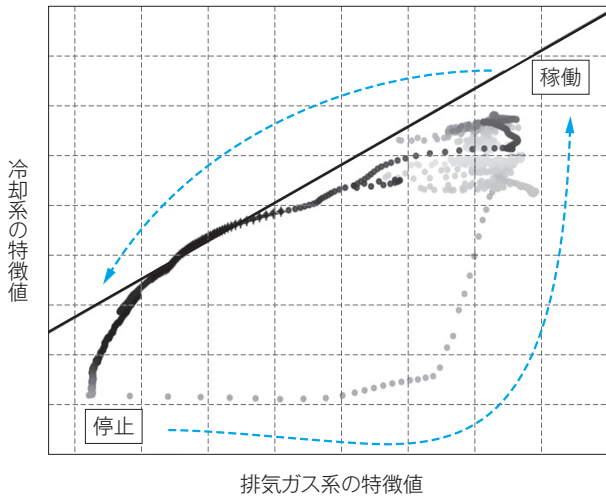
異常別・発報年別・発生件数ごとに警報ログを振り分けることで監視対象の設備状態を明示化する。

との発生頻度を1画面に表示する。要因の発生頻度はバブルの大小で表現される。各事象のバブルは、時間を単位とする横軸に配置する。このチャートは、設備に内在する大域的な異常要因（設備状態）を客観的に見える化する。警報ログに着目すると、異常4と異常7が慢性的な警報と確認できる。一方、発報年に着目すると、2007年と2011年に警報が多かったことが分かる。これは突発的故障の発生、特殊な運転オペレーションが実施された結果である。このように本機能によって、保守員が経験によって把握してきた設備の「クセ」を明示することができる。

3.2 熱交換器の故障予兆

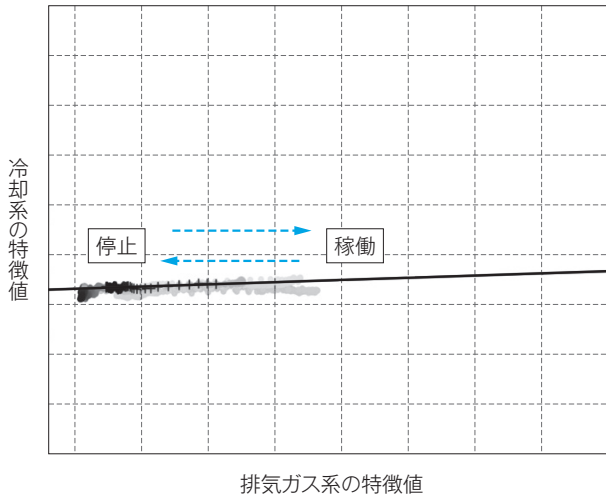
ログの見える化で明らかになった異常4・7は、熱交換器に関連する警報である。そこで、熱交換器に関する計測データを複数選択し、データ解析・信号処理をした上で見える化を試みた。

第 3 図と第 4 図に熱交換器の見える化の結果を示す。一日の監視データを基に、解析結果を散布図として見える化した。横軸は排気ガス、縦軸は冷却系統の状態を表す特徴値である。第 3 図の正常運転日と第 4 図の故障前日と比較すると稼働・停止過程で冷却系と排気ガス系の特徴値の関係が大きく



第3図 熱交換器の見える化（正常運転日）

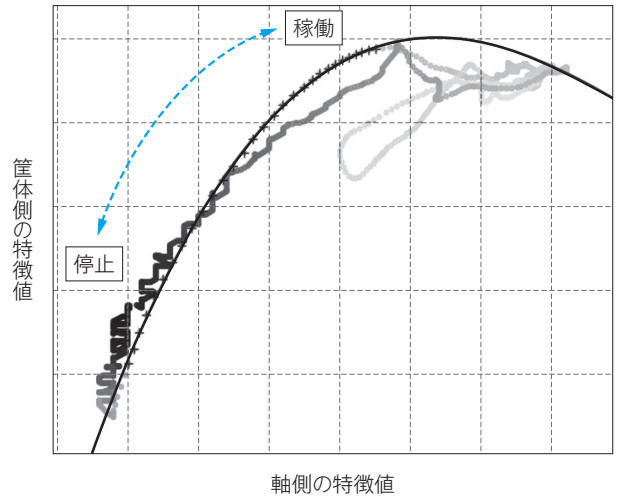
運転動作に対して、冷却系と排気ガス系の特徴値はともに時間変化する。その結果、散布図は円状の軌跡を示す。



第4図 熱交換器の見える化（故障前日）

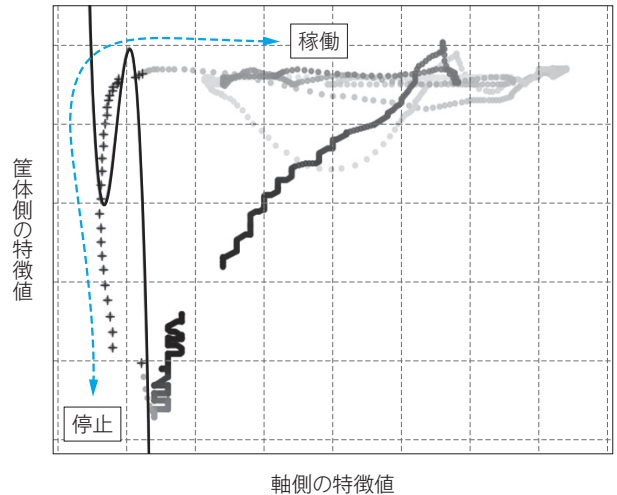
故障前日は運転状態によって排気ガス系の特徴値は変化するが、冷却系の特徴値は変化しなかった。そのため散布図の軌跡は非円状となった。正常日と比較することで故障予兆ができる。

異なることが分かる。このとき設備の実績記録から、冷却システムの不調に起因する故障が慢性的に発生していたことを確認した。この変化は故障前日まで数週間前から始まるので、見える化の結果を日々比較評価することで故障を予兆できる。この故障は、単一データの変化を監視する方法では検出が困難である。当社では、複数の既設監視データを組み合わせて解析することで、項目間の関係性の崩れに基づく設備状態を見える化できた。



第5図 回転機の見える化（正常運転日）

異なる監視設備（回転機）に対して、軸側・筐体側の特徴値がともに時間変化する。散布図は、孤の軌跡を描いた。



第6図 回転機の見える化（異常日）

異常日は、筐体側の特徴値に変化が生じた。その結果、散布図が孤の軌跡を描かず、正常時と異なる形状となる。このように散布図が描く軌跡を評価することで、設備状態監視の高度化に寄与する。

3.3 回転機の異常検出

本手法はデータ駆動型解析で、異なる対象機械でも状態の見える化に活用できる。第5図と第6図に回転機の見える化の結果を示す。これは回転機の異常を検出した事例である。横軸は軸側の特徴値、縦軸に筐体側の特徴値を与える。第5図の正常運転日は、運転・停止時に、軸側・筐体側ともに数値が緩やかに上昇する傾向を示している。一方、第6図の異常日は、軸方向の上昇過程に対して縦軸の応答

が変化し、通常と異なる挙動を示している。この異常は複数回発生したことが警報ログに記録されていた。また、警報ログに記録がない日でも、見える化によって同様の挙動を検出した。このように見える化によって、既存方法で検出が困難であった異常に対応できることを示唆している。

4 むすび

監視データから設備状態の可視化・故障予兆・異常検知を行うデータ駆動型の見える化機能を紹介した。本技術は、当社のメンテナンスクラウドの一部としてサービス化している。

今後も社会インフラのCBM普及によって、設備の高度保全・運用の効率向上・現場の負荷軽減に向けた技術開発を継続していく。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

- (1) 外田：「VMSを用いたSCADA監視データの見える化」, 数理システムユーザーコンファレンス2017, 2017
- (2) 外田：「コージェネレーションシステムを対象とする設備保全のためのデータ解析」, 電気学会 システム研究会, ST-19-012, 2019

《執筆者紹介》



外田 脩
Osamu Toda

ICT 統括本部開発部
ICT・IoT関連製品の開発に従事