

遠隔監視システムを用いて 運転状態に則したソリューションを提案

Proposal of Condition-Based Solutions Using Remote Monitoring System



三菱重工コンプレッサ株式会社

カスタマーサービスセンター

営業グループ

<https://www.mhi.com/jp/group/mco/>

製造業においても Digital transformation (DX) 化が注目され、新たなサービス提供やお客様との業務プロセスの変革が求められている昨今において、三菱重工コンプレッサ株式会社(以下、MCO)は、お客様により良いサービスを提供するためのツールとして遠隔監視システムを導入し、実際の運転状態に則したソリューションを提供していくことを目指している。遠隔監視システムを利用することで機械の状態の変化を早期に発見・把握し、リアルタイムデータを用いて原因を早期に分析の上、最適なソリューションを提案し、お客様に魅力あるサービスを提供していく。

1. お客様セルフサービス監視メニュー

監視システムは、お客様自身が操作できるシステムとしており、異常の予兆を検知すると通知が届き、お客様自身でどここの部位で異常の兆候が発生しているか確認し、応急的な原因分析ができる。更なる詳細な原因分析が必要な場合は、MCO にお問い合わせいただくことで、遠隔である MCO からリアルタイムデータを用いた対策案を提案することができる。監視システムのメニューとしては以下を準備しているが、お客様のニーズに合わせたメニューにも対応する。

図1 (1) 状態監視ステータスパネル

図1 (2) 推定原因出力例 (Example of estimated cause output for Journal Bearing (Compressor MP))

No.	Possible cause	Due to	Measure/Recommendation
1	Decrease of bearing load capability by inferior roughness on lubricated surface due to carbonized sludge on pad.	Deterioration of lubricant oil	[Guidance] To analyze used oil. If bearing metal temperature was over alarm limit, it is recommended to stop operation and to replace bearing pad if necessary. [Recommendation] If lube oil has deteriorated, MCO recommend that the lube oil will be replaced. (If the operation cannot be stopped, MCO recommend that partial lube oil replacement be performed.) On the other hand, MCO recommend that the spare bearing pad will be prepared. To check bearing pad condition at TA. And also, to replace lube oil and bearing pad if necessary.
2	Improper lube oil supply by reduction of oil flow due to choking of oil passage for oil supply nozzle.	Oil sludge	[Guidance] To analyze used oil. The differential pressure of oil filter will be checked and the oil filter will be changed over to stand-by oil filter if necessary. (Please replace oil filter element if necessary.) If bearing metal temperature was over alarm limit, it is recommended to stop operation. To check the bearing nozzle condition and to replace bearing assembly if necessary. [Recommendation] If lube oil has been deteriorated, MCO recommend that the lube oil will be replaced. (If the operation cannot be stopped, MCO recommend that partial lube oil replacement is performed.) On the other hand, MCO recommend that the spare bearing assembly will be prepared. To check bearing assembly condition at TA. And also, please replace lube oil and bearing assembly if necessary.
3	Improper lube oil supply by carbonized sludge.	Lubricant deterioration	[Guidance] To analyze used oil. If bearing metal temperature was over alarm limit, it is recommended to stop operation. To check the bearing nozzle condition and to replace bearing assembly if necessary. [Recommendation] If lube oil has been deteriorated, MCO recommend that the lube oil will be replaced. (If the operation cannot be stopped, MCO recommend that partial lube oil replacement is performed.) On the other hand, MCO recommend that the spare bearing assembly will be prepared. To check bearing assembly condition at TA. And also, please replace lube oil and bearing assembly if necessary.

図1 異常予兆検知アラームパネルと推定原因出力例

監視システム基本メニュー：

1.1 異常予兆検知

従来の DCS (Distributed Control System) が持つアラーム設定値よりも早い段階で異常の兆候を捉え、早期対策を目的としている。閾値を低くしてもアラームが多く発報されないように、2章で述べる手法で異常予兆の検知精度を高めている。遠心コンプレッサ及び蒸気タービンだけでなく、その他の周辺機器にも適用できる。異常の予兆を検知した場合、[図1](#) (1) に示すステータスパネル上の色で異常度が認識できる。

1.2 原因分析

機器の異常予兆を捉えた後は、検知した異常事象に対し実際の運転データ、及び MCO のナレッジを用いて原因分析を行い、推定される上位3件の原因を出力する。出力には個々の原因に対する推奨対策案が記載されており、初動対策を行うことができる。更なる詳細な分析が必要な場合は、MCO にお問い合わせいただき、リアルタイムデータを用いた分析と提案を実施する。[図1](#) (2) に推定原因の出力例を示す。

1.3 性能監視

健全な機械特性を示す計画時(もしくは性能試験時)の遠心コンプレッサ、及び蒸気タービンの性能曲線データをシステムに織り込み、更にはガス組成及び蒸気表データベースを持たせることでガス及び蒸気の組成、圧力、温度変化に応じた性能計算をリアルタイムに行い、計画上の運転点と実際の運転点を重ね合わせることで性能を評価するデジタルツインの機能を実装している。この機能により性能劣化を早期に発見し、コンプレッサのインペラの洗浄などの対策計画に繋げるエビデンスデータを出力する。[図2](#)にコンプレッサの性能監視の出力を示す。

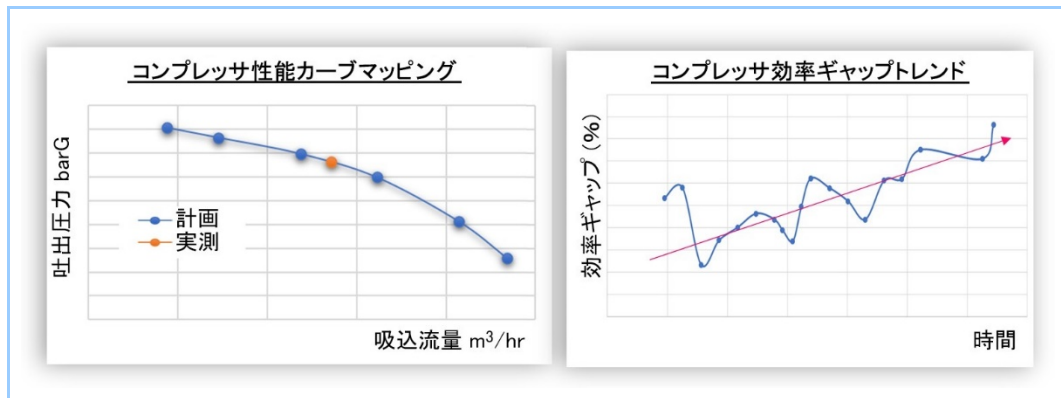


図2 コンプレッサ性能監視出力例

2. 異常予兆検知技術

従来の DCS が持つアラーム設定値よりも早い段階で機械の異常の兆候を捉えるために、MT (Mahalanobis-Taguchi Method) 法と呼ばれる統計手法で正常運転時との違いを捉える。しかしながら回転機の軸受温度は、回転数の変化に伴い変動してしまうので、これによる異常予兆アラームの誤検知を回避することが課題であった。[図3](#) (1) に回転数の変動を示し、この時の軸受温度を対象とした MT 法の出力である MD 値^(*)を[図3](#) (2) に示す。回転数の上昇に伴い軸受温度が上昇し、その結果 MD 値が上昇し閾値を超えていることがわかる。この回転数に追従によるアラームの誤発報を回避するため、回転数等を用いた予測式を準備し、[図3](#) (3) に示す予測値と実測値とのギャップを監視する事で誤検知を回避し、検知精度を向上させている。([図3](#) (4) には予測値と実測値を示す。) すなわち、正常運転時との違いを MT 法で捉え、その正常運転時との違いに対し、エンジニアと同様にそれが回転数による変動なのか否か予測式を用いて確認している。この例では、回転数の上昇による変動であり、機械にとっては異常ではない。このように回転機の特性を踏まえ、機械の異常の予兆を捉える仕組みとしている。

異常の予兆を捉えると、その日時を指定することで推定される原因の上位3位までを出力、並びにそれらに対する推奨対策も合わせて出力しているため、それらを判断材料とし初動対策を実施できる仕組みにしている。

* MD 値: 基準となる学習データ群に対し対象となる運転点の距離を、マハラビス距離(Mahalanobis Distance)と呼ばれる数値で表現。学習データ群から離れると数値は大きくなり、このシステムでは異常度の指標として用いている。

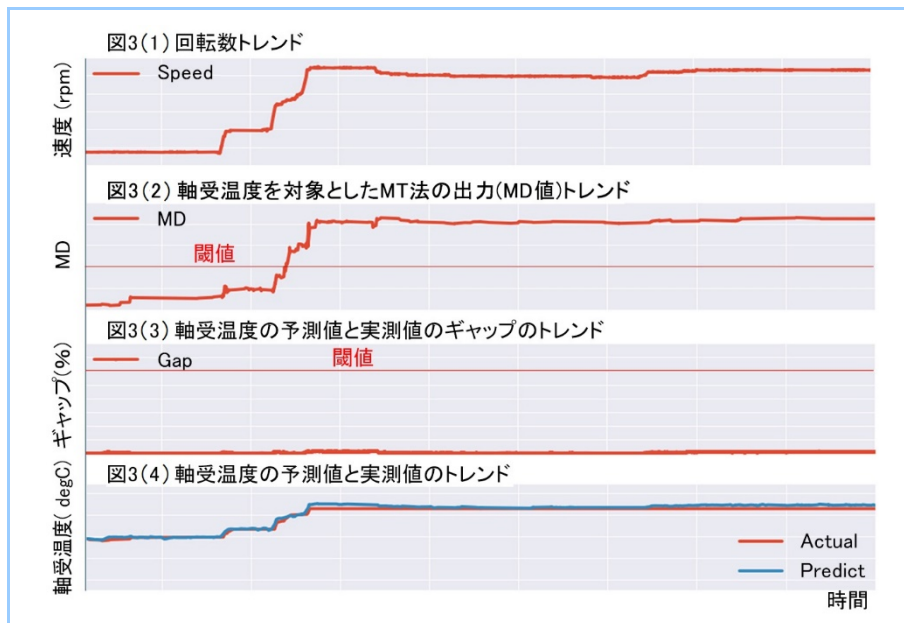


図3 回転数の変動に伴う MT 法の出力の変動

3. 監視システムとポータル連携

MCO は、お客様との会話の入口にアフターセールスポータル(以下、AS ポータル)を開設しており、お客様との情報共有やコミュニケーションツールとして活用している。監視システムで異常の予兆を捉えると、アラーム情報は AS ポータル経由でお客様に発信され、レポートには AS ポータルに掲載されている部品の改良版等を記載したバリューアップメニューや、過去類似事象の公示情報等、関連情報も合わせて提示し、必要な時に必要な情報を提供する仕組みとしている。また AS ポータルから監視システムにアクセスでき、トレンドデータや診断結果を閲覧できる。世界各国のお客様と遠隔地である MCO 事務所とを AS ポータルで繋ぎ、リアルタイムなデータを用いて会話を行い、距離を感じさせないサービスの提供を狙う。

尚、監視システムは発電プラント向けに実績のある三菱重工のインテリジェントソリューション TOMONI[®]のクラウド環境を利用することで、重要インフラに要求されるセキュリティを確保し、システム保守運用に必要なサービスレベルを満足している。

TOMONI[®]は、三菱重工業株式会社の日本及びその他の国における登録商標です。

4. 今後の展開

お客様に喜ばれるシステムメニューやサービスの開発を行い、お客様のプラントの生産性向上に寄与できるサービスを提供していきたい。また、24 時間いつでも対応できる自動応答の仕組みの導入を検討し、お客様を待たせないサービスの提供を目指す。