

# 実写画像による 機関室ウォークスルーシミュレータの製作

向瀬 紀一郎\*、市川 颯\*\*、武田 駿弥\*\*

## An Engine Room Walkthrough Simulator Based on Photographed Images

Kiichiro Mukose\*, So Ichikawa\*\*, Shunya Takeda\*\*

### Abstract

An interactive and realistic walkthrough simulator to enrich the engine room training has been developed, by using the Virtual Reality (VR) technology and a lot of photographs of the training ship “Yuge-maru”. The educational effect of the walkthrough simulator also has been studied by a demonstration in an actual classroom. In this study, it is shown that the walkthrough simulator based on the VR technology and photographed images is potentially effective to a certain degree in maritime education.

### 1. はじめに

本校の商船学科では、練習船「弓削丸」を活用した航海実習を、全学年に対して実施している。航海実習の一部として、学生たちは練習船の機関室において、船用機関に関する基礎的な技術の訓練に取り組んでいる。この機関系の実習は、教室における授業の進度にあわせて実施され、低学年次生に対しては導入的な体験によって船用機関への興味を喚起し、機関コースの高学年次生に対してはより実践的な訓練によって船舶機関士としての資質を涵養するものとなっている<sup>[1,2]</sup>。

しかし、校内練習船実習には多くの準備と費用が必要で、予め決められたスケジュールに概ね沿って実施せざるをえない。したがって、個々の学生の興味や能力のレベルに応じた十分な実習時間を、それぞれの学生に柔軟に与えることができるとは限らない。特別に意欲の高い学生に対しては、その興味を満たしきれない実習となってしまうことがあり、また同級生よりも理解の遅い学生に対しては、疎外感を持たせる実習となってしまうこともある。

ゆえに、校内練習船実習の機会他に、それを補強するものとなる、類似した体験を手軽に得ることのできる教材を、学生たちの個々の必要に応じて与

えることができれば、校内練習船実習の教育効果を飛躍的に高めることができると思われる。

そのような、教育訓練の助けとなる教材の開発においては、仮想現実感 (Virtual Reality, VR) 技術を応用できると思われる。医師の訓練などの分野においては、既に VR 技術の有用性が確認され<sup>[3]</sup>、応用が広がってきている。

特に商船高等専門学校の練習船の機関室での実習の補強という目的においては、VR 技術に基づく様々な応用の一つであるウォークスルーシミュレータが有用であろうと思われる。ウォークスルーシミュレータを利用すれば、陸上の校舎内、あるいは寮や自宅に居ながらにして、練習船機関室の中を自由に歩き回るかのような体験を、いつでも手軽に何度でも得ることができる。さらに、そのシミュレータが、様々な機器や装置について説明する機能などを持つものであれば、学生はそれぞれの必要に応じて、自分のペースでじっくりと、自学自習に取り組むことができるであろう。

この研究において我々は、機関系の校内練習船実習を補強することのできる教材の開発を目的として、練習船「弓削丸」の機関室内の実写画像を素材に用いて、ウォークスルーシミュレータの試作に取り組んだ。また、実際の学生たちの前でのデモンストレ

\* 商船学科

\*\* 商船学科5年生

ーションとアンケートによって、試作したシミュレータの教育効果を調査した。

## 2. ウォークスルーシミュレータの概要

ウォークスルーシミュレータは、VR 技術の応用の一種であり、コンピュータで構築された偽りの世界 (仮想空間) の中に入り込んで歩き回るかのような感覚を、人間に与えることを目的としたシミュレータである<sup>4)</sup>。

その仮想空間の視覚的な提示においては、コンピューターグラフィックス (CG) 技術が利用されることが多い。仮想空間の中にあるべき様々な仮想的な物体の、位置や形状などに関する 3 次元の座標のデータが、予めコンピュータに入力されているならば、任意の視点から仮想空間を眺めたときの視界を、コンピュータによって描画 (レンダリング) し、提示することによって、人間に視覚的な現実感を与えることができる。このようなウォークスルーシミュレータは、建築デザインの分野などで広く応用されている。

しかしながら、練習船の機関室のように複雑な空間を再現できるほどの、膨大な座標データをコンピュータに入力することは困難である。また、複雑な仮想空間について、十分な現実感を得られる程度に高精度なレンダリングを行うには、大きな計算コストが必要となる。さらに、利用者からの入力に応じたリアルタイムなシミュレーションを実行しようと望むならば、高性能なコンピュータが各利用者の手元に必要となる。

そこで、仮想空間を構成する素材に現実空間の実写画像を利用する手段が選ばれることがある<sup>5)</sup>。これは、仮想空間の自由度が制限されるという欠点もあるが、現実空間に近い光景を仮想空間に再現することのできる、比較的簡便な手法である。このような方法であれば、学生が寮や自宅で利用している程度の性能のパソコンでも、現実感に富むウォークスルーシミュレータを実行することができる。

実写画像を利用したウォークスルーシミュレータの著名な例の一つは、アメリカの Google 社の提供する WWW サービス「Google ストリートビュー」<sup>6)</sup> である。これは、世界中の様々な街路を歩き回るかのような体験を、インターネットを通じてパソコン等の上で得ることのできるサービスである。

## 3. 機関室シミュレータの製作

この研究では、本校の練習船「弓削丸」機関室の

中の光景を数多くの写真に撮影し、それらを変形し合成して仮想空間に配置、その仮想空間を眺めた視界の画像を、利用者の選んだ視点と方向についてリアルタイムにレンダリングし表示するシステムを開発した。

機関室内を歩き回るかのような体験を得ることのできるウォークスルーシミュレーションシステムを構築するため、機関室内の通路上に 60 cm 間隔で設定した多くの点を視点とし、それぞれの視点から写真を撮影した。この 60 cm という間隔は、成人男性の平均的な歩幅を参考に設定した。また、視点の高さは通路の床面から 150cm に設定した。これも成人男性の平均的な視点の高さに近いものとした。

それぞれの視点から任意の方向を自由に眺めることのできるシステムを構築するため、各視点について前後左右上下の全立体角をカバーする実写画像を準備した。機関室内の各視点から、多数の方向の写真を撮影し、その複数の画像を変形して合成、視点ごとに 1 枚の円筒パノラマ画像とした。

この変形と合成の作業には、Pablo d'Angelo らによって開発されたオープンソースの画像スティッチングソフトウェア「Hugin」<sup>7)</sup> を利用した。このソフトウェアは、各画像から特徴点を抽出、複数の写真の間で特徴点を対応付け、その位置関係についての最適化問題を解くことによって、それぞれの写真が撮られた方向やレンズの特性を分析、露出の差も補正しながら変形し合成、それらを 1 枚に繋ぎあわせたパノラマ画像を出力する機能を有する。

機関室内の写真は、三脚 (VANGUARD Auctus Plus 323AT) に据えたジンバル雲台 (BENRO GH2) に載せたデジタルカメラ (SONY NEX-5) によって撮影した (図 1)。カメラには広角単焦点レンズ (SONY SEL16F28) と対角魚眼コンバータ



図 1 写真撮影に用いた機材

表1 写真撮影の方向

仰角 [度]	方位角 [度]
+90	0
+60	0, 90, 180, 270
+30	0, 60, 120, 180, 240, 300
0	0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315
-30	0, 60, 120, 180, 240, 300
-60	0, 90, 180, 270
-90	0

(SONY VCL-ECF1) を装着し、水平画角を約 135 度とした。

ジンバル雲台は、十分に調整して利用すれば、視点をほとんど動かすことなく、全立体角の方向にカメラを回転させることのできる装置である。もし、視点の大きく異なる複数の写真を繋ぎあわせようとすると、被写体の画像内における位置関係に矛盾を生み、破綻したパノラマ画像を合成してしまうことになる。この研究では試写を繰り返すことで、ジンバル雲台の回転軸とカメラのレンズの位置の調整を十分に行い、ほとんど繋ぎ目の見えないパノラマ画像を得ることに成功した。

各視点において撮影する写真の数は 30 枚ずつとした。その内訳は表 1 のとおりである。水平方向（仰角 0 度）には 45 度ずつ 8 の方位角について、それぞれ水平画角 135 度の写真を撮影している。この撮影枚数は、かなり冗長な数である。この冗長性は、撮影作業においては非効率なようでもあるが、しかし後の繋ぎあわせの際には精度の向上に寄与するものでもある。

撮影作業は、平成 24 年の 4 月から 7 月にかけて、複数回に分けて実施された。練習船機関室内の通路において 60 cm 間隔で三脚を移動させながら、各地点それぞれ 30 枚ずつの写真の撮影を繰り返した。撮影作業の後は研究室のパソコンにおいて繋ぎあわせの作業を行い、各視点につき 1 枚ずつのパノラマ画像を準備した。

視点ごとの円筒パノラマ画像は、さらに変形と切り分けにより、各視点につき 6 枚ずつの立方体パノラマ画像へと変換された。この 6 枚のパノラマ画像を前後左右上下に配置した立方体を仮想空間内に構築し、その中心から任意の方向や画角の視界の画像をインタラクティブにレンダリングし表示するプログラムを作成することで、シミュレーションシステムの利用者が機関室内に立って周囲の風景を自由に眺めるかのような体験を得ることのできるようにした。

また、利用者の入力に応じて、仮想空間内の立方体の面に配置するパノラマ画像を、別の視点におけるパノラマ画像へと切り替える機能をプログラムに実装し、仮想空間内を歩き回るかのような体験を得ることができるようにした。

プログラムの開発においては、プログラミング言語「ActionScript」を用いてコーディングし、「Adobe Flash」規格のコンテンツの再生に対応した WWW ブラウザのウィンドウ内で実行可能なものとした。また 3 次元の CG のレンダリングのためオープンソースのソフトウェアライブラリ「Papervision3D」を利用した。

#### 4. 製作したシミュレータの機能

製作したシミュレーションシステムの中心となるプログラムは、一般的なパソコン等において、基本ソフトの種類を問わず、「Adobe Flash」規格に対応した WWW ブラウザさえあれば動作可能な、リッチインターネットアプリケーションである。将来的に WWW を通じてプログラムを公開した際にも、ブラウザからのシームレスな実行が可能となる。

そのプログラムとともにシミュレーションシステムを構成するコンピュータのハードウェアの性能と機能は、一般的な家庭用パソコンと同等であり、ディスプレイおよびホイール付マウスが接続されているものである。タッチパネルディスプレイによる利用も可能とした。

製作したシミュレーションシステムを起動すると、練習船「弓削丸」の機関室内のある地点に立った際の視界を再現する画像が、WWW ブラウザのウィンドウ内の全域にわたって表示される（図 2）。ウィンドウの位置やサイズは自由に変更可能である。

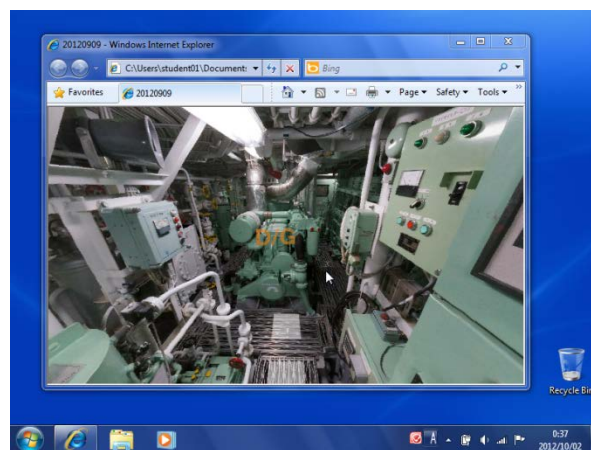


図2 システムのディスプレイ画面



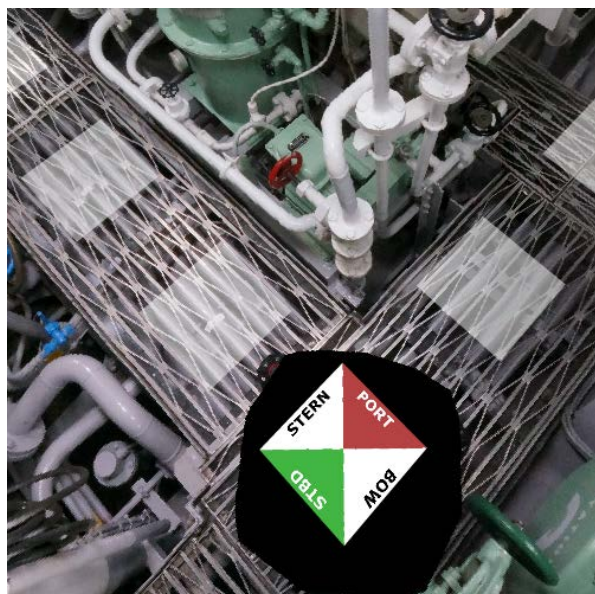


図3 位置と方向の表示



図4 機器の説明の表示

利用者はマウス等を使って、ドラッグ操作を行うことにより、視界の方向を自由に変更し、その視点から前後左右上下の風景を眺めることができる。マウス等のホイール操作により画角を変更し、興味のある部分の詳細を観察するためズームインしたり、全体の光景を把握するためズームアウトしたりすることも自在である。

視界を足元に向ければ(図3)、右舷や左舷が視界に対してどの方向にあるかを示すマークが、実写画像の床の上に置かれているかのように重畳表示されるのを見ることができる。また、移動可能な別の地点の位置を示すマークも、通路上に並べられているかのように重畳表示される。

マウス等を用いて、別の地点の位置のマークにマウスポインタを合わせてクリック操作を行うことにより、その新しい地点に立った時の視界を再現する画像を表示することができる。クリック操作を繰り返すことで、あたかも練習船機関室の中を歩き回るかのような感覚を得ることができる。また、コンピュータにキーボード等が接続されていれば、そのカーソルキーの操作によっても、前後左右に移動するかのような体験を得ることができるものとした。

練習船機関室内の主な機器の上には、その機器の名称を示す文字が、あたかも空中に浮かぶ半透明の看板のように重畳表示される(図4)。マウス等を使って、その文字にマウスポインタを合わせると、その機器に関する簡単な説明が画面に重畳表示される。さらにここでクリック操作を行うと、WWWブラウザの新しいウィンドウ(もしくはタブ)が開かれ、その機器に関する詳細を説明するWWWページが

表示される。

## 5. デモンストレーションとアンケート

平成24年9月中旬、開発した機関室シミュレーションシステムの教育効果を調査する目的で、実際に本校商船学科の2年生のうち40名を対象として、システムの動作のデモンストレーションを行った後、無記名のアンケートへの回答を募った。なお、本校の商船学科2年生は、まだ航海コースと機関コースに分かれることなく、その両分野にわたる内容を学んでいる。

対象者40名のうち希望者4名には、実際に新しい機関室シミュレータの操作を体験させた。また、対象者40名のうち残りの36名には、クラスメート

表2 アンケートの質問内容

項目	質問内容
A	シミュレータの操作は、簡単だった(簡単そうだった)ですか?
B	シミュレータの画面の表示は、わかりやすかったですか?
C	教室で、教員がシミュレータを使って、船の仕組みなどを説明するような授業を、受けてみたいと思いますか?
D	練習船実習の前に、自分でシミュレータを使って、予習してみたいと思いますか?
E	練習船実習の後に、自分でシミュレータを使って、復習してみたいと思いますか?

表3 アンケートの選択肢

選択肢	肯定度
そう思う	4
どちらかという、そう思う	3
どちらでもない	2
どちらかという、そう思わない	1
そう思わない	0

がシミュレータを操作する様子と、その画面をプロジェクターで拡大投影した映像を見せた。アンケートへの協力は全対象者 40 名に依頼し、その全員から回答を得ることができた。

アンケートの内容は表 2 のとおりである。5 つの項目 A～E のそれぞれについて、表 3 の左欄に示す 5 つの選択肢の中から 1 つを選んでもらう形式で、回答を募った。その後の集計の際には、表 3 の右欄に示す肯定度によって回答を数値化した。

アンケート結果を集計し、項目ごとに肯定度の平均値をとってみると、図 5 のようになった。項目 A（操作しやすさ）と項目 B（画面の見やすさ）について特に肯定的な回答を得られていることが分かった。また、どの項目についても肯定度の平均値は 2.0（中立）を大きく上回っていることが確認できた。

アンケートで得られた回答の分布を図 6 に示す。どの項目においても、肯定的な意見が大勢であることを確認できた。やはり項目 A（操作しやすさ）と項目 B（画面の見やすさ）については肯定度 4（積極的肯定）が最頻値となった。一方、項目 C（授業での活用の期待）と項目 D（予習での利用の意欲）については、肯定度 3（消極的肯定）が最頻値となった。項目 E（復習での利用の意欲）については、最頻値は肯定度 4（積極的肯定）であるものの分散が大きく、否定的な回答（肯定度 1 以下）が他の項

目に比べてやや多いようであった。なお、中央値はどの項目についても肯定度 3（消極的肯定）であった。

## 6. 考察

アンケートの結果、デモンストレーションに参加した学生の大部分が、機関室ウォークスルーシミュレータのユーザーインターフェースについて、ストレスを感じることなく、手軽に利用できるものという印象を持ったことが確認できた。

また、多くの者が、機関室ウォークスルーシミュレータが学習に役立つ教材であると考えたことが分かった。したがって、一定の教育効果を期待できるものであることが示されたと言えよう。

アンケートの回答を細かく分析すると、予習に利用したいという意欲については、やや消極的な傾向が見られ、一方で復習に利用したいという意欲については、やや個人差が大きいようであった。今後、機器の説明などを充実させ、インターネットで公開し、実習や講義でも活用しながら、さらにアンケート調査を繰り返し、予習や復習においてニーズの高い内容を盛り込むなど、学習意欲を刺激する工夫に取り組んでいくべきであろうと思われる。

練習船実習の補強あるいは代替となりうる手軽なシミュレータ訓練のニーズは今後、ますます拡大していくと思われる。とくに 1995 年以降、STCW 条約（船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約）の見直しに伴い、条約締結国ではシミュレータを援用した教育訓練課程の構築が急速に進められてきている<sup>[8,9]</sup>。わが国の船舶職員養成施設、そして本校も、今後はシミュレータ訓練の導入により積極的に取り組んでいくことになるだろう<sup>[9-11]</sup>。

またこのシミュレーション技術は、船舶の運用の

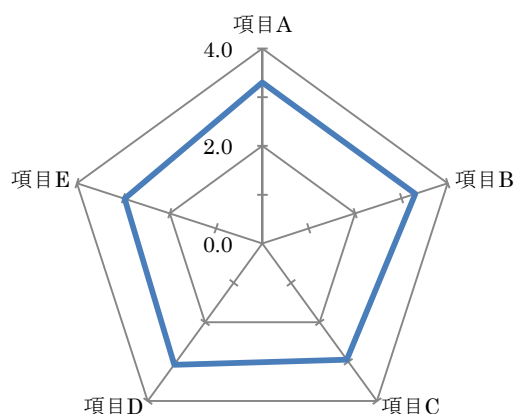


図5 アンケート結果（肯定度の平均値）

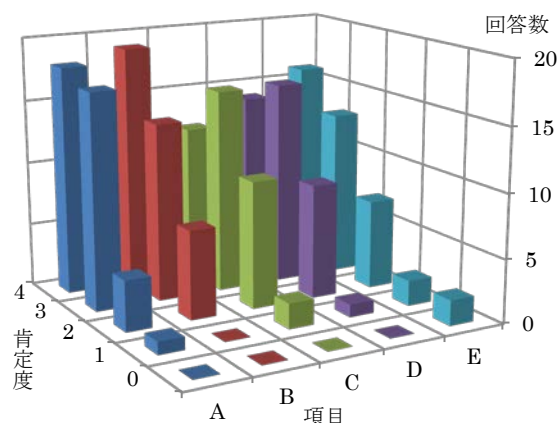


図6 アンケート結果（回答数の分布）

現場においても応用が広がりうると思われる。船員が転船の際に、予め新しい船の構造を直感的なシミュレータによって把握しておくことができれば、乗船直後の仕事にもスムーズに取り掛かることができるようになるだろう。また、洋上でのトラブルへの対応を陸上からサポートする際にも、陸上の専門スタッフがシミュレータで船内の構造を確認しながら通信することで、現場のスタッフとの意思疎通を、より迅速かつ確実に行うことができるようになると思われる。

これからの船舶職員の訓練システムや、船舶の運用システムの高度化のための、より効果的かつ効率的なシミュレーションシステムの開発を目指していくとき、今後のますますの発展が期待される VR 技術の寄与できるところも大であろう。その可能性の一端が、この研究によって示されたと思われる。

## 7. まとめ

練習船「弓削丸」機関室のウォークスルーシミュレータの試作に成功した。

また、その新しい教材が、一定の教育効果の期待できるものであることを、実際の学生たちの前でのデモンストレーションとアンケート調査によって明らかにした。

今後、実際の教育現場で活用しながら、内容の充実と工夫を進めていくことによって、その教育効果をさらに高め、また応用範囲を広げていくことができるものと思われる。

## 謝辞

本校の商船学科准教授（弓削丸機関長）松永直也先生、商船学科助教（弓削丸一等機関士）村上英正先生には、多くのアドバイスとご協力をいただいた。また商船学科助教中村真澄先生ならび山崎慎也先生にも、アドバイスとご協力をいただいた。ここに謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 松下邦幸, 岩堀宏治, 篠原昌宏, “本校機関学科における校内練習船実習の現状,” 弓削商船高等専門学校紀要 **9**, 33-41 (1987)
- [2] 弓削商船高等専門学校, “平成 24 年度シラバス,” (2012)
- [3] Neal E. Seymoura *et al.*, “Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance”, *Ann Surg.* **236**, 458-464 (2002)
- [4] Frederick P. Brooks, Jr., “Walkthrough – a dynamic graphics system for simulating virtual buildings”, *Proceedings of the 1986 workshop on Interactive 3D graphics*, 9 - 21 (1987)
- [5] Shenchang Eric Chen, “Quicktime VR: an image-based approach to virtual environment navigation”, *Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 29-38 (1995)
- [6] “Street View – Google Maps”, <http://www.google.com/streetview>
- [7] “Hugin – Panorama photo stitcher”, <http://hugin.sourceforge.net>
- [8] 中澤武, “機関室シミュレータを用いた教育訓練の動向—欧州を中心とした海外の事例紹介,” *日本マリンエンジニアリング学会誌* **43**, 303-308 (2008)
- [9] 中澤武, 田中賢悟, 胡先富, 杉田英昭, “機関室シミュレータ訓練の現状—第 2 報 国内外における機関室シミュレータを用いた船員教育からの視点—,” *神戸大学海事科学部紀要* **1**, 19-26 (2004)
- [10] 松下邦之, 橋本武, 岡秀樹, “弓削丸の機関室シミュレータによる商船学科生の訓練効果について,” *弓削商船高等専門学校紀要* **20**, 11-17 (1998)
- [11] 中村真澄, 内田誠, 引間俊雄, “PC 版機関室シミュレータ環境下における眼球運動計測に基づく機関運転管理評価法に関する検討-II,” *弓削商船高等専門学校紀要* **33**, 1-5 (2011)