

# 高度保守サービスに貢献する 予兆診断システム

Anomaly Detection System for Advanced Maintenance Services

鈴木 忠志

Suzuki Tadashi

渋谷 久恵

Shibuya Hisae

野田 統治郎

Noda Tojiro

鈴木 英明

Suzuki Hideaki

予兆診断システムは、保守サービスのノウハウとデータマイニング技術を組み合わせ、機器の状態変化に応じて適切な診断を行うシステムとして開発したものである。このシステムを活用することで、従来は専門知識を有する技術者が必要だった設備状態診断の自動化が可能となる。また、高い確度で予兆を検出することにより、生産設備の予定外停止による損失の回避や稼働率の向上が期待できる。さらに、設備状態に合わせた適切な保守を行うことで保守管理の手間やコストを低減できる。このシステムの適用範囲を広げることによって、高度保守サービスの実現が期待できる。

## 1. はじめに

最近のICT (Information and Communication Technology) 技術の進歩で、膨大な運転記録データやセンサーデータを容易に保存できるようになり、多くの機器・システムにおいてこれらのログデータが保存されている。しかし、多くの場合、これらの蓄積された電子データは有効活用されていないのが現状である。蓄積された多量のデータ (ビッグデータ) の中には、その機器・システムのさまざまな情報が含まれており、これらを有効活用することで、機器の状態変化やトラブルを事前に把握することが可能となり、

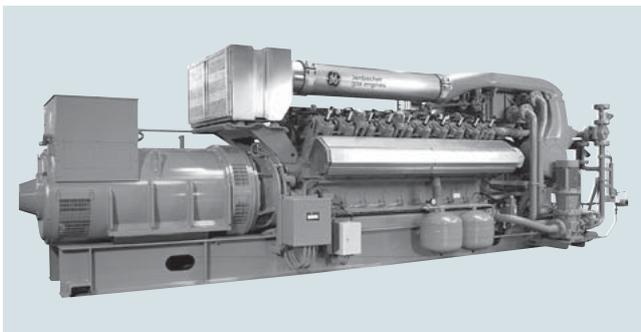


図1 | ガスエンジン小型発電設備

オフィス・病院・ショッピングモールなどに設置されており、発電出力は、300 kW~2,400 kWのタイプがある。

信頼性の高い稼働を実現することができる。

株式会社日立パワーソリューションズは、保守サービスの高度化をめざし、ビッグデータの中から有意な情報を取り出すデータマイニング技術を駆使し、機器の平常時と違う状態への変化を事前に把握することを目的とした予兆診断システム「HiPAMPS」(Hitachi Power Anomaly Measure Pick-up System)を開発した。

ここでは、ビッグデータを活用した予兆診断システムのガスエンジン小型発電設備 (図1参照) への適用事例と、今後の応用展開について述べる。

## 2. 予兆診断システムの機能

開発した予兆診断システムでは、温度、圧力、回転数などの数十種のセンサー信号を自動収集して、データベースに格納後、「リモートモニタリング機能」と「データマイニング機能」の2つの機能を用いて自動的に診断処理を実行する。診断結果は、各設備を状態ごとに色分けした一覧画面を用いて保守サービス員に伝えることができる (図2参照)。

リモートモニタリング機能は、経験・知識を基に、設備から収集したセンサー信号に対して上下限しきい値、変化量判定を設定し、状態変化を検知する物理ベースの診断機能である。この判定は、単一センサーごとに異常検出しきい値を設定する。センサー信号と判定しきい値が1対1に対応するため、発生する異常・故障の説明がしやすいという利点があるが、複数センサー信号が要因となる状態変化の検知は難しい。また、季節変動や設備の設置環境の違いがある場合、それら条件ごとの設定が必要となる。さらに、故障項目が多い場合などは、それぞれ発生頻度も異なることから、必ずしも最適な設定値を決定できるとは限らない。故障名称が同じでも、故障発生までのプロセス・原因

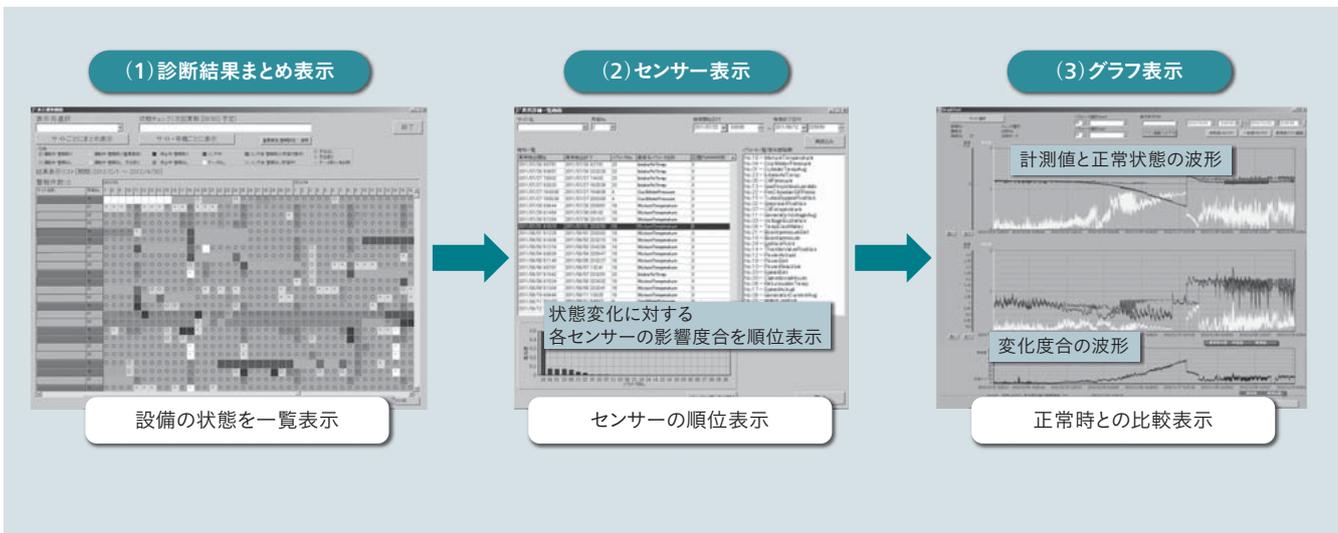


図2 | 診断結果表示から状態確認

設備のさまざまな状態を色によって表現することで、ユーザーが視覚的に把握できる。

が異なる場合があり、故障項目ごとに一意に設定値を決めることができないという難しさもある。

一方、データマイニング機能は、統計的に基準点となる正常な状態データを学習し、統計データ空間における測定点と基準点との距離に応じて設備の状態変化を検知する、事例ベースの診断機能である。データマイニング機能はリモートモニタリング機能よりも高感度なため、早期に状態変化を検知できると考えられるが、複雑なセンサー信号の相関関係から導き出される診断結果は、原因を説明づけることが難しいという課題があった。このシステムでは、状態変化を検出した際、影響を与えているセンサー信号を順位づけて出力することで、状態監視および原因解析の補助を行うことができるように工夫をしている。

## 2.1 構成・概要

予兆診断システムは、設備からのセンサー信号データを受け取るデータ収集部(既設の収集機構があれば流用可能)と、収集したデータを格納するデータ格納部、そして、格納されているデータに対し解析を行う診断処理部と診断結果を出力する表示部から成る(図3参照)。

今回対象とした設備では、大規模な計算機システムを必ずしも必要としないため、収集・診断・格納の3つの役割を持たせたコンピュータで全システムを構築した。

## 2.2 診断エンジン(アルゴリズム)

予兆診断アルゴリズムには、2つのデータマイニング技術、「ベクトル量子化法(VQC: Vector Quantization Clustering)」と「局所部分空間法(LSC: Local Sub-space Classifier)」を採用している(図4参照)。いずれの診断エンジンも、正常状態のセンサーデータを機械学習し、監視

したいデータと学習した正常データ群との差異を指標とし、正常(いつもと同じ)か、異常(いつもと違う)かを判断する。

開発した診断エンジンは、ノンパラメトリック手法であるため、センサーデータの統計的な制限を受けにくい。例えばMT(Mahalanobis Taguchi)法の場合には、センサーデータが正規分布であることが適用条件となるが、ここで採用した診断エンジンはデータ分布に影響されにくい。また、アルゴリズムはモデルレスであるため、機器・システムの稼働状態が大きく変動する場合でも、遷移した状態ごとにモデル構築やシミュレーションする必要がなく柔軟に対応できる。

さらに、監視したい機器・システムや検出したい異常内容の特徴に合わせて2種類の診断エンジンを使い分けることで、最適なシステム構築が可能となる。

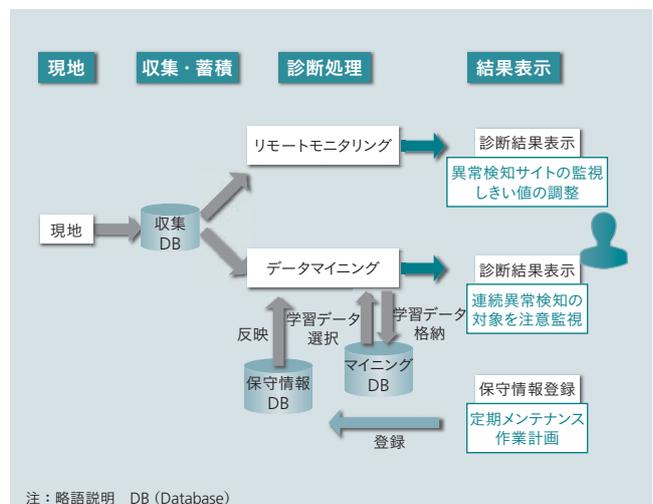


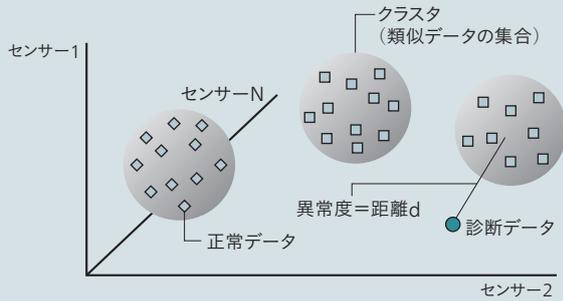
図3 | 予兆診断システム概要

予兆診断システムは、データ収集・格納、診断処理、結果表示を提供し、状態変化の早期発見を行い原因推定の支援を行う。

## 診断エンジン

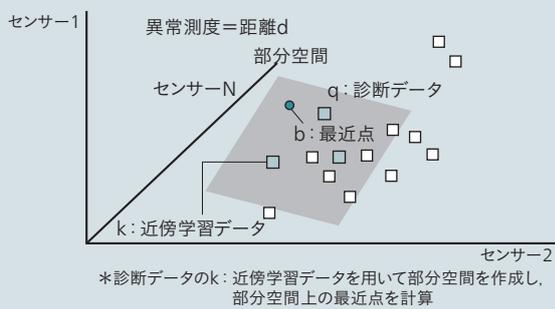
### (1) VQC (ベクトル量子化法)

ベクトル量子化法を用い、設備正常時に計測したデータを類似データごとにグルーピングして、事前に学習データを作成し、これと比較することで、高速に診断する技術



### (2) LSC (局所部分空間法)

局所部分空間法を用い、設備正常時に計測したデータから類似データを探索・比較することで、状態変化の激しい設備監視でも、精度を保つことが可能な診断技術



注：略語説明 VQC (Vector Quantization Clustering), LSC (Local Sub-space Classifier)

## 図4 | データマイニングアルゴリズム

設備の稼働状態、センサー信号の動きから最適な診断アルゴリズムを選択しシステムへの組み込みを行う。

## 3. システム評価・運用

日立パワーソリューションズの大沼工場(茨城県日立市)では、全国に設置されているガスエンジン小型発電設備の遠隔監視を行っている。システムの評価は、これら監視対象の中の約100台に対し試験的に適用して有効性の確認を行った。現在は120台に拡大し、30秒周期で計測した約30種類のセンサー信号を日々診断している。データマイニング機能によって、実際に予兆検知した事例を紹介する(図5参照)。

この事例は、10月11日から予兆が検知され始め、それ以降、異常度は上昇し続けている。異常検知期間のセンサー信号を解析した結果、同図に示すように、異常に対してSensor Xの寄与度が最も高く、予兆診断システムは、この測定値の低下を捉えていることが分かった。その後、設備の経過監視を行い、22日に部品交換を実施した。対策実施しない場合、Sensor Xの低下傾向から、3日程度でトリップ(突然停止)していたと推測され、専門家の視点からも、約10日前からの予兆検知に成功しているという評価を得ている。

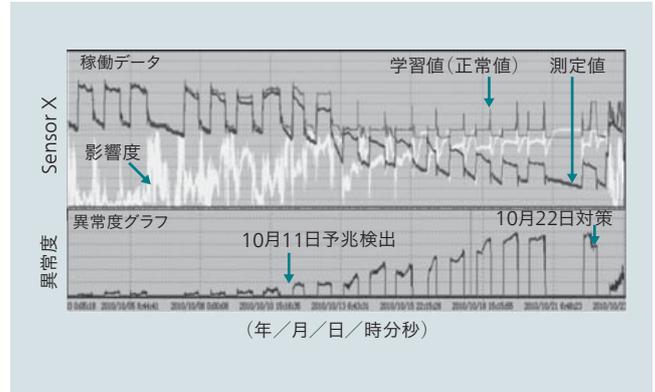
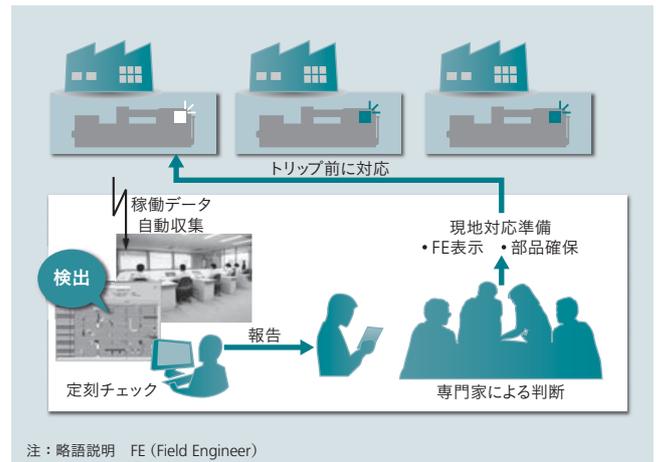


図5 | 予兆検知事例

監視対象が多い場合、人手では全センサーそれぞれのチェックは非常に困難である。予兆診断システムは、自動的に機器のいつもと違う状態を診断し、影響を与えたセンサーを監視員に知らせることができる。



注：略語説明 FE (Field Engineer)

## 図6 | 予兆診断システムの運用

予兆診断システムの結果を日々チェックすることで、事後対応から事前対応が可能となる。

予兆診断システム運用前のトラブル対応は、故障発生後の事後保全対応であったが、この場合現地に派遣するフィールドエンジニアの予定調整や交換部品の確保に時間を要するなどして、設備稼働率に影響を及ぼすこともあった。

現在のガスエンジン小型発電設備の保守サービス形態は大きく変化した。このシステムを運用することで、設備の予兆診断結果を定常的に監視できるようになったためである。具体的には、日々、システムの診断結果の確認を行い、専門家による判断を加味し、保守対応の必要性や適切な対応時期を検討することで、すべてではないが故障発生前の設備の状態に合わせた保守(CBM: Condition Based Maintenance)の実現と、交換部品の適正確保が可能となった(図6参照)。また、設備の状態を可視化することができるようになったことで、保守サービス担当者の意識も変化し、日々収集されるデータが有効活用されている。

## 4. 予兆診断システムの応用展開

予兆診断システムでは、日々の機器・システムの稼働状

態をセンサーデータによって「正常(いつもと同じ)」か、「異常(いつもと違う)」かを異常測度の指標に基づきモニター(見える化)することから、さまざまな課題解決に活用できる(図7参照)。

### (1) 計画外停止の防止における課題

- (a) 保守契約を締結し設備の保全に努めており、定期メンテナンスを実施しているが、メンテナンス周期と交換部品が適切か不明である。
- (b) 時間や労力をかけて生産調整を行い、定期メンテナンスを実施したが、故障・調整不備を見逃し、メンテナンス直後に突然停止してしまった。
- (c) 早い時期に故障に気がついていたら、軽微な部品交換だけで修理できた。
- (d) 設備の状態が分からず、いつ停止してしまうか、不安な心理状態で日々作業を送っている。

### (2) 収集データの有効活用における課題

- (a) 重要設備であることから、稼働データ・センサーデータを収集しているが、収集したことだけで安心してしまい活用していない。
- (b) 解析方法が分からない。
- (c) 人手で解析しており、作業者の負担が大きい。
- (d) 事故発生時に原因解析として活用しているが、予防保全に活用できていない。

### (3) 技術伝承と品質の確保における課題

- (a) 設備の点検・故障検知は経験豊富なベテラン運転員に頼っており、技術の伝承が進んでいない。
- (b) 異常判断は個人の力量に任せるしかない。
- (c) 担当設備以外の異常判断ができない。
- (d) 誤ったパラメータ・条件を入力したことに気がつかず生産を開始し、大量に不良品を生産してしまった。
- (e) 同じ生産プロセスにもかかわらず不良品が発生してしまう。

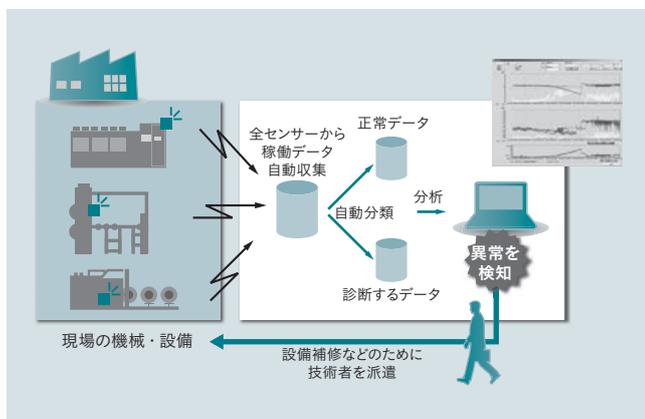


図7 | 重要設備の計画外停止の回避

日々収集・解析されるデータを用い、いつもと違う状態を確認することで定期保全を待たずに対応することが可能となる。

予兆診断システムではこれらの課題を解決するのに大きく貢献するとともに、保守したときの情報(異常を示したセンサー種別・故障原因・交換部品・処置内容)を保守情報データベースに蓄積することで、過去と同様な予兆を検知した場合の対応ガイダンスの提供(推定原因・交換部品候補・処置内容)が可能となる。これによって保守業務の効率向上を図るとともに、交換による消耗部品管理に基づく最適な部品発注在庫管理、不良多発箇所、部品の特定による改修・改善対策に必要な情報など、さらなるデータマイニング(有効なデータ抽出)の活用も期待できる。

## 5. おわりに

ここでは、ビッグデータを活用した予兆診断システムのガスエンジン小型発電設備への適用事例と、今後の適用範囲拡大について述べた。

今後は、このシステムと高度保守技術を生かして、O&M(Operation and Maintenance)サービスビジネスの拡大を推進していく。さらに、この予兆診断システムを活用し、広範囲にわたって高度保守サービスが実現できると考える。

### 参考文献

- 1) 渋谷, 外: 予兆診断のためのリモートモニタリング基準設定支援技術, 日本機械学会動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集, 16, pp.43~46 (2011.6)
- 2) 鈴木, 外: 産業安全を支える異常検知技術—データマイニングの活用による設備保守—, 電子情報通信学会誌, Vol.94, pp.305~309 (2011.4)
- 3) 野田, 外: 高度予兆診断システムの開発, 日本機械学会動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集, 16, pp.39~42 (2011.6)

### 執筆者紹介



**鈴木 忠志**  
1988年株式会社日立パワーソリューションズ入社, 情報制御事業 統括本部 システム開発本部 情報設備エンジニアリング部 所属  
現在, 高度保守・予兆診断のシステム開発に従事



**野田 統治郎**  
2007年株式会社日立パワーソリューションズ入社, 情報制御事業 統括本部 システム開発本部 情報設備エンジニアリング部 所属  
現在, 高度保守・予兆診断のシステム開発に従事



**渋谷 久恵**  
1987年日立製作所入社, 横浜研究所 生産技術研究センター 検査システム研究部 所属  
現在, 異常検知・診断技術の研究に従事  
博士(情報科学)  
精密工学会会員, 電気学会会員, 画像電子学会会員



**鈴木 英明**  
1994年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御研究センター スマートシステム研究部 所属  
現在, 異常検知システムの研究開発に従事  
人口知能学会会員