

## タンデム静電加速器に関する VR を利用した教育用教材の開発

### DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL MATERIALS USING VR 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 has two electrostatic accelerators, a 6 MV Pelletron tandem accelerator and a 1 MV Tandatron accelerator, and conducts various measurement experiments, research and educational activities using the accelerators and radiation. These accelerators are represented using virtual reality (VR) technology, and in collaboration with KEK, we have developed an environment in which visitors can simulate the experience using VR goggles and educational materials using VR. Specifically, we created detailed 3D drawings of the inside of the accelerators and added new explanatory displays to enable people wearing VR goggles to learn about the accelerators themselves. In addition, we have created an environment where our six VR goggles can share the screen at the same time. The improvement of VR technology has increased the effectiveness of the VR of the tandem electrostatic accelerator as an educational material, leading to improved interest in and understanding of the accelerator by the VR goggle wearers.

#### 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、6 MV タンデム加速器および 1MV タンデトロン加速器の 2 台の静電加速器を所有している。これらの加速器はタンク内を SF<sub>6</sub> ガスで絶縁しているため、直接内部を見ることはできない。これらの加速器をバーチャルリアリティ (VR) 技術を用いて表現し、VR ゴーグルを用いて内部の写真や CG を見ることで、実際にタンク内にいるような体験ができるように、KEK と連携して VR 教材の制作を進めた[1]。タンデム加速器の VR 教材は主に大学生向けの実験実習や高校生向けの施設見学で使用することを目的とし、人材育成に関する教育用教材として利用している。VR の教育的な利用としては KEK で教育加速器 KETA を VR 化し、一般公開などで使用している[2, 3]。

VR ゴーグルは使用すると没入感を得られるが、他者との情報共有が難しい。実際に施設見学で 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対応するのが難しい問題があった。そのため、ミラーリングの方法を改良し、所有している 6 個のゴーグルを同時にミラーリングできるようにした。さらに、VR ゴーグルを装着しただけで加速器について学べるように、6 MV タンデム加速器の CG を詳細にしたうえで説明表示を加えた。今回、タンデム静電加速器の VR を利用した教育用教材の詳細について報告する。

#### 2. 6 MV タンデム加速器の VR

筑波大学で所有している 6 MV タンデム加速器を Fig. 1 に示す。6 MV タンデム加速器はタンクの長さが 10.5 m、直径が 2.74 m の大きさとなっている。6 MV タンデム加速器は、ファン・デ・グラーフ型の加速器であり、

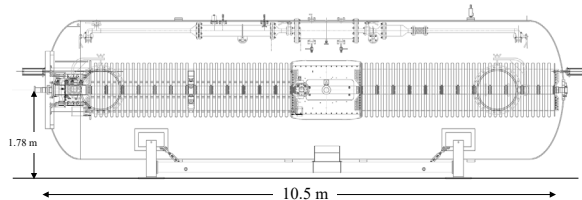


Figure 1: 6 MV Pelletron tandem accelerator.

金属を絶縁物でつないだペレットチェーンを 2 本回転させることで、静電誘導により金属に正電荷を帯電させ、その正電荷をタンク中央にある高電圧ターミナルに運び昇圧する。この加速器にマイナスのイオンを入射すると、電氣的引力によってターミナルまで加速される。ターミナルで薄膜または気体層を通過する際に電子が取られ、プラスイオンになって入射と反対側の加速管に入ると、電氣的反発力によってさらに加速される。

VR ゴーグルは Meta Quest 2 と Meta Quest 3 を使用している。Figure 2 に示すように、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。

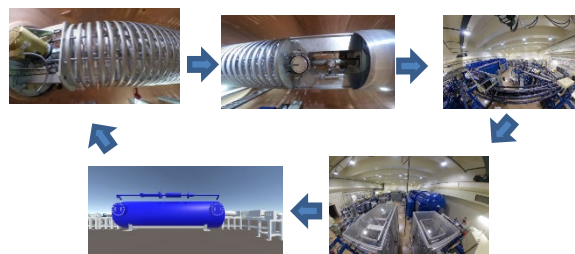


Figure 2: VR view of the 6MV Pelletron tandem accelerator.

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

### 3. タンデム加速器 VR を利用した教育用教材の開発

#### 3.1 ミラーリングの充実化

VR ゴーグルを使用すると普段はできない加速器の中に入ったような体験ができるが、VR ゴーグルをつけている人しか分からず、周りの人は VR で何を見ているのかは分からない。これまでの加速器施設見学では、6 個の VR ゴーグルを同時に使用して、iPad のアプリから 1 個の VR ゴーグルだけをミラーリングしていた。そのため、ミラーリングしていない 5 個の VR ゴーグル使用者が何を見ているかの情報を共有することはできず、説明を加えることなどはあまりできなかった。

今回は iPad のアプリを使用してミラーリングをするのではなく、Fig. 3 に示すように、コンピューター 1 台とモニター 2 台を使用し、Web ブラウザ上でミラーリングをすることで 6 台同時にミラーリングを行うことができるようにした。

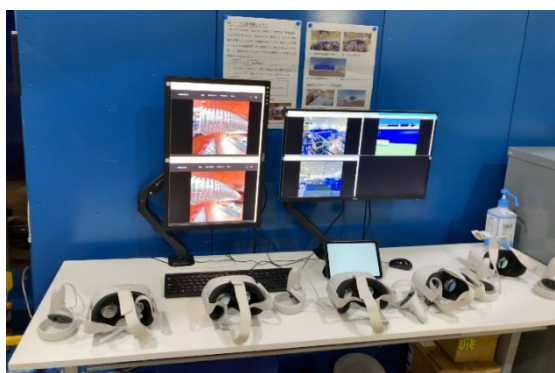


Figure 3: The mirroring of VR goggles.

同時にミラーリングをするためには、VR ゴーグルのアカウントを 6 個作成する必要がある。Web ブラウザの Google Chrome を利用し、作成したアカウントで Meta Quest の Web ページからログインして、ミラーリングの Web ページを開く。その後で、VR ゴーグルからミラーリングの設定をし、これを全ての VR ゴーグルで行うと同時にミラーリングすることができるようになる。他の Web ブラウザも試したが、Google Chrome であれば複数の同時ログインに対応できた。このような方法で VR ゴーグル使用者と情報を共有することができるようになった。

#### 3.2 加速器 CG 図面の詳細化

VR を加速器の教育用教材とするためには、実物に近い CG でないと学習効果は高まらない。これまでの加速器内の CG はビームパイプがあり、ビームが通っている様子を見ることはできたが、ペレットチェーンや荷電変換をするためのガスや薄膜などの詳細なものはなく、簡易的な CG になっていた。このままでは、実際のものとは異なるため、利用した人がより理解が深まるように、加速器タンク内の CG を詳細化した。

実際に詳細化した加速器タンク内の CG 様子を Fig. 4 に示す。Figure 2 の加速器内の写真と Fig. 4 の CG を比較して見ると写真と CG が同じようなものになっていることが分かり、CG を実物と同じものにするのができた。また、実際に VR ゴーグルで加速器タンク内部の CG を見ると、ペレットチェーンが回転していることが分かるように設定

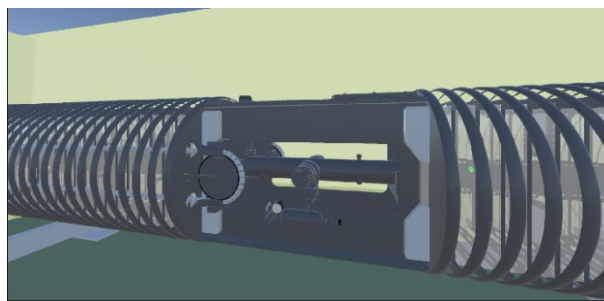


Figure 4: Accelerator terminal CG screen in VR.

した。

加速器タンク内だけでなく、Cs スパッタ型負イオン源も Fig. 5 のように詳細な CG に変更した。Cs スパッタ型負イオン源も表面だけでなく、内部にあるアイオナイザーや引き出し電極なども正確に表現したので、VR ゴーグルを使ってイオン源の中を覗き込むと、普段見ることができない内部構造を正確に見ることができる。こうしたことにより、イオン源を分解して整備する前の事前学習にも VR を使用することができる。

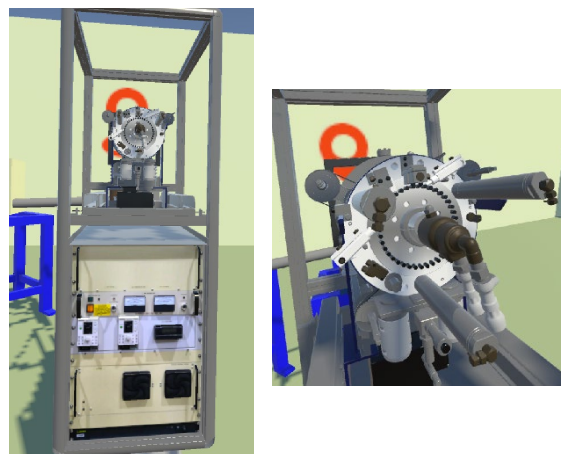


Figure 5: Ion source CG screen in VR.

しかし、加速器内やイオン源を詳細にしたことで、容量が大きくなり、ゴーグルのメモリ不足で、CG を正常に見ることができなくなってしまった。そこで、制作した CG の頂点数を減らすことやテクスチャを使用することで、容量を減らし、VR ゴーグルに取り込んでも正常に見えるように調整を行った。

#### 3.3 説明機能の実装

加速器に関する CG は正確に制作したが、加速器について詳しくない人に見せる場合は、説明をしないとどのようなものかは分からない。実際の見学時には 6 人が同時に VR を見ることができるが、言葉で説明を加えることができる人数は限られるため、VR を見ている人自身で説明を見ることができるよう機能を加えた。

今回は、VR ゴーグル付属のコントローラーからレーザーポインターを出すようにして、アイコンのところボタンを押すと、Fig. 6 に示した様に説明の画面が表示されるように設定した。この説明画面は 5 秒で消えるようにしているので、見ている途中で消えてしまった場合はもう一度ボタンを押す必要があるが、すぐに消えることで、他の

装置を見る際の邪魔にならないようにした。画面をただ見るだけでなく、興味があるものの説明を自分で操作することができるようになり、VR ゴーグル使用者の加速器や関連した装置への理解度が上がった。

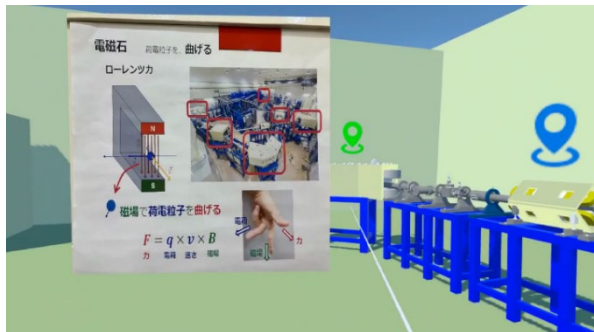


Figure 6: A view of the explanation screen in VR.

#### 4. VR ゴーグル使用実績

VR ゴーグルは、2022 年 8 月から使用を開始して、2024 年 8 月までにおける VR ゴーグル使用者の総数は 1086 名(高校生施設見学 541 名、オープンキャンパス 349 名、筑波大学学生実験実習 140 名、技術職員研修等 56 名)であった。年度ごとの推移と利用した人の内訳を Fig. 7 に示す。

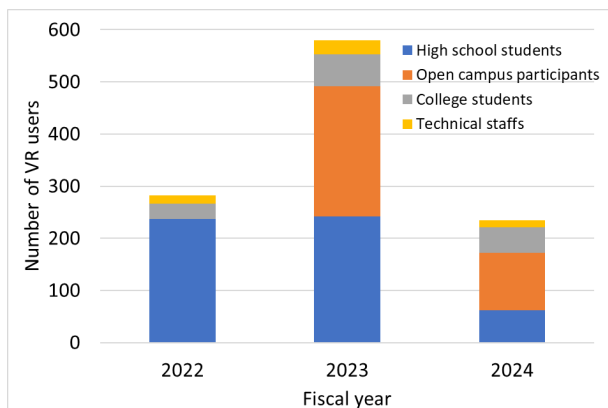


Figure 7: Number of VR users by fiscal year.

2023 年度はオープンキャンパスでの施設見学が当日の自由見学であり、高校生だけでなく保護者の数も含めているために人数が多くなっている。施設見学者は VR ゴーグルをこれまでに使用したことがない人が多く、実際に VR ゴーグルを装着して加速器タンク内に入れる体験をすると、驚きながらも興味深く見ていた。

これまで VR ゴーグル使用者の多くは施設見学に来た高校生が中心となっていて、理系を希望していない高校生も見学者にはいるが、VR ゴーグルを使用すると加速器に興味を示す人も多く、様々な対象において VR を用いることで加速器に興味を持たせることができている。

#### 5. まとめと課題

ミラーリングを改良し 6 個のゴーグルを同時に画面共有したことで、VR 使用者と情報を共有することができて加速器の説明をしやすくなった。また、加速器の内部を詳細に CG で表現することができて、説明機能も加えたことで、VR ゴーグル使用者が自ら加速器について学ぶことができるようになり、教育用教材としての効果が高まった。

今後は、加速器内部や偏向電磁石内部などの電場や磁場の可視化を行い、教育用教材としての効果を上げるようにしたい。さらに、VR ゴーグルは数に限りがあるので、スマートフォンなどを使用して学ぶことができる AR 教材の開発も行いたい。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP24H02497 および、KEK 加速器科学国際育成事業(KEK IINAS-NX)の支援を受けて実施しました。

#### 参考文献

- [1] T. Yoshida *et al.*, “Development of VR-teaching materials for electrostatic tandem accelerator”, Proc. PASJ2023, Funabashi, Japan, Aug.-Sep. 2023, pp. 617-619.
- [2] M. Furusaka *et al.*, “Accelerator VR-contents development at KEK”, Proc. PASJ2022, Kitakyusyu (Online meeting), Japan, Oct. 2022, pp. 984-988.
- [3] M. Furusaka *et al.*, “VR-accelerator developments on Unity-framework at KEK II”, Proc. PASJ2023, Funabashi, Japan, Aug.-Sep. 2023, pp. 620-622.