



# 「学びの場」メタバースの開発とオープンソース公開

The Metaverse for Learning Environment and Open Source Activity

伊藤研一郎<sup>1)</sup>, Hu Yong-Hao<sup>2)</sup>, 五十嵐歩<sup>3)</sup>

Kenichiro ITO Yong-Hao HU, and Ayumi IGARASHI

1) 東京大学 情報基盤センター (〒 113-8658 東京都文京区弥生 2-11-16. ito@ecc.u-tokyo.ac.jp)

2) 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, yh-haoareyou@cyber.t.u-tokyo.ac.jp)

3) 東京大学 医学系研究科 (〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, aigarashi-tky@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)

**概要:** 本論文は「学び場」を提供することを目的とした Web ベースのオープンソースメタバースソフトウェア「chutvrc」を提案するものである。本ソフトウェアは 2024 年 5 月に開発が終了した Mozilla Hubs の後継として、高度な拡張性とカスタマイズ性を備え、教育および研究用途に適したメタバース空間の研究開発を目指すものである。幅広いニーズに応えるため、VR 機器、PC、スマートフォン、タブレットなど多様なデバイスからアクセス可能であり、ロースペック端末からハイスペック端末まで 1 つの空間を共有・体験できるシステムである。サーバーサイドからクライアントのすべてをオープンソースとして提供することにより、VR やメタバースの教育研究環境の透明性と再現性を確保し、「学びの場」としての適したメタバースを、これまでの研究開発と運用例を紹介する。

**キーワード:** メタバース, Web 技術, プラットフォーム, 教育・訓練

## 1. はじめに

メタバース技術はデジタル社会において急速に進化し、多様な分野での応用が期待されている。しかし、現在のメタバースシステムの多くは独自技術に依存しており、互換性や再現性に課題を抱えている。このような背景から、オープンソースのメタバースプラットフォームが注目を集めている。特に、Mozilla Hubs や Matrix Thirdroom, Apache Vircadia といったプロジェクトがその代表例である一方で、Mozilla Hubs と Matrix Thirdroom は開発が終了し、Apache Vircadia はドメイン間の相互運用性は見据えず 1 ウェブサイトにおいて特定の 3DCG 世界を多人数で体験するシステムとしてのみ機能しメタバースとしての広がりや十分に実装できていない。これらの課題を克服するために、著者らはオープンソースの Web ベースメタバースソフトウェア「chutvrc」<sup>1</sup>を開発している。

「chutvrc」は、Mozilla Hubs を fork して開発され、高度な拡張性とカスタマイズ性を備えたまま、教育、訓練、研究用途など「学びの場」に特化した研究開発に取り組んでいる。包摂性に資するように VR 機器、PC、スマートフォン、タブレットなど多様なデバイスからアクセス可能性の確保と、相互運用性に資するように Web 上のサービスとして展開を目指している。chutvrc ではユーザは様々な環境からメタバースに参加でき、特に、インクルーシブな教育環境の構築に貢献することを目指している。

本研究の目的は、「chutvrc」を通じて、メタバースにおける包摂的なインタラクションの実現を目指すことである。これにより、様々なバックグラウンドを持つユーザがアクセスしやすいインタフェースを提供し、デジタルデバイドを解消することを目指す。さらに、本ソフトウェアのオープンソース化により、教育者、研究者、Web システム開発者との協力を促進し、メタバース技術のさらなる発展に寄与することを目指す。

## 2. オープンソースメタバースの現状

オープンソースのメタバースソフトウェアは、クローズドな技術に依存しないため、サービスの突然の終了や仕様変更に伴う、相互運用性や再現性の課題の一部を解決し、社会実装に向けた応用展開が期待される。オープンソースメタバースソフトウェアの代表的なプロジェクトには、Mozilla Hubs, Matrix Thirdroom, Apache Vircadia がある。一方で、Mozilla Hubs は Web 技術を用いた VR ベースのソフトウェアとして広く利用されてきたが 2024 年 5 月に開発が終了し [1], Matrix Thirdroom も本格的な市場投入の前に 2023 年 7 月には開発が凍結 [2] している。また、Apache Vircadia<sup>2</sup>は、2024 年現在も開発とリリースが継続しているが、2022 年 11 月以降開発が停滞してしまい、2022 年中にリリース予定であった 2022.1.2 のリリースが 2023 年 9 月にズレ込むと同時に、COVID-19 の落ち着きと共に関心が薄れ

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

<sup>2</sup><https://github.com/vircadia/vircadia-web>

てしまい次のバージョン 2024.1.0 が 2024 年 3 月にリリースされたが、2022.1.2 では 2022.1.1 から 343 commits の更新があった一方 2022.1.2 から 2024.1.0 はわずか 30 commits に留まっている。このような現状を踏まえ、幅広いニーズや様々なデバイスに対応して空間を共有・体験できるシステムを有する「学び場」メタバースを提供するためには、新たに開発を行うか、既存のオープンソースソフトウェアを fork するか、いずれにしても開発する能力が問われる現状となっている。そこで本研究では、拡張の容易性が見込まれる Mozilla Hubs をベースとして fork することとし、chutvrc を開発した。

Mozilla Hubs をベースとした理由としては大きく 3 点ある。1 点目は、元々開発していた Mozilla は Firefox ブラウザを長年開発してきたため World Wide Web(WWW) の仕様や描画に関するノウハウを多く有しており、WebVR や WebXR といったブラウザ API 開発も主導してきた団体であるため、Web 型メタバースにおいて一定の信頼性が担保されていると期待できる点である。2 点目は、国内外において Mozilla Hubs をベースとしたアプリケーションが既に多く開発・運用され、NTT コノキューの DOOR<sup>3</sup>のようにエンタープライズ規模での運用実績を有しているため、一定の拡張性と安定性を期待できる点である。3 点目は、Mozilla Hubs は制作するワールド情報が spoke 形式と呼ばれる json からのみ構成され、ドメイン間でのワールドの持ち運びが容易であるため、様々なサービス間での相互運用性が見込まれる点にあり、これは 2024 年 5 月に Mozilla Hubs が終了した際に NTT コノキューの DOOR がマイグレーション方法を公開するなど、Mozilla Hubs をベースに独自開発した要素を含むサービス間でも一定の相互運用性が担保され、サービス間での持ち運びが可能であることを実証した [3]。

### 3. 「学びの場」メタバース chutvrc について

東京大学バーチャルリアリティ教育研究センターでは、これまで Mozilla Hubs を用いた教育研究活動を様々な形で支援してきた。講演会などのイベントでの運用 [4, 5]、バーチャル新歓イベント [6] や、小中学生向けの教育活動 [7] など多岐に渡る。一方で、学び場として活用する上でコミュニケーション機能に関する課題があり、特に身体動作を含めたコミュニケーション手法として既存システムでは音声と身体動作が同時に課題があった。そこで本システムでは、これらの問題を解決し、また、「学びの場」として 40 人学級<sup>4</sup>の現場でも運用可能なシステムの開発を目指す。

#### 3.1 サードパーティ WebRTC SFU を用いた負荷分散設計

既存の Mozilla Hubs では 1 ルームあたり 24 人程度の同時接続者が推奨値とされている一方で、40 人が義務教育諸学校の学級における標準の人数とされているため、学びの場としては 40 人程度の同時接続が安定的に供給可能な必



図 1: フルボディアバタ環境のイメージ図

要がある。これを実現するために「chutvrc」では、セルフホストする Mediasoup ベースの WebRTC と Protoo ベースの WebSocket シグナリングソフトウェアである Dialog に依存する構成を、サーとパーティの WebRTC Selective Forwarding Unit (SFU) を利用できるように開発した。本研究では、WebRTC SFU として、Shiguredou 株式会社が提供する Sora を用いた。本実装では各ルームは目的や費用対効果に基づいて、本機能を有効または既存の Dialog を用いる方法を切り替え可能な構成としている。これは Sora は追加のサービス料金が発生し日本国内の法人にのみ提供されていることもある一方で、マネージド WebRTC である Sora Cloud<sup>5</sup>では最大 500 同時接続を期待することができ、標準的な学び場で必要な 40 接続を安定的に供給可能であることが期待される。実証試験としてスマホから VR Ready のデスクトップ PC に至るまで合計 12 台でテストしたところ、より高ビットレートを安定して送受信できることを確認し [8] た一方で、40 前後の接続数試験は今後の課題である。

#### 3.2 身体動作コミュニケーションの拡充

Mozilla Hubs を活用したメタバースソフトでは手・胴・頭以外の全身含めたフルボディアバターを実装したプロプライエタリなソフトウェアは NTT コノキューの DOOR をはじめとして、珍しくない。一方で「chutvrc」はユーザーがカスタムしたフルボディアバターのサポートをオープンソースで提供しており、ユーザーが作成した任意のアバターモデルのアップロードにも対応している (図 1)。フルボディアバターの使用は、特に人間同士のコミュニケーションを重視する場においては、仮想環境内でのコミュニケーションを強化し、より没入感がありインタラクティブな体験を提供するために不可欠である。現在、ReadyPlayerMe<sup>6</sup>や VRoid<sup>7</sup>で作成されたアバター、Mixamo<sup>8</sup>をサポートしており、今後は他のアバター作成ツールへの対応も予定している。フルボディアバターのオープンソース化された基盤実装を提供することで、他のサービスへの拡張やユーザーに対する相互運用性をさらに高められると考えられる。

また、chutvrc はアバターの動きを WebRTC SFU の Dat-

<sup>5</sup><https://sora-cloud.shiguredo.jp/>

<sup>6</sup><https://readyplayer.me/>

<sup>7</sup><https://vroid.com/>

<sup>8</sup><https://www.mixamo.com/>

<sup>3</sup><https://door.ntt/web/corporate/index.html>

<sup>4</sup>令和 3 年度から令和 7 年度にかけ段階的に 35 人学級へ引き下げ

aChannel を使用するオプションを開発し、実質的に WebRTC 通信 1 つに映像、音声の他、身体動作情報を集約し、コミュニケーション通信の一元化を達成した [9]。これにより、音声と身体動作がズレることなく同期的に通信することが可能となり、2024 年現在では 1 秒未満の超低遅延配信が実現し、研究段階では 100 ms 以下の実証実験も少なくない。他方、いわゆる UDP 通信となるため、データの到達性が担保されておらず、現状では音声・動作が途切れ途切れとなる場合もあり、低品質通信を自動的に評価し、通信総量の安定化を試みる機能などが期待される。

#### 4. おわりに

本研究では Mozilla Hubs の機能を継承し開発した chutvrc 紹介し、誰もがオープンソースのメタバースプラットフォームを利活用できることを示した。また chutvrc は、従来のプラットフォームの制約に対処し、包摂的なデジタルエコシステムを促進することで、これまで研究でよく利用されていたプロプライエタリなソフトウェアに依存することなく、フルマネージなメタバース環境で教育・研究活動が可能であることを示した。ソースコードは GitHub にホストされており、Macbook, Windows, Ubuntu などのローカル環境や、Amazon Web Service でのオンライン環境でも実行可能であるため、より多くのユーザの利活用を期待するとともに、フィードバックだけでなく独自の拡張などを通じてメタバース研究全体に寄与できることを期待する。一方で chutvrc の基本 UI などは既に幅広く使われている Mozilla Hubs のアプリケーションであるが、システムレベルの定量的分析はこれまで報告してきている一方で、改良の結果のユーザスタディは十分ではなく、今後の課題である。

**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, 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)

#### 参考文献

- [1] Mozilla: “End of support for Mozilla Hubs — Hubs Help”, <https://mz1.la/4bAZm4z> 2024-06-01, (Last Accessed: 2024-07-01) (2024).
- [2] Third Room: “Third Room on x: Hey everyone, it’s been a while and we have some unfortunate news…”, <https://x.com/thirdroomio/status/1684643892195631104>, 2023-07-23, (last accessed: 2024-07-01) (2023).
- [3] NTTXR: “Specialized Mozilla Hubs Migration Page”, <https://door.ntt/web/news/important9.html>, 2024-05-09, (last-accessed:2024-07-01) (2024).
- [4] 相澤 清晴、雨宮 智浩、青山 一真、伊藤 研一郎、栗田 祐輔: “東大総長メタバース講演の舞台裏”, NII Today 第 94 号, Mar. 2022.
- [5] 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 年 9 月.
- [6] 相澤 清晴、雨宮 智浩、伊藤 研一郎: “メタバース上でサークル新歓オリエンテーションを実施～Webブラウザから誰でも気軽にメタバース空間で参加～”, UTokyo FOCUS, [https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/articles/z0114\\_00004.html](https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/articles/z0114_00004.html), 2022-05-24, (last-accessed:2024-07-01) (2024).
- [7] 吉田 塁: “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 年 8 月.
- [8] Y-H. Hu, K. Ito and A. Igarashi: “Improving Real-time Communication for Educational Metaverse by Alternative WebRTC SFU and Delegating Transmission of Avatar Transform”, 2023 International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-Taiwan), pp. 201-202 (2023).
- [9] 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).