オンボードコンパクト型操船シミュレータを使用した 教育訓練手法について

矢吹 英雄*・田尾 茂郎**・石黒 剛***

On the Education and Training Utilizing Onboard Compact Type Ship Maneuvering Simulator

Hideo YABUKI, Shigeo TAO and Tsuyoshi ISHIGURO

Abstract

Compact type Ship Maneuvering Simulator has been equipped onboard training ship Seibun Maru (5,884 G. T.). The function of the simulator is almost the same as of full-sized ship maneuvering simulator. The precious hydrodynamic mathematical model of Seibun Maru and the sea area database where Seibun Maru operates onboard training are installed in this simulator as well.

The training according to the same training program are performed both by onboard simulator and by training ship in order to survey the possibility and effect of training for cadets combined onboard simulator training and onboard training.

From the result of the questionnaire to cadets and the scoring of ship handling technique of cadets by instructors, following conclusions are obtained.

(1) The training method combined onboard simulator training and onboard training is effective to improve ship handling technique of cadets.

(2) Onboard Ship Maneuvering Simulator is useful for cadets to practice planning, positioning, maneuvering, communication and management technique.

Therefore, in training ship, it is recommended to use Ship Maneuvering Simulator for the advance verification of maneuvering plan and the advance practice of onboard training.

Key words : ship maneuvering simulator training, compact type Ship Maneuvering Simulator, maritime education and training, training onboard training ship

キーワード : 操船シミュレータ訓練, コンパクト型操船シミュレータ, 海事教育訓練, 練習船実習

1. はじめに

学卒者を対象とした船員の教育訓練に関し、我国は、大学等での座学及び航海訓練所での練習船実習により初級航海士としての基礎的な知識、技術を習得させた後、商船における実務乗船中のOJT (On the Job Training) をとおして上級航海士あるいは船長に要求される技術等を身に付けさせる方式をとっている。OJTをとおして船舶の運航に必要な技

術を総合的に習得させる手法は、非常に効果的ではあるが比較的長い時間を必要とする。日本人船員と日本人配乗船舶が年々減少し、OJTの機会も少なくなりつつある現状においては、従来のOJTのみで船舶運航技術を伝承してゆくことは次第に困難になると考えられ、現役船員のリフレッシュ、アップデート等OJTの補完を目的としたシミュレータ訓練の積極的な利用⁽¹⁾等とあわせて、初級航海士に必要な基礎的な知識、技術の習得をより徹底させるための、

* 正会員 東京商船大学 (〒135-8533 東京都江東区越中島2-1-6)

** 正会員 航海訓練所 (〒231-0003 横浜市中区北仲通5-57)

*** 非会員 石川島播磨重工業(株) (〒135-8731 東京都江東区豊洲2-1-1)

練習船実習の一層の充実が望まれる。

ところで、1年間という限られた時間の枠内で初級航海士に必要な教育訓練を完結させる役割を担っている練習船実習をより効率化し、効果的なものとする手法の一つとしてオンボード操船シミュレータによる訓練の導入が考えられる。すなわち、シミュレータ訓練との比較における練習船実習には、厳しい自然環境のもと、長時間の連続した訓練をとおして慣海性、リーダーシップ、行動習慣等を含め船舶運航に関する知識、技術を総合的に体得できるという優れた特長がある。一方、シミュレータ訓練には、任意のシナリオによる訓練が可能、同一条件のもとでの反復訓練が可能、訓練の再現が可能、非常事での訓練が可能等の実船では得られない特長⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾がある。従って、練習船でオンボードシミュレータによる訓練を併用した実船訓練を展開すれば、双方の特長を兼ね備えた訓練が可能で、これまで以上の実習効果が期待できる。

以上から、航海訓練所の練習船青雲丸(5,884総トン、主機10,500ps×1基)にコンパクト型操船シミュレータをベースとしたオンボード操船シミュレータを構築し、実習生を対象としたアンケート調査等をおしてシミュレータによる訓練を練習船実習に組み入れた教育訓練手法の可能性について考察したので報告する。

ここでは、まず、青雲丸オンボード操船シミュレータの特長について説明し、次に揚投錨操船実習を例としてオンボード操船シミュレータと実船を併用した教育手法とその効果に関する調査結果について述べ、更にこの調査結果をふまえて、シミュレータ訓練の併用が有効と考えられる実習細目について検討する。

2. 青雲丸オンボード操船シミュレータの特長

2.1 シミュレータの構成

青雲丸のオンボード操船シミュレータは、練習船で行う実船訓練をより効果のあるものとするための実習支援装置との位置付けのもと、特に次の事項を考慮して構築した。ベースとしたシミュレータは、IHI製コンパクト操船シミュレータSMS-EC110である。

(1) 実船訓練を補完する装置との見地から、青雲丸の操縦運動モデル及び本船の実習訓練海域の映像データベースを用意する。また、専門のオペレータを必要としない自学実習の可能なシステムとする。

(2) 昼夜の別、視程、外乱等の環境条件に係る設

Fig. 1. Equipment layout of compact type SMS

定等ソフトウェアの面では陸上のフルミッション操船シミュレータと同等の機能をもたせる。

(3) 搭載場所の制約からコンパクト型とするが、機器の配置等を工夫し、複数の実習生によるチームでの訓練が可能なシステム構成とする。

シミュレータの構成をFig.1に示す。ベースとしたコンパクト操船シミュレータは訓練部と教官部で構成され、本来、訓練部を使用して単独での訓練を行うものであるが、遠隔操舵装置を追加し、また、訓練部と教官部を並列して配置することによりチームでの訓練をも可能とした。この場合、訓練部モニタ画面と合わせて教官部モニタ画面及びグラフィックディスプレイを同時に使用して訓練を行うこととなる。

本シミュレータによる訓練要領の例として単独で訓練を行う場合と船長、航海士2名、操舵手の計4名で訓練を行う場合の配置例をFig.2に示す。単独操船訓練では、船長は補助操作パネルの視線変更機能により前後、左右又はウイングに適宜視線を切り替えながら、周囲の見張り及びグラフィックディスプレイのレーダ画面の監視を行いつつ、操舵及び機関操作を行う。また、船長、航海士、操舵手の4名による訓練では、操舵は遠隔操舵装置により行い、航海士は船長の見張りを補佐しながら船位、レーダ等の情報の伝達と機関操作を行う。

2.2 映像データベースと操縦運動モデル

本シミュレータの映像データベースはTable 1に示したとおりであるが、本船の行動海域である浦賀水道航路、備讃瀬戸東航路の他、操船訓練、操縦性能測定等の実習を行う三河湾のデータベースを用意

Fig. 2. Arrangement of trainee at SMS training

Table 1. Sea area database and displayed image

Sea Area Database (5)	Displayed Image
Seiun Maru Training Area (Mikawa-wan)	Fixed Objects (Buoy, etc.) (10 type)
Open Sea	Bow Part of Own Ship (5 type)
Imaginary Port & Coastal Area	Target Ships (3 type)
Uraga-suido Traffic Route	(10 Target Ships are able to display simultaneously)
Bisan-seto East Traffic Route	

Table 2. Models of own ship and target ship

Own Ship Model (5)	Target Ship Model (3)
Seiun Maru	200,000 DWT VLCC
200,000 DWT VLCC (Full)	25,000 DWT General Cargo Ship
200,000 DWT VLCC (Ballast)	10 GT Fishing Boat
3,600 TEU Container (Full)	
3,600 TEU Container (Ballast)	

しているのが特徴である。

操縦運動モデルは自船運動モデルとして本船他4種類、移動目標運動モデルとして3種類を用意した (Table 2)。青雲丸の操縦運動モデルの作成に当たっては、本船の操縦運動をできるだけ正確に再現できるモデルとするよう努めた。操縦運動方程式にはMMGモデル⁽⁵⁾を用い、シミュレーションに必要なデータは建造段階から系統的に実施された模型試験⁽⁶⁾の結果を利用した。モデルの検証例として、クラッシュアスターン及び右35度加速旋回試験を実船実験と比較しFig. 3に示す。クラッシュアスターンについては、回頭角の時系列に若干の違いがあるが、船速の時系列、停止距離はほぼ一致しており、プロペラの後進操作に伴う本船の回頭運動の実際がよく再現できている。右35度加速旋回時については、初期船速の立ち上がり部分に若干のズレが見受けられるが、船速、回頭角の時系列、軌跡ともよく一致している。なお実船実験は極力外乱のない状態で実施したが、わずかではあるが風、潮流等の影響もあったと考えられ、当時の外乱等初期条件の違いによってモデルと実船で若干の差が生じていると思われる。

Fig. 3. Comparisons between simulation and trial result

3. 教育手法の検討のための実船調査

3.1 調査の要領

練習船に操船シミュレータを搭載して運用する場合の利点として、本船の性能及び訓練海域の状況を事前に把握できる、実船訓練と同一シナリオによる訓練が可能、実船訓練の準備としての反復訓練が可能、実船訓練の事前検証が可能、講評時に実船訓練を再現することによる習熟度の向上が期待できる、シミュレータ訓練の成果を時間を置くことなく直ちに実船訓練に反映できる等が挙げられる。そこで、操船シミュレータを実船に搭載することの利点を生かし、練習船実習をより効果のあるものとするためには、どのような形でシミュレータ訓練を併用した実船訓練を展開すればよいか実船で調査した。

調査では、揚投錨操船実習を対象としたシミュレータ訓練と実船訓練を行い、教官により実習生の技術向上の程度を調査すると共に実習生に対するアンケート調査を実施した。

実験に参加した実習生は、商船大学4年生37名 (乗船実習経験4ヶ月) 及び開発途上国実習生27名 (乗船実習経験1.5ヶ月) である。なお、開発途上国実習生は、商船大学生と比較し乗船経験に2.5ヶ月の差があり一連の操船技術の習得度に相当の違いがあると考えられるため、教官による調査結果の統計から除き、また、アンケート調査の対象としなかった。

揚投錨操船実習は、1年間の練習船実習の中期に

Fig. 4. Bridge team work

行われる操船技術に関する総合訓練の一つである。実習生は、錨泊中の本船を出港させて指定された別の錨地に投錨するという課題を与えられ、揚投錨操船計画を立案し、これを実行する。このとき実習生には、船橋で操船を行う船長(Capt.)、これを補佐する次席一等航海士(1/O)、三等航海士(3/O)、操舵手(Q/M)、錨作業を指揮する一等航海士及びそのハンズといった役割が割り振られ、グループを編成して実習を行う。

今回の操船実習は40組のグループを編成して行うこととし、まず、これまでの実習で習得した事項のレビューも兼ねて操船要領、本船の操縦性、船橋チームワーク等についてのブリーフィングを3時間×3回行い、グループ毎に操船計画を立案させた後、本船船長または専任教官(船長経験者)による計画の審査と必要な助言を与えた。次に、各グループについて、実船訓練と同一シナリオによる事前のシミュレータ訓練と実船訓練(いずれも所要時間約30分)の両方をこの順序で実施した。従って、シミュレータ訓練と実船訓練の両方について、実習生全員にCapt.、1/O及び3/Oの役割のうち2役以上を経験させたこととなる。

シミュレータ訓練は、Fig. 2-Bに示した配置で行ったが、遠隔操舵装置は使用しなかった。このときの船橋チームワークはFig. 4に示すとおりである。また、シナリオでは、実船訓練当時に西寄りの強風が予想されたことから10 m/sの北西の風を設定したが、当時の実習生の技術レベルを考慮して避航操船と機関故障等の非常事態は組み入れなかった。

3.2 結果及び考察

教官による各実習生の技術レベルの調査は、シミュレータ訓練時と実船訓練時の2回実施した。調

Fig. 5. Result of scoring by instructor

査項目は、Capt.役については操船者としての態度(態度)、発令の時機を含む操船号令の適切さ(号令)、機関使用の適切さ(機関)、本船の操縦性能を理解した上での操船(性能把握)、風潮等の外乱を把握した上での操船(風潮流把握)、1/Oについては操船を補佐する者としての態度(態度)、見張りの正確さ(見張)、船位確認の正確さ(船位確認)、その他操船補佐作業の正確さ(補佐)、号令に対する復唱(復唱)、3/Oについては操船を補佐する者としての態度(態度)、見張りの正確さ(見張)、命令伝達の正確さ(命令伝達)、その他操船補佐作業の正確さ(補佐)、号令に対する復唱(復唱)とし、いずれも10段階で記録した。調査結果をFig. 5に示す。

いずれの調査項目についてもシミュレータ訓練時に比べ実船訓練時でのポイントが高く、技術レベルが向上したことを示していると思われる、事前のシミュレータ訓練の効果があったと考える。態度、号令、復唱、補佐についてポイントが高いのは船橋チームワークの訓練効果と考えられる。船位確認は、シミュレータ訓練により地形、物標等を海図上のみならず映像で事前に確認でき、測位の訓練も行えたことによりポイントが高く、また、性能把握は、シミュレーションをとおして本船の操縦運動を事前に把握できたことにより実船訓練で適切な制御が行われ、ポイントが高くなったと思われる。

シミュレータ訓練後のアンケート調査では、「操船実習の準備を行う上でシミュレータ訓練がどのように役立ったか」について質問し、実船訓練後のアンケート調査では、「実船での操船実習を行う上でシミュレータ訓練がどのように役立ったか」について

Table 3. Details of questionnaire

Technical Element	Question
Planning	Identification of marks for ship handling, Familiarization of chart work, Standard of speed control, Proper alteration of maneuvering plan according to external disturbance
Look-out	Identification of targets, Identification of marks, Measurement of bearing & distance of detected objects, Determination of risk of collision
Positioning	Identification of marks, Measurement of bearing & distance of marks, Measurement of deviation from planned course, Estimation of external disturbance by position fixing
Maneuvering	Understanding of maneuverability, Determination of time to start control, Proper use of rudder and/or engine, Recognition of the result of control
Instrument Operation	Proper use of Radar and ARPA, Proper use of repeater compass, Proper use of navigational instruments, Proper use of parallel Indexing.
Communication	Exchange of information, Information sharing, Reporting
Management	Bridge resource management, Recognition of individual responsibilities, Double checking, Proper task assignment

Table 4. Items that answered“effective” by 80% or more trainees

Technical Element	Item of Technical Element
Planning	Identification of marks for ship handling, Familiarization of chart work, Standard of speed control, Proper alteration of maneuvering plan according to external disturbance
Positioning	Identification of marks, Measurement of bearing & distance of marks, Measurement of deviation from planned course, Estimation of external disturbance by position fixing
Maneuvering	Understanding of maneuverability, Determination of time to start control, Proper use of rudder and/or engine, Recognition of the result of control
Communication	Exchange of information, Information sharing, Reporting
Management	Bridge resource management, Recognition of individual responsibilities

目から80%以上の実習生が効果があったと回答した項目を抽出した。(Table 4)

Table 4からは、訓練中のシミュレータの映像をとおして海図上の物標が確認できたこととこれを利用した事前の訓練によって船位の確認が容易となり、このことが計画航路からの偏位量の把握と外乱の推定につながり、結果として速力減速標準に従った操船の実施、あるいは外乱に応じた臨機の操船計画の変更役に役立った様子が伺える。また、シミュレーション操船をとおして本船の操縦性能と運動の制御要領が確認でき、発令の時機を含む適切な機関と舵の使用といった面で役立ったと思われる。船橋チームワーク訓練が、情報交換技術、管理技術に役立ったことは教官による調査結果と同様と考える。

なお、要素技術のうち、見張り技術についてはシミュレータ訓練の効果があったとの回答が少なく、機器取扱技術については、効果がなかったとの回答が大部分であった。この理由として、見張り技術については、避航操船をシナリオに組み込まなかったため他の船舶に対する見張りの訓練を行う場面がなく、効果がなかったとの回答が多かったものと思われる。また、機器取扱技術について効果がなかったのは、シミュレータがフルミッションでないことにより実機と同様の機器取扱訓練が出来なかったためであり、コンパクト型シミュレータの限界と考える。

教官による調査とアンケート調査結果から、練習船実習のうち、計画の立案と事前検証、情報交換要領、情報伝達方法、各人の役割の確認を含む実船訓練の事前準備、地形、物標等のビジュアルデータによる実船訓練環境の確認とこれらを利用した位置測定要領の演習、シミュレーション操船による本船の運動性能の把握、運動性能に及ぼす外乱の影響の把握、運動の制御結果の確認といった場面でシミュ

Fig. 6. Result of questionnaire

質問した。このときの設問項目は、操船技術を構成する各要素技術⁽⁷⁾の要素技術項目とし、設問毎に「大変効果があった」、「効果があった」、「効果がなかった」、「負の効果があった」のいずれかで回答を求めた。要素技術とアンケートの設問とした要素技術項目をTable 3に示す。また、シミュレータ訓練後と実船訓練後のアンケートに対する回答を要素技術として整理し、Fig. 6に示す。

アンケート調査では、シミュレータ訓練後、実船訓練後の両方で、計画、船位測定、操縦、情報交換、管理の要素技術についてシミュレータ訓練の効果があったとの結果が得られた。次に、どのような実習場面でシミュレータ訓練の効果が期待できるか具体的に検討するため、要素技術を構成する要素技術項

Table 5. Example of onboard training combined with SMS training

Example of Training	Item of Technical Element
Voyage planning of narrow channel	Identification of marks, Familiarization of chart work, Measurement of bearing & distance of marks, Measurement of deviation from planned course, Estimation of external disturbance by position fixing, Determination of time to start control, Proper use of rudder and/or engine, Recognition of the result of control
Measurement of maneuverability	Determination of time to start control, Proper use of rudder and/or engine, Recognition of the result of control, Exchange of information, Recognition of individual responsibilities
Ship handling in man-overboard station drill	Determination of time to start control, Proper use of rudder and/or engine, Recognition of the result of control
Practice of steering	Recognition of the result of control, Exchange of information, Reporting

レータ訓練を併用すれば効果があると考え。この時のシミュレータ訓練をより効果のあるものとするためには、前節で述べたシミュレータをオンボードとすることの利点を十分考慮して実習項目を選択することが重要である。シナリオ作成面では、風潮等の外乱、他の船舶の存在等実船訓練時の環境を想定したシナリオとしておけば、事前のシミュレータ訓練がより実践的なものになると思量する。また、訓練結果を再現できることもシミュレータの特長であり、実船訓練の後の講評等での利用も効果があると考え。

3.1で説明した操船実習以外の、シミュレータ訓練の導入により、実船での訓練効果の増大が期待できると考えられる実習訓練の一例に関連する要素技術項目とともに整理し、Table 5に示す。また、シミュレータ訓練を取り込んだこれら実船訓練の展開要領の一例を提案し、Fig. 7に示す。

なお、非常な荒天に遭遇した場合のような実船訓練の対象とできない限界条件下あるいは非常時の訓練が可能であるというシミュレータの特長はオンボードシミュレータについても共通であり、この特性を活かしたシナリオによる訓練も有効と考える。

また、実船訓練の補完を目的としたオンボードシミュレータ訓練には、自船操縦運動モデルと自船訓練海域の映像データベースが不可欠と考えるが、すべての海域の映像データベースを用意するには予算等の面から制約があり、所有するデータベースを勘案し、当該海域で最も適切と考えられる訓練項目を選択した上、本論文で提案した手法による実船訓練の展開を図ることが重要と思量する。

Fig. 7. Example of onboard training procedure combined with SMS training

4. まとめ

新人教育の場である練習船に搭載するオンボード操船シミュレータの要件について述べ、実船に搭載した本船の操縦運動モデルと本船の実習訓練海域の映像データベースを持つコンパクト型操船シミュレータについて説明した。また、練習船による実船訓練をより効果のあるものにするための手法の一つとしてオンボード操船シミュレータによる訓練の導入を提案し、揚投錨操船実習を対象とした実船調査をとおして、シミュレータ訓練の併用が有効な訓練項目とその展開要領について考察した。

主要な結論は次のとおりである。

(1) 教官による実習生の技術向上の程度についての調査から、今回提案したシミュレータ訓練を併用した実船訓練は、初級航海士に必要な技術の習得を徹底させる上で効果が期待できると考える。

(2) アンケート調査からは、特に、訓練時の環境を含む実船訓練海域の把握、実海域における本船の操船要領の把握、訓練内容及び訓練の立て付けを含む訓練要領の理解、計画の検証、訓練内容の事前演習といった面でシミュレータ訓練の効果があると考ええる。

(3) 従って、練習船でのシミュレータ訓練は、任意のシナリオによる反復訓練が可能であるシミュレータの特長を生かして、実船訓練の準備の一環としての位置付けのもと、計画の事前検証、実船訓練の事前演習といった形で導入すれば効果があると思量する。この場合、オンボード操船シミュレータの特性をふまえた訓練項目の選定と、適切なシナリオの作

成が肝要と考える。

今回は、練習船実習を一層充実させる手法として、オンボード操船シミュレータ訓練を併用した実船訓練の可能性について検討した。提案した訓練手法をより効果のあるものとするためには、個々の訓練項目について訓練の効果を評価し、訓練内容とその展開要領について検討する必要がある。今後、この点について更にデータを収集し、解析する予定である。

本稿をまとめるにあたり貴重なご助言を賜りました海技大学校新井康夫教授、実船調査に協力いただいた青雲丸乗組員、実習生に謝意を表します。

参 考 文 献

- (1) 遠藤正利他：操船シミュレータ教育訓練一効果的訓練方法を目指して一，日本航海学会操船シミュレータ研究会セミナー資料，pp. 3-1—3-30 (1997)。
- (2) 新井康夫他：操船シミュレータの教育訓練の利用例と可能性，日本航海学会誌第127号，pp. 28-37 (1996)。
- (3) 小林弘明他：海技の教育訓練方法に関する研究一海技の習得特性について一，日本航海学会論文集第100号，pp. 161-168 (1999)。
- (4) 小林弘明他：海技の教育訓練方法に関する研究一II. 一乗船実習と操船シミュレータ訓練の比較検討一，日本航海学会論文集第101号，pp. 243-251 (1999)。
- (5) 日本造船学会・試験水槽委員会：第3回操縦性シンポジウムテキスト (1981)。
- (6) 矢吹英雄他：航海訓練所練習船「青雲丸」の概要，日本造船学会誌第826号，pp. 26-31 (1998)。
- (7) 小林弘明他：操船技術の要素技術展開について，日本航海学会論文集第96号，pp. 119-125 (1997)。

質 疑 応 答

烏野慶一(北海道大学)：(1) 自船模擬の操船シミュレータをオンボードにする必要性をお教え下さい。

い。

(2) オンボード操船シミュレータを自船模擬のシミュレータのみに限定せず、他船をも模擬し、且つ実船(自船)も性能変換できる拡張した意味でのオンボードシミュレータにしてはと思いますが、どうでしょうか？

田尾茂郎：(1) 練習船に自船模擬の操船シミュレータを搭載して運用した場合、3.1に述べたような多くの利点が考えられます。例えば、同一シナリオによるシミュレータ訓練と実船訓練を複合させた訓練が可能で、その効果については本論で検証したとおりです。このような複合訓練では、当時の風潮等の外乱、他船等の訓練環境等できる限り同一条件で訓練を実施することと、双方の訓練の間にできるだけ時間をおかないことが重要であると考えます。自船模擬のシミュレータをオンボードとすることにより、両訓練の間隔を任意に設定でき、また、外乱、訓練環境等実船訓練時の環境を臨機応変に設定することができる等実船訓練を忠実に再現したシミュレータ訓練が可能となり、シミュレータ訓練と実船訓練を組み合わせることの効果が大きくより効率的な訓練が展開できると考えます。

(2) 初心者である操船経験の少ない実習生を対象とした練習船実習においては、まず自船の操縦性能を確実に把握させるという見地から、日頃操船している自船モデルを使用した訓練が望ましいと考えます。

なお、Table 2に示したように、本シミュレータにはコンテナ、VLCCの操縦運動モデルも入れており、これによるシミュレータ訓練も可能で、将来多様な船舶を運航することとなる実習生に他船の操船を経験させ、青雲丸と比較させることは有意義であると考えます。

また、実船の他船への性能変換については、その可能性を含め今後の検討課題とさせていただきたいと思います。