

2022 年度日本財団助成事業 MEGURI2040

事業名：実用化に向けた無人運航船の機関室における人と機器の状態監視機能の開発・実証

無人運航船の機関室遠隔監視における機関統合システムと機器状態監視システムとの連携機能開発

澤村 良仁、天池 義治、滝川 朝子

株式会社サンフレム

無人運航船の機関室遠隔監視における機関統合システムと 機器状態監視システムとの連携機能開発

はじめに

MEGURI2040 内、DFFAS PLUS プロジェクト（以降、本コンソーシアム）の全体計画では船舶の無人運航を成立させるために、機関プラントの稼働性を担保するために主要な各機器の状態監視とそれら情報統合の仕組みがコンソーシアム各社によって検討されている。その上で当社が取り扱うような補機類にトラブルを生じた際、どのように情報統合システムと連携すべきか、乗組員や情報統合を行う上位側だけではないメーカーの目線から考えて機能開発することに意義があると考え本作業をスタートした。

そのために建造計画段階にあった無人運航船（旗船）の仕様に基づき、当社のボイラ燃焼装置または船用焼却炉が搭載されると想定して初期検討を行った。これらの機器にトラブルが発生した際に陸上及び船上の機関情報統合システム（IAS：Integrated Autonomous System）に対してどのような表示を行えば、より適切な対処が可能になるのかを検討した。

なお結果として旗船には当社製品が搭載されないこととなった為、本報告書はこの決定が成されるまでの間に行った初期検討の内容をまとめたものである。

本コンソーシアムにおける無人運航船の管理体制

本計画において船内には機関士を 1 名配置し、陸上 FOC（Fleet Operation Center）から適時適切なサポートを行うことで運航を担保する。機関室内機器の状態を把握するために陸上 FOC 並びに船上の機関制御室に IAS が設置され、機関プラントに発生する事象の把握と対処を共通の画面で行う。船上の機関士は必要に応じて FOC に待機する陸上機関長にコンタクトを取り、機関長の判断を仰ぐ、もしくは機器メーカーのアドバイスを受けることが可能となっている。

IAS の画面上には機関プラント全体のミミック画面が表示されているが、通常は詳細な表示はない補機の状態について、トラブル時の指示を行いやすいようなデザインや要素配置の検討の必要性も考えられた。

目的に向けての作業計画

作業計画を以下の通り立案した。

1. トリップ・アラームの発生条件の確認

機器状態監視を行うためには、機器が発するトリップとアラームの洗い出しが必要となる。補助ボイラ燃焼装置および船用焼却炉にて発報される警報の仕組みと条件をリ

ストアップし、従来と自律化状態での条件の違いを比較する。その結果各トリップ・アラームの危険度レベルが自律化後でどのように位置づけられるか検討する。

2. 状態表示とそのための仕組みの検討

船上および陸上 IAS のミミック画面に表示する補機トラブル時の画面表示デザインを作成する。そのために必要となる各要素の洗い出しおよび階層付け、表示信号等を検討する。また、本船において機器状態画面を表示する為の通信手段と機器を選択する。機器状態の表示を行うために、データの適時性やデータ量を調査し、陸側・本船側で必要な通信量を検証する。

作業内容

初期検討においては以下の内容を実行した。

1. 補助ボイラ燃焼器および船用焼却炉のトラブル事象について故障要因と復旧手段の確認
2. 1の検証を基に機関士1名による運用時の各種警報の危険度を評価した。評価結果を下記表1に示す。

表 1 危険度の高いトリップ（一部抜粋）

今回のTRIP等に関して配線等は正しいものとするし、PLCの故障は考慮しないものとする。 また、自律航行の前提とするため現環境における緊急時の手動運転も考慮しないものとする。				
	条件	現在	機関士1名	自律航行時の状態表示
Power Failure	操作電源の消失もしくは主電源の喪失。	操作電源の場合警報制御盤内で短絡等が起こっていないかを確認の上、作業員がブレーカを復帰させ手順を踏むことで電源回復。主電源の場合は断定不可	電流値等を外部から監視可能にする等の対応が必要。 外部からの電源復帰や、緊急遮断を考慮に入れる必要があるが、原因不明のままの復帰は危険を伴う。 また上流側での電源喪失に絡む場合、状態監視が行えないので避けなければならない。	赤
Fire in Furnace	炉内火災	炉内で火災が生じている可能性あり。極めて危険	炉内で火災が生じている可能性あり。極めて危険	赤
F.O. temperature too low	油温低下	電気ヒーターが動作しているかを確認 ヒーターエレメントの確認 復旧作業後でも影響が残る場合、D.O./M.G.O.を用い航行継続	電気ヒーターが動作しているかを確認 ヒーターエレメントの確認 C重油での運転が可能と判断できない場合は速やかにD.O./M.G.O.を使用し、航行（エンジン向け燃料加熱）への影響を回避	赤 但し油種切り替えて 黄
F.O. pressure too low	油圧低下	ポンプの電源喪失、吐出圧低下、もしくは圧力スイッチ またはトランスミッタの故障 前者の場合ポンプの電流値確認等を、後者の場合スイッチに付着物や断線の有無を確認する。 全てのポンプ電源喪失の場合は運転不可となる。 スタンバイ機がある場合は一方のポンプが停止しても他方が動作するため、燃料油供給は行われるが、停止原因の究明が必要。	ポンプの電源喪失、吐出圧低下、もしくは圧力スイッチ またはトランスミッタの故障 電流値等を外部から監視可能にする等の対応が必要。 外部からの復帰や、緊急遮断を考慮に入れる必要があるが、原因不明のままの復帰は危険を伴う。 電源喪失の場合は電流値確認等を、スイッチ等の場合は付着物や断線の有無を確認する。 可能な限りスタンバイ機を装備することが必要。一方のポンプが停止しても他方が動作するため、燃料油供給は行われるが、原因究明は依然必要。 全てのポンプ電源喪失の場合運転不可となる（電源喪失であれば船自体も運転不可）	ポンプ1台の場合 赤 ポンプ複数の場合 黄

3. トラブルが生じた際に陸上並びに船上において双方のやり取りを円滑に行うために、共通の情報を表示するビューワー上の機器状態の表示方法と配置を検討した。画面表示イメージを下記図1に示す。

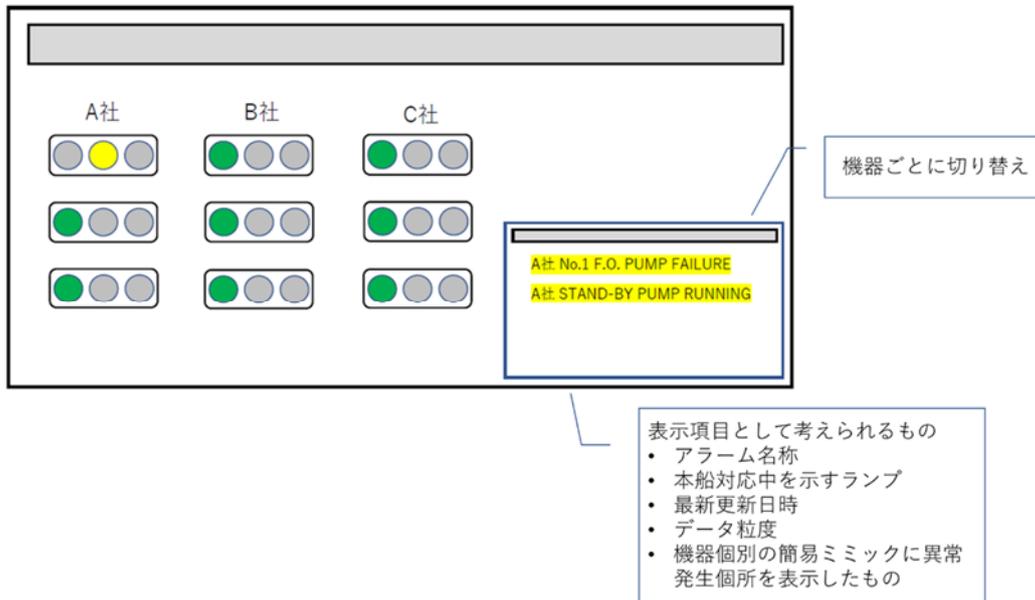


図 1 IAS における画面表示案

IAS での画面表示は以下の流れで行われ、またトラブルが発生した際、当社製品と IAS 画面で次のアクションが起こる。

当社製品（補助ボイラ燃焼装置）

- A) 該当機器のサーモスタット・圧力スイッチやトランスミッタの状態からアラーム、トリップの順に発報される
- B) トリップが発生した場合、復旧方法を記載した通知がタッチパネルに表示される
- C) 船上機関士が表示に沿って対応にあたる
- D) 当社製品タッチパネルに即した形で、本船 IAS 並びに陸上 FOC の IAS 画面にトリップ発生のお知らせが行われる
- E) 当社製品上でリセットを行うと、IAS 画面上でも通知が消去される

FOC (IAS 画面)

- A) IAS 画面上でトラブル発生のお知らせが表示される。
- B) 本船の航行に際し、IAS 画面上にトラブルの重大度に合わせ信号機を模した 3 つの状態を表示する。信号の定義は次に示す通りである。

赤色：本船の運航に支障を来すと推定され、危険な状態を示す。

この赤色が表示された場合、本船の航行が困難もしくは次の港までの航行は可能であるが、港でも修理が不可能な状態を指す。自律運航を行う上ではこの状態は最も避けるべきものである。

黄色：本船の主機及び補器に対して重大な影響を及ぼすが、手動運転等を用いることにより、次の港への運航が可能である。そのため港で修理を行えば復帰可能な状態を示す。この黄色が表示されると、本船内の予備品及び人員数では対応が出来ないことが想定される。

緑色：機器状態が本船航行に影響を及ぼすことなく健全に動作していることを示す。自律航行中はこの状態が維持される、もしくは船内の機関士によって即時復帰できることが望ましい。

上記の仕組みを用いるために、機器の運転状態の健全性を担保するのに十分なデータ粒度が必要となる。データの粒度に関しては、船陸間通信量の制限等も考慮する必要がある。データ粒度を細かくするとよりリアルタイムな状態監視が可能となるが、今回の作業ではこの確認は行っていない。

検討結果と今後の課題

本作業にて補助ボイラ燃焼装置および船用焼却炉についてアラームに対する自律船での危険度評価を行った。しかしながら本コンソーシアムとしては船全体の自律運航状態の健全度をまた別の統一された指標で表現している。各補機が運航に与える影響はその機器ごとに異なるので、メーカーとして考える機器単体の危険度評価と船全体での健全度とのレベルの擦り合わせを行わなければ、いざトラブルが発生した際の対処優先度に混乱が生じる可能性があると考えられる。

通常船舶においては、乗組員の注意によって機器の安全が担保されるが、省人化が進むと各種警報の危険度が上がると考えられる。無人運航船における搭載機器（補機類）に求められるものは、少数の機関士または無人でも運用の安全性を崩さない機器の冗長構成やモニタリングとサポートの機能である。そのためには、IAS といった情報統合画面に数ある機関室内機器の運転状況やセンサ情報を統合して、人間が対処可能な程度に効率的に表示できるような機能が求められると考える。

以上