

放射線治療装置操作演習システム開発のための PartPacker を用いた 3次元 モデル生成

岡田義広、石偉、金子晃介、ハン・ドンフィ、荒川弘之、藤淵俊王

九州大学

okada.yoshihiro.520@m.kyushu-u.ac.jp

3D Model Generation by PartPacker for Radiation Therapy Operation Training Systems

Yoshihiro Okada, Wei Shi, Kosuke Kaneko, Donghee Han, Hiroyuki Arakawa, Toshioh Fujibuchi

Kyushu University

概要

本稿では、放射線治療装置操作演習システムの開発について述べる。様々な放射線治療装置の操作演習システムを構築するには、それらの 3D モデルを準備する必要がある。著者らは、3D 生成 AI ツールを用いて、このための 3D モデルをいかに容易に作成可能かを調査し、複数の 3D 生成 AI ツールを用いた 3D モデル生成実験を行った。その結果、3D モデル生成 AI ツールの一つである PartPacker によって生成される 3D モデルは構成要素に分割されており、放射線治療装置操作演習プロトタイプシステムの開発が容易に行えることが分かった。本稿では、3D モデル生成の実験結果を示し、PartPacker によって生成された 3D モデルを用いてどのように放射線治療装置操作演習プロトタイプシステムを開発したのかを述べる。

1 はじめに

本稿では、XR:eXtended Reality(VR (仮想現実)、AR (拡張現実)、MR (複合現実) の総称)などの先端 ICT を活用した電子教材制作について述べる。電子教材制作は、2022 年 4 月に設立された九州大学データ駆動イノベーション推進本部・次世代型オープンエデュケーション推進部門(NOE 部門)の活動の一つである。著者らは、NOE 部門に所属している。

近年、LiDAR スキャナや 360 度 VR カメラなど、多くの企業が様々なスキャニングデバイスを製品化している。我々の所属する NOE 部門は、XR 教材制作のために、これらのスキャニングデバイスを保有している。これらのスキャニングデバイスを用いることで、PCD: Point Cloud Data (点群データ)、3D ポリゴンデータ、360 度 VR 画像/動画などの 3D データを取得することができる。これらの 3D データを XR 教材制作に活用するため、我々は既に 360 度 VR 画像/動画のウェブベース VR ツアーのためのフレームワークをいくつか提案している[1, 2]。[3]では、[2]のフレームワークを OpenVSLAM [4] (Open Visual SLAM: Simultaneous Localization and Mapping) を用いて拡張し、さらに OpenVSLAM ベースのフレームワークを拡張してキーワード検索や多言語字幕を可能にした[5]。大

学内の実験室や実習室の VR ツアーは、それらを視聴することで、学生が実験・実習科目の授業を受ける前に実験・実習内容について理解を深めることができ非常に有用である。

これらのフレームワークを使用して、既に多くの VR ツアー教材を作成してきた。しかし、それらは視覚的な学習システムであり、機器操作演習には不十分である。効果的な機器操作演習には、没入型環境で直感的な操作を提供する高度に対話的な演習システムが必要である。特に医学教育分野では、医療機器が非常に高価であり、放射線被ばくなど危険なものもあるため医療機器操作演習システムの必要性は非常に高い。効果的な機器操作演習には、XR (VR、AR、MR) などの高度 ICT の使用が強く推奨される。我々の NOE 部門では、医療機器操作演習システムの開発に取り組んでおり、既に VR ゴーグルに対応するウェブベース放射線治療セットアップ演習システム[6, 7]を開発している。

XR を用いた放射線治療装置操作演習システムの開発において、主要な課題の 1 つは、対象の治療機器の正確な 3D モデルを準備することである。我々は、1 枚の画像から 3D モデルを生成できる最先端の 3D モデル生成ツール、つまり 3D モデル生成 AI をいくつか使用して 3D モデル生成実験を行った。実験で使用したツールの中で、PartPacker と呼ばれる最新のツールが、1 枚の画

像から複数の個別のパーツで構成される 1 つの統合モデルを生成できるため、我々の目的に最適であることが分かった。本稿では、3D モデル生成の実験結果を示し、生成された 3D モデルを使用して放射線治療装置操作演習プロトタイプシステム[15]を開発した方法を述べる。開発ツールとして 3 次元ソフトウェア開発システム IntelligentBox [8, 9] を使用した。

本稿の残りの部分は以下のように構成されている。第 2 節では、3D モデルを生成する関連ツールをいくつか紹介する。第 3 節では、既に開発済みの放射線治療教育システム (360VR 画像/動画を用いた放射線治療室の VR ツアーや放射線治療セットアップ演習システムなど) を紹介する。第 4 節では、3D モデル生成実験とその結果を示す。第 5 節では、放射線治療装置操作演習プロトタイプシステムの開発方法を述べる。最後に、第 6 節で本稿のまとめを述べる。

2 関連研究

近年、AI ベースの 3D モデル生成ツールが数多く登場している。本稿の 3D モデル生成実験では、GitHub から TripoSR [10]、Hi3DGen [11]、TRELLIS [12]、および PartPacker [13] の 4 つの AI ベースの 3D モデル生成ツールを選択した。図 1.1 から図 1.4 は、それぞれのツールの GitHub ページである。

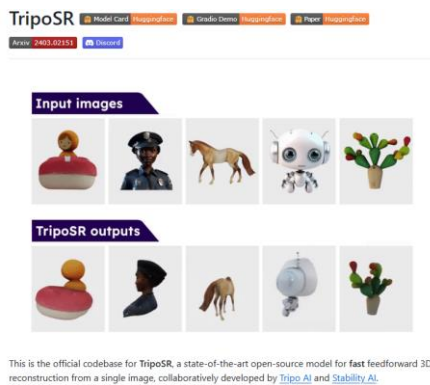


図 1.1 TripoSR の GitHub ページ



図 1.2 Hi3DGen の GitHub ページ

Hi3DGen: High-fidelity 3D Geometry Generation from Images via Normal Bridging

Chongjie Ye^{1,2*}, Yushuang Wu^{2*}, Ziteng Lu¹, Jiahao Chang¹, Xiaoyang Guo², Jiaojiao Zhou², Hao Zhao², Xiaoqiang Han^{1*}

ICCV 2023

¹The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen, ²ByteDance, ³AIR, Tsinghua University



Hi3DGen target at generating high-fidelity 3D geometry from images using normal maps as an intermediate representation. The framework addresses limitations in existing methods that struggle to reproduce fine-grained geometric details from 2D inputs.

図 1.3 TRELLIS の GitHub ページ

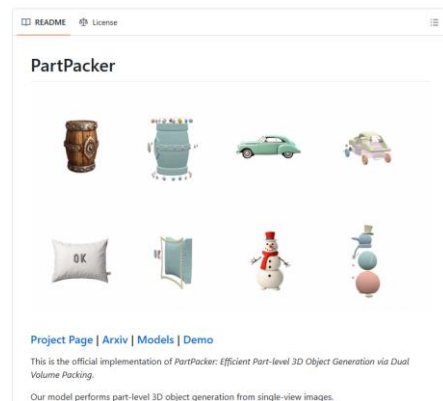


図 1.4 PartPacker の GitHub ページ

本実験の目的は、放射線治療装置操作演習システムの開発であるため、C アーム X 線装置、CT 装置、および TrueBeam と呼ばれる LINAC(線形加速器: Linear Accelerator)の 3 つの異なるタイプの放射線治療装置の画像を使用した。第 4 節で実験結果の詳細を述べるが、PartPacker が本目的に最適であることが分かった。

3 放射線治療装置教育システム

我々は既に、360 度 VR 画像/動画を用いた様々なタイプの VR ツアーのためのフレームワークを提案している。具体的には、360 度 VR 画像を用いたウォークスルー型 VR ツアー、360 度 VR 動画を用いたナビゲーション型 VR ツアー、そして多地点 360 度 VR 動画を用いた VR ツアーのためのフレームワークである。これらのフレームワークを用いて、放射線治療教育システムとして、CT 実習室、C アーム X 線装置室、標準 X 線装置室といった放射線治療室の VR ツアーを開発している。また、VR ゴーグルに対応した放射線治療セットアップ演習システムも開発している。本節では、CT 実習室の VR ツアーと放射線治療セットアップ演習システムを紹介する。

3.1 CT 実習室の 360 度 VR 画像によるウォークスルーVR ツアー

図 2 は、360 度 VR 画像を使用した CT 実習室のウォークスルーVR ツアーの画面である。メイン画面でマウスデバイスをドラッグすることで、ユーザは垂直方向または水平方向に視線方向を変更できる。各図の左側は部屋の地図である。地図上の赤いマーカーを見て、ユーザは現在の位置と方向を把握できる。地図上には、360 度 VR 画像が撮影された場所を示す小さなオレンジ色の点が表示されている。ユーザは、地図上の対応するオレンジ色の点をクリックすることで、現在の 360 度 VR 画像を、クリックした場所で撮影された画像に変更できる。メイン画面では、360 度 VR 画像が撮影された場所を示す灰色の円柱が表示されている。円柱の 1 つをクリックすると、ユーザは現在の 360 度 VR 画像をその場所で撮影された画像に変更できる。このようにして、ユーザは対話的に自分の位置を変更できる。

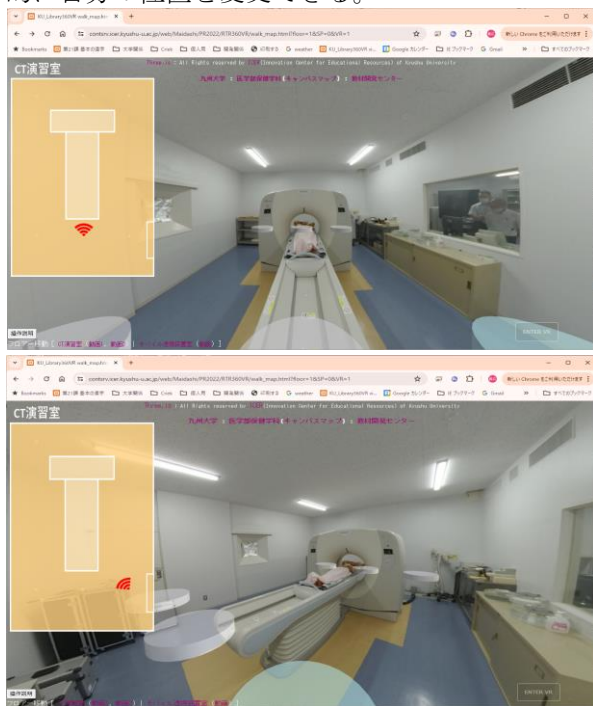


図 2. CT 実習室ウォークスルーVR ツアー

3.2 CT 実習室の 360 度 VR 動画によるナビゲーションVR ツアー

図 3 は、360 度 VR 動画による CT 実習室の VR ツアー画面である。上図と下図は、異なる視線方向の画面である。メイン画面上でマウスデバイスをドラッグすることにより、ユーザは視線の方向を垂直または水平に変更できる。各図の左側は部屋の地図である。この VR ツアーは、地図上の赤いマーカーで示された場所で撮影された 1 つの 360 度 VR 動画のみで構成されている。3.3 節で説明する多地点 360 度 VR 動画ではないため、地図上にはオレンジ色の点は表示されていない。各画

面の中央下部には、再生、一時停止、巻き戻し、早送りなど、ホームビデオを制御するのと同様に、360 度 VR 動画を制御するためのコントロールパネルがある。



図 3. CT 実習室ナビゲーション VR ツアー

3.3 多地点 360 度 VR 動画による VR ツアーのフレームワーク

図 4 は、CT 実習室の多地点 360 度 VR 動画による VR ツアーの画面である。上図と下図は異なる場所で撮影された 360 度 VR 動画の画面である。これらの画面は、図 2 と図 3 の画面をマージした画像のように見える。部屋には 5 台の 360 度 VR カメラがある。メイン画面には 5 つの灰色の円柱がある。それぞれの位置は、5 台の 360 度 VR カメラの位置に対応している。また、各図の左側に示されている地図には、5 つのオレンジ色の点があり、5 つの 360 度 VR カメラの位置に対応している。図 2 と同様に、地図上の赤いマーカーを見ると、ユーザは現在の位置と方向を把握できる。ユーザは、地図上の対応するオレンジ色の点をクリックすることで、現在の 360 度 VR 動画を、行きたい場所で撮影された動画に変更できる。メイン画面で、灰色の円柱の 1 つをクリックすると、ユーザは現在の 360 度 VR 動画をその場所で撮影された動画に変更できる。このように、ユーザは対話的に自分の位置を変更できる。図 3 と同様に、それぞれの画面の中央下部には、同期再生される 5 つの 360 度 VR 動画の再生、一時停止、巻き戻し、早送りなどの操作パネルが表示されている。

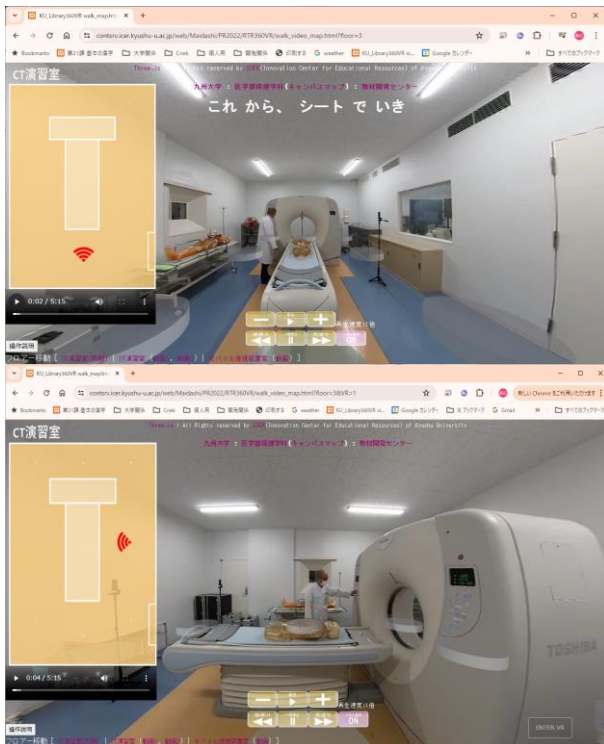


図 4. 多地点 360° VR 動画による CT 実習室 VR ツアー

3.4 放射線治療セットアップ演習 VR 教材

上に示した CT 実習室 VR ツアーは視覚的な学習教材である。視線変更・位置変更以外の高度な対話操作はない。放射線治療装置の操作演習では、学習者に高度な対話操作機能を提供する必要がある。我々はそのような演習システムの 1 つである放射線治療セットアップ演習システムを開発している。学習者 2 人で訓練を行う 2 人モードと、学習者 1 人で 2 人の役割を交互に行う 1 人モードがある。図 5 に示すように、この演習システムはウェブコンテンツである。VR ゴーグル対応であり、2 人の学習者は高い没入環境で演習できる。2 人モードでは、1 人が図の左下図に示すようにベッドの位置と向きを調整し、もう 1 人が図の右下図に示すように患者の姿勢を調整する。

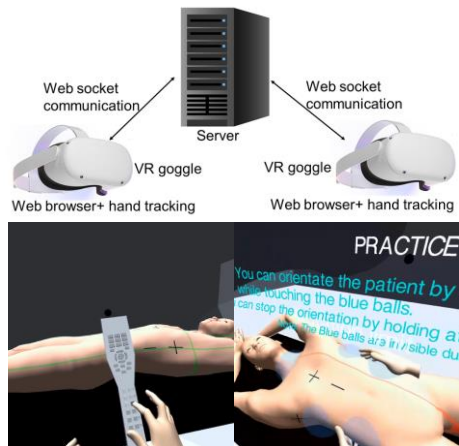


図 5. 放射線治療セットアップ演習教材

4. 3D モデル生成実験

現在、上記の放射線治療装置セットアップ演習システムに加え、放射線治療装置の対話操作可能な演習システムの開発を進めている。そのためには、放射線治療装置の 3D モデルを準備する必要がある。本節では、GitHub で提供されている TripoSR、TRELLIS、Hi3Dgen、PartPacker といった、一枚の画像から 3D モデルを生成する AI ベースの 3D モデル生成ツールを用いた実験結果を示す。

図 6 に示すように、C アーム X 線装置、CT 装置、そして LINAC の 3 種類の放射線治療装置画像を使用した。図 7.1~図 7.4 は、各ツールによって 1 枚の画像から生成された 3 種類の放射線治療装置の 3D モデルを示している。



図 6. 放射線治療装置 3 種の画像



図 7.1 TripoSR の出力した 3D モデル

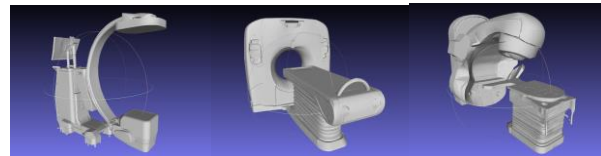


図 7.2 Hi3Dgen の出力した 3D モデル

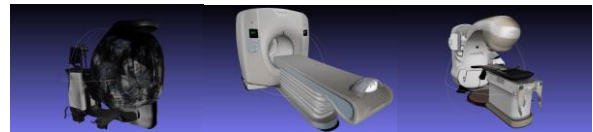


図 7.3 TRELLIS の出力した 3D モデル

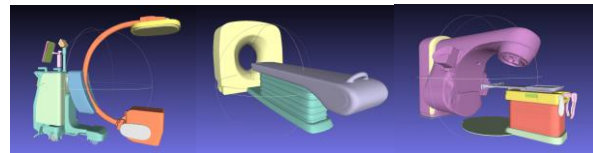


図 7.4 PartPacker の出力した 3D モデル

TripoSR は、テクスチャ情報を同時に生成できるにもかかわらず、4 つのツールの中で最も品質の低い 3D モデルを生成した。Hi3Dgen によって生成される 3D モデルは、幾何学的品質が他ツールよりも優れているが、テクスチャ情報を同時に生成することはできない。TRELLIS は TripoSR よりもいくらか品質の良い 3D モデルを生成でき、テクスチャ情報も生成できる。総合的に見ると、テクスチャ情報は生成できないものの、Hi3Dgen

は 3 つのツールの中で最も品質が良いと言える。ただし、生成された 3D モデルは、1 つの統一された幾何学的モデルのみであり、複数の構成要素モデルが合成された統合モデルではない。3D ビデオゲームのような対話的なアプリケーションでは、個々の構成要素モデルが合成された統合モデルが必要であるため、TripSR, Hi3Dgen, TRELIS の出力 3D モデルは対話的なアプリケーション開発向きではない。例えば、自動車運転シミュレータのステアリングホイールモデルは、自動車の他のパーツから分離されている必要がある。従って、放射線治療装置操作演習システムの開発には、図 7.4 に示すように、複数の個々の構成要素モデルが合成された統合 3D モデルを生成する PartPacker の使用が適している。そこで、PartPacker の出力した 3D モデルを放射線治療装置操作演習システムの開発に採用した。

5. 放射線治療装置操作演習プロトタイプシステム

この章では、PartPacker で生成された 3D モデルを使用して開発した放射線治療装置操作演習プロトタイプシステム、つまり C アーム X 線装置、CT 装置、TrueBeam と呼ばれる LINAC の演習プロトタイプシステムを紹介する。これらのプロトタイプシステムの開発には、IntelligentBox と呼ばれる 3 次元 CG 応用ソフトウェア開発システムを使用した。その前に、Meshlab [14] を使用して、PartPacker が生成した 3D モデルのポリゴン数を削減して簡素化し、ファイルを Alias Front の *.obj 形式でエクスポートした。これは、PartPacker が *.glb 形式で 3D モデルを生成し、IntelligentBox が *.obj 形式の 3D モデルを読み込むためである。図 8 は、IntelligentBox システムの C アーム X 線装置操作プロトタイプシステムの画面である。図の左側に示すように、赤色のワイヤーフレームで表示された 2 つの回転ボックスが追加され、これにより、C アームを z 軸と x 軸に沿って回転できる。ボックスは IntelligentBox が提供する機能部品を意味する。図の右側に示すように、ユーザは C アームを z 軸と x 軸に沿って対話的に回転させることができる。

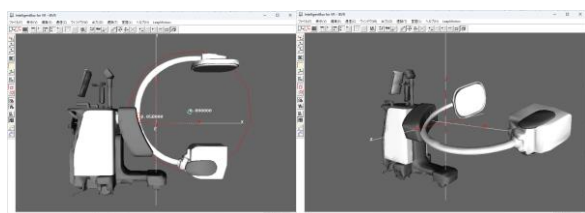


図 8. C アーム X 線装置操作演習プロトタイプシステム

図 9 は、IntelligentBox システムの CT 装置操作演習プロトタイプシステムの画面である。図の左

側に示すように、寝台を x 軸方向と y 軸方向に移動するために、黒灰色の 3 つの伸縮機能ボックスが追加されている。図の右側に示すように、ユーザは寝台を x 軸方向と y 軸方向に対話的に移動させることができる。

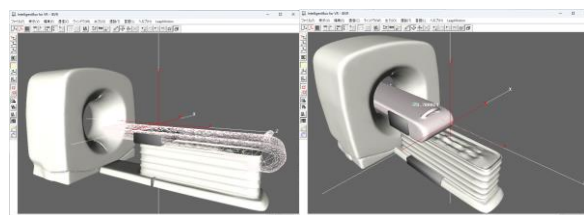


図 9. CT 装置操作演習プロトタイプシステム

図 10 は、IntelligentBox システムの TrueBeam と呼ばれる LINAC 操作演習プロトタイプシステムの画面である。図の左側に示すように、放射線照射部分と寝台のベースを y 軸に沿って回転させるために、赤色の 2 つの回転ボックスが追加されている。また、寝台を x、y、z 軸方向に移動させるために、黒灰色の 3 つの伸縮機能ボックスが追加されている。図の右側に示すように、ユーザは寝台を x、y、z 軸方向に移動し、放射線照射部分と寝台ベースを y 軸に沿って対話的に回転させることができる。

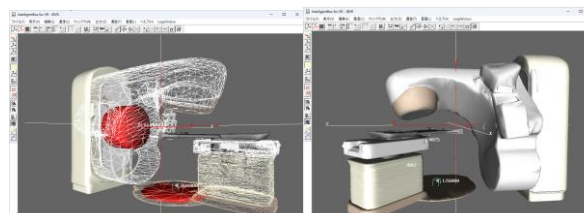


図 10. LINAC 操作演習プロトタイプシステム

6. おわりに

LiDAR スキャナや 360VR カメラなど、多くの種類のスキャニングデバイスが研究開発されている。我々の所属する NOE 部門は、実験室/実習室の VR ツアーなど XR 技術を活用した電子教材作成のためにこれらのスキャニングデバイスを所有している。これらのスキャニングデバイスを使用すると、PCD：点群データ、3D ポリゴンデータ、360 度 VR 画像/動画などの 3D データを取得できる。これらの 3D データを XR 教材作成に活用するために、既にいくつかのフレームワークを提案し、360 度 VR 画像/動画と PCD を使用した実験室/実習室の VR ツアーを開発している。ただし、開発された VR ツアーは視覚的な学習教材であり、操作演習として不十分である。効果的な操作演習のためには、高い没入感と直感的な対話操作を可能とする高度に対話的な演習システムが必要である。特に医学教育分野では、治療機器が非常に高

価であり、放射線被ばくなどの危険なものもあるため、治療機器操作演習システムが強く求められている。我々は、VRゴーグルに対応したウェブベースの放射線治療セットアップ演習システムを既に開発しているが、他の治療機器の操作演習システムの開発に取り組んでいる。このような治療機器操作演習システムの開発において、主な課題の1つは、対象の治療機器の正確な3Dモデルを準備することである。我々は、生成AIツールを使用して3Dモデル生成の実験を試みた。その結果、調査したツールの中で、PartPackerのみが、1枚の画像から複数の構成要素モデルの合成として統合された3Dモデルを生成できるため、私たちの目的に最適であることが分かった。本稿では、3Dモデル生成の実験結果を示し、生成された3Dモデルを使用して放射線治療装置操作演習プロトタイプシステムの開発方法を説明した。

今後は、プロトタイプシステムを改良し、医学生向けの放射線治療装置操作演習システムとして実際に使用し、その有用性を評価する予定である。

謝辞

本研究の一部は、九州大学データ駆動イノベーション推進本部・次世代型オープンエデュケーション推進部門の支援を受けた。

参考文献

- [1] Okada, Y., Kaneko, K., Shi, W. 2023, Development Framework Using 360VR Cameras and Lidar Scanners for Web-Based XR Educational Materials Supporting VR Goggles. Proc. of 11th International Conference on Emerging Internet, Data & Web Technologies (EIDWT 2023), pp. 401-412.
- [2] Okada, Y., Kaneko, K., Shi, W. 2023. Development Framework for Web-based VR Tours and Its Examples. 27th International Conference Information Visualisation (IV 2023), pp. 420-425.
- [3] Okada, Y., Kaneko, K., Shi, W. 2023. Development Framework Based on OpenVSLAM for Web-based VR Tours Using 360VR Videos, International Conference on WWW/Internet 2023, pp. 109-116.
- [4] Sumikura, S., Shibuya, M. and Sakurada, K., 2019, OpenVSLAM: A Versatile Visual SLAM Framework. MM '19: Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia, pp. 2292-2295.
- [5] Okada, Y., Shi, W., Kaneko, K. 2024, OpenVSLAM-Based Development Framework for Web-Based VR Tours Using 360VR Videos and Its Extensions. Proc. of 12th International Conference on Emerging Internet, Data & Web Technologies (EIDWT 2024), pp. 31-42.
- [6] Miyahara, Y., Kaneko, K., Fujibuchi, T., & Okada, Y. (2023). Web-Based Collaborative VR System Supporting VR Goggles for Radiation Therapy Setup Training. Proc. of 11th International Conference on Emerging Internet, Data & Web Technologies (EIDWT 2023), pp. 386-400.
- [7] Wang, C. *et al.* (2025). Web-Based Radiation Therapy Setup Training System Supporting VR Goggles Modified for Single Trainee Mode. Proc. of 19th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS 2025), pp. 288-301.
- [8] Okada, Y. and Tanaka, Y.: IntelligentBox: A Constructive Visual Software Development System for Interactive 3D Graphic Applications, Proc. of Computer Animation '95, IEEE CS Press, pp.114-125, Geneva Switzerland, April 1995.
- [9] Okada, Y., Kaneko, K and Fujibuchi, T. : IntelligentBox Based Training System for Operation of Radiation Therapy Devices, VENO 2020 in Proc. of the 14th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS-2020), pp. 188-198, 2020.
- [10] TripoSR, <https://github.com/VAST-AI-Research/TripoSR>
- [11] Hi3DGen, <https://github.com/bytedance/Hi3DGen>
- [12] TRELIS, <https://github.com/microsoft/TRELIS>
- [13] PartPacker, <https://github.com/NVlabs/PartPacker>
- [14] MeshLab, <https://www.meshlab.net/>
- [15] Okada, Y., Shi, W., Kaneko, K., Donghee, H., Arakawa, H., Fujibuchi, T., Radiation Therapy Operation Training Prototype Systems Using 3D Models Generated by PartPacker, to appear in Proc. of the 20-th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2025), 12-14, Nov., 2025.