

# 大島丸主機スタンバイシーケンサを用いた ERM 訓練の実施

杉本 昌弘\*

## ERM Training with the Main Engine Stand-by Sequencer on the Training Ship Oshima maru

Masahiro SUGIMOTO

### Abstract

The main engine stand-by sequencer of the training ship “Oshima-maru” was recently replaced with a new system incorporating a simulation function in order to improve effectiveness of cadet training both for machinery operations and Engine-room Resource Management (ERM). Each machinery operation can be simulated by input signals from a note PC when the stand-by sequencer is in a simulation mode. This function makes training of starting or stopping operation of the main engine possible even if the ship is underway.

This paper will discuss training methods for the main engine operations and ERM with the newly converted stand-by sequencer. Effectiveness of the ERM training, particularly focusing on closed-loop communication, with the part-task simulator will be examined.

**Key words:** *stand-by sequencer; simulator; training ship; ERM training; closed-loop communication*

### 1 まえがき

大島商船高専における「校内練習船実習」では、商船学科の1年生から5年生までの学生を対象に、船舶運航に関する基礎知識ならびに技能の習得を目的として、学年進行に合わせた船上訓練を実施している。この「校内練習船実習」は、三級海技士免許取得に必要な1年間の乗船履歴を得るため海技教育機構にて行われる長期航海実習への導入訓練としても重要な役割を果たしている。

多くの海事教育機関では、校内練習船とは別に、操船シミュレータや機関シミュレータなどの訓練用シミュレータを導入している。シミュレータ訓練は

しばしば練習船実習の代用とみなされるが、これらの二つの訓練方法は相互補完の関係とみるべきである。練習船における実践的船上訓練とシミュレータ訓練を効果的に組み合わせることにより、総合的に訓練効果を向上させることができる。

校内練習船大島丸では、数年前に、機関制御室に装備されている主機スタンバイシーケンサにシミュレーションモードが追加された。シミュレーション機能は、主機の始動、停止操作に限定されたものではあるが、達成目的を明確化して訓練を実施することにより、状況認識、コミュニケーション、チームワークといったソフトスキルに焦点を当てた

Engine-room Resource Management (ERM) 訓練効果が期待できる。

本稿では、主機スタンバイシーケンサのシミュレーション機能を用いたERM訓練に関し、その訓練方法ならびに訓練効果について議論する。第2節では、大島丸主機スタンバイシーケンサのシミュレーション機能について説明する。第3節では、ERM訓練および船上コミュニケーション手法であるclosed-loop communicationの概要ならびにその重要性について議論する。第4節では、スタンバイシーケンサを用いたERM訓練の実施方法およびその結果について考察する。

## 2 主機スタンバイシーケンサ

### 2.1 スタンバイシーケンサの機能

主機のスタンバイシーケンサは、主機の暖機、始動準備、始動操作などを、予め定められた順序で自動的に実施するための装置であり、1990年代の船員制度近代化を背景に、機関部出入港作業の省力化のため、多くの外航船舶に搭載されていた。

練習船大島丸の主機スタンバイシーケンサは、大島丸が建造された1993年に搭載された装置であるが、装置の経年劣化などの理由により2011年に新しいシステムに更新された。また翌年の2012年には、スタンバイシーケンサにシミュレーションモードが追加され、主機の運転操作補助に加えて訓練装置としての機能を持つことになった。

### 2.2 シミュレーションモード

スタンバイシーケンサのシミュレーションモードは、シミュレーションプログラムがインストールされたノートPCとスタンバイシーケンサを接続することにより実行される。

スタンバイシーケンサとノートPCのモニタ画面には、図1で示されるような推進プラントのミミック画面が表示される。通常モードのスタンバイシーケンサとは異なり、ディスプレイ上にはシーケンス表は表示されず、代わりに機器操作のためのボタンが追加されている。また、ミミック画面上の機器操作ボタンにカーソルを移動させマウスを右クリックする

と、画面右上にAction Windowと呼ばれるウィンドウが表示される。Action Windowに表示される操作項目を確認ののち、Confirmボタンを押すと、各機器へ操作信号が送られ、動作状態表示が変わり、シミュレーションが進行することになる。

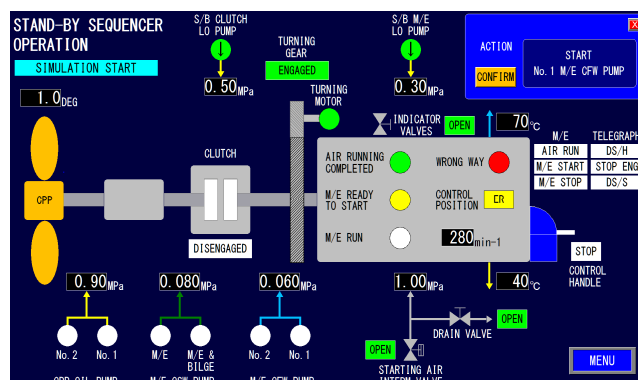


図1 シミュレーションモード画面

与えられた状況において、不適切な操作ボタン上で右クリックした場合は、誤操作が行われるとみなされ、モニタ上のWrong Wayシンボルが赤色になるとともに警報音が発せられる。例えば、ターニングギアが嵌合された状態で始動空気中間弁の開放操作を行う場合がこれに相当する。

シミュレーションモードでは、各機器の動作状態表示に加え、主機回転数、プロペラ翼角、各部温度、圧力などの運転諸元値も各機器の運転状態変化に合わせて変化するようにプログラムされている。また、シミュレーションにある程度のリアリティを与えるために、始動空気投入音、主機運転音などの録音音声操作状況に合わせて再生される<sup>1)</sup>。

## 3 ERM 訓練

### 3.1 ERM 訓練

Engine-room Resource Management (ERM) 訓練とは、機関の安全運転のために、人材、設備、情報などの利用可能な資源 (resource) をチームとして有効に活用するための訓練である。これは、船橋におけるBridge Resource Management (BRM) 訓練とともに、船員の資格、訓練要件を定めた国際条約であるSTCW条約の2010年改正の中で、必須訓練項目として規定されている。

ERM訓練の目的は、被訓練者個々の機関に関する知

識、技能の向上ではなく、個々が有する技能に加え、利用可能な設備、情報などの資源をいかに有効に活用できるかに焦点があてられている。具体的には以下のような項目がERM訓練の目的として挙げられる。

- ・必要な資源の配置と優先順位の決定
- ・適格な状況認識とチーム内での共有
- ・効果的なコミュニケーション
- ・明確な意思表示
- ・リーダーシップ

### 3. 2 Closed-loop communication

ERM 訓練目的の中で、「効果的なコミュニケーション」および「明確な意思表示」を実現させるための重要な手法として closed-loop communication がある。closed-loop communication とは、船舶の安全運航に欠かせない正確で明確な情報伝達を達成するために、情報の送り手と受け手の間の情報伝達を閉回路としたコミュニケーションである。

closed-loop communication は、以下の 2 ステップから構成される。

- ①情報の送り手が指示または報告を行う。
  - ②情報の受け手が指示の復唱または報告の確認を行う。
- ターニングギアの嵌合操作を例にとると次のようになる。

指示者：” Engage the turning gear.”

操作者：” I will engage the turning gear.”

(操作の実施後)

操作者：” Turning gear engaged.”

指示者：” Turning gear engaged, roger.”

メッセージを繰り返すことで、情報の受け手はその情報を正しく受け取ったことを確認し、メッセージの意義を認識することができる<sup>2)</sup>。また、closed-loop communication においては、チーム全体としての状況認識を高めるためにも、メッセージはその場にいる全員に聞こえるように大きな声で発することが重要である<sup>3)</sup>。

コミュニケーションのループが閉じられることにより、情報は正確に伝達され、機器操作の安全性が向上するのであるが、その反面、情報が正しく伝わ

らない場合は、誤操作などの危険性が増すことになる。このようなコミュニケーションエラーによる不安全操作を未然に防ぐために closed-loop communication には以下のような防御フレーズが必要となる。

“Say again, please.” , “Repeat.”

これは、情報の受け手が、送り手の話す内容を聞き取れなかった場合に用いられる。冷却清水ポンプの始動操作を例にとると次のようになる。

指示者：” Start No.1 CFW pump”

操作者：” Say again, please”

指示者：” Repeat. Start No.1 CFW pump”

“Mistake. Correction.”

これは、情報の送り手が間違った指示や報告を発した後、直ちにそれを訂正する場合に用いられる。潤滑油ポンプの始動操作を例にとると次のようになる。

指示者：” Start No.1 L0 pump”

指示者：” Mistake. Correction.”

指示者：” Start No.2 L0 pump”

“Negative.”

これは、情報の受け手が行った復唱や確認が、情報の送り手が発した内容と異なる場合に用いられる。冷却海水ポンプの始動操作を例にとると次のようになる。

指示者：” Start No.1 CSW pump.”

操作者：” I will start No.1 CFW pump”

指示者：” Negative. Start No.1 CSW pump”

“Cannot.”

これは、情報の送り手が発した内容が、状況から判断して不適切であり実行できない場合に用いられる。エアランニング操作を例にとると次のようになる。

指示者：” Carry out air running”

操作者：” Cannot. Indicator valves are open.”

指示者：” Mistake. Correction.”

指示者：” Close all indicator valves.”

これらのエラー防御フレーズを的確に使用して、コミュニケーションエラーを早い段階で修正し、誤操作を未然に防ぐことは、ERM 訓練目的である、「状

況認識」や「明確な意思表示」のスキルを向上させることにもつながる。

## 4 シミュレータを用いた ERM 訓練

### 4.1 訓練方法

本年度は、商船学科4年生機関コース学生を対象とした「海事実務」科目のなかで、ERM 訓練を2時間×2回実施した。4年生は、すでに数回の大島丸航海実習および停泊中の主機運転実習を通じて、主機の始動、停止操作には充分習熟している。1回目のERM 訓練では、ERM 訓練の目的説明、closed-loop communication の概要説明および防御フレーズの演習、スタンバイシーケンサのシミュレーションモードの操作習熟などを行った。続く2回目の訓練では、約10名の学生を4グループに分け、主機の始動および停止のシミュレーション操作を各2回ずつ実施した。各グループは合計4回のシミュレーション操作において、以下の役割をローテーションして担当した。

- ・操作指示を出す一等機関士役 (1/E)
- ・操作を行う三等機関士役 (3/E)
- ・各操作経過時間測定係
- ・訓練内容評価係

図2に示すように、1/E 役はスタンバイシーケンサのモニタ画面前に立ち、各操作の指示を3/E 役に出した。訓練内容評価係は、評価用紙の項目にしたがい1/E 役、3/E 役双方を機器操作およびERM の観点から評価した。



図2 ERM 訓練における1/E 役および評価係学生

また図3に示すように、3/E 役はノートPCが設置される机前に座り、1/E 役から与えられた指示にしたがい、機器のシミュレーション操作を行った。本訓練では両者は同じ機関制御室に配置されたが、実際の主機操作における1/E と3/E の物理的距離感を演出するために、両者間をカーテンで間仕切りした。



図3 ERM 訓練における3/E 役学生

訓練評価においては、シミュレーション操作を担当した2グループ(1/E 役ならびに3/E 役)を一つのチームとして評価した。評価項目は以下のとおりである。

- ・主機の始動または停止操作は設定時間内に完了したか。
- ・各操作において機器の誤操作はなかったか。
- ・機器操作におけるclosed-loop communication 各段階(指示、復唱、報告、確認)においてエラー、欠落、または表現ミスはなかったか。
- ・コミュニケーションエラー防御フレーズは使用されたか。

また、2回目のERM 訓練終了後には、各学生に実習を振り返っての感想や意見を発表してもらった。

### 4.2 訓練結果の考察

本年度の商船学科機関コース4年生の「海事実務」では、主機始動操作、主機停止操作をそれぞれ4回ずつ、合計で8回のERM 訓練を実施した。各評価項目別の結果を以下にまとめる。

#### ア. 操作時間

シミュレーション操作の制限時間を、始動操作は20分以内、停止操作は15分以内と設定して訓練を

行った。8回の訓練の中で停止操作1回のみ16分を要し、制限時間超過となったが、それ以外は制限時間内に操作が終了した。概ね滞り少なくシミュレーション操作が出来たといえる。

#### イ. 機器の誤操作

8回の訓練を通して、誤操作は7回行われたが、いずれもWrong Way 警報につながる誤操作ではなかった。7回の誤操作の中で、2回は操作者(3/E)の単純ミス、1回は操作者(3/E)の復唱ミスに起因する誤操作、残りの4回は指示者(1/E)の誤指示をそのまま復唱して誤操作につながったケースであった。このことから、指示者(1/E)が正しい状況認識に基づき適切な指示を出せていれば、誤操作は半減できていたと考えられる。

#### ウ. コミュニケーションエラー

8回の訓練を通して、合計34回のコミュニケーションエラーが発生した。closed-loop communicationの各段階(指示、復唱、報告、確認)別に見ると、指示が24回、復唱が3回、報告が6回、確認が1回であった。さらに、最も多かった指示のコミュニケーションエラー24回の内訳を見ると、誤指示が8回、指示の欠落が5回、表現ミスが11回であった。指示のコミュニケーションエラーの割合が圧倒的に高いことから、各操作における最初の情報の送り手である指示者(1/E)が、closed-loop communicationにて重要な役割を持つことが分かる。

#### エ. エラー防御

指示のコミュニケーションエラー24回について分析すると、指示者(1/E)による修正がなされたのは6回であった。また、メッセージの受け手である操作者(3/E)により”Cannot.”と指摘されたのも6回であった。第1段階のエラー防御率は25%(6/24)、第2段階のエラー防御率は33%(6/(24-6))、双方合わせても50%((6+6)/24)となり、コミュニケーションエラーによる不安全操作を未然に防ぐための防御フレーズが十分に使用されていたとは言い難い。

#### オ. 感想、意見

ERM訓練終了後、参加学生からは以下のような意

見が寄せられた。

- ・シミュレータ訓練では、実際の機器操作を伴わないので、機器類が運転された実感がわきにくかった。
- ・機関室における実際の運転操作では、機械の騒音が大きく、指示や復唱が不完全であっても雰囲気で一連の作業が進んでいくこともあったが、静かな環境で行われるシミュレータ訓練では、指示や復唱のエラーがはっきりとわかった。
- ・指示者(1/E)役の時、スタンバイシーケンサのモニタスクリーンのみを見て全体の状況を把握しなければならず難しかった。
- ・実際の運転実習では、各係に分かれて操作を行うので、自分の担当係に集中していたが、ERM訓練では個々が全体の操作手順を理解しておく必要があったので良い勉強になった。

#### カ. まとめ

ERM訓練評価および参加学生の感想をまとめると、機関室における実際の運転操作に比べ、シミュレータ訓練は機器操作のリアリティは少ないものの、静かな環境で行われるためコミュニケーションの良否が判別しやすいことが分かった。8回のERM訓練を平均すると、1回の訓練あたり4回程度のコミュニケーションエラーが発生しているが、指示者(1/E)によるエラーが大半を占め、それに対する防御も不十分であった。

このことから、機関の安全運転に資する良好なclosed-loop communicationを達成するためには、指示者(1/E)が、正しい状況認識のもと正確な指示を送ることが重要であり、仮に誤指示が送られた場合でも、メッセージの受け手である操作者(3/E)が早い段階で指摘し、エラー防御措置を講じることも重要であると言える。

## 5 あとがき

機関室の中を動き回りながら、実際の機器操作を行う場合と比べると、シミュレータを用いるERM訓練では、操作方法はもちろん、コミュニケーション環境や状況認識の方法が大きく異なる。

機器の安全操作には効果的なコミュニケーション

が不可欠であるが、静かな環境で行われる ERM 訓練では、主な訓練目的を closed-loop communication の精度向上ならびに防御フレーズの適切な使用に置くことにより、騒音の中で行う実際の運転操作では得られない訓練効果が期待できる。

また、実際の運転操作とは異なり、個々の学生がモニタスクリーンのみで機関室全体の状況を把握する必要がある点も、シミュレータ訓練の特徴であり、訓練の反復により学生の状況認識能力の向上が期待できる。

今年度の ERM 訓練では、closed-loop communication の初期段階である指示でのエラー発生割合が高く、これに対する防御も不十分であった。次年度以降も引き続き ERM 訓練の結果を分析し、訓練効果についての検討を行っていききたい。

#### 参考文献

- 1) JRCS MFG Co., Ltd. *Stand by sequencer (Revised drawing)*. Shimonoseki, Japan: Author. (2012)
- 2) Malcom, M. *Closed loop communication in the piloting environment*. Seaways, March, 2010. 25 - 26. (2010)
- 3) Grech, M. R., Horberry, T. J., & Koester, T. *Human factors in the maritime domain*. Boca Raton, FL: CRC Press. (2008)