

## タンデム静電加速器に関する VR 教材の開発

### DEVELOPMENT OF VR-TEACHING MATERIALS FOR ELECTROSTATIC TANDEM ACCELERATOR

吉田哲郎<sup>#, A)</sup>, 大和良広<sup>A)</sup>, 笹公和<sup>A)</sup>, 広田克也<sup>B)</sup>, 古坂道弘<sup>B)</sup>

Tetsuro Yoshida<sup>#, A)</sup>, Yoshihiro Yamato<sup>A)</sup>, Kimikazu Sasa<sup>A)</sup>, Katsuya Hirota<sup>B)</sup>, Michihiro Furusaka<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> UTTAC, University of Tsukuba

<sup>B)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

#### Abstract

The University of Tsukuba Tandem Accelerator Complex (UTTAC) owns the 6MV Pelletron tandem accelerator and the 1MV Tandetron accelerator, which are used in research and educational activities. The purpose of developing Virtual Reality (VR) exhibition is to use it for undergraduate student's experimental practice in accelerator science, high school student's facility tours, and education for human resource development. The tank of the 6MV Pelletron tandem accelerator is always filled with insulating SF<sub>6</sub> gas at 5 atmospheres to prevent electrical discharge and, for this reason, the tank is opened only once a year for regular maintenance. Almost all visitors cannot have a chance to look inside the accelerator tank during the tour, but instead, they can see the inside using VR goggles. Through such experience, we hope to get undergraduate and high school students interested in accelerators.

#### 1. はじめに

筑波大学放射線・アイソトープ地球システム研究センター応用加速器部門タンデム加速器施設(UTTAC)では、6MV タンデム加速器および 1MV タンデトロン加速器の 2 台の静電加速器を有し、加速器や放射線を利用した様々な計測実験と研究および教育活動を行なっている。これらの加速器をバーチャルリアリティー (VR) 技術を用いて表現することを目指し、KEK と連携して VR 加速器ツールの作成を進めた。

作成した VR は、実験実習や施設見学、人材育成に関する教育用教材としての使用を目的としている。実習や見学の際に、6MV タンデム加速器はタンク内を 5 気圧の SF<sub>6</sub> ガスで絶縁しているため、直接加速器の内部を見ることはできない。しかし、VR ゴーグルを用いて加速器タンク内の 360 度写真を見ることで、実際にタンク内にいるような経験をすることができる。このような経験を通して、VR ゴーグルを使用した人に加速器に興味を持ってもらうことや、VR ゴーグルを着用することで加速器について学ぶことができるような教材を作成したいと考えている。

実際に VR を用いている施設として、KEK では教育加速器 KETA を VR 化し、一般公開などで使用している [1]。また、広島大学放射光科学研究センターでは VR での施設紹介を Web ページで公開している [2]。このような他機関と共に開発し連携しながら、様々な加速器施設を一般向けに公開することも目指している。

今回、作成したタンデム静電加速器の VR の詳細について報告する。

#### 2. 筑波大学タンデム加速器施設

筑波大学放射線・アイソトープ地球システム研究センター応用加速器部門のタンデム加速器施設を Fig. 1 に示す。6MV タンデム加速器および 1MV タンデトロン

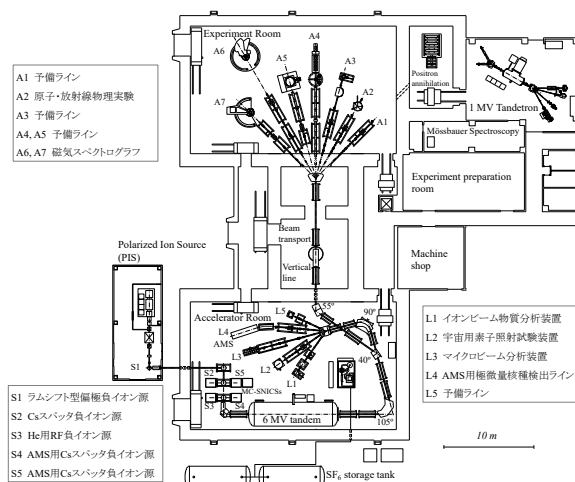


Figure 1: Layout of the UTTAC.

加速器の 2 台の静電加速器を所有している。6MV タンデム加速器はファン・デ・グラフ型で、ペレットチェーンを 2 本用いて電荷をターミナル部に運搬し、最大加速電圧は 6.0 MV となっている。Figure 2 に示すように加速器タンクの長さ 10.5 m、直径 2.74 m の大きさで、ビームラインの高さが 1.78 m となっている。1MV タンデトロン加速器は、Fig. 3 に示すようにコッククロフト・ワルトン型であり、最大加速電圧は 1.0 MV となっている。

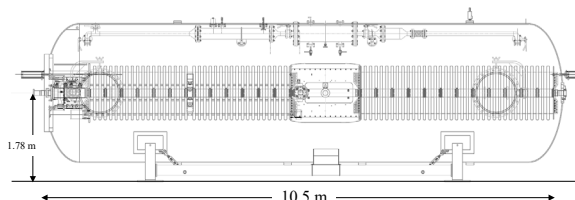


Figure 2: 6MV Pelletron tandem accelerator.

<sup>#</sup> yoshida@tac.tsukuba.ac.jp

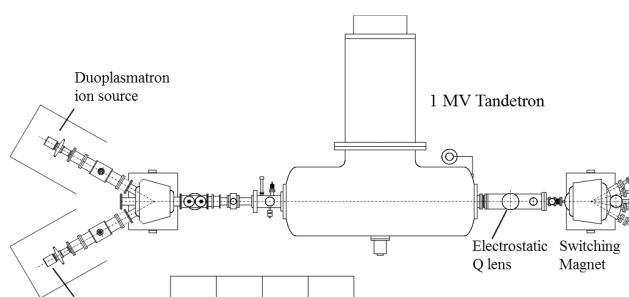


Figure 3: 1MV Tandetron accelerator.

### 3. 作成した VR

#### 3.1 VR 開発環境

VR の開発環境としては、Unity を使用した。Unity は Unity Technologies が開発・提供しているゲーム開発エンジンである[3]。Unity は 1 つのプロジェクトデータから、Android、iOS、Windows、Web ブラウザ等の複数のプラットフォーム向けに実行可能なデータをビルドすることが可能となっている。Unity で作成した VR を Android 向けにビルドし、VR ゴーグルの Oculus quest 2 に取り込んで使用した。Oculus quest 2 にはコントローラーが付属しているため、コントローラーに設定を加えて、使用者が見やすい工夫を加えた。具体的には、コントローラーのスティックを傾けることでズームする機能や 2 つのボタンを押すことで、タンデム加速器の中の写真を切り替えることができ、様々な場면을体験することができるようにした。また、撮影には 360 度カメラの RICOH THETA Z1 を使用し、タイマーを使っての撮影やアプリを使用してリモートで撮影することで撮影者が映らない工夫を行った。

作成した VR は 1MV タンデトロン加速器と 6MV タンデム加速器の 2 つのパートに分かれている。

#### 3.2 1MV タンデトロン加速器の VR

1MV タンデトロン加速器については、Fig. 4 に示すように VR ゴーグル付属コントローラーの違うボタンを押すことでタンデトロン加速器室全景の写真 1 枚と加速器の CG の 2 つのコンテンツが切り替わるようにした。1MV タ

ンデトロン加速器はタンク内を開放することはないため、加速器内部の 360 度写真はなく、加速器室の写真のみ見ることができるようにした。

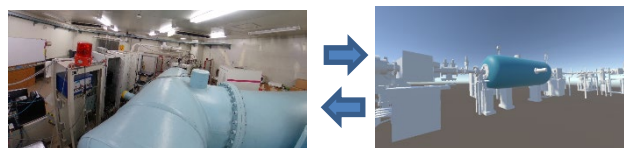


Figure 4: VR view of the 1MV Tandetron accelerator.

#### 3.3 6MV タンデム加速器の VR

6MV 加速器については、Fig. 5 に示すように、加速器タンク内の高エネルギー側のペレットチェーンのある部分と加速器タンク中央にある最大 6 MV になるターミナル部分の 360 度写真 2 枚と加速器室入り口上部とイオン源上部から撮影した 360 度写真 2 枚、加速器の CG の計 5 つのコンテンツを VR ゴーグル付属のコントローラーのボタンを押すことで切り替わるように設定した。

写真からは加速器タンク内部の様子等で正面だけ見えているが実際にゴーグルをつけて見ると後ろや下など 360 度見渡すことができる。また、加速器タンク内のターミナル部分の写真を見ることで、ペレットチェーンやガスストリッパーの配置、ターボポンプの位置など様々な情報を得ることができるので、タンク内作業の前の準備などにも使用することができる。

#### 3.4 加速器 CG の VR

1MV タンデトロン加速器と 6MV タンデム加速器について 360 度写真のみではなく、CAD データを取り込むことで加速器の CG も作成した。VR を作成した Unity では、fbx ファイル等を読み込むことが可能であり、加速器タンク内部の加速管やフープなどを簡易的に作成することでタンク内部の様子も見ることができるようにした。しかし、ペレットチェーンなど他のタンク内の装置などは加えていないため、今後改善していく予定である。また、VR ゴーグルの容量の問題もあり、6MV タンデム加速器はイオン源やビームラインの CG はなく、加速器タンク本体周辺のみとなっている。

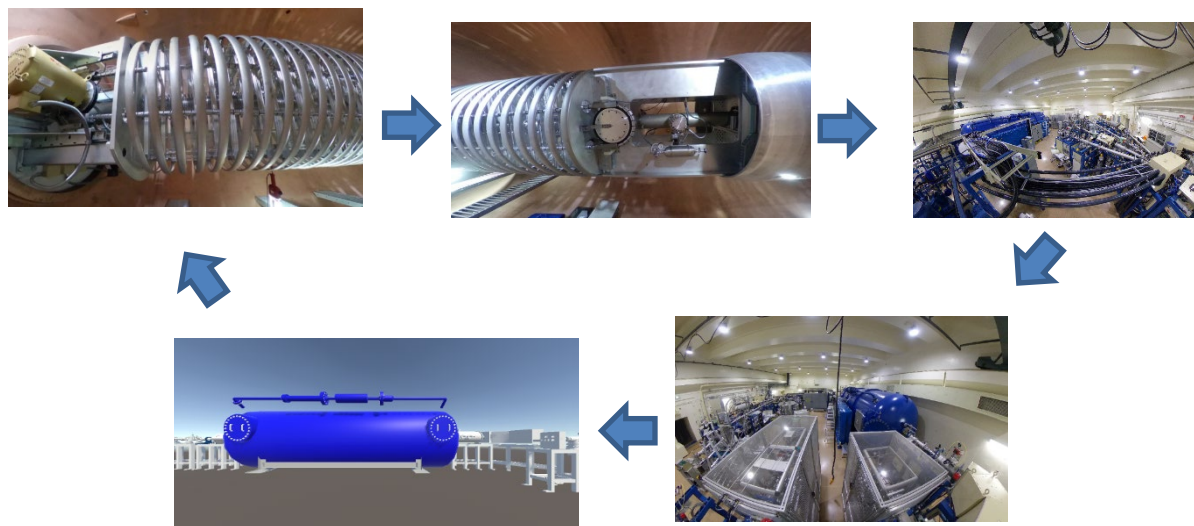


Figure 5: VR view of the 6MV Pelletron tandem accelerator.

360度写真のVRでは、実際に動いても視点などは変わらないが、加速器CGでは歩くことで見える様子も変わり、実際にその場にいるような体験ができる。そのため、加速器や装置の内部を覗き込むこともできる。加速管の中を覗き込むと、Fig. 6のようにビームが通っている様子を見ることができる。ビームは模式的に球状の物体で表現し、連続で飛び出すように設定した。

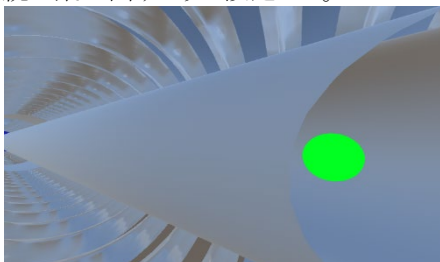


Figure 6: Image of the beam passing through the accelerator tube.

### 3.5 cluster アプリを使用した施設紹介

Figure 7のようなclusterアプリを使用した加速器施設の紹介も作成した[4]。アプリのダウンロードとGoogleアカウントなどの登録が必要であるが、Clusterでは大人数で同時に仮想空間に入ることができるので、施設の紹介などに適している。また、Unityとの相性もよく、Unityで作成したCGをclusterに簡単にアップロードすることができる。VRゴーグルのOculus quest 2でclusterを使用することもでき、スマートフォンでも使用することができるので、大人数での高校生の施設見学の際に有効になると思われる。



Figure 7: Scene of the cluster application.

## 4. VRゴーグル使用実績

VRゴーグルの使用実績として2022年8月から使用を開始して、2023年8月までにおける見学者の総数は724名(高校生施設見学411名、オープンキャンパス249名、筑波大学学生実験実習29名、技術職員研修等35名)であった。現在はVRゴーグルが5個あるので、5人同時に見ることが可能である。VRゴーグルをつけると、多くの方は驚きながら加速器の内部の写真を見ていた。見学の際には、Fig. 8のようにVRゴーグルを加速器タンクの前に置いて使用している。使い方の説明や見学者などが5名以上いる場合にVRゴーグルの画面をiPadのOculusアプリからミラーリングし、モニターにつなぐこともしている。



Figure 8: Visitors with the VR goggles in front of the accelerator tank.

## 5. まとめ

6MVタンデム加速器と1MVタンデントロン加速器をVRで表現することができ、VRゴーグルを利用した人に普段は経験できないことを体験させることができた。しかし、VRゴーグルを装着している方から質問があっても、質問者がどこを見ているのか分からずに情報を共有するのが現状では難しい問題がある。そのため、VRゴーグルを装着しただけで分かるような説明表示を加える予定であり、理解がより深まるVR教材の開発を目指している。

また、VRゴーグルには数に限りがあるため、スマートフォンを用いたAR技術の導入も検討している。

## 謝辞

このVR技術は、高エネルギー加速器研究機構の加速器科学国際育成事業(IINAS-NX)の支援を受けています。

## 参考文献

- [1] M. Furusaka *et al.*, PASJ2022 FRP030, 2022, 984-988.
- [2] HiSOR VR (Hiroshima Synchrotron Radiation Center VR), <https://www.kasokuki-dx.jp/vr/>
- [3] Unity Technologies, <https://unity.com/>
- [4] <https://cluster.mu/w/1ef87aab-ccd-4c33-9f11-2e1844f95944>