

2021 年 4 月 28 日
日本シップヤード株式会社

国交省選定「ビッグデータを活用した船舶機関プラント事故防止による安全性・経済性 向上手法の開発」プロジェクト完了～安全運航の追求と新たな価値創造に貢献～

国土交通省の平成 28 年度「先進安全船舶技術研究開発支援事業」の補助対象事業に採択され、5 年に渡り取り組んでまいりました「ビッグデータを活用した船舶機関プラント事故防止による安全性・経済性向上手法の開発」につきまして、令和 3 年 3 月をもってプロジェクトが完了いたしました。

本プロジェクトでは、ビッグデータの活用による機関プラントの重大事故（環境に悪影響を及ぼす、安全を損なう、経済的に大きな損失を与える可能性があるハイリスク事故）低減を目指し、重要となる 6 つのテーマを掲げて取り組んでまいりました。日本シップヤード(研究当時ジャパンマリンユナイテッド)は、システムインテグレーターとして船会社（日本郵船株式会社、株式会社 MTI）、機器メーカ（株式会社 IHI 原動機、株式会社サンフレム、寺崎電気産業株式会社、三菱化工機株式会社）、及び船級協会（一般財団法人日本海事協会）という立場の異なる企業・団体と連携し、海運業界でのオープンイノベーションによる開発を実施いたしました。

結果として、各社単独では成し得なかった様々な革新的知見を取得し、本プロジェクトの目的を達成するとともに各社の技術力向上、競争力強化に大きく寄与いたしました。各テーマの詳細につきましては、別紙のご参照をお願いいたします。

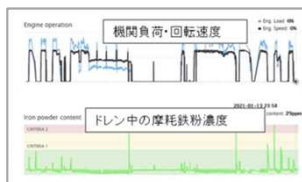
本プロジェクトによって得られた知見は、従来、乗組員の経験や限られたデータに頼らざるを得なかった機関プラントの運用に関し、高度な運航支援や船上機器の故障予知・予防、安全性・経済性の向上といった点で大きく貢献するものであるとともに、今後の自動運航船開発においても重要な技術となることが予想されます。さらに、機関故障率の低減によって安定かつ最適な運航が持続可能となれば、燃料消費の節減による GHG 削減にも寄与するものと考えております。

各テーマの成果

(1)画像を含むビッグデータによる 主機シリンダ内状態診断手法

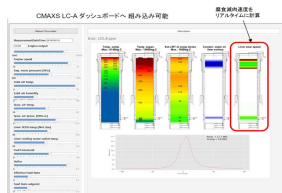
(株)IHI原動機

高精度摩耗鉄粉センサ



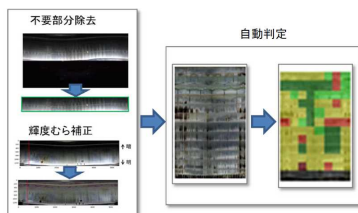
リアルタイムで摩耗鉄粉量を把握
連続計測型TF-Detectorによるシリンダ
中の摩耗鉄粉濃度計測が、摺動状態監視に
有効であることを再確認。起動時やFO切り替え
後に摩耗鉄粉量が増加する現象をリアルタイム
に捉えられることを確認。

腐食シミュレータ



リアルタイムで腐食摩耗を推定
材料の硫酸腐食の基礎データ、外環境、運転状
態、中和推定などに基づき、リアルタイムに腐食減肉
分布を算出できるシミュレータを開発。外環境や運
転状況のわずかな相違で劇的に変化する事のある
腐食リスクを把握できる可能性を示した。

AIによる画像診断



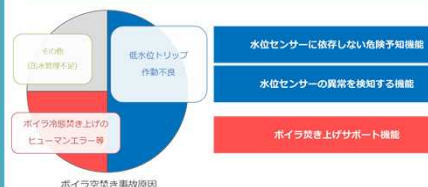
腐食状況を自動判定
従来は限られたエキスパートによる判定が必要
であったライナー写真からの腐食状況評価をAIが出来るように構築。多量の画像
を短時間に処理できるようになったことで、迅速
に腐食状況を把握できるようになった。

多面的にシリンダの状態把握が可能となり、今まで以
上の安全の担保に加えて、さらなるシリンダ油消費量
削減に取り組む環境が整った。

(2)補助ボイラ空焚き予兆診断システム

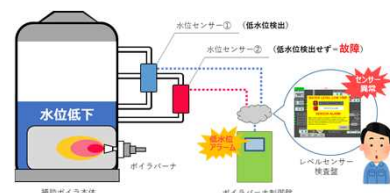
(株)サンフレム

ボイラ空焚き事故の原因分析



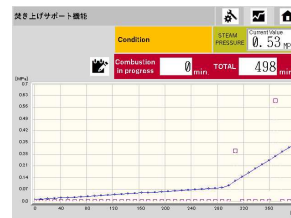
ボイラ空焚き事故の主要因を分析
運航中に発生したボイラ空焚き事故の
過去事例を調査し原因を分析した結
果、その多くがボイラ缶水のセンサー不
具合によるものであることが分かった。

ボイラ水位センサーの異常を検知する機能



水位センサーの異常を検出
ボイラの水位センサーは2つ装備されて
いる。ボイラ水位の低位警報発生時に片
方が反応していないことをキーとした新た
なアラームを開発・実装し、データを用い
た船陸での機器状況の共有が可能であ
ることを確認した。

ボイラのコールドスタート(焚き上げ)をサポートする機能



ボイラの焚き上げをサポート
ボイラ空焚きのリスクは船舶の入渠時
に上昇することもこれまでのトラブル事
例分析で判明したため、本船クルー
の作業負担を軽減するための機能を
開発、クルーによる評価を行った。

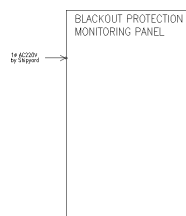
ボイラの空焚きというクリティカルな事象に対して、過去
のトラブルデータの分析によって導入ハードルが低く、かつ
効果の高い事故防止手段を開発・実装できた。

各テーマの成果

(3)ブラックアウト予兆診断システム

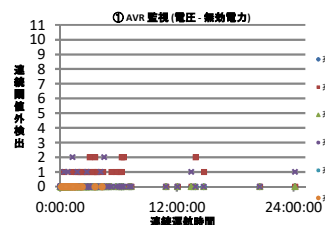
寺崎電気産業(株)

ブラックアウト予兆ロジックの開発



AVR / GOVERNOR の異常予兆診断予兆診断として確立していなかったAVR / GOVERNOR の動作原理を基に、各発電機の電気情報(電力/電圧/電流など)を1秒間隔で取りこみ、異常予兆の検出ロジックを確立。ロジック検出専用盤の「ブラックアウト防護パネル(BPP)」を確立した。

異常予兆検出の閾値の選定



運航中の発電機の挙動確認
1秒単位で読み込んだ1年2カ月の運航中の各発電機電気情報を基に、誤検出が発生せずに、異常予兆の認識漏れがなくなる閾値を選定。信頼性を高めた運用が可能であることを確認した。

予兆診断結果の汎用性



ALARM

ECC

PMS

MSB

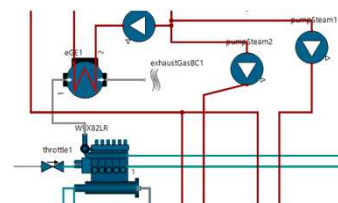
異常予兆診断結果の活用
異常予兆を検出した信号を基に、警報として活用することはもちろん、発電機制御に取り組むことにより、対象となる発電機の切離し、スタンバイ機の始動を可能とする等、汎用性を高めた。

運行情報データを多く取得することにより、システムの信頼性及び予兆診断精度を向上させた。また、レトロフィット対応も可能になった。

(4)減速運転下でのプラント最適運用手法

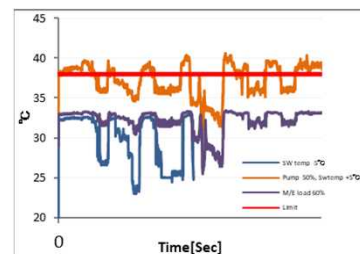
日本シッパード(株)

機関プラントシミュレータの開発



1Dシミュレータによるプラントのモデル化
SimulationXを用いた1Dシミュレータによる機関プラントのモデル化を実施。冷却水、給水、排ガス系統や、各種内燃機器の燃料消費量等の動的シミュレーションを可能とした。

プラントシミュレータの応用



仮想状況でのプラント挙動確認
「機器負荷や海水温度が変動した際の冷却系統性能評価」、「燃料油加熱要否によるボイラ稼働状況比較」、「機関室内通風量の需給バランス」といった事例に関し、シミュレーションにてプラント挙動を計算。プラントの経済的運用指標として使用できることを確認した。

外部システムとの連携

Simulation X model



シミュレーション実行環境の一般化
FMI (Functional Mock-up Interface) を利用し、SimulationXからモデルを汎用形式としてエクスポート。外部プログラム下でもシミュレーションを実施できることを確認し、アプリ化へ向けて前進した。

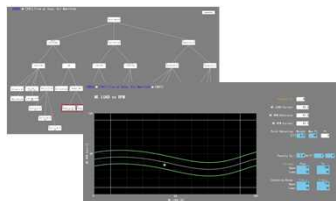
機関プラントの高精度・多系統シミュレーション環境を整え、実データとの比較や仮想状況での挙動確認をリアルタイムで検証できるようになった。

各テーマの成果

(5) データロガーでの高度アラームシステム

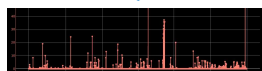
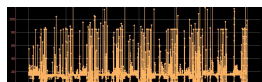
寺崎電気産業(株)

データロガーでの高度アラームシステムの実装



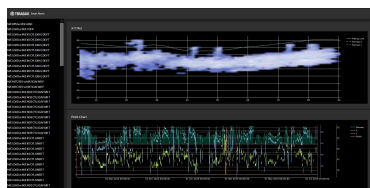
複雑な警報検知ロジックを実装
従来行われてきた単一要因の特定閾値からの逸脱による警報検知に加え、より複雑な条件、Fault Tree及びX-Y散布図による高度な警報検知ロジックをデータロガーに実装。データロガーで複雑なアラーム処理が可能であることを実証した。

閾値の自動計算ロジックの開発



警報閾値の自動計算手法を開発
X-Y散布図における警報閾値は、Expertの経験により手動で設定していたが、個船の特性により誤警報が多数発生した。そこで、実船データに基づく閾値の自動計算手法を開発し、特性の違いに起因する誤警報の抑制と設計工数の削減を可能とした。

プロトタイプアプリの開発



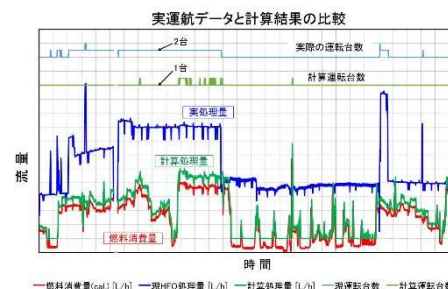
商品化に向けたウェブアプリ化
前述の自動計算ロジックは複雑なロジックであるため、データロガー上ではなく、寺崎電気産業(株) 船上サーバー[TMIP]のオプション機能としてプロトタイプアプリを開発。商品化及びTMIP販売促進の一歩となった。

個船の運航データに基づく警報閾値の自動計算手法を開発し、個船の特性の違いによらず過去の動作傾向からの逸脱の程度を可視化可能となった。

(6) 油清浄機の総合運転監視システム

三菱化工機(株)

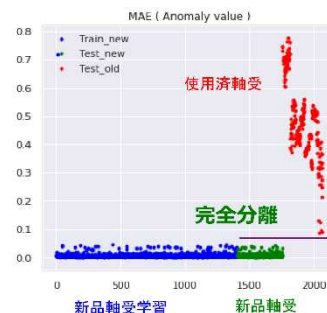
燃料消費量に合わせた油清浄機運転



清浄機運転状態の最適化
燃料消費量に合わせて油清浄機の処理量を変えることが、清浄効果を最大化する運転に有効であることを再確認した。加えて、流量調整と温度調整を考慮した清浄効果の最大化を図り、機関に安全な燃料を供給するためのシステム実用化に関する詳細検討を開始した。

AIによる振動値診断

新品軸受と使用済軸受の比較



油清浄機軸受の劣化判定
清浄機用軸受は規定の運転時間毎による交換方式を推奨しているが、状態に応じたメンテナンス方式の適用を目的として、データ活用による軸受劣化診断手法の検討を行った。
新品軸受での振動値をAIにより学習し、使用済軸受の振動値と区別できることを確認した。AIによる油清浄機軸受の状態監視保全の可能性を確認した。

実運航データから分離不良リスクを低減する油清浄機の運転状態をリアルタイムでシミュレーションできる環境が整った。