

機関室実習の仮想現実感技術による補強

向瀬 紀一郎*, 熊川 和真**

Engine Room Training System Enhanced By Using Virtual Reality Technology

Kiichiro Mukose*, Kazuma Kumagawa**

Abstract

An interactive and realistic walk-through system has been developed, by using the Virtual Reality (VR) technology and photographic images of the school training ship “Yuge-maru”, to enhance the engine room training. In the engine room of her, altogether 2016 photographs have been taken at 72 viewpoints, to reproduce the walk-through experience vividly. In the screen of the training system, 52 devices in the engine room are explained by superimposing annotations and technical captions, to enhance the training effectively.

1. はじめに

本校の商船学科では、外航船の船舶職員として国際的な物流を担うことのできる人材の育成を目的とし、船舶の運航や船用機関の取扱いに関する高度な専門知識の教育や、実践的な技術の訓練が行われている。その一環として各学年に対して、練習船「弓削丸」を活用した校内練習船実習を、教室における授業の進度にあわせて実施し、知識の定着や技術の習熟に役立てている。

その練習船実習は航海系実習と機関系実習に分類され、機関系実習においては練習船の機関室が活用される。実際に稼働中の機関室において、低学年次生は、導入的な体験によって船用機関への興味を喚起され、さらに機関コースの高学年次生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ことができる^[1,2]。

しかし、校内練習船実習には多くの準備と費用が必要であるため、その機会は限られたものとなっており、またタイトなスケジュールに沿って実施されるものとなっている。本来であれば、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理想的ではあるが、それは困難である。したがって実際の練習船実習では、特別に意欲の高い学生に対して、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、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の他に、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低コストの教材を、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^[3]、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ステムが有用であろうと思われる^[4]。これは建築デザインの分野において活用されることの多い技術である。

ウォークスルーシステムを利用すれば、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、そのシステムが、様々な機器や装置についての説明 (アノテーションやキャプション) を表示する機能を持つのであれば、学生はそれぞれの興味や必要に応じて、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。

*商船学科

**商船学科 5 年生

以前の研究において我々は、機関係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」の機関室内の一部の実写画像を素材に用いて、機関室ウォークスルーシステムの試作に取り組んだ⁴⁾。今回の研究では以前のシステムを拡大し、機関室内の全域をカバーする 72 個所の視点からの実写画像を素材として、機関室内の主な 52 の機器について学習することのできる教材を完成させた。

2. ウォークスルーシステムの概要

ウォークスルーシステムは、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。

その仮想空間の視覚的な提示においては、コンピュータグラフィックス(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。建築デザインや建築設計の分野などで活用されているウォークスルーシステムは、このように CG を利用している⁴⁾。

しかしながら、船舶の機関室の構造は、一般の建築物に比べてはるかに複雑であり、その空間を再現できるほどの座標データを予めコンピュータに入力しようとするれば、そのデータ量は膨大なものになってしまう。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になってしまう。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になってしまう。結果として、システムは低コストのものではなくなってしまう。

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^{6,7)}。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ができる。またこの方法であれば、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システムを実行することができる。

3. 実写画像の撮影と合成

この研究では、本校の練習船「弓削丸」機関室の中の光景を計 2016 枚の写真に撮影し、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平均 60 cm の間隔で設定した 72 個所の点を視点とし、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 140cm 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、全立体角を 30 分割する方向について、30 枚の写真を撮影し、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。

機関室内の写真は、三脚に据えたジンバル雲台に載せたデジタルカメラによって撮影した(図 1)。カメラには広角単焦点レンズと対角魚眼コンバータを装着し、水平画角を約 135 度とした。



図 1 ジンバル雲台とカメラ

ジンバル雲台は、二つの回転軸をもち、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。二つの回転軸のうち一つは、カメラの仰角を変化させるものであり、チルト軸と呼ばれる。もう一方の回転軸は、カメラの方位角を変化させるものであり、パン軸と呼ばれる。また、二つの回転軸の両方が、カメラのレンズの光学的な節点を貫くように、正確に位置を調整したジンバル雲台とカメラを用いれば、視点を動かさずに複数の方向の写真を撮影することができる。

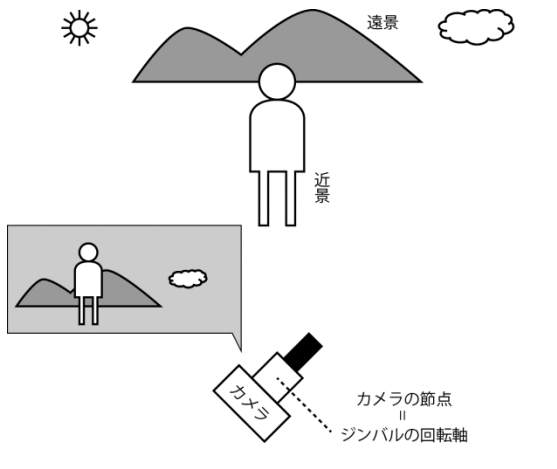
同一の視点から撮影された複数の写真は、一つのパノラマ画像へと繋ぎあわせることができる(図2)。しかし、視点の異なる複数の写真を繋ぎあわせようとすると、被写体の画像内における位置関係に矛盾を生み、破綻したパノラマ画像を合成してしまうことになる(図3)。この研究では予めジンバル雲台とカメラの位置の調整を十分に行い、ほとんど繋ぎ目の見えないパノラマ画像を得ることに成功した。

各視点において撮影する写真の数は30枚ずつとした。水平方向(仰角0度)における8つの方位角(45度間隔)について撮影し、また仰角30度と俯角30度における6つの方位角(60度間隔)、仰角

60度と俯角60度における4つの方位角(90度間隔)、および真上と真下の2方向について撮影した。これによって、全立体角の風景が30分割されて撮影されることになる。

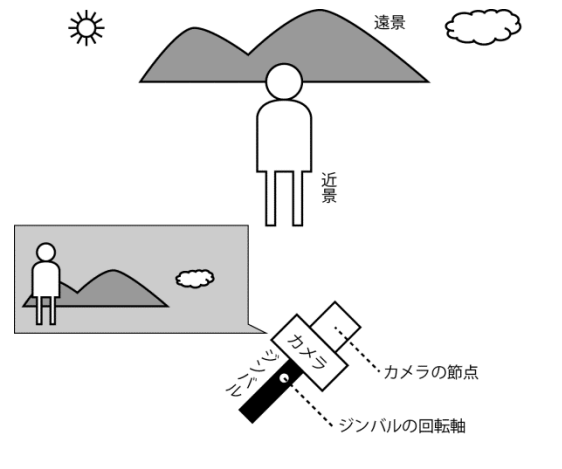
各視点における30枚の実写画像の変形と合成の作業には、Pablo d'Angeloらによって開発されたオープンソースの画像スティッチングソフトウェア「Hugin」⁸⁾を利用した。このソフトウェアによって、30枚の実写画像から特徴点を抽出、複数の写真の間で特徴点を対応付け、その位置関係についての最適化問題を解くことによって、それぞれの写真が撮られた方向やレンズの特性を分析、露出の差を補正しながら変形し合成、それらを1枚に繋ぎあわせ、各視点につき1枚ずつの円筒パノラマ画像を作製した(図4)。

円筒パノラマ画像の左右の端の辺はいずれも、画像中央から180度の水平角に対応する。また円筒パノラマ画像の上下の端の辺は真上と真下の点に対応する。したがって1枚の円筒パノラマ画像には全立体角の風景が含まれる。



カメラの節点
||
ジンバルの回転軸

図2 調整済のジンバル雲台による撮影



カメラの節点
||
ジンバルの回転軸

図3 未調整のジンバル雲台による撮影



図4 30枚の写真の合成による円筒パノラマ画像

4. プログラムの構築と実装

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リッチインターネットアプリケーションとした。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。

プログラムとともに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とキーボードが接続されているものとした。タッチパネルディスプレイによる利用も可能とした。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っている。

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ている。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レンダリングし表示するプログラムを作成した。

レンダリングの視界は、システムの利用者のマウス入力によってインタラクティブに変化するものとした。すなわち、利用者が画面をドラッグすれば、視野の方向が変化し、利用者がマウスのホイールを回転させれば、視野の画角が変化するものとした。これにより利用者は、まるで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ができるようになった。

72個所の視点の仮想空間内の座標は、配列に格納されている。その数値は撮影時の記録に基づいて正確に設定されている。また、各視点の位置関係情報、すなわち、ある視点の前方に隣接する視点はどこか、

などの情報も、別の配列に格納されている。

利用者がキーボード入力より、前後左右への移動を命じれば、視点の位置関係に関する配列を参照し、命令に応じた新しい視点の座標を中心として、その新しい視点からのパノラマ画像の立方体を仮想空間内に配置するものとした。このようにして、視点の座標とパノラマ画像を次々と切り替えることにより、利用者は、まるで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なった。

各視点から移動することのできる視点のリストは、位置関係情報の配列を再帰的に探索することによって得られる。そのリストによる視点の選択肢は、床に並んでいるかのように見える半透明のマークとして、パノラマ画像に重畳して利用者に提示されるものとした。利用者がそのマークの一つをマウス入力によってクリックすれば、選択された新しい視点へとジャンプできるものとした。なおジャンプの際には、加速と減速を伴う滑らかなアニメーションによって、視点移動の状況を直感的に表示するものとした。

5. アノテーションとキャプションの実装

このウォークスルーシステムには、弓削丸の機関室内の様々な機器や装置についての説明を表示する機能が実装された。説明の表示は、機器名を説明するアノテーションと、機器の諸元や役割等を説明するキャプションに分けられる。これらは機関室内の主な52の機器について説明するものとした(表1)。

このシステムのアノテーションは、各機器の名称を表す、半透明の3次元の文字列(たとえば主機を表す「M/E」等)であり、対応する機器の位置において、パノラマ画像に重畳されて表示される。機器の名称と座標のデータは配列に格納されている。

また、視点に応じて表示されるアノテーションが適切に選択されるよう、すなわち、たとえば主機が見通せない視点においてはM/Eのアノテーションが表示されないよう、視点と機器の位置関係に関する情報も別の配列に格納され、視点が移動するたびに参照されるものとした。アノテーションの文字列は、視点から正しく読めるよう、視点と機器の座標を結ぶベクトルに正対する向きに配置され、視点移動するたびに再配置されるものとした。

表1 弓削丸機関室内の主な機器

AIR COND. REF. COOL. W. PUMP
AUX. AIR COMP.
BILGE & G. S. PUMP
C. P. P. HYD. POWER UNIT
CALORIFIER
DRILLING MACHINE
F. O. SERV. PUMP
F. O. TRANS PUMP
F. W. PRESS. TK
FIRE & G. S. PUMP
HOT W. CIRC. PUMP
L. O. DAILY TK
L. O. HTR
M. E. AUX. L. O. TK
M. E. COOL. F. W. CLR.
M. E. L. O. CLR
M. E. S/B COOL. F. W. PUMP
M. E. S/B F. O. SUP. PUMP
M. E. S/B L. O. PUMP
M. E. WARM. UP F. W. HTR
M/E
M/E ALARM PANEL
M/E ALARM PANEL
MAIN AIR COMP.
MAIN COOL. S. W. PUMP
NO. 1 AIR RESERV.
NO. 1 D/G CONT. PANEL
NO. 1 F. W. SERV. PUMP
NO. 1 GENER.
NO. 1 GSP
NO. 1 MAIN GENER. ENG.
NO. 2 AIR RESERV.
NO. 2 D/G CONT. PANEL
NO. 2 F. W. SERV. PUMP
NO. 2 GENER.
NO. 2 GSP
NO. 2 MAIN GENER. ENG.
NO. 3 GSP
NO. 4 GSP
OILY W. SEP.
OILY W. SEP. BILGE PUMP
REDUCT. GEAR S/B L. O. PUMP
REDUCTION GEAR
SANIT. PRESS. TK
SANIT. PUMP
SEWAGE CONT. PANEL
SEWAGE UNIT
SHAFT GENER.
STERN THRUSTER
SYNCHRO CONDENSER
THYRISTOR PANEL
TRANS

システムの利用者がマウス入力により、画面上のアノテーションをポイントすると、キャプションが表示される。このシステムのキャプションは、各機器の詳細な諸元や役割等を説明する、半透明の2次元の字幕である。たとえば「REDUCTION GEAR」というアノテーションをポイントすると、次のような説明文が画面上に表示されるものとした。

「Reduction Gear：減速機。ダイハツディーゼル製 PCA-19FLGS。本船のディーゼル機関は750rpmの中速ディーゼルであるため、そのまま直結してプロペラを回すとプロペラ効率が著しく低下する。そこで適当な回転速度（322rpm）になるように減速している。また推進軸受を内蔵しており、ここでプロペラのスラストを受けるようになっている。」

6. 考察

この研究で製作した機関室ウォークスルーシステムの画面を図5に示す。利用者は、画面をマウスでドラッグすることにより、あらゆる方向を見ることが出来る。またキーボードの矢印キーを打つことにより、前後左右に視点を動かし、まるで機関室内を自由に歩き回るかのような体験を得ることが出来る。床に並んで見える白い正方形のマークをクリックすることにより、視点をジャンプさせ、素早く機関室内を見て回ることも出来る。

各機器に重なるように、機器の名称を表す半透明の文字列（アノテーション）が見える。その文字列をマウスでポイントすることで、その機器の詳しい説明文（キャプション）を表示させることができる。

このシステムは、学生が寮や自宅で使っているような、安価なコンピュータにおいても実行可能なものである。したがって、学生は各自の都合に応じていつでも、また各自の興味や必要に応じて自由に、機関室ウォークスルーシステムを利用し、現実感に富む体験を再現しながら、機関室内の機器について理解を深めることができる。このシステムが練習船実習を補強する教育効果は顕著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^[9,10]。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^[11-12]。



図5 機関室ウォークスルーシステムの画面表示

しかしながら、これら既存の機関室シミュレータを援用した訓練は、実際の練習船での体験に比べれば、まだまだ現実感に乏しいものである。また、練習船実習に比べれば低コストであるものの、陸上の校舎等に据え付けられた専用の設備において実施されるものであり、学生が自発的な予習や復習のために自宅等で自由に組み立てるものとはなっていない。

したがって、今回の研究によって提案された、実写画像を利用した現実感に富むシミュレータを、低コストで手軽に実現する手法は、将来の機関室シミュレータの利用場面の拡大に、大きく寄与するであろう。

また、この研究の成果は、民間の海運会社においても応用され得るものとなる。船から船への船員の配置転換の際にもシミュレータを活用すれば、船員は新しい船でも速やかに仕事に取り掛かることができよう。また航海中のアクシデントやインシデントを、通信によって陸上からサポートする際にも、陸上のスタッフの手元にシミュレータがあれば、現場との意思疎通も容易となり、迅速かつ的確な誘導や指示に役立ち、外航船の安全運航に寄与するところ大であろう。

7. まとめ

仮想現実感技術の応用と、練習船の機関室の実写画像の利用によって、練習船実習を補強する効果のある、低コストの教材の制作に成功した。

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

本校商船学科准教授（弓削丸機関長）松永直也先生には、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、小林一平先生にも、アドバイスとご協力をいただいた。ここに謝意を表する。

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25年度シラバス,” (2013)
- [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] 向瀬紀一郎, 市川颯, 武田駿弥, “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,” 弓削商船高等専門学校紀要 **35**, 16-21 (2013)
- [6] 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)

- [7] “Street View – Google Maps”,
<http://www.google.com/streetview>
- [8] “Hugin – Panorama photo stitcher”,
<http://hugin.sourceforge.net>
- [9] 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)
- [10] 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)
- [11] 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)
- [12] 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)