

ENN

vol.187

ENGINEERING NETWORK

2007.9.25

<http://www.enn-net.com>



日立造船メカニカル 舞鶴工場の圧力容器製作

メンテ工事会社の“燃ゆる秋”

My Opinion 大成建設エンジニアリング本部長 大塚 史久氏

My Opinion フジキン 小川 洋史社長

学習する予知保全システム加 OMDEC

得意技術に磨きをかけるHMC 舞鶴工場

学習する予知保全支援ソフト 「OMDEC信頼性向上ソリューション」

恐らく、メンテナンス手法に完璧は無いのだろう。理由は設備を構成する機器は、想定外の挙動をしたり、予測不能なトラブルに見舞われるからだ。しかし、こうした出来事によりメンテナンスシステムを日々改善し、完成度を向上することはできるのかもしれない。カナダのOMDEC社とトロント大学が共同で開発した「OMDEC信頼性向上ソリューション」は、過去事例を基に完璧な保全を目指すために学習する予知保全支援ソフトだ。

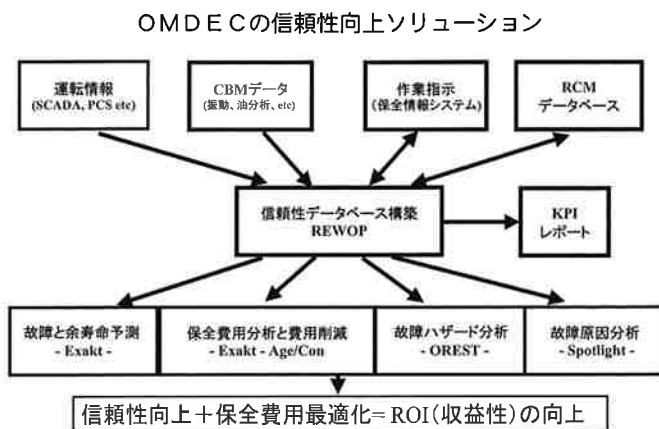
わが国では、設備の老朽化、ベテランエンジニアのリタイアなどにより、産業事故発生への懸念が日々強まっている。そんな中で、保全の最適手法をどうすべきか、様々な検討がなされている。

保全の手法と言え、80年代以前に用いられていた、ブレイクダウンメンテナンス(事後保全)に始まり、90年代にはCBM(状態監視保全)やRBM(リスク基準保全)といった予防保全の手法が登場し、時代とともに進化してきた。そして21世紀に入ってから注目された保全手法としては、予知保全の一つとしてRCM(Reliability Centered Maintenance/信頼性重視保全)が登場した。RCMは、保全対象と適用技術を体系的に整理する手法で、信頼性を求められる機器やシステムに重点を置いた保全

を行うもので、効率および生産性の観点から見た場合、最良の保全方式と言えるだろう。

が、この方式についても、保全現場を必ずしも満足させるものではない。

「膨大な手間がかかる割に、実施前後で保全方式が変わらず、効果が乏しい」と、導入に疑問を持つ声もある。極端な例として、RCMデータベースに蓄積されたターボファンエンジン610件の故障モードのうち、実際の現場で発生した故障モードは142件にすぎなかった。RCMの手法を駆使して、予知保全を行うもの



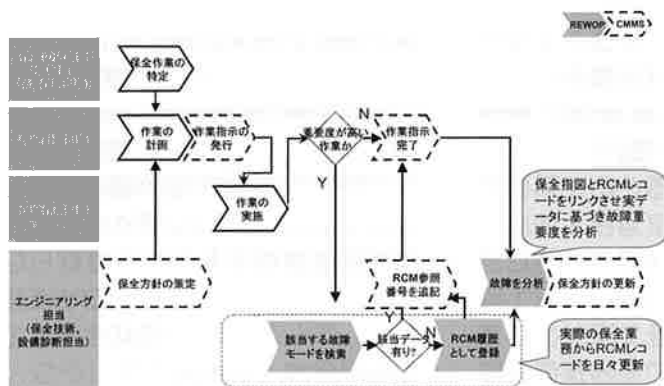
のために起こったもので、RCM本来の目的を果たすには、実際業務と有機的に結びつけられるようにRCMを保全エンジニアリング全体の体系の中で、機能させるプロセスが必要であることを示している。

故障データを有機的に結びつける「REWOP」

現時点で「最も完成度が高い」と目される保全手法であるRCMであっても、その信頼性は決して高いものではないが、この信頼性を向上させるためのソリューションとして注目されるのが、カナダのOMDEC社とトロント大学が共同開発した「OMDEC信頼性向上ソリューション」だ。

「OMDEC信頼性向上ソリューション」のシステムコン

保全業務フローにおけるREWOPの働き



MAINTENANCE ASPECTS

■EXAKTの導入事例

| 業 種 | 対象機器 | 効 果 |
|--------|-----------------------------|----------------------------------|
| 石油化学 | ポンプベアリング | 年間保全費42%減 |
| 製紙パルプ | ポンプベアリング | 年間保全費30%減 |
| 炭 鉱 | ホールトラックモーター | 年間保全費25%減 |
| 液体燃料製造 | ポンプベアリング | 年間保全費38%減 |
| 食品製造 | シアーポンプベアリング | 年間保全費79%減 |
| 鉄 道 | 牽引車輛モーターボールベアリング | 年間保全費55%減 +不要なデータ収集廃止に伴う業務量減少 |
| 原子力 | 燃料棒シール | 取替サイクル毎の保全費25%減 |
| 銅採掘 | ホールトラックモーター ロッカーアームガスケット | 年間保全費23%減 |
| 国 防 | 装甲車 | 非公開 |

ポーネントは、「REWOP」「EXAKT」「OREST」「Age/Con」「Spotlight」の5種類のコンポーネントで構成される。

「REWOP」(Reliability Engineering Workbench Organizer)は、保全作業時の不具合・故障データを有機的・体系的に結びつけ、保全計画へのフィードバックを可能とする信頼性ナレッジベース構築のフレームワークを提供するものだ。一連のデータを、故障予測と余寿命予測、保全費用削減、信頼性分析、故障原因分析、知識共有、KPI (Key Performance Indicator)など、意思決定支援システムで利用可能な形にして蓄積する。

「REWOP」導入のメリットとして、まず挙げられるのが、「LivingRCMの実現」だ。LivingRCMとは、最新の保全データを有機的・体系的に蓄積して、継続的な保全業務改善に役立てること。保全指図とRCMレコードの有機的な結合により、継続的業務改善に活用することを可能にする。実際には、作業計画→作業指示の発行→作業の実施と進み、この結果、作業の重要度が「高い」「低い」を判断し、「高い」作業については、該当する故障データの検索を行い、該当データがあればRCM参照番号に追記し、無い場合は、RCM記録として登録し、さらに故障を分析する。これら一連の作業により保全方針の更新が行われる。該当データの検索は、検索エンジンの検索イメージで行われ、さらに保全更新の際に、

保全指図とRCMレコードのリンク、実際の保全業務からRCMレコードが日々、更新される。

また「保全情報システム」「状態監視システム」「運転情報システム」との連携機能で、REWOPは、保全情報、状態監視、運転情報などのシステムと最新IT技術で連携し、機器や故障モードを基点として、関連する各データを分析できる機能がある。また主要な保全情報パッケージシステムである、SAP社のSAP/PM・BW、IBMの「MAXIMO」、Inforsの「Datastream」や、プラント情報管理システムのOSISoft社のPIシステムとの連携機能を備えており、関連システムとREWOPとのインタフェース構築にかける工数を最小限に抑えることができる。

さらに「保全情報のドリルダウン機能」を使えば、保全情報、運転情報、点検データ、RCMが有機的に結合するため、多面的で柔軟なデータ分析がパソコン上で可能になる。

REWOPで行われる、機器の頻度別の故障分析として、一例を挙げる。故障頻度ランキング→故障頻度の高い機器グループの選択→このグループに含まれる各機器の故障頻度のランキング→故障頻度の高い機器の選択→保全情報が時系列で同じ画面で表示→運転を止めた重要性の高い故障について画面上でドリルダウンし保全情報まで遡る→保全計画策定のための詳細分析、と進むが、これらの作

業が1台のパソコン上で行われるのである。

故障予測と寿命予測を可能にした「EXAKT」

「EXAKT」は、重要機器の故障予測と寿命予測を行い、予防保全と事後保全の組み合わせを最適化するソフトウェアだ。機器の故障履歴と状態監視データから、推定される故障因子を特定し、PHM(プロポーションナル・ハザード・モデリング)を行い、機器の予防保全と事後保全の組み合わせを決定して、コストと信頼性の最適化方針を提案する。

「EXAKT」では、統計モデリング技術により、重要機器の故障予測、余寿命予測が可能だ。油分析の不純物含有率などの状態監視データと過去の類似機器の故障履歴データを元にモデリングを行うが、その過程で、収集されたデータが故障に関連しているか否かの判定や、モデルの信頼度を算定する。この時点で、収集データが実際に故障を予測するのに役立つものであるか否かが明確になる。

「EXAKT」は、トロント大学CBM研究所のアンドリュー・ジャーディン教授により発明された。この発明は、「機器の健康」という観点から、機器の故障因子を医療診断結果になぞらえ、医療分野で使われていたコックスのプロポーションナル・ハザード・モデルとワイブル分析を組み合わせ、故障予測モデルを構築することを考えた。最初にジェット機のエンジンを適用し、油サンプルに含まれる鉄とクロム、オーバーホール後の運転時間から、エンジン故障のリスクモデルを作ることができるとを発見した。その後10年に渡り改良を続け、これまでに様々な企業・組織で適用されている。これまでに石油化学(ポンプベアリング)年間保全費42%減、製紙・パルプ同30%減などの効果が確認されている。

回転機器など、状態監視データ

から取得される故障の因子と故障発生の関係が比較的推定しやすい機器については、高い確率で顕著な導入効果が見られた。最近では、送電線破断の天候の関係に「EXAKT」を適用して成果を上げた事例があり、他の種類の機器についても適用可能性について研究を継続している。

「OMDEC信頼性向上ソリューション」は、予知保全を行いながら、常にソフトウェア自身が最適な形に変化していく学習能力に特徴がある。EAMシステムやCMMSなど従来のメンテナンス手法を最適化するためのシステムとして注目される。

[REWOP/EXAKT導入成功事例]

REWOPとEXAKT、いずれもその導入により、成功事例が報告されている。その成功事例は生産設備のみならず、トラックの故障削減など幅広い。

【事例1】豪州で冷蔵配送会社のトラック用ターボの故障が減少

この事例は、CMMS (Computerized Maintenance Management System) とRCM (Reliability Centered Maintenance) をリンク付けることにより、トラックのターボ故障を削減することに成功した例だ。その背景には、ターボインペラーの故障と経年との関係を示すため、Fleetmex(自動車保全システム)からのデータ抽出の成功がある。

この冷蔵配送会社ビジネスは、オーストラリアのパースからアデレード、ダーウィンまでのおよそ8,000kmの遠距離を「指定の時間」「指定の温度」で冷凍冷蔵食品を配送すること。

オーストラリアの平原についてはよく知られているが、この平原を走り抜けることがトラックの信頼性に関わっている。この輸送コストはかつて1万4,000ドルだったが、OMDEC社とこの冷蔵配送会社および潤滑油の供給会社は共

図1

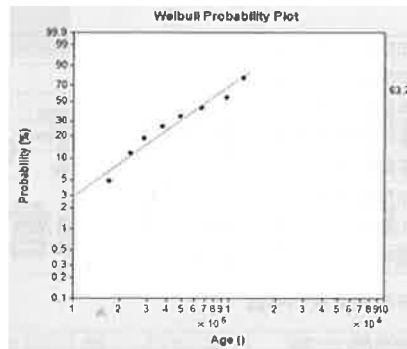
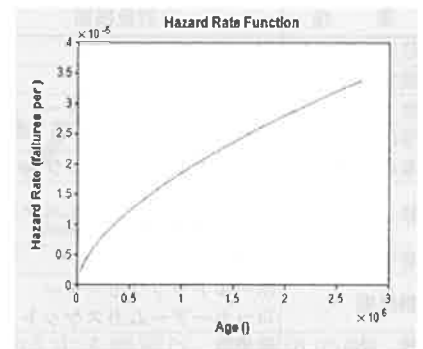


図2



同で、信頼性向上とコスト削減を両方ともに実現する方法を模索した。

この冷蔵配送会社は、解析に使うためのデータの品質向上が効果的に解決するためのキーであると最初に気付いた。そこでREWOPを購入し、OMDEC社の、抱負に蓄積された知見に基づく信頼性に関するコンサルティングを受けることにした。

このプロジェクトは、「ステップ1」として、REWOPとFleetmexシステムの統合。「ステップ2」として、機械管理者・保全管理者・Fleetmexシステム管理者向けトレーニング。「ステップ3」として、実践の場でのトレーニングの実施とソフトウェアの適合。これら3段階のステップで、信頼性向上とコスト削減という一見トレードオフの関係にある問題に取り組んだ。

「ステップ1」は、REWOPとFleetmexのシステム統合だが、二つのカギとなる要素を取得するために、保全指図が若干、修正された。その二つの要素とは、故障の種類(RCMのコンセプトである、潜在故障・機能故障・停止)を入力できるようにすることと、RCMレコードとのクロスリファレンスを取れるようにすることだった。ここでプロジェクトチームは、万全を期してRCMデータベースをアップデートするためにもREWOPを活用した。

「ステップ2」は、機械管理者、保全管理者、Fleetmexシステ

ム管理者に直接トレーニングを実施するものだったが、RCMユーザが慣れ親しんでいるのと同じコンセプトを1日弱、実用性に重点をおいて行った。

さらに「ステップ3」では、実践の場でトレーニングを実施し、ソフトウェアを適合させた。この冷蔵配送会社の保全監督者は、彼らが保有しているトラックに、ターボチャージャーインペラーの問題が度々起きていることを認識していた。REWOPとFleetmexを活用して、関連する保全指図を抽出し、イベントタイプとRCMデータベースにリンクするRCMレコード番号を追加した。次に、REWOPのイベントテーブルから、信頼性分析に使うためのナレッジベースを作成した。この時には、数種類の信頼性分析ツールが有効な結果を生み出した。REWOPには、いくつかの分析ツールが装備されているが、最も顕著な結果を出したのがWeibull分析だった。図1はWeibull probability plotだが、ここでは故障がいかにかまっすぐな線に沿って発生しているかが示されている。これを図2のHazard Rate Functionに変換すると、年数と故障の明確な関係になる。これによりこの冷蔵配送会社は年数と故障の関係を見出し、故障日を予測できるようになった。

この時点では、年数と故障の関係が明確になったただけだが、故障日の予測精度を向上するには、これまで以上の解析が必要になる。

MAINTENANCE ASPECTS

【事例2】カナダで紙パルプ工場の故障を削減したEXAKT

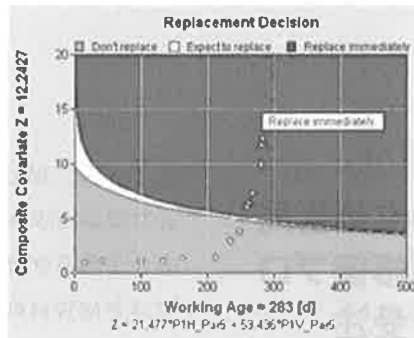
2005年、OMDECはカナダの紙パルプ工場のポンプ群で、予期せぬ故障が頻発に発生している状況を調査。ここでEXAKTが故障を減らして、保全費用を削減する最適な保全スケジュールを提案した。

この事例は、カナダのトロント大学で開発された、故障予測ソフトウェアであるEXAKTが、ポンプの故障を解析し、故障を減らして保全コストを削減する最適な保全スケジュールを提案するソフトであることを改めて認識させる一例となった。この調査により、①取替期間の7%短縮、②EXAKTを訴求的に適用した場合に10~11件の故障を防止、③工場の保全エンジニアと振動分析専門家がEXAKTモデルのアプローチを承認、④工場経営者は重要設備における機器の故障と残存稼働年数を効果的に予測するツールを獲得した、という4つの結果を得た。

この紙パルプ工場の生産能力は年30万トン。調査を実施した当時は、原料価格の高騰により、コストダウンと生産性向上の達成が、400名の工場従業員に課せられた使命だった。このため、頻発する故障の減少が重要課題だった。同時に、経営者たちは操業を維持しながら故障費用を低減する方法を模索していたが、故障の可能性を明確に認識するという視点が欠落していた。故障に伴う損失とは、①故障を直す費用、②故障による生産性低下がもたらす機会損失、③社会的信用度・知名度・安全・環境費用・潜在的な損害賠償などの測定不能要素、の3点。つまり故障により、実損以上に社会的信用や知名度が棄損されることになる。

EXAKTは予防保全を実施するタイミングの最適化計算を行い、この紙パルプ工場の故障費用：保全費用の比率が、3.2：1であることを突き止めた。EXAKT

図3



Tモデルは、故障可能性と予防保全費用と故障費用のバランスを関連づけて決定されるが、それぞれの新しい検査データが届き、モデルが再計算され、最適値が算出された。

EXAKTが推奨される理由は、事後保全から予防保全へのシフトによって、保全実施の間隔を平均7% (571日から529日)短縮させることで、保全費用は30%削減可能であることが分かったからだ。

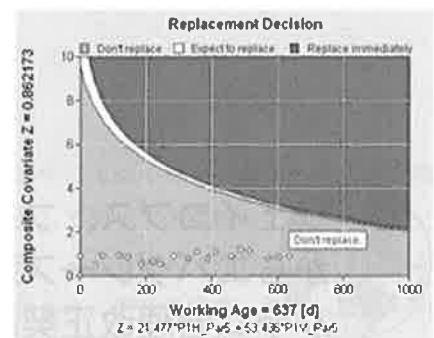
EXAKTにより作成される解析グラフ(図3・図4参照)では、機器が次の計画停止までに故障せずに稼働を続ける予測が実践的に描かれる。

ドットで示される現在の変数がグラフの下方にある限りは、機器は次の停止まで故障せずに稼働を続けると予測される。

しかしグラフの上方にある場合には、運転を続けると近いうちに故障が発生する可能性を示す。これは機器がいつ故障してもおかしくないことへのウォーニングでもある。保全の管理者は、後々起こると予想される完全停止の可能性を払拭するために、運転を停めて緊急の予防保全を行う必要があるという説得力を得ることができた。

データの正確さと一貫性は、故障予測モデルを作るうえで、重要である。予測の確かさを高めるには、できる限り、故障との関連性が高い、継続したデータが必要である。EXAKTは、モデル構築の過程で、統計的確信度をテスト

図4



するが、確信度95%未満という結果となった場合には、故障予測モデルを作るために、もっと多くのデータが必要になる。CBMプログラムでは、データの質が結果を左右することもある。

CBMにおいては、二つのデータを考慮しなければならないが、一つは点検データ、もう一つはイベントデータである。点検データは、CBMの作業を行う際に測定される振動値などだが、イベントデータは維持・修繕を行う際に観察されるデータだ。厳格な統計検定により、EXAKTはCBMデータが故障予測に使えるものであるかどうか答を出す。既存収集データと故障発生との関連性が低い場合は、EXAKTが構築するモデルの確信度の合格レベルである95%に達するために、より多くのデータが必要になる。EXAKTはCBMプログラムが効果をもたらすように誘導するもので、質の高い、より多くのデータがあれば、EXAKTで構築されるモデルの質が高くなるため、データ収集のプロセスも継続的に改善される。

【問い合わせ・資料請求】

アイエムテック株

〒105-0003

東京都港区西新橋1-2-9

日比谷セントラルビル14階

TEL : 03-6312-7620

URL : <http://imtechj.com>

OMDEC社ホームページ

URL <http://www.omdec.com/>