

## メタバース加速器博物館による人材育成と広報

### METaverse ACCELERATOR MUSEUM FOR EDUCATION AND PUBLIC RELATIONS

古坂道弘<sup>#, A)</sup>, 広田克也<sup>A)</sup>, 池松克昌<sup>A)</sup>, 池田進<sup>A)</sup>, 福田将史<sup>A)</sup>, 設楽哲夫<sup>A)</sup>, 岩下芳久<sup>B)</sup>, 山本昌志<sup>C)</sup>, 城野哲<sup>D)</sup>, 加美山隆<sup>E)</sup>, 平賀富士夫<sup>E)</sup>, 長倉宏樹<sup>E)</sup>, 矢野博明<sup>F)</sup>, 笹公和<sup>F)</sup>, 大和良広<sup>F)</sup>, 吉田哲郎<sup>F)</sup>, O'Rourke Brian<sup>G)</sup>, 加藤政博<sup>H)</sup>, 林憲志<sup>I)</sup>, 清水康平<sup>I)</sup>, 太田紘志<sup>J)</sup>, 田中慎一郎<sup>K)</sup>  
Michihiro Furusaka<sup>#, A)</sup>, Katsuya Hirota<sup>A)</sup>, Katsumasa Ikematsu<sup>A)</sup>, Susumu Ikeda<sup>A)</sup>, Masafumi Fukuda<sup>A)</sup>, Tetsuo Shidara<sup>A)</sup>, Yoshihisa Iwashita<sup>B)</sup>, Masashi Yamamoto<sup>C)</sup>, Tetsu Jono<sup>D)</sup>, Takashi Kamiyama<sup>E)</sup>, Fujio Hiraga<sup>E)</sup>, Hiroki Nagakura<sup>E)</sup>, Hiroaki Yano<sup>F)</sup>, Kimikazu Sasa<sup>F)</sup>, Yoshihiro Yamato<sup>F)</sup>, Tetsuro Yoshida<sup>F)</sup>, Brian E. O'Rourke<sup>G)</sup>, Masahiro Katoh<sup>H)</sup>, Kenji Hayashi<sup>I)</sup>, Shimizu Kohei<sup>I)</sup>, Hiroshi Ota<sup>J)</sup>, Shin-ichiro Tanaka<sup>K)</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> Hokkaido University

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

<sup>G)</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

<sup>H)</sup> Hiroshima University

<sup>I)</sup> Institute for Molecular Science

<sup>J)</sup> Japan Synchrotron Radiation Research Institute

<sup>K)</sup> SANKEN

#### Abstract

Metaverse accelerator museum (MAM) has been developed on VRChat social VR program. An entrance hall with many doors to exhibition rooms that have various kind of accelerator systems are under development. The first exhibition room for “KEK education and training accelerator (KETA)” has been fabricated and now it's open to public. The museum is for education from high-school to graduate school students and for public relation purposes. Metaverse, including the possibilities of looking inside of accelerator systems and beam simulation animation capability, has a lot of possibilities in such fields. The MAM project team was launched as one of the projects under the, International and Inter-Institution Network for Accelerator Science to Next Generation (IINAS-NX). The collaborative team consists of KEK core members and collaborators from universities, laboratories and several collages of National Institute of technology (Kosen).

#### 1. はじめに

メタバースソーシャルネットワーク(VRChat)の中に「メタバース加速器博物館」を制作した。現在は数十の加速器施設を収容可能な「メタバース加速器博物館の玄関ホール」と、そこから入室可能な、実際に存在する「教育加速器(KETA)」およびそれが収容されている KEK コンパクト ERL 棟を模擬した実験室をメタバースの中に再現している。年度内にさらに幾つかの大学あるいは研究所の加速器施設が追加される予定である。

これは KEK 外部連携推進室が中心となって、幾つかの大学、高専をネットワークし、KEK 加速器科学国際育成事業 (IINAS-NX) の一つの申請課題、「VR 教育加速器の開発と VR 加速器博物館の立ちあげ」として実施されている。

著者等はこれまで VR 開発システムである UNITY を

使い、VR「KEK 教育加速器(KETA)」を作成し、その中で電子ビームシミュレーションの結果をアニメーションでできるようなものを開発してきた[1-4]。最近では電界とビームのアニメーションを重ねて見るといった改良も行なっている。このような VR アプリケーションでは、PC、Mac など及び Android、iPhone などのスマートフォンで実行可能で、Meta QUEST などの VR ゴーグルを使用することにより 3 次元空間で体験することが可能となっている。

しかしながらこのようなシステムでは多くの人に体験してもらうことがなかなか難しく、せいぜい VR ゴーグルの画像をミラーリングしたものを遠隔で見ってもらうことができるぐらいである。

このような VR をメタバースとして実現できれば、同時に非常に多くの人に体験してもらうことが可能となる。メタバースの特性を生かせば、アバターとして数十人程度は同時に同じ VR 空間にいたることができるため、様々な説明をするのが易くなるというような利点もある。また、博物館のように説明者がいない状況で加速器について知

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

ってもらおうというような使い方もできる。そこでこれまで作成してきた VR-KETA をベースにメタバースに加速器博物館(MAM)としてそれを作成することとした。

## 2. メタバース加速器博物館(MAM)

メタバースとしては VRChat を選び、その中に「メタバース加速器博物館(MAM)」を制作した。VRChat は世界でも日本でも現在最も利用者数が多いメタバース・ソーシャルサービスである。VRChat ではワールドと呼ばれている世界が多数あり、そのうちの一つにアバターとして参加することになる。ワールドは同じ仕組みのものが多数存在でき、それぞれはワールドのインスタンスと呼ばれている。したがって、同じワールドに参加しても仲間(フレンドと呼ばれる)が同じインスタンスに参加しているとは限らない。VRChat ではフレンドがどのインスタンスに参加しているかを調べることができ、そのフレンドと合流するための招待の仕組みがある。

今回作成した MAM は一般公開、セミナー、授業などで説明役、先生が参加者と同じインスタンスに入ってコミュニケーションを行うことを想定しているが、誰もいないインスタンスに一人で入っても説明パネル、ボタンを押すことで加速器の各部分の説明を聞くことができる仕組みも作り込んである。

まず Fig. 1 に示すような、多くの加速器施設を収容可能な数十の展示室に入室できる「メタバース加速器博物館の玄関ホール」を制作した[5]。展示室としては A101 だけが制作されていて、実際に存在する「KEK 教育加速器(KETA)」および KEK コンパクト ERL 棟を模擬した実験室をメタバースの中に再現している[6]。年度内にさらに幾つかの大学あるいは研究所の加速器施設が追加される予定である。

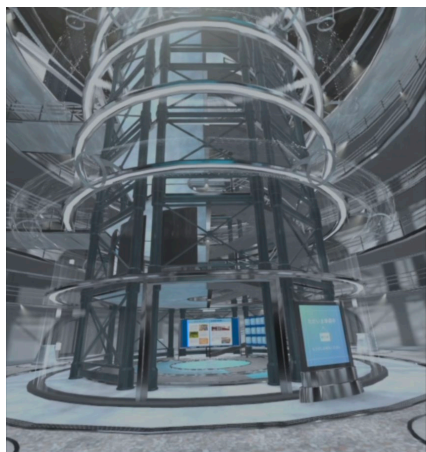


Figure 1: The entrance hall of the metaverse accelerator museum. A tower is located at the center of the hall, which is also a spiral staircase to the other floors. The doors to other exhibition rooms are located in the peripheral of the hall.

MAM の玄関ホールは、3 階建てで、各フロアには 8 つの展示室に向かう扉があり、それぞれの展示室へ移動(テレポート)する前にその中にある加速器の紹介ができ

る廊下がある。玄関ホールの屋上には Fig. 2 に示すようなセミナーホールが設置され、URL を入力することで YouTube の任意の動画を表示できる巨大スクリーンが置かれている。あらかじめ作成した YouTube の動画を利用することで、プレゼンテーションを表示することも可能である。QVPen[7] という、空間を 3D ホワイトボードにするシステムを利用することもできる。

展示室 A101 の中には Fig. 3 に示すような KETA 本体が設置されている。また、実際には存在しない KETA のカットモデルがあり、Fig. 4 に示すような電子ビームの物理シミュレーション結果をアニメーションで見ることができる。

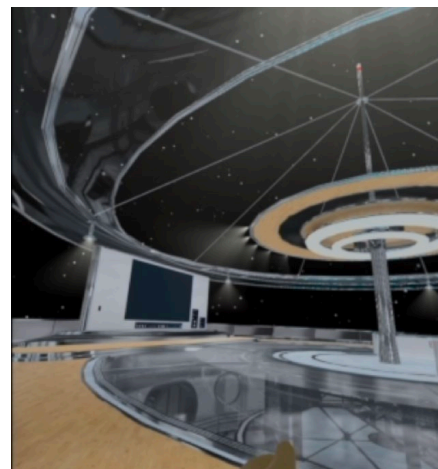


Figure 2: There is a seminar hall on the roof of the entrance hall.

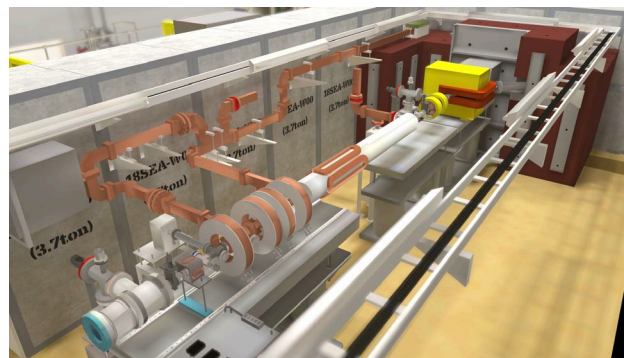


Figure 3: KEK education and training accelerator (KETA) in the metaverse accelerator museum.

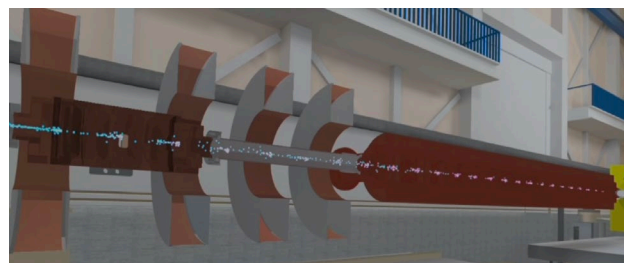


Figure 4: Electron beam animation.

### 3. メタバースの利用とその利点

VRChat に参加するためには Meta Quest 2, 3 などの VR ゴーグルを利用するか、それなりのパフォーマンスの GPU をもった、いわゆるゲーミング PC と呼ばれるような Windows PC あるいは Android スマートフォンが必要である。現在 Apple silicon Mac、高性能 iPhone、iPad などでの開発が進んでいるとのことである。また、これまで英語ベースのサービスであったが、2024 年 5 月から日本語対応も行われている。

メタバースプラットフォームとしての VRChat は世界、日本で非常に多くの利用者を持っている。一説には「2022 年時点で 340 万人、日本国内だけで 30 数万人の利用者がいるとされ、ユーザーが作った 3D で構築されたワールドが 10 万近くあるとされる」[8]

といった見方もある。また、その数は年々増加している。その 80% が 30 歳以下ということである。メタバースへの参加は無料で、ワールドを作成しても公開に伴う費用は、少なくとも現在のところ無い。

メタバースであることには色々な利点があり、実物の加速器では実現が難しい教育・広報の手段として効果の高い方法である。アバターとして説明する人、説明を受ける人が会話をすることが可能で、実際に加速器の構成部分を指差しながら説明し、バンチャーの中に頭を近づけることでセル構造を見るなどのことが可能である。ボタンを押せば各部の説明が読めて聞ける。もちろん、講師、聴講者がリモートからアバターとして参加することができるメリットも大きい。また、Fig. 4 に示したように電子がバンチングされ、加速される様子も正確なシミュレーションの結果に基づいたアニメーションで見ることができる。

メタバースではアバターと呼ばれる自分自身の分身がメタバース内にアクセスすることになる。アバター間での情報伝達はリモート会議での顔の表情を見るのとも、現実世界でコミュニケーションをするのとも違った独特のものになる。相手がこちらを向いているか、明後日を見ているか、手がどう動いているか、そう言った一種のボディランゲージが言語コミュニケーションをサポートしている。リモート会議では副業をしても構わないという雰囲気がある場合もあるが、メタバースではその会話に参加している・していないがかなり明確に分かるという違いがある。逆に本物の自分を晒す必要がないということは一種の仮面を被った状態になるため、そのコミュニケーションは現実の会話などとは違ったものになる。日本人が学習する上で大きな障害となる、空気を読んで発言をしないと発言しやすくなるという大きなポイントがあるように思う。

さらに Fig. 5 a) に示すように、アバターはメタバース空間の中で、こちらですよとか、この部品はと指でものを指すと言ったことが自由にできる。さらに、ペンを持って空間に図形や文字を書くことができる。2 次元の白板に文字を書くのに比べあまり細かい表現はできないが、Fig. 5 b) に示すように、アニメーションで動いているビームのそばに電界を描くといった、現実では難しい表現をすることもできる。

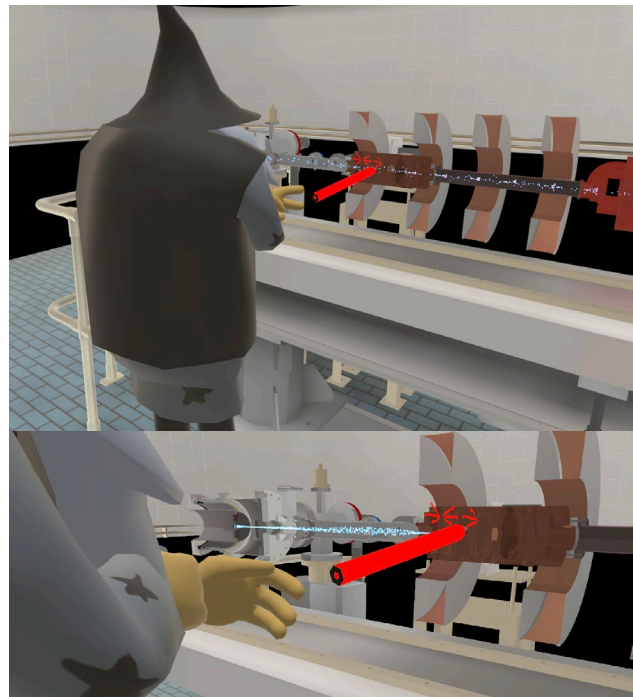


Figure 5: a) An avatar is pointing the buncher and the animating bunched beam. b) Drawing an electric field in the space with a marker pen together with the animating electron beam.

### 4. メタバースと VR アプリケーションの比較

VRChat はメタバースを提供しているが、その主眼はメタバースで場所を提供し、その中で social な交流を行うところにある。これに対し、例えば UNITY で作成するような VR アプリケーションは基本的には一人でその VR 世界に入ることを想定している。ネットワーク型のアプリケーションもあるがそれはアプリケーション製作者側がそれを作り込む必要がある。メタバースでは最初からネットワーク機能が作り込まれている。

このようなシステムを利用するにあたって、将来どうなっていくか、その時に現在の資産を引き継いでいけるかという大問題は両者に共通である。しかし、どのようなものが将来生き残るかは現時点では予想が困難である。VRChat の場合は UNITY が基本になっているため、近い将来にそれが使えなくなるということはないと思うが、将来どうなるかは分からない。現在でも VRChat の細かいバージョンアップによりワールドの再構築が必要になるといったことは起きているようである。それは UNITY でも同様であり、そういったメンテナンスはいずれにしる必要である。

一方で、メタバースにワールドを製作するのは一手間多い。VRChat の場合は、UNITY の上に VRChat 開発用のプロジェクトファイルを作成し、それを使って VRChat にワールドを作成する必要がある。UNITY editor などの VR 作成プログラムで作成したプログラムを VR ゴーグル、PC、Mac、Android、iPhone などに download して実行する方が手間は少ない。それでも VR アプリケーションを配布する際には google play あるいは app store に依頼する

必要があり、場合によっては有料で、組織としての登録が必要だったりする。

UNITY などのアプリケーションを VR 作成プログラムで制作する時にも多くの困難に出会う。インターネットには多くの解説があるが、バージョンなどの環境の違いによりその通りにはならないことがある。また、割と新しいバージョンの開発環境には多くのバグがあり、専門家は安定な古いバージョンを使用している。それでもプログラムは一度制作して対象機器に download してしまえば比較的安定にそれを使い続けることが可能である。

一方で VRChat の場合は、特に初めて設定する手順は複雑で分かりにくい。Meta Quest VR ゴーグルの場合、環境によるが、ファイアーウォールを含むネット環境、開発をするときには Bluetooth の環境、それらのパフォーマンス、VRChat、Meta、Steam のアカウントの管理、それぞれのバージョンなどによりうまく行かない場合がある。正常に動作している時でも、条件によってはコントローラが動作をしなかったりということがあり、結局はデバイスを再立ち上げることが必要であったりということが時々起きる。日常的に使用していればあまり問題にならないレベルではあるが、初心者にはなかなか難しい。

それを踏まえた上で、メタバースではない、VR アプリケーションの方が初期トラブルは少ないと言える。授業、セミナーなどで使用する際にはトラブルが起きた時の対処について PC からスクリーンヘミラーリングするなどのバックアップ手段を持っておく方が良い。

## 5. メタバース加速器博物館(MAM)拡張計画

最初に書いたようにこの MAM は最初から多くの展示室それぞれにメタバース加速器を設置することを念頭に置いて作られている。このような VRChat の MAM の中に幾つかの大学・研究所の加速器のための展示ホールを作成予定である。筑波大タンデム CRiES、産総研中性子解析施設 AISTANS、広島大 HiSOR、分子研 UVSOR、北大電子加速器 HUNS である。現在それらの加速器には完成度の差こそあれ、UNITY のモデルがあり、VRChat のワールドを作成すれば良いという状態にある。特に筑波大のタンデムはかなりの完成度になっている。

また産総研の AISTANS は加速器だけでなく、中性子発生ターゲット、冷中性子源、中性子ビームライン、ハッチまで入っている。中性子関係の施設はほぼ 3D でモデリング、それをベースに 2 次元図面を起こし、建設したもので、かなり正確・精密に本物を再現している。メタバースで十分なパフォーマンスで視聴することができるようにするためにはそのポリゴン要素数を減らす作業が必要にはなるが、加速器だけでなく、その先の施設まで一貫して見られるような物としての一つのモデルケースになるであろう。

その他にも KEK の大型加速器群、開発中の加速器などを MAM に設置したいという目標はあるが、現在のところ非常に初期の開発しか行われていない。

もう一つのアイデアは KEK トリスタン計画、12GeV 陽子加速器施設、そのブースター加速器を使ったブースター利用施設など歴史的遺産として MAM に展示しておきたいというアイデアもある。

加速器科学は加速器単体で行われる訳ではなく、素粒子・原子核、放射光、中性子、ミュオンなどの利用、医学利用など多くの科学技術の分野と不可分でもある。将来的にそのような科学技術の分野に関するもう一つのメタバース加速器科学博物館として設立し、相互に行き来できることが必須のように思われる。更には、その他多くの研究所がメタバース博物館を設置することができれば、それが呼び水となって現実の博物館へのアクセスを増やすことになり多くの人材育成の芽を育てることが可能になると考える。

メタバースにしる VR にしろ、PC に接続されたモニターでもゴーグルでも体験が可能である。当然のことながら PC では 3 次元空間を片目で見ると 2 次元で見ることになる。ゴーグルでは実際の両眼視と同じ理屈で 3 次元のように VR 世界を見ることができる。したがって、その大きさ、距離感などは実際のものにかかなり近い。加速器であればその存在感までもが伝わる。いわゆる没入感が得られる。また、VR ゴーグルの場合は頭の微妙な動きが反映されるため、見たいものに近づいたり、場合によっては加速管に頭を入れたりすることにより内部の構造を見たりするということが可能である。これはある距離よりも短いも、遠いのは表示しない、透明になる、というカリングという設定で行われる。これはかなり強力な特性で、教材として力を発揮する。実物の加速器ではそれに近いことをするためにはカッピングモデルなどかなりの手間が必要である。

一方現在の VR ゴーグルはかなり重く、2-3 時間といった長時間の使用は困難である。さらに移動する時にはいわゆる VR 酔いという症状に見舞われる。さらに現在の VR ゴーグルでは細かい文字を読むのには適していない。ただし、これは最近の高性能 VR ゴーグルでは大分解決されてきていて、VR モニタースクリーンと実物のスクリーンとでほとんど差がないと言われるようになってきている。

また、PC の場合には通常キーボードから移動、回転などのコントロールすることになり、その修得にはある程度の時間が必要である。

## 6. メタバースを使った人材育成の可能性

ここで人材育成・広報にメタバース加速器を使うことに関し、一つの考え方を示してみたい。Visual Thinking という考え方があり、人が物事を理解する仕方には 2 ないし 3 つの基本的方法があるという提案[9]をしている。言語で理解する人達、脳の中のイメージで理解する人達、さらにそのイメージも絵画的イメージと抽象的イメージとに分かれ、3 種類になるという。それぞれは明確に分かれているわけではなく、それぞれがどのいろいろな割合で混ざっているということであろう。ここで加速器科学の研究者・技術者は圧倒的に抽象的イメージあるいは絵画的イメージで理解する人が多いのではないであろうか。数式などを用いた抽象的概念思考、空間把握が得意な人々であろう。一方で研究者達の多くは言語表現があまり得意でない人が多い印象を受ける。

そういった目で見ると現代の若者の多くがコミック、ゲームの世界にハマっているのは、ビジュアルイメージングが得意な人々がそのような分野に多く集まっているから

ではないだろうか？VR、メタバースの世界に科学技術志向のコンテンツがあることが、そういった人々を科学・技術の世界へ誘う入口になるということは考えられないだろうか？

VR、メタバースでビームシミュレーションの結果を加速器科学の研究者達に体験してもらおうと、ほぼ一様にその世界にハマり込み、しばらく観察を続ける人が多い。「逆走する粒子があんなふうに振る舞い、あんなに多いのか」というのが典型的反応である。当然研究者達はこれまで教育をうけ、シミュレーションの結果も見、位相空間の概念もよく知っている人々であるが、VR 空間の中でアニメーションを見ることは、抽象的な何かの反応を脳に起こしているようにも見える。学生に関しても同じような反応が起きるのがこれまでの経験で分かっている。人材教育の最初の強力なステップはこのような体験ではないであろうか。

現在これらと並行して、「学校で加速器作っちゃおう」プロジェクト[10]が走っており、その参加校もじわじわと増え続けている。

このグループとの協力をしながら、加速器に関連したゲーム発案プロジェクトを立ち上げている。函館高専、秋田高専、小山高専、長野高専、呉高専 等々多くの高専が参加している。これは高専の学生にゲーム作成のアイデアを出してもらい、将来的にゲームを作成、公開するとともに、そのゲーム発案、作成自体も加速器のプロジェクトベースト教育になるという発案である。これは人材教育を受ける学生達自身にどういふものが学生にとって興味深いものなのかということをお教えしてもらおう試みである。

## 謝辞

KEK 加速器科学国際育成事業 (IINAS-NX) の支援を感謝いたします。

## 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] M. Furusaka *et al.*, “高エネ機構における UNITY 上での VR 加速器開発-II”, Proc. 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, August 29-September 1, 2023, Funabashi, Chiba, Japan, 2023, pp. 620-622.
- [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, pp.617-619.
- [5] [https://vrchat.com/home/world/wrld\\_90d08aeb-eaf4-4279-a764-166517672b94](https://vrchat.com/home/world/wrld_90d08aeb-eaf4-4279-a764-166517672b94)
- [6] [https://vrchat.com/home/world/wrld\\_01543f8c-87c1-4267-9006-4884cdd864fd](https://vrchat.com/home/world/wrld_01543f8c-87c1-4267-9006-4884cdd864fd)
- [7] <https://booth.pm/ja/items/1555789>
- [8] <https://news.denfaminicogamer.jp/kikakuthetower/240411m>
- [9] “Visual Thinking: The Hidden Gifts of People Who Think in Pictures, Patterns and Abstractions” by Temple Grandin, Rider & Co, ISBN-13: 978-1846046872, 2022/10/13.
- [10] <https://www2.kek.jp/axltn/>