

## 高エネ機構における UNITY 上での VR 加速器開発-II

### VR-ACCELERATOR DEVELOPMENTS ON UNITY-FRAMEWORK AT KEK II

古坂道弘<sup>#, A)</sup>, 広田克也<sup>A)</sup>, 池松 克昌<sup>A)</sup>, 山口誠哉<sup>A)</sup>, 肥後寿泰<sup>A)</sup>, 池田進<sup>A)</sup>, 平野 美穂子<sup>A)</sup>, 岩下芳久<sup>B)</sup>,  
山本 昌志<sup>C)</sup>, 城野 哲<sup>D)</sup>, 矢野博明<sup>E)</sup>

Michihiro Furusaka<sup>#, A)</sup>, Katsuya Hirota<sup>A)</sup>, Katsumasa Ikematsu<sup>A)</sup>, Seiya Yamaguchi<sup>A)</sup>, Toshiyasu Higo<sup>A)</sup>,  
Susumu Ikeda<sup>A)</sup>, Mihoko Hirano<sup>A)</sup>, Yoshihisa Iwashita<sup>B)</sup>, Masashi Yamamoto<sup>C)</sup>, Tetsu Jono<sup>D)</sup>, Hiroaki Yano<sup>E)</sup>

<sup>A)</sup> High Energy Accelerator Research Organization

<sup>B)</sup> Kyoto University

<sup>C)</sup> Omega Solutions, Inc.

<sup>D)</sup> AET Inc.

<sup>E)</sup> University of Tsukuba

#### Abstract

At High Energy Accelerator Research Organization, KEK, the KEK Education and Training Accelerator (KETA) has been constructed and started to use it for training university students and young scientists. We have been developing VR-KETA, a virtual reality version of KETA. In 2023, three-dimensional animation of the electron beam in KETA has been added to the model. It shows the continuous beam coming out of the electron gun, accelerated and form bunches in the buncher and further accelerated in the accelerator tube structure. The electrons are painted in colors ranging from black to red, red to white according to the energy of the electron. Some of the important parts of the VR-KETA have signboards explaining them and in English tother with current Japanese ones. There are several other VR accelerators developed or underdevelopment, modeling ones at universities and at a laboratory.

#### 1. はじめに

2022 年に引き続き、高エネ機構での教育加速器 (KETA, KEK Education and Training Accelerator) [1] のバーチャルリアリティーモデル (VR-KETA) の作成[2]について記述する。Figure 1 にその全体像を示した。



Figure 1: KEK Education and Training Accelerator, KETA, in Virtual Reality space.

このグループは加速器科学国際育成事業 (IINAS-NX) 推進室のデジタルコンテンツ開発運用チームを中心として、筑波大学その他、この活動に協力する人々との共同の活動である。IINAS-NX は時限の事業であり、現実の加速器である KETA の運用チーム、大学支援強化/KEK-day 開催チーム、スクール

等開催支援チームなどからなる。2023 年度からこれまで空席であったプログラム実施責任者が決まり、人材育成としての統一の方針が固まってきた所である。

VR-KETA は大学生、高専生、教職員、企業の技術者などの、加速器科学・技術に関する人材教育にある。将来 KEK、あるいは大学・研究所などへの就職を考えるような研究人材、研究支援人材を育てるのも目的の一つである。同時に KEK 一般公開などでの広報としても使われてきている。IINAS-NX のもう一つの柱はスクールの開催であり、1 週間にわたる講義・実技を行う KETA セミナーが年に数回開かれている他、日仏、日加の若手研究者と学生の交流支援も行われている。

KETA は 2 m 加速管 1 本の S-band 電子加速器であり、基本スペックとしてはビームエネルギー 25 MeV、平均電流 100 nA である。

#### 2. バーチャルリアリティー教育加速器 VR-KETA

##### 2.1 VR-KETA

遮蔽体などを含めた KETA の 3D CAD モデルに基づき、ゲーム開発ソフトウェア UNITY を用いて VR-KETA として再現したものである。3D CAD のデータを取り込むのは比較的簡単であったが、後述するように VR として完成度の高いものにするためにはかなりの手間が必要であった。

<sup>#</sup> michihiro.furusaka@kek.jp

2023年度版では、Fig. 2 - Fig. 5に示すように、電子源から電子ビームが出てきてから加速管を出るまでの電子群の動きを見ることができるようになった。コントローラのトリガーを引くことにより加速管の上半分を透明にすることが出来、加速構造とビームの関係が分かるようになっている。基になるビームのデータは POISSON/SUPERFISH を用いて電子銃やバンチャー/レギュラー加速管、電磁石の電磁場を計算し、これらのマップファイルを GPT (General Particle Tracer) [3]に取り込み、ビームの3次元 Particle-In-Cell のシミュレーションを行った。計算結果は外部プログラムで粒子ごとに  $\{t, x, y, z, \gamma\}$  の text 形式として書き出し、それをさらに binary data に変換したのちに UNITY で読み込み、3次元アニメーションとして描画している。パーティクルの色は  $\gamma$  の関数となっていて、色のガンマを変更することによって色の変化を見やすくしている。

Figure 2 および Fig. 3 に示したように、電子銃から連続的に出てきたビームがバンチャーで急速に加速あるいは減速され、バンチングされる様子が見てとれる。電子のエネルギーによる色の変化も明確に見えている。

Figure 4 には加速管内での加速の様子が見えている。電子のエネルギーにより、最終的には色がほとんど白になっているが、バンチのテールの部分ではエネルギーが低く、エネルギー分布が大きくなって

いるのも分かる。

Figure 5 に示すように、VR-KETA では、主だった加速器コンポートの上にある青いスポットにゴーグルで見える緑の十字マークを合わせることにより、3行程度の説明文がポップアップして読めるようになっている。2023年度には日本語に加え、英文の説明が出てくるバージョンを作成した。

実際北海道大学で修士課程である加速器科学特論の英語コースで3人の学生に対し、この版を使用した一コマの授業を行なった。最初に加速器科学の分野と使われる加速器について簡単に紹介した。その後、PC上で動いている同じ UNITY のプログラムを動かして、プロジェクトにそれを映し出ししながら、KETA の各部分の説明、簡単な動作原理などを講義した。最後の30分程度で各自ゴーグルを着けて VR の中で観察してもらった。学生達はかなり集中して色々なところを観察している様子がよく分かった。授業の感想のレポートを求めたが、授業にこういう VR の教材を使うことに関して前向きな評価であった。UNITY のゲームをよくやっている学生からは、コントローラの使い方に関して非常に良い提案があった。

## 2.2 製作の際の難しさ

一方で VR として完成度の高いものにするためにはかなりの手間が必要であることがわかってきた。

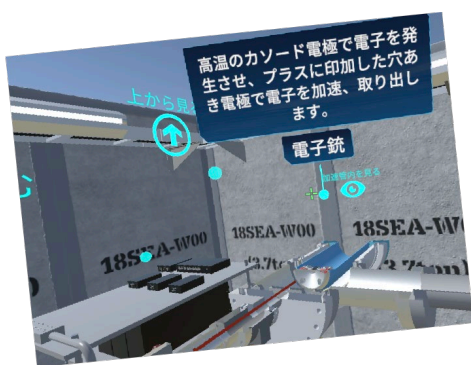


Figure 2. Electron beam is coming out from the electron gun. Explanation panels are shown in Japanese.

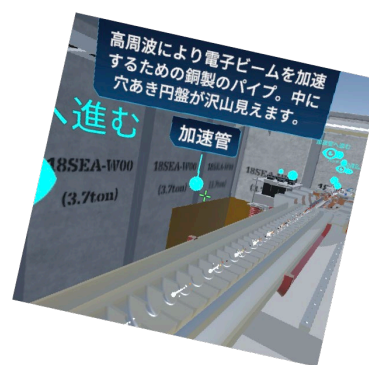


Figure 4. Electrons are further accelerated by the accelerator tube. Note that the color of the electrons is changing from brown to white corresponding to the energy change.



Figure 3. Electrons are accelerated and form bunches. The energies of the electrons are indicated by colors, mapped from black to white.

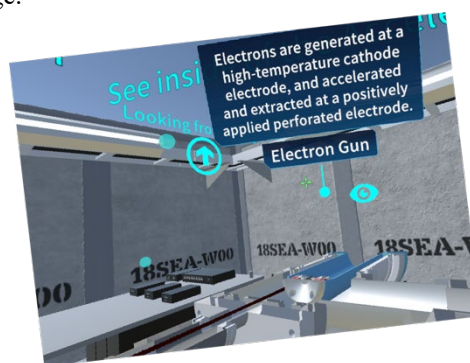


Figure 5. English version of the explanation panels.

今回使用したゴーグルである Oculus-2 は基本的に Android OS の走るスマートフォンであり、ステレオ視するためにその画面を左右の視野に分け、レンズで視野角を広げている。RAM は 6 GB で、CPU の性能は PC に比較して限られているため、ポリゴン数が多くなると画面の更新レート、fps、が遅くなり、カクカクとした動きになってしまう。そのため、ポリゴン数を減らして動きを滑らかにする必要があり、かなりの人手を必要とする。また、アプリケーションが立ち上がるまでの時間もポリゴン数と関係する。

UNITY の中で見栄えを良くするためには、コンクリート、真空ダクト、導波管などの表面の材質感を設定する必要がある。また、2次元のマテリアルを3次元にマッピングする必要もある。それをマテリアルマッピングで実現するが、それらは手作業になってしまう。

次に、説明文であるが、看板を作り、その中に文章を張り込んでいる。現状のゴーグルでは細かい文字で多くの文章を読むのは難しいように思える。さらに、移動しながら読む場合は、看板をそれに合わせて回転させるなど、読みやすくするための工夫が必要である。また、文章を書き込むのに UNITY の editor を利用して行っているが、これもかなりの手作業が必要である。今回は日本語を英語版の説明文に入れ替えたが、それなりの手間が掛かるとともに、同じようなファイルが複数あるため、編集には注意を要することも分かった。

UNITY のフレームワークは C# で記述されており、それ自体が統合開発環境 IDE であり、かなり強力な開発環境である。また、ダイナミックに変更部分のコンパイルを自動的に行うようになっている。さらに、ファイル管理は通常のファイルシステムを使っているが、その上に独自のファイルトレース管理システムが追加されている。このため、同じ名前のファイルで差し替えてもそれが反映されないといったことが起こり得るので、かなりの注意が必要である。

2022 年の版では移動の方式として足跡を追加、そこにターゲットマークを合わせ込んで数秒待つことでそこに移動できる機構を導入した。しかし、意図せずに別のスポットに移動してしまうことがあり、また、移動した後に自分がどの方向を見ているかが分からなくなるという問題があった。このため、上空から全体を眺める、加速器の中を見る、裏に回るなど機能をかぎって移動できるように改善した。

両手に持ったコントローラのジョイスティックを行きたい方向に向けることで移動が可能になるが、その移動中にいわゆる VR 酔いが発生するという問題がある。その解決には様々な方法が提案されているようである。完全に酔いを防ぐのは難しく、人にもよるが 10~30 分程度以上ゴーグルをかけ続けるのはなかなか難しいという問題も抱えている。

### 2.3 大学等にある幾つかの加速器施設の VR 化

日本の多くの大学・研究所には中小規模の加速器施設が数多くある。その中の幾つかは KEK の加速器科学総合育成事業で採択され、支援されている。そ

の中で広島大学、筑波大学、北海道大学などと各施設の紹介 VR を作成中である。広島大学放射光科学研究センターの HiSOR、筑波大学のタンデム加速器 [4]、産業技術総合研究所の加速器中性子施設 (AISTANS) は既に UNITY に取り込み VR として見ることが出来るものが開発されている。この他にも 3D CAD のデータがある KEK の加速器が数台あり、VR 加速器にしたいと考えている。最終的にはこれらをまとめてみられる VR 加速器博物館的なものを作成できれば良いと考えている。

### 3. まとめ

KEK では加速器科学国際育成事業 (IINAS-NX) として教育加速器 KETA を完成させ、それを使った人材育成を行なっている。その一環として、VR KETA を作成している。2023 年には内部で電子ビームが加速、バンチングされる様子の分かる 3D アニメーションを見ることができるようになった。また、日本語の簡単な説明を見られる看板に加え、英語版も作成した。後者を用いた一コマの英語の授業を北海道大学工学研究院で行い、このような教材が有用であることが確認された。さらに、幾つかの大学・研究所の加速器に関しても VR 化を行なっていて、幾つかが完成している。

### 謝辞

北海道大学工学研究員の平賀富士夫先生には加速器科学特論の授業の一コマとして VR を使った授業をやらせていただきました。その際加美山隆先生、長倉宏樹様には VR 授業の支援をしていただきました。このような機会を与えていただいたことに感謝いたします。

### 参考文献

- [1] M. Fukuda *et al.*, “DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE EDUCATION-ORIENTED ACCELERATOR”, Proceedings of the 18th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Aug., 2021, QST-Takasaki Online, Japan.
- [2] M. Furusaka *et al.*, “高エネ機構における加速器 VR コンテンツ開発”, Proc. 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, (PASJ2022), Kitakyusyu (Online meeting), August 29-September 1, Chiba, Japan, 2022, pp. 984-988.
- [3] Pulsar Physics and the General Particle Tracer (GPT) code, <https://www.pulsar.nl/gpt/index.html>
- [4] T. Yoshida *et al.*, “タンデム静電加速器に関する VR 教材の開発”, Proc. 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, (PASJ2023), August 29-September 1, Chiba, Japan, 2023, WEP44, this meeting.