

海上技術安全研究所における操船リスクシミュレータの活用

三友 信夫*

Application of Ship Navigation Simulator in National Maritime Research Institute

by

Nobuo MITOMO

1. まえがき

海上技術安全研究所では、これまでに蓄積した20年におよぶシミュレーション技術と運用に関する知見を基に、平成19年4月に、「操船リスクシミュレータ」を構築し、従来の研究を飛躍的に進めるべく運用を開始した。本報告では、この「操船リスクシミュレータ」の機能の特徴を利用した幾つかの研究等について、その概要の紹介を行う¹⁾。

2. 操船リスクシミュレータの概要

操船リスクシミュレータの概略を図-1に示す。また、各機能の概要について次に示す。

2.1 景観装置

本シミュレータでは、操船状況の忠実な再現を行うために、6台のプロジェクションシステムを用い、水平視野角240度、垂直視野角40度を実現している。後方視界についても、19インチの液晶ディスプ

レーを設置（以下、後方視界モニター）し再現可能なものとしている。また、着離棧操船時等の表示も可能とするために、船橋横下にスクリーンを設け専用のプロジェクションシステムにより、岸壁や海面近くの景観等の表示も可能としている。さらに本シミュレータの船橋は、今後対応が求められる内航船の船橋をモデルとし、実船に用いられている機器と同等のものを装備したものである。また日本唯一の機能として、本シミュレータには船橋動揺装置が設置されている。これは、油圧シリンダにより縦揺れ角 ± 10 度、横揺れ角 ± 15 度を可能とするものであり、この機能による操船時の船体動揺が可能である。

2.2 行動分析システム

操船者の行動の分析のための記録・解析システムであり、図-2に示す、船橋内監視システム、注視点解析システム等からなる。

2.3 生理データ収集システム

事故の原因となる眠気・緊張度等の測定を、心

* 運航・システム部門

原稿受付 平成21年 6月16日

審査済 平成21年 7月 6日

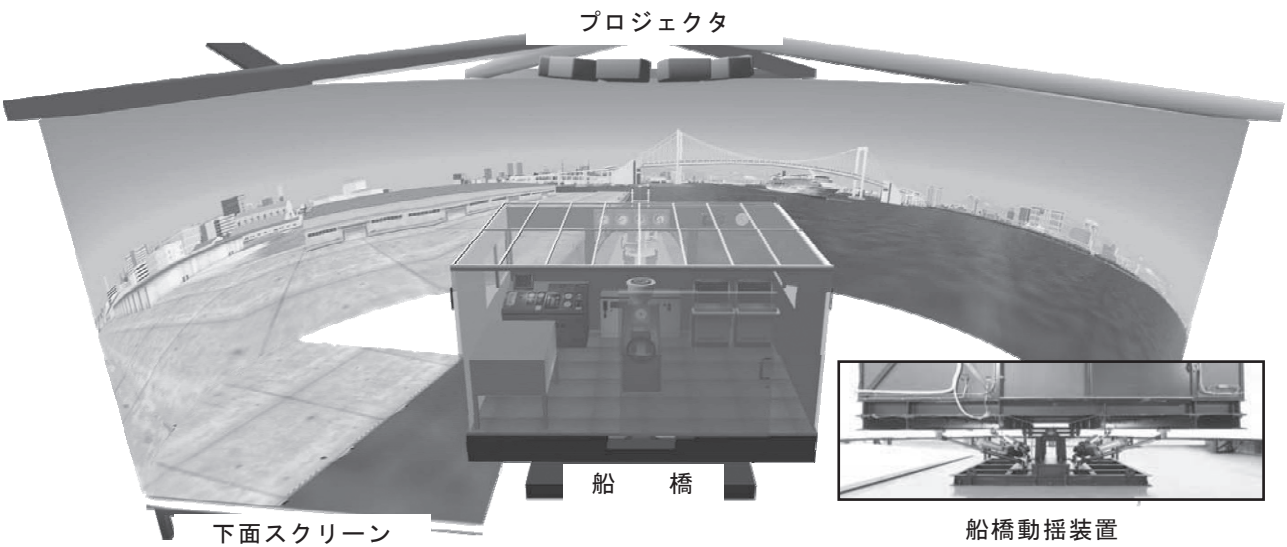


図-1 操船リスクシミュレータの概要



図-2 行動分析システムの機能

拍や皮膚温度の生理データの計測により行うためのものである。また、被験者の重心の移動を測定する装置も備えている。

3. 操船リスクシミュレータを用いた研究

現在 本シミュレータは、主に以下の 3 つの目的で活用されている。①ヒューマンファクター研究、②航行支援機器の開発、③海難事故分析。以下、各分野における研究例について、紹介する。特に①については、本シミュレータの機能と関連を踏まえ紹介することとする。

3. 1 ヒューマンファクター研究

海難事故の 80%は、ヒューマンファクターによるものと言われ、海難事故の低減のためにもヒューマンファクター研究は重要な課題と考えられる。このようなヒューマンファクターに関する研究について

述べる。まず本操船リスクシミュレータの機能の有効性の確認の観点から、2.1 で述べた本シミュレータの特徴である動揺装置の有効性の評価を2.3 で述べた重心の移動を測定すること等により実施した²⁾。被験者は、いずれも乗船経験のある者 6 名で行った。実験方法としては、従来の視覚的な船体横揺れに対して、本シミュレータの動揺装置を用いた船体の揺れに対する被験者の重心の移動を評価することにより行った。その結果、物理的な横傾斜を行う動揺装置による場合の方が、映像による場合に比べて、動揺方向に対する応答が顕著と考えられた。

また、下面スクリーン及び後方視界モニターの

表-1 目視領域の目視時間、割合および目視回数

	前方海域	距離測定	航海計器
アプローチ 操船	20 ^m 39 ^s 51% 34	15 ^m 40 ^s 39% 27	03 ^m 36 ^s 9% 52
接岸操船	00 ^m 00 ^s 0% 0	10 ^m 47 ^s 90% 25	00 ^m 24 ^s 3% 17
合計時間 割合 回数	20 ^m 39 ^s 51% 34	26 ^m 27 ^s 51% 52	04 ^m 00 ^s 8% 69
	後方モニター	下方スクリーン	
アプローチ 操船	00 ^m 02 ^s 0% 1	00 ^m 05 ^s 0% 2	
接岸操船	00 ^m 05 ^s 1% 2	00 ^m 05 ^s 6% 6	
合計時間 割合 回数	00 ^m 07 ^s 0% 3	00 ^m 51 ^s 2% 8	

有効性についても、2.2 で述べた行動分析システム及び 2.3 で述べた生理データ収集システム等を用いて評価を行った³⁾。実験結果の例を表-1 に示す。その結果、以下の結論が得られた。

- ・ 着岸時に自船が岸壁による速力や岸壁までの距離関係を確認するために下方スクリーンによる映像が操船に用いられた。
- ・ 後方視界モニターについては、他の着岸船舶等が自船船尾に存在する場合に、衝突の恐れを目視により確認する程度であった。

さらに、操船者の心的負担を評価するために 2.3 で示した生理データ収集システムを用いた研究も行っている⁴⁾。

この研究は、皮膚温度が血液量の増減に伴い変化することから、心的負担により交感神経が優位になると血管が収縮し、皮膚温度が低下する特性を利用したものである。特に、鼻部には顔面の他の部位と比較し抹消皮膚血管が集中しているため、前述の温度変化が顕著に現れることが知られている⁵⁾。

この考えに基づき、生理データ収集システムのサーモカメラにより、被験者の鼻部皮膚温度を測定することにより、被験者の心的負担を測定した。この測定方法では、被験者が測定のために器具を装着する等の負担が無く、非接触で測定可能な点にもメリットがある。

実験は、操船者の心的負担が大きいと考えられる幅輦海域を本シミュレータで再現し、この海域を目的港に向かうものである。被験者は乗船経験のある者3名で行ったが、幅輦海域における他船との遭遇パターンを変えることにより9つのシナリオについて実験を行い、27セットのデータを収集した。得ら

れた結果の例を図-3 に示す。図中、横軸は実験開始からの時間を秒で、縦軸は鼻部皮膚温度の変化を実験中の最高皮膚温度からの差で示している。なお、シナリオ中の主なイベントである航路横断の作業との対応関係を明確にするため、以下に示す3つのタイミングを図中に記した。

α : 断続的に遭遇する南航船に対し、どの船舶の間を通過して航路横断するかを、被験者が決断しその意志を操舵手に表明したタイミング。

β : 航路横断のための左転を終了させるため、被験者が操舵手に”Mid Ship”のオーダーを出したタイミング。

γ : 航路横断後見合い関係がクリアになったタイミング。

実験結果から、生理的評価指標である鼻部皮膚温度が緊張・集中や弛緩等の心的負担の変化に応じて上下することを確認した。

3. 2 航行支援機器の開発

海難事故の主原因が、ヒューマンファクターであることは前述したが、これは操船者のみの責任ではなく、航海機器のヒューマンインターフェースの不備、苛酷な労働環境の問題等が複雑に絡み合い発生していると考えられる。このような問題の解決方法の一つとして、新たな航行支援機器の開発がある。

航行支援機器の開発における、本リスク解析シミュレータの役割としては、開発した機器の性能の確認及び評価(インターフェースを含む)が考えられる。つまり、目標とした機能により安全な航行の確保がなされるか、また操船者に過度の負担を与えないか等が考えられ、実際 新しい航行支援機器の開発に、本シミュレータが活用されている⁶⁾。

この研究では、現在開発中の目視認識支援装置について、プロトタイプ(図-4)の評価実験を本操船リスクシミュレータで行った。実験は、実運航経験のある被験者5名で、20分のシナリオを5回繰り返すことにより実施した。

実験の結果、代表的な意見として次のようなものが得られた。

- ・ 視点高さの変更(俯瞰)機能、より使い易く
 - ・ 情報文字大きさ、操作者が調整可能
 - ・ 水平線の方位表示は分かりやすい
 - ・ 表示が重なって見にくい場合・箇所がある 等
- これらの結果から、機能の修正・追加等を行うことにより、目標となる航行支援機器の開発を行うものである。また、本研究においては、シミュレータ実験において機能等の確認が行われた後、実船における評価実験を行う予定である。

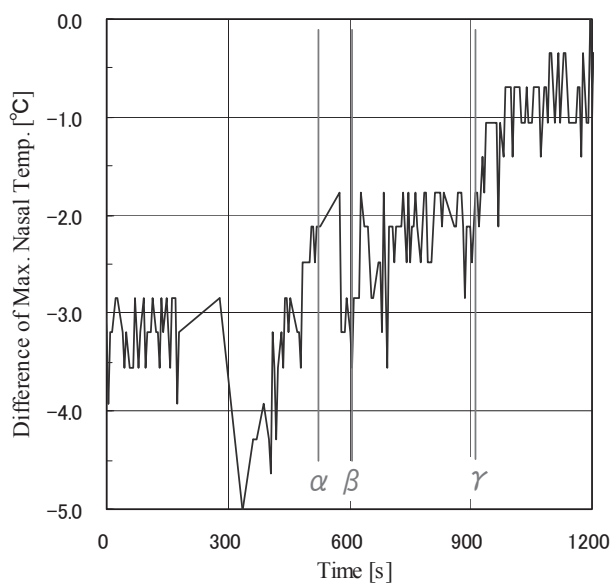


図-3 実験で得られた鼻部皮膚温度の例

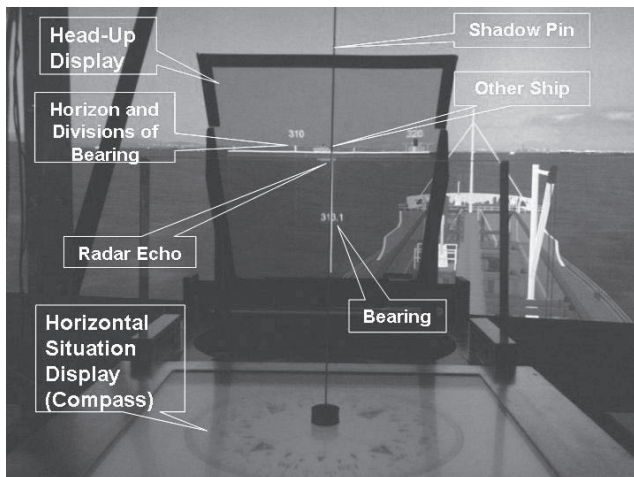


図-4 評価に供されたプロトタイプモデル

3. 3 海難事故分析

当研究所では、平成 20 年 9 月 1 日「海難事故解析センター」を所内に開設し、重大海難事故の分析（解析）に対する即応体制を整えた。この「海難事故解析センター」においても、本操船リスクシミュレータが活用されている。

その一例として、平成 20 年 3 月に明石海峡で発生した 3 隻の船舶による衝突事故について、操船リスクシミュレータにより事故の再現を行った。この衝突事故の再現は、3 隻の船舶のうち AIS（船舶自動識別システム）データが入手可能であった 2 隻の航跡を詳細に解析する等して行われたものである（図-5,6⁷⁾）。

衝突事故の再現は、国の各機関及びプレス関係者に公開し、通常の図や文章による説明では実感し難い事故の状況を実際に体感していただくことが出来た。その結果、この操船リスクシミュレータによる事故の再現が、衝突海難の事故解析に大きな威力を発揮するものであると高い評価を得た。



図-5 再現された 2 回目の衝突直前の 3 隻の様子



図-6 再現された 2 回目の衝突直前のブリッジからの映像

4. 今後の展望

操船リスクシミュレータを用いた研究は、今回紹介した研究分野は勿論のこと、新たな研究分野への展開を含め積極的に進めていく予定である。

参考文献

- 1) 原口富博、田村兼吉、福戸淳司：「操船リスクシミュレータの活用状況と今後の展望」、第 8 回海上技術安全研究所研究発表会 講演集 (2008)、pp.283-284
- 2) 小嶋真司、村井康二、三友信夫他：「映像および動揺台による船体横揺れ模擬方法別の身体的応答評価」、人間工学会関西支部大会講演集 (2007)、pp.22
- 3) Nobuo MITOMO, Koji MURAI, Tadatsugi OKAZAKI etc.: "A Few Comments on Visual System of Ship Handling Simulator Based on Arriving Port," Proceedings of SMC2008 (2008), pp.1890-1894
- 4) 疋田賢次郎、岡崎忠胤、村井康二、三友信夫：「操船者の心的負荷の生理的及び主観的評価」、日本航海学会論文集、第 118 号 (2008)、pp.1-8
- 5) 石川恵子、源野広和、大須賀美恵子他：「顔面皮膚温を用いた単調作業ストレスの評価」、ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集、第 28 巻 (1988)、pp.32-36
- 6) 疋田賢次郎、岡崎忠胤、村井康二、三友信夫：「操船者の心的負荷の生理的及び主観的評価」、日本航海学会論文集、第 118 号 (2008)、pp.1-8
- 7) 田村兼吉：「衝突海難などの事故解析に威力を発揮!-「海難事故解析センター」を開設-」、船と海のサイエンス 2008-Autumn (2008)、pp.2-3