

排ガス浄化システムの効率的な運用管理を実現する 船舶 IoT システム

Ship IoT System for Efficient Operation Management of Exhaust Gas Cleaning Systems

安信 友裕 YASUNOBU, Tomohiro

近年、船舶業界においては国際的な環境規制の強化により、船舶から排出される排ガスを浄化する排ガス浄化システム（EGCS）が導入されている。その中で、普及が進んでいる船陸間ブロードバンド通信を活用した船舶 IoT システムを開発した。このシステムを用いると、EGCS の計測ログデータやアラームをクラウドサーバを利用して監視することができる。異常予兆診断機能も提供しており、機器が故障する前に適切なタイミングでメンテナンスを行うことで、機器のダウンタイム短縮とトラブル対応に要する作業を削減することが可能である。

Recent stricter international environmental regulations in the maritime industry have been encouraging the installation of exhaust gas cleaning systems (EGCS) to purify the exhaust gas emitted from ships. As part of this effort, Fuji Electric has developed a ship IoT system that utilizes increasingly popular ship-to-shore broadband communications. This IoT system is able to monitor EGCS measurement log data and alarms by utilizing a cloud server. It also provides a diagnostic function to predict abnormalities and facilitates timely maintenance before equipment malfunctions in order to shorten equipment downtime and reduce the work costs required for troubleshooting.

① まえがき

近年、船舶業界においては国際的な環境規制の強化により、従来使われてきた燃料から環境規制に適合した燃料への切替えや、排ガス浄化システム（EGCS：Exhaust Gas Cleaning Systems）の導入などが必要となってきた。しかし、環境規制に対応するシステムは、従来の船舶用機器に比べて高度化しているため取扱いが難しく、機器が故障した場合は乗組員だけでの対応が困難である。また、船舶は年間を通して海上を航行していることが多く、メーカーは直ちに船を訪問することができないといった特有の問題を抱えている。その一方で、衛星通信を使った船陸間ブロードバンド通信の普及が急速に進んでおり⁽¹⁾、海上を航行する船舶でも、定額で高速通信サービスを享受できるようになってきている。

上述のような船舶特有の問題を解決するために、富士電機は EGCS に適用する船舶 IoT（Internet of Things）システムを開発した⁽²⁾。これは、計測ログデータやアラームをクラウドサーバを利用して監視するものである。機器に異常が発生した場合、訪船せずに計測ログデータから故障箇所を判断して修復指示をするなどの遠隔支援が可能である。船舶 IoT システムは、富士電機が保有するアナリティクス・AI（Artificial Intelligence）技術を活用した異常予兆診断機能を提供しており、機器の異常を予兆して最適なタイミングでメンテナンスを行う CBM（状態基準保全：Condition Based Maintenance）が可能となる。機器故障によるダウンタイムの削減および予備品の交換、購入の最適なタイミングを提案できる。

② 船舶 IoT システムと現状の新たなニーズ

図1に、船舶 IoT システムのシステム構成図を示す。このシステムは、船内に設置された IoT リレー盤に内蔵しているエッジデバイス「FiTSA Σ」が、EGCS 監視制御盤に蓄積された計測ログデータや各機器のアラーム履歴を、衛星通信を使用して一定周期で富士電機クラウドサーバに送信する。船の管理会社は、クラウドサーバにアクセスすることにより船のデータを監視することができる。クラウドサーバが採用している通信プロトコルは、衛星通信の特性を考慮し、ネットワーク環境が不安定でも再送信などによって情報の到達性を担保する MQTT^(注)（Message Queue Telemetry Transport）方式を採用している。IoT リレー盤と船の管理会社が利用する回線との接続は、一般的なインターネット接続作業と同様に固定 IP アドレスやデフォルトゲートウェイなどを設定すれば完了する。また、クラウドサーバのセキュリティについては、ISO/IEC 27017：2015（クラウドサービスセキュリティ）および富士電機のセキュリティポリシーに従い、リスクの低減や重要情報の保護を行っている。

富士電機は、2021 年 4 月に船舶 IoT システムの提供を開始した⁽²⁾。図2に船舶 IoT システムの導入前と導入後の不具合発生時の対応フローを示す。導入前は、船のシステムや機器に異常が発生した場合、船から船の管理会社にメールで状況報告があり、船の管理会社はトラブルの要因と思われるシステムや機器を提供する富士電機に不具合対

〈注〉 MQTT：Message Queue Telemetry Transport の略で、TCP/IP プロトコルを使用して通信する軽量なメッセージングプロトコルである。

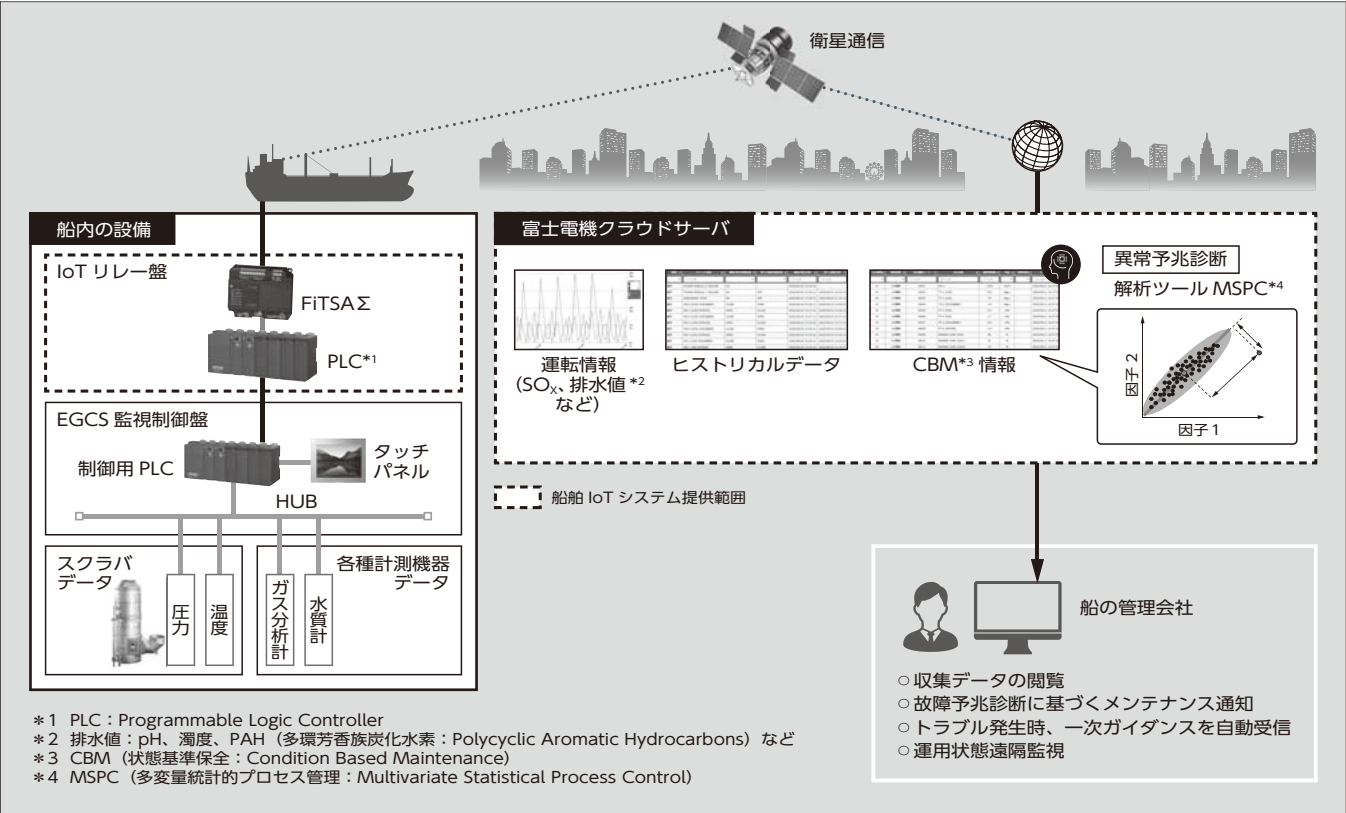


図1 船舶IoTシステムのシステム構成図

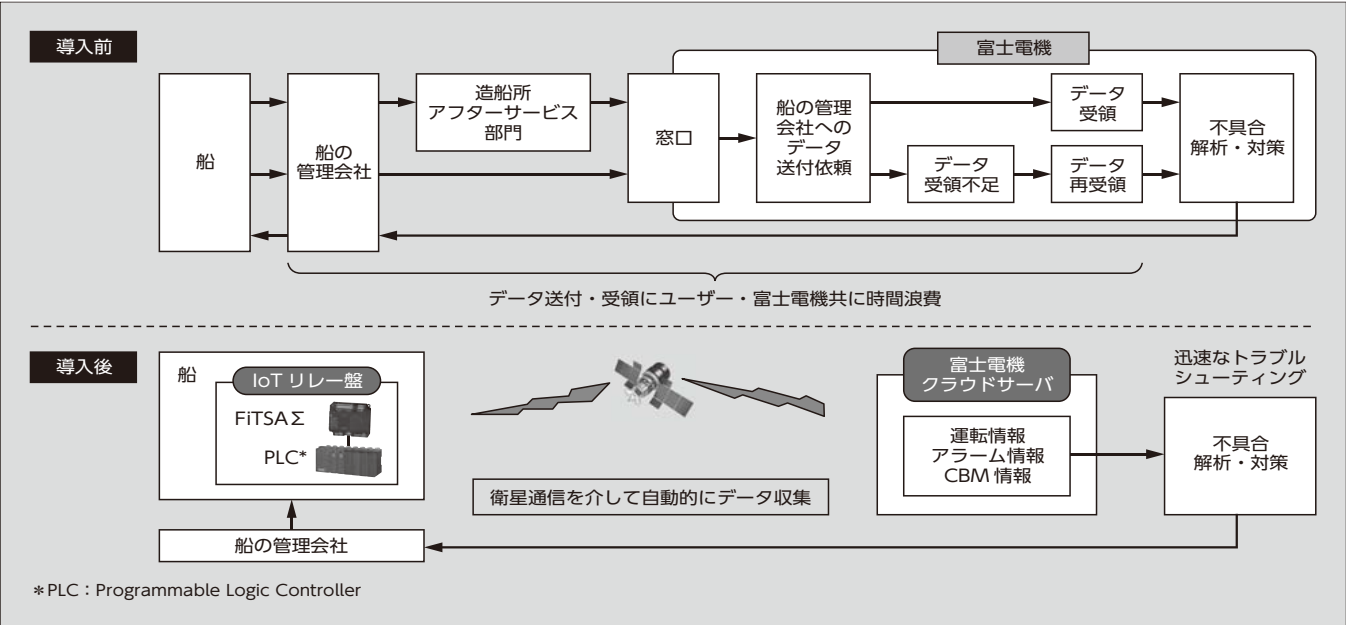


図2 船舶IoTシステムの導入前と導入後の不具合発生時の対応フロー

応を依頼する。依頼を受けた富士電機は異常の原因と対策について船の管理会社に連絡し、船の管理会社はその情報を船に伝える。その対策で解決できない場合は、再度状況を富士電機に連絡する。異常が解消するまで同じやり取りが繰り返されるため、不具合解決には一般に多くの時間を要していた。

富士電機の船舶IoTシステムを導入すると、クラウドサーバに蓄積された計測ログデータやヒストリカルデータ

を確認することで、船の管理会社から連絡がなくても、設備の状態や発報しているアラームなどを把握することができ、迅速な不具合対応が可能となる。また、船舶IoTの機能には、アラーム発生時に該当するアラームの内容とその対処法が記載されたメールを自動で配信する機能があり、船の乗組員はメーカーからの連絡を待つことなく迅速な対応が可能である。

しかし近年、EGCSのユーザーである船の管理会社や乗

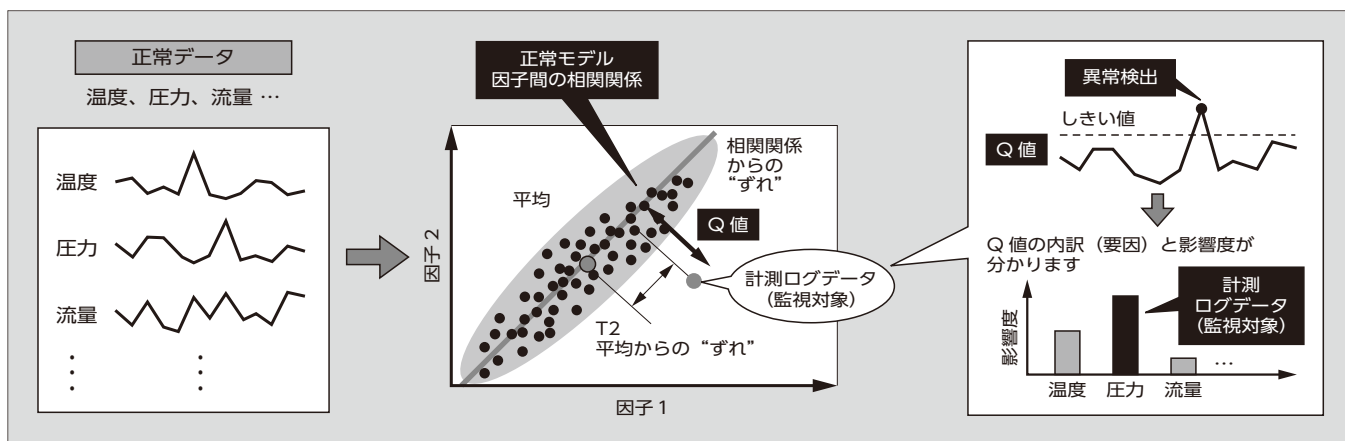


図3 MSPC の概要



図4 異常予兆診断画面（2023年3月現在）

組員の“トラブルに対してどのように対処すればよい”をクラウドサーバで確認できるようにしたい”“収集したデータを利活用し、トラブルを未然に防ぎたい”といったニーズが高まってきた。

③ 運用管理を効率化する新たなサービス

②章で述べたニーズに応えるため、富士電機が保有するアナリティクス・AI 技術⁽³⁾を活用した異常予兆診断機能を開発した。

船舶 IoT システムにアナリティクス・AI 技術の中でも診断技術に属する MSPC（多変量統計的プロセス管理：Multivariate Statistical Process Control）を採用し、異常予兆診断サービスを構築した。図3に MSPC の概要を示す。MSPC は多変量解析を利用して複数のデータの相関から“いつもと違う”を定量化する。船舶は世界中を運航し、季節や気温、天候などの異なる条件下で機器を稼働している。そのため、同じ機器でも船舶ごとにデータ特性が異なる。また、データの送受信には衛星通信が使われるが天候や海域によってはデータが欠損することがある。このような船舶特有の使用環境に対応するため、データクレ

ンシング技術と特性把握技術を用いてデータの前処理を行い、健全モデルを自動的に生成する。この健全モデルと現在値とのずれ度合い（Q 値）から、設備の状態を把握することができる。さらに、診断ごとに Q 値の寄与度が示され、どの計測値のずれ度合いが大きいか分かることから、ずれの要因も知ることができる。従来は、計測値ごとに上下限監視を行うことが多かったが、MSPC では、従来の上下限監視では見逃していた異常の兆候も検知可能である。

図4に、富士電機の EGCS に採用している自社製ガス分析計の異常予兆診断画面を示す。ここで示すアラームは機器故障ではなく、機器が正常な状態から外れる傾向を察知したものであり、その傾向は異常予兆診断の結果を基に判断している。発生したアラームとそのアラームに対するトラブルシューティングがひも付けられており、マニュアル表示ボタンをクリックするとメンテナンスマニュアルが表示される。これに従って船の乗組員は適切かつ迅速な対応を行うことが可能である。従来は機器が故障すると取扱説明書の中からトラブルに対するメンテナンス項目を探し出して対応するために多くの時間を要していたが、この異常予兆診断機能を活用することで、機器のダウンタイム短

縮とトラブル対応に要する作業を削減することが可能である。

4 あとがき

排ガス浄化システムの効率的な運用管理を実現する船舶 IoT システムについて述べた。今後、異常予兆診断の対象を増やし、最適なメンテナンスタイミングと予備品交換の最適なタイミングの提案により、船舶の保守業務の負担軽減を図っていく。また、EGCS 以外の船舶用機器についてもニーズに応じて対応していく。

近年、環境規制に適合した燃料の採用やそれに対応した機器の開発が盛んである一方、新しい燃料油を安全かつ効率的に運用することも重要であり、センサや IoT デバイスを組み合わせた遠隔監視のニーズは高まっている。また、船舶の自動運航の開発も進んでいるため、遠隔監視をはじめとして安全な運航の継続に向けた異常予兆診断へのニーズはさらに高まると考えている。そのような社会環境の中

で、富士電機の強みであるアナリティクス・AI 技術を生かしたサービスを引き続き提供する所存である。

参考文献

- (1) 中野和昌. 船陸間通信システムの最新動向 - 船陸間のデータ伝送基盤. 日本マリンエンジニアリング学会. 2020, vol.55, no. 2, p.68-71.
- (2) 河村賢. 船舶IoTシステム. 富士電機技報. 2021, vol.94, no.4, p.280-282.
- (3) 瀬谷彰利ほか. 富士電機のDX (デジタルトランスフォーメーション) の現状と展望. 富士電機技報. 2021, vol.94, no.3, p.130-140.



安信 友裕

船舶排ガス浄化システムおよび船舶 IoT システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ インダストリー事業本部社会ソリューション事業部船舶・交通・特機システム部課長補佐。





＊本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。