



学内サービス展開用の学び場メタバース開発

Designing a Metaverse Platform for Intra-University Applications

Hu Yong-Hao¹⁾, 雨宮智浩¹⁾, 相澤清晴¹⁾, 伊藤研一郎¹⁾

Yong-Hao HU, Tomohiro AMEMIYA, Kiyoharu AIZAWA and Kenichiro ITO

1) 東京大学 バーチャルリアリティ教育研究センター (〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1)

概要: プロプライエタリソフトウェアやクラウド環境を利用するのが当たり前となりつつある一方で、提供されるサービスのライフサイクルの都合で、一度開発した VR やメタバース環境を長期間維持するのが困難となりつつある。本研究では、chutvrc を用いた教育研究の現場で持続可能なメタバースプラットフォームのあり方を提案する。具体的には、教育研究の現場で求められる制約を考慮した、クラウドやオンプレミス環境を用いた恒久的に運用可能な教育研究用メタバースシステムの展開方法を整理する。最後に、東京大学での運用状況の事例を交え、教育研究用の持続可能なメタバースについて展望する。

キーワード: メタバース, 教育・訓練, プラットフォーム技術

1. はじめに

バーチャルリアリティ (VR) およびメタバース技術は、教育・研究分野において、時間的・地理的制約を超越した新たな学習・交流空間を提供する可能性を秘めていると広く認識されている。特に、2020 年からの新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界的な流行は、教育におけるデジタルトランスフォーメーション (DX) を加速させ、メタバースはその次の段階における重要な教育基盤として注目を集めている。これまで医療従事者向けの VR 教材の開発や、教員がアバターを用いて講義を行うといった先進的な事例が報告されており、これらの取り組みはポスト COVID-19 社会においても新たな教育形態として定着し、さらに拡大する潜在力を有している。またメタバースを用いた教育教材が学生の理解を促進し、より現実的な知識獲得に寄与する事例が報告されている。

一方で、既存のプロプライエタリソフトウェアや商用クラウド環境に依存するメタバースソリューションには本質的な課題が存在し、提供される VR やメタバースのサービスやソフトウェアのライフサイクルが短く、一度構築した VR やメタバース環境を長期間にわたって維持することが困難であるという点である。これは、教育機関が恒久的な学びの場を提供しようとする上で、運用上の大きなリスク要因となっている。この課題は、商業サービスが市場の変化に応じて迅速にサービスを終了または変更するビジネスモデルと、学術機関が求める安定性や再現性との間に存在する構造的な不一致に起因する。そこで伊藤と Hu は chutvrc¹ を Mozilla Hubs の後継としてオープンソースで開発し、この課題に対する具体的な解決策としてオープンソースという選択が適切であることを示唆し、学術機関におけるイン

フラの自律性と持続可能性を示した [1]。

本研究は、このような背景と課題認識に基づき、教育研究の現場で求められる持続可能性と柔軟性を両立するオープンソースの Web ベースメタバースシステム chutvrc を用いて、クラウド環境とオンプレミス環境の双方を用いた恒久的に運用可能な教育研究用メタバースシステムの展開方法を具体的に整理し、予算や利用人数に応じた柔軟なシステム変更が可能な展開モデルを提示する。具体的には、まず関連研究として教育用メタバースの需要と国内外の事例、chutvrc の先行研究、そして教育研究機関におけるメタバースシステムの必要性を述べる。教育研究用の chutvrc の技術設計とシステム構成の選択ロジックを提案し、大学での具体的な運用事例を紹介する。

2. 教育研究用メタバースの需要と国内外の事例

COVID-19 は教育分野における DX を加速させ、国内外において VR/メタバース技術の活用が急速に進展した。対面での社会的活動が制限された中で、例えば医療従事者へのガウンテクニックや ECMO 装置の利用方法などの教育用 VR 教材の登場や、リモート講義においては教員がアバターとなって講義を行う事例も見られ、訓練や教育の現場で利用されてきた。例えばメタバースを用いた医療サービス構築に向けた共同研究や薬剤師を目指す学生向けに VR 技術を活用した調剤技術や患者対応の実践的学習コンテンツの研究開発事例は順天堂大学 [2] や神戸学院大学 [3] などからの報告がある。また国外においては、スタンフォード大学による 2021 年から数百人の学生が参加可能な VR 空間内で行われている講義『Virtual People』が始まり、2025 年においても開講され、対面コミュニケーションが十分に戻った社会においても利活用され続けている [4]。これらの取り

¹<https://github.com/pf-hubs/chutvrc-hubs>

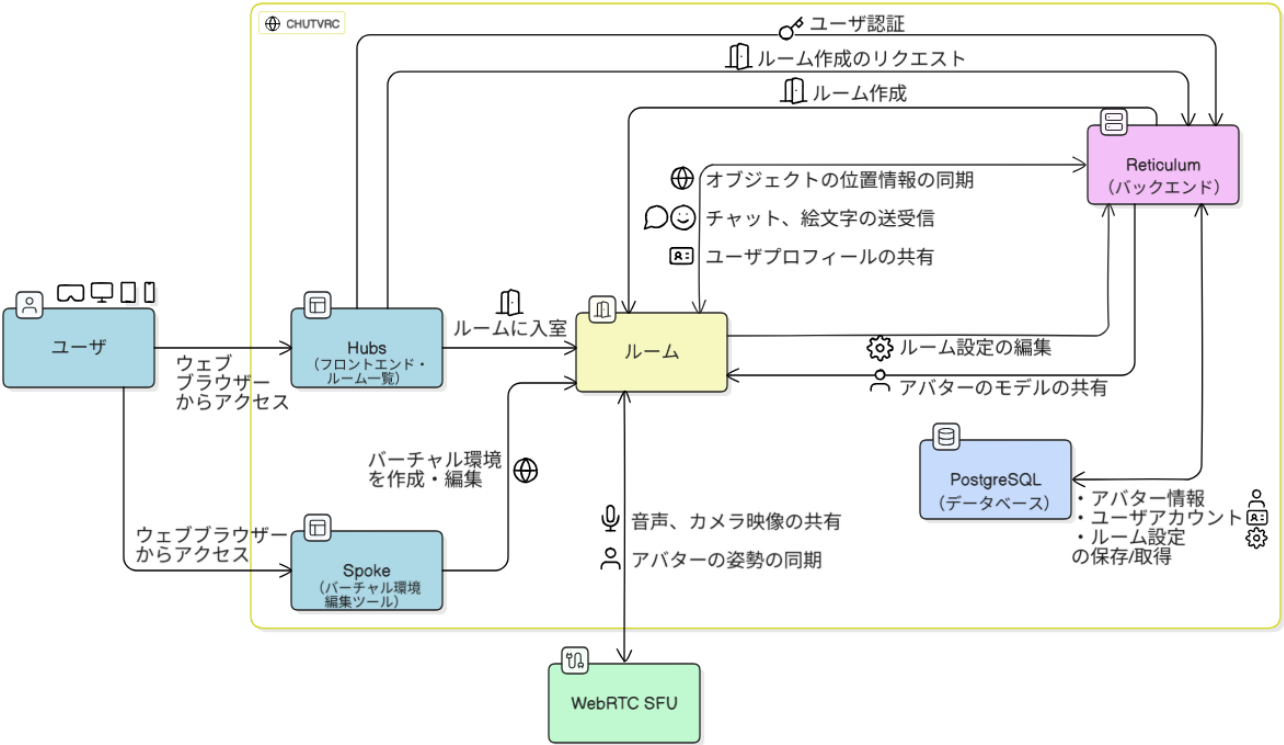


図 1: フルボディアバタを用いた chutvrc のシステム構成図

組みは、メタバースを用いた教育・訓練が、リモート講義や地理的制約からの解放といった単なる物理的制約の克服に留まらず、3D コンテンツや疑似体験を通じた学習効率の向上や、医療・看護といった専門分野における実践的な実習機会の確保といった、より質の高い教育体験へのニーズへと深化していることを示唆している。つまり、メタバースが既存の教育手法の代替ではなく、新たな教育価値を創出する可能性のあるツールとして認識されつつあるといえる。一方で、特定の企業に依存するプラットフォームの同一性や継続性が不確実という課題があり [5]、相互運用性や再現性の課題を解決可能なオープンソースのメタバースプラットフォームが期待されている。

2.1 オープンソースメタバース: chutvrc

chutvrc は、Web ベースのオープンソースメタバースソフトウェアであり、「学び場」を提供することを目的として研究開発されてきている [5]。chutvrc は 2024 年 5 月に開発が終了した Mozilla Hubs[6] の Web ベースのオープンソースメタバースである特徴を受け継ぎつつ、従来の Mozilla Hubs に対して教育・研究用途で要求される機能が開発・実装されている。例として特徴的な実装としては、WebRTC DataChannel を活用したフルボディアバタへの対応があげられる [7]。この実装を用いた数十人程度の参加が見込まれる実験やイベントにおいては、シンプルなシステム構成 (図 1) の元、1 台のノートパソコンでも自律的な運用が可能である。

一方で、40 人程度のクラス規模や 100 人規模のイベントにおいては、同時アクセスに耐えうるサーバやネットワーク

	オンプレミスサーバ	クラウド VM
リソースを学内に限定	可	不可
費用	サーバ購入・設置の初期投資	中長期的な従量課金
運用工数	多い	少ない

表 1: chutvrc をホストする選択肢

機器を運用する必要がある [8]。特にネットワーク負荷の負荷分散については高度な知識と機材の調達が必須であり、オンプレミスで安定したメタバース環境を提供することは難しく、Microsoft Azure や Amazon Web Service などのクラウド環境 (クラウド上の Virtual Machine (VM)) を用いた構成が、構成手法や金銭的な運用コストの側面からは容易と考えられる (表 1)。クラウド環境はプロプライエタリソフトウェアであるため物理的・論理的に学内のリソースに限定することが難しいと同時に、中長期的な従量課金の費用が必要となる一方で、UTokyo Azure[9] など大学が学内向けのクラウドコンピューティングサービスを展開している場合には、部分的にリソースが学内管理下としてみなせ、費用を抑えられる可能性がある。

chutvrc では展開したいメタバースの規模や運用コストや予算コストを考慮した、展開サービス単位またはサーバ内のルーム単位でリアルタイム通信の要である WebRTC SFU のサービスを選ぶ機能を実装している。実装は既存の mediasoup ベースのオープンソース WebRTC ソフト

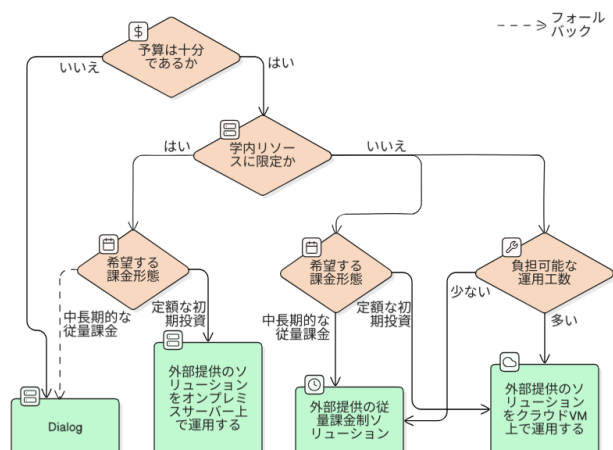


図 2: 予算制約に応じて選択可能な chutvrc 用の We-
bRTC

Dialog, および、プロプライエタリである一方で高い安定性とパフォーマンスを期待できる外部提供ソリューション WebRTC (例: 時雨堂社, Sora) があり, また外部提供ソリューションがクラウド VM やオンプレミスで実装可能なソフトウェアである場合についても選択可能性を考慮している (図 2). 例えば研究室単位でメタバースの運用を教育研究目的で行う場合は, オンプレミス環境として, これらのサーバプログラムを大学や研究室が用意した計算機上で Dialog を稼働させることが最も運用・予算コストが低くなる. 利用者数が多く通信負荷が懸念される場合には自前運用の Dialog から高性能な外部サービスに切り替え従量課金することにより安定性を確保することができる. こうした構成要素の選択肢が複数用意されている点はオープンソースやオンプレミス運用可能なシステムのメリットであり, 組織の予算や技術リソースに応じて柔軟にシステム設計を変更でき, 学内にプライベートクラウド基盤が整っていないとも AWS や DigitalOcean 上で短期間だけ chutvrc を稼働させることも可能である.



図 3: 「メタバースを作ろう」講義中の様子

ントなどでの chutvrc の研究開発実績から，持続可能な学
内向けサービスを提供できないか検討し，システム設計を
実施した．

3.1 東京大学 メタバース工学部での講義運用事例

東京大学は COVID-19 以降, VR/メタバースのみならず生成 AI の利活用など最先端の環境整備を継続的に行っている [10]. 2022 年 9 月には「メタバース工学部」を設置し, 中高生に向けたオンライン教育プログラムも提供し, その一部で Web ベースのオープンソースメタバースが活用されている [11]. 2024 年には UTokyo Azure[9] を学内における研究・教育用途として広く VM の運用や機械学習として利用できるサービスが展開されてきたことから, 学内向けクラウドコンピューティングサービスを活用して chutvrc を運用し, 学内向けメタバースサービスの提供を実現した. Mozilla Hubs を活用しつつ開始した講義について, 後継として相互運用性を有する chutvrc を運用することにより, 講義の継続的な提供が可能となっている. 具体的には, 以下の 4 つのコースが提供されている [12].

3.1.1 メタバースを作ろう (22A13)

2022 年に開催されたこのコースは、VR の最先端研究紹介と、VR 空間・メタバース空間（ワールド）作成の実習に焦点が当てられ開講された。Zoom と Mozilla Hubs を併用し、受講した小学生から高校生は、リアルタイムに参加可能な参加型講義で実施され、受講者は自身の VR 空間の構築を実践的に体験した（図 3）。

3.1.2 メタバースを作ろう 2 (23SMT)

2022年度の「メタバースを作ろう」コースが好評であったため、VR空間・メタバース空間・アバター作成の実習を継続した講義として開講された。引き続きZoomとMozilla Hubsを用いてオンライン形式で実施され、受講者は自身のVR空間を構築する実践的かつ応用的な実装を経験した。

3.1.3 VR 学入門～実習編～ (24SVP)

Mozilla Hubs が終了した後の 2024 年に開催されたこのコースは、Hubs をオンライン VM 環境で運用してメタバースワールド作成に特化した集中プログラムとして開講され



図 4: 「続・プロジェクト CHANGE～看護と工学の連携～」の講義中の様子

た。アバターや 3D オブジェクトの作成実習も含まれ、Web ベースメタバース以外のメタバースサービスやワールドの紹介も行われた。実践的なスキル習得を通じて、受講者が自らの仮想空間を創造する能力を養うことを目的として実施され、受講者はメタバース制作に集中した実践的体験をした。

3.1.4 続・プロジェクト CHANGE～看護と工学の連携～ (24ANM)

2024 年に開催されたこのコースは、少子高齢化社会における医療・看護の課題に対し、工学研究者と医療従事者が連携して新技術について学ぶ目的として開講された。chutvrc を用いたメタバース空間からのオンライン配信（東京大学安田講堂および川崎市ナノ医療イノベーションセンターからのストリーミング）が行われ、学際的な連携教育におけるメタバースの可能性を実証した（図 4）。

4. おわりに

本論文では chutvrc を用いた教育研究の現場で持続可能なメタバースプラットフォームのあり方を提案し、教育研究の現場で求められる制約を考慮したクラウドやオンプレミス環境を用いた恒久的に運用可能な教育研究用メタバースシステムの展開方法を整理し、運用事例を紹介した。2025 年現在、東京大学 VR 教育研究センターでは学内教職員・学生が自由に利用できるメタバースシステム環境をクラウド上に整備し、教育活動やイベントで無償提供を開始している。これはオンプレミスでシステムを構築できる chutvrc ならではの展開であり、従来は専門業者に委託すると高額になりがちだったメタバースプラットフォームを、大学側で安価に運用し提供できることを示している。今後は他大学や教育機関との連携の下、メタバースを用いた共同授業や大規模イベント等も視野に入れつつ、他大学などとの相互運用体制や chutvrc のさらなる改良や持続的な研究開発体制について検討を行う。

謝辞 本論文で実施されている研究活動の一部は次の研究プロジェクトや共同研究の支援を受けて実施された: JST 共創の場形成プロジェクト (COI-NEXT) JPMJPF2022, 三

井不動産東大ラボ（三井不動産株式会社）、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期「スマート防災ネットワークの構築」（研究推進法人：国立研究開発法人防災科学技術研究所）、UTokyo Azure[9]、JSPS 科研費 25H01164、TIS 株式会社。

参考文献

- [1] Kenichiro Ito, Yong-Hao Hu: Metaverse for Everyone: Open-Source Web-Based Metaverse System Chutvrc, Proceedings of the International Display Workshops, ISSN: 1883-2490, pp. 1640–1642, 2024.
- [2] 植木純: シミュレーション教育研究センター創設の意義と展望, 医療看護研究, Vol.19, No.2, pp.9–11, 2023.
- [3] 簡 珮鈴: 遠隔教育における異文化理解の新たな学習環境, e-Learning 教育研究, Vol.17, pp.53–62, 2023.
- [4] Eugy Han, and Bailenson Jeremy N: Lessons for/in Virtual Classrooms: Designing a Model for Classrooms inside Virtual Reality: Communication Education, Vol.73, No.2 pp.234 – 243, 2024.
- [5] 伊藤研一郎, Hu Yong-Hao, 五十嵐歩: 「学びの場」メタバースの開発とオープンソース公開, 第 29 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, -3A2-11-, 2024.
- [6] Mozilla: End of support for Mozilla Hubs — Hubs Help, <https://mzl.1a/4bAZm4z> 2024-06-01, (Last Accessed: 2024-07-01) 2024.
- [7] Y-H. Hu, K. Ito and A. Igarashi: Synchronizing Full-Body Avatar Transforms with WebRTC DataChannel on Educational Metaverse, 2024 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 1-3, 2024.
- [8] 雨宮 智浩, 青山 一真, 伊藤 研一郎, 栗田 祐輔, 相澤 清晴: メタバース講演の課題と展望: 東大総長メタバース講演の舞台裏, 電子情報通信学会誌, Vol.105, No.9, pp.1136-1141, 2022.
- [9] UTokyo Azure: https://utelecon.adm.u-tokyo.ac.jp/research_computing/utokyo_azure/ (Last Accessed: 2025-07-18), 2025.
- [10] 玉造潤史, 柴山大樹, 廣本和哉, 阿部仁志, 竹内朗: 東京大学における全学的な生成 AI 利用環境の整備, 大学 ICT 推進協議会 2024 年度年次大会, pp.456–464, 2024.
- [11] 吉田 壘: 東京大学メタバース工学部の活動 (トピックスメタバースの活用), 日本機械学会誌, Vol. 126, No. 1257, pp. 16-21, 2023.
- [12] メタバース工学部: メタバース工学部ジュニア講座一覧 <https://www.meta-school.t.u-tokyo.ac.jp/junior/> (Last Accessed: 2025-07-18), 2025.