

舶用機関システムの仮想現実感技術による可視化

向瀬 紀一郎*, 柏原 圭佑**, 市川 颯***, 金乃 寿憲****

Visualization of Marine Engine System by Using Virtual Reality Technology

Kiichiro Mukose*, Keisuke Kashihara**,
So Ichikawa*** and Toshinori Kinno****

Abstract

An interactive walk-through system has been developed, by using the Virtual Reality (VR) technology and the 3-dimensional point cloud data those scanned in the school training ship “Yuge-maru”, to enrich the engine room training. In the screen of the walk-through system, 104 devices (7 tanks, 14 pumps, 16 panels and 67 valves) in the engine room are explained by superimposing technical captions and photographs, to enhance the training effectively.

1. 造船関連企業における背景

日本の貿易物資の殆どは、船によって運ばれており、その船は造船業によって建造されている。弓削商船高等専門学校（以下、本校）の位置する、尾道から今治に至る「しまなみ海道」地域には、多くの造船所および関連企業があり、そのそれぞれが、高度な技能を備えた多くの技術者を有している。有限会社柏原工業も、「しまなみ海道」地域に所在する造船関連企業の一つであり、船舶用消火装置やイナータガス発生装置などの機械器具を製造している。

船舶用機械器具は、船の建造時に艤装されることが多いが、すでに完成し運用中の船に後から追加で艤装（レトロフィット）される場合も少なくない。特に、バラスト水処理装置は、2016年から新たに全面義務化されるものであるため、現在、レトロフィットのニーズが高い。

しかし、建造から年月を経て、修繕や改修などを重ねた船の機関室に、加えて新たな装置をレトロフィットしようとする場合、その機関室の現時点における構造や形状にあわせて、装置と周辺部材を加工し、慎重に据え付ける必要がある。これらの一連の作業には、相応の工数および期間と人件費が必要となり、かつその見積もりが困難であるため、そのスケジュールやコストが問題となることも多い。

この問題に対して、柏原工業は3Dスキャナの活用を提案し、好評を得ている。柏原工業では、バラスト水処理装置等をレトロフィットされる予定の船の機関室内の形状を、定期検査等の機会を利用してあらかじめ3Dスキャナによって精密かつ短時間に測定し、その測定データに基づいて最適化された装置と周辺部材を加工し、効率的な施工計画を策定することによって、船内での据付工事に要する期間を劇的に短縮することを実現し、スケジュールの確実性の飛躍的な向上と、コストの大幅な圧縮に成功している。

2. 海事教育機関における背景

造船業によって建造された船は、海運業によって運航されている。そのような海運業を支える技術者の育成を目的とし、本校の商船学科では、船舶の運航や舶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。

その教育訓練の一環とし、本校商船学科では各学年において、練習船「弓削丸」を活用した校内練習船実習が、教室における授業の進度にあわせて実施され、知識の定着や技術の習熟に寄与している。

本校商船学科の練習船実習のうち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

*商船学科

**有限会社柏原工業

***海上輸送システム工学専攻1年生

****商船学科5年生

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⁴⁾。

ただし、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、その期間や回数には限界があり、また余裕の少ない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になってしまう虞があり、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になってしまう虞もある。

したがって、もし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であろうと期待される。

そのような、教育訓練の補助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。VR 技術の有用性は、既に医師の訓練などの分野において確認され⁵⁾、応用が広がってきている。また、VR 技術に基づく様々な応用形態のうち、特にウォークスルーシステムが、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、有用であろうと思われる。

ウォークスルーシステムは、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⁶⁾。ウォークスルーシステムを機関室実習の補強に応用すれば、学生は陸上の校舎内、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ことのような体験を、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 (名称や役割や諸元など) や写真を表示する機能を持つものであれば、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よう。

以前の研究において向瀬らは、練習船「弓削丸」の機関室内の実写画像データを素材に用いて、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、実写画像データではなく、3Dスキャナによって測定された三次元点群データと、それに基づく三次元オブジェクトデータを素材とした、新たな機関室ウォークスルーシステムの試作が、有

限会社柏原工業と本校の共同研究として実現した。

3. 3Dスキャナの概要

3Dスキャナは、物体や空間の三次元的な形状を測定し、数値データとして記録する装置である。

本研究では3Dスキャナとして、FARO社製「FOCUS 3D」を利用した (図1)。この装置はレーザ方式の3Dスキャナで、装置内部のレーザよりレーザ光 (波長 905[nm]の近赤外線) を物体へ照射し、物体からの反射光を装置内部の光学センサで受光することができる。

照射から受光までに要した時間は即ち、装置と物体の間を光が往復するために要した時間 (タイム・オブ・フライト) である。この時間を計測し、光速 (真空中における定数に近似される) を乗することによって、装置と物体の間の距離が求まる。

レーザ光の放射方向は、機械的に制御される。チルト方向 (仰俯角方向) については小さなミラーの回転によって、パン方向 (方位角方向) については装置全体の回転によって制御され、かつその仰俯角および方位角は角度センサによって計測される。

これら3つの独立した値、すなわち距離と仰俯角および方位角が計測されれば、レーザ光を照射された物体の、装置を基準とした相対的な三次元座標が求まる。この計測を、仰俯角と方位角を少しずつ変えながら、全立体角方向について繰り返せば、装置の周囲の空間にあるすべての物体の座標が、三次元点群データとして記録される。



図1 3Dスキャナ

4. ウォークスルーシステムの概要

VR 技術の応用的一种であるウォークスルーシステムとは、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ションシステムである。

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三次元の座標のデータ(三次元オブジェクトデータ)を、予めコンピュータに入力しておき、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、このように三次元オブジェクトデータを予め用意し利用している³⁾。

一方で、多量の三次元オブジェクトデータをあらかじめ用意する代わりに、現実空間の実写画像データを用意して、仮想空間を構成する素材として利用する方法もある⁴⁾。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低コストで再現することができる。

以前の研究において向瀬らは、後者の方法によって、練習船「弓削丸」の機関室ウォークスルーシステムの試作を行った⁵⁾。今回の研究では、向瀬らと柏原工業の共同研究として、前者の方法による新しい機関室ウォークスルーシステムの開発に取り組んだ。これは、柏原工業の高い技術と3Dスキャナによって、「弓削丸」機関室の精密な三次元オブジェクトデータの効率的な作成が実現したことから可能となった、新しい取り組みである。

5. ウォークスルーシステムの開発

「弓削丸」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は、三次元オブジェクトデータと、表示プログラムと、付加情報データによって構成される。

まず柏原工業によって、練習船「弓削丸」の機関室内部に3Dスキャナが搬入され、機関室内の物体や空間の三次元点群データが記録された。その際には、機関室内の複数の視点において、複数回に分けて、それぞれの視点の周囲の空間の形状が測定され、それぞれの三次元点群データが後にコンピュータソ



図2 3Dスキャナのマーカー

フトウェアによって統合された。

ここでソフトウェアによる統合処理が効率的に行われるように、視点間の相対座標の解析のための基準となる球形のマーカー(図2)が、測定の際には機関室内の複数個所に予め配置された。また、機関室床面のグレーチング等は、測定の際に必要なに応じて取り外された。これらの工夫によって、機関室内の様々な機器や構造物の形状が、ほぼ死角のない一連の三次元点群データとして記録された。

次に、CADソフトウェアを利用して、三次元点群データを参照しながら、「弓削丸」機関室内の様々な機器や構造物の三次元オブジェクトデータが作成された。この作業に際しては、造船に関する専門知識を備えた柏原工業の技術者によって、パイプやバルブなどのオブジェクトデータには規格品のデータを当てはめるなどして、精密かつ多量の三次元オブジェクトデータが効率的に入力された。

三次元オブジェクトデータを表示するプログラムは、ゲームエンジン「Unity」を援用して柏原工業において開発され、仮想空間に配置された三次元オブジェクトデータをCG技術によってレンダリングし表示する機能の他、その仮想空間内で視点を移動させる機能や、一部のオブジェクトデータの可視と不可視を切り替える機能、ユーザの選択したオブジ

表1 弓削丸機関室内の主なタンク

汚物タンク
サニタリー圧力タンク
主機用補助潤滑油タンク
主空気槽(1号)
主空気槽(2号)
潤滑油デイリータンク
清水圧力タンク

表 2 弓削丸機関室内の主なポンプ

温水循環ポンプ
可変ピッチプロペラ油圧装置
空調機用冷却水ポンプ
減速機スタンバイ潤滑油ポンプ
サニタリーポンプ
主機スタンバイ潤滑油ポンプ
主機スタンバイ冷却清水ポンプ
主冷却海水ポンプ
消防兼雑用ポンプ
清水サービスポンプ(1号)
清水サービスポンプ(2号)
燃料移送ポンプ
燃料サービスポンプ
ビルジ兼雑用ポンプ

表 3 弓削丸機関室内の主なパネル

C P P 潤滑油ポンプスターターパネル
汚水処理器制御盤
温水循環ポンプスターターパネル
軸回転数制御盤
集合始動器盤(1号)
集合始動器盤(2号)
集合始動器盤(3号)
集合始動器盤(4号)
主機警報盤
主機スタンバイ潤滑油ポンプスターターパネル
主機スタンバイ燃料サプライポンプスターターパネル
主空気圧力制御盤
ディーゼル発電機制御盤(1号)
ディーゼル発電機制御盤(2号)
電気温水器スターターパネル
フライホイールターニング制御盤

ェクトデータに関する付加的な情報を表示する機能などが実装された。

付加的な情報のデータは、弓削商船高専において、「弓削丸」の完成図書などを参考にしながら作成された。「弓削丸」機関室内の様々な機器のうち、タンク 7 点 (表 1)、ポンプ 14 点 (表 2) について、その名称 (和名および英名) や諸元、役割、実写画像が取りまとめられた。また、パネル 16 点 (表 3) とバルブ 67 点について名称と実写画像が取りまとめられた。これらの情報は、表示プログラムから参照可能な文字データや画像データへと編集された。



図 3 機関室中央部を船尾部より望む表示



図 4 機関室中央部のパイプライン

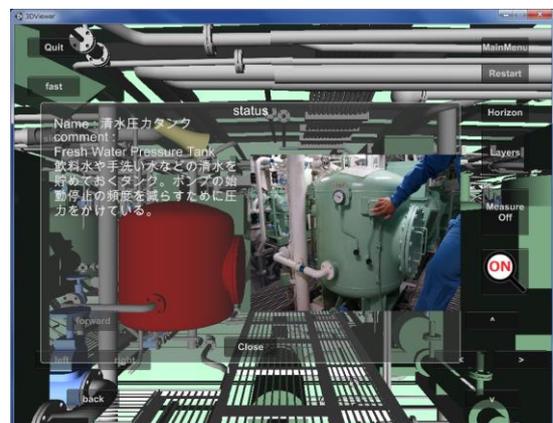


図 5 清水圧力タンクの付加情報

6. ウォークスルーシステムの機能

開発されたウォークスルーシステムを起動すると、コンピュータや携帯端末等の画面上に、「弓削丸」機関室内の光景が再現される (図 3, 図 6)。表示プログラムが動作可能な環境は、iOS, Android, Windows, MacOS および Web ブラウザである。

画面上のボタンをタッチしたり、キーボード上のキーを押下したりすることにより、仮想空間内を視

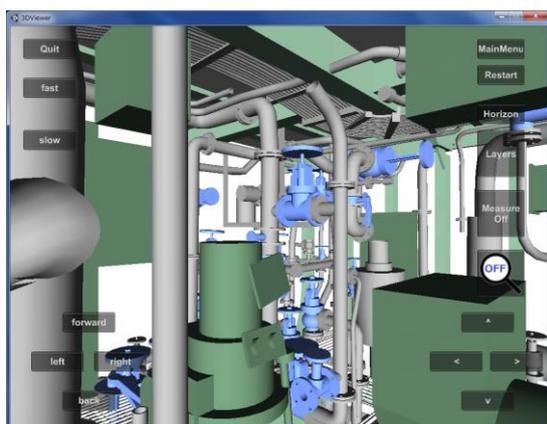


図6 機関室右舷船首方向の表示

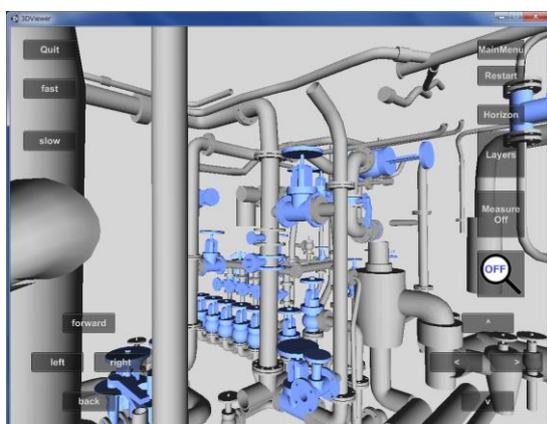


図7 機関室右舷船首方向のパイプライン

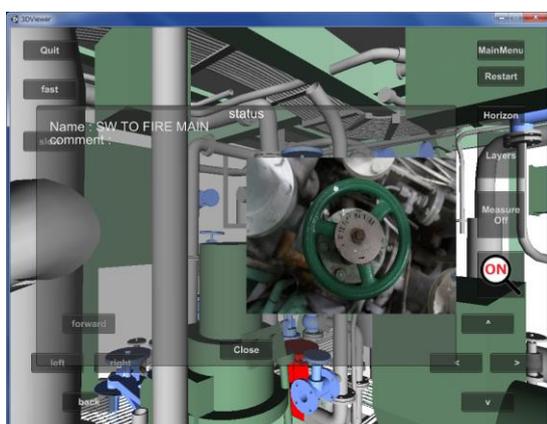


図8 バルブの付加情報

点が移動する。これによりユーザは、あたかも「弓削丸」機関室内を自由に歩き回ることのような体験を得ることができる。なお移動可能な経路は通路に限定されず、たとえば主機（メインエンジン）の中を通り抜けるような移動や、天井を通り抜けるような移動、機関室全体を俯瞰する視点への移動なども可能である。

画面上のメニューを選択することにより、パイプ類やタンク類、船体などの物体の可視と不可視を、

個別に切り替えることができる。すなわち、必要であればパイプラインだけを表示させ透視することなどが可能である（図4、図7）。

画面上の物体を選択することにより、その物体に関する付加情報が表示される。すなわち、その物体が表す機器の名称（和名および英名）、諸元、役割、実写画像などが、画面上に重畳表示される（図5、図8）。

また、仮想空間内の二か所を選択し、それらの間の距離や位置関係を計算する機能も実装されている。

7. デモンストレーションと考察

今回の共同研究の中で開発された、三次元オブジェクトデータを素材としたウォークスルーシステムを、実際に本校商船学科機関コース5年次生の学生4名に操作させ、使用感や期待感に関する意見を聴取した。なおこの4名は、以前に向瀬らが開発した、実写画像データを素材としたウォークスルーシステムを利用した経験を有し、彼らの観点には二つのシステムの比較も含まれる。

その意見は概ね好意的なものであった。特に移動の際の滑らかなアニメーションは、好評であった。また、移動経路が通路に限定されていない点も、好評であった。実写画像データを素材としたシステムでは、視点が通路に一定間隔で配置された地点に限定されるため、アニメーションの滑らかさにおいて劣っていた。

一方で、移動操作に失敗し、仮想空間内での自分の位置や姿勢を見失う状態（空間識失調に類似した状態）にユーザが陥ることもあった。位置や姿勢を見失った際にリセットを行うボタンも用意されていたが、ユーザはもっと直感的な操作で、常に姿勢を把握しながら移動したいと考えるようであった。これはユーザインターフェースの工夫を要する問題であろうと思われる。

機関室内の様々な物体のうち一部だけを表示させ透視する機能には、大きな期待が寄せられた。パイプ類だけを表示し、それ以外の機器や構造物を不可視とした仮想空間内を自由に歩き回り、パイプラインの接続関係を直感的に把握することにより、ユーザは大きな教育効果を得ることが出来よう。この機能に関しては、「弓削丸」の実物に乗船して行う実習よりも優れている可能性がある。

同様にして、さらに主機（メインエンジン）などの大きな機器の内部構造などを透視したり、機器の動作をアニメーションで観察したりできる機能があればよいとの提案が、学生から寄せられた。そのよ

うな機能の実装には、3Dスキャナでは得られない三次元形状データの作成作業が必要であり、相応の専門知識と労力が必要であろうと思われるが、もし実現すれば、その教育効果は非常に大きなものでありと期待される。

今回の共同研究の中で制作されたシステムは、PCだけでなくタブレットやスマートフォン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^[6,7]。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^[8,9]。

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簡便であるものの、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取り組め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、現実感に富む体験を手軽に再現できるシステムは、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と期待される。

8. まとめ

練習船「弓削丸」機関室内の機器や構造物の三次元的な形状を3Dスキャナによって計測したデータの活用と、仮想現実感技術の応用、および機関室内の104点の機器類に関する付加情報データの活用によって、練習船実習を補強する効果の期待できる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

本共同研究に際しては、有限会社柏原工業の代表取締役柏原信彦氏ならびに従業員の方々に、多大なご協力を頂いた。また、本校商船学科の松永直也准教授と小林一平助教、情報工学科の前田弘文助教にもご助力をいただいた。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] Neal E. Seymoura *et al.*, “Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance”, *Ann Surg.* **236**, 458-464 (2002)
- [3] 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)
- [4] 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)
- [5] 向瀬紀一郎, 熊川和真, “機関室ウォークスルーシステムによる船員教育,” 高専教育 **38**, 掲載決定
- [6] 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)
- [7] 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)
- [8] 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)
- [9] 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)