



Title	VR教室講義六年目の現在地 : 設計・運用・教育的効果の実践報告
Author(s)	入江, 英嗣
Citation	サイバーメディア・フォーラム. 2025, 26, p. 2-8
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/103405
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

VR 教室講義六年目の現在地：設計・運用・教育的効果の実践報告

東京大学 大学院情報理工学系研究科 電子情報学専攻 入江 英嗣

1. はじめに

本報告では、筆者が東京大学の大学院・学部講義
および公開講座で実践しているバーチャル教室講義
について紹介する。

本授業形式は、感染症対策が求められた 2020 年、筆者が試験的取り組みとして始めたものである。当時、VR 空間での手軽なフルトラッキング環境がサポートされ始めていたことから、対面授業に近いリモート講義体験を VR 上で実現できると考えての試みだった。百五十名を超える受講生を対象とした全十数回の正規の学部科目が、試験を除き全て VR 空間内で実施され、筆者の知る限りでは、このような規模での継続した試みは学内のみならず世界的にも例を見ない。

このバーチャル教室講義は受講生から好意的に受け止められ、学内外から多くの問い合わせや反響を得た。また、授業運営に携わった筆者自身、その利便性と教育的価値を強く実感したことから、以降、2025年現在に至るまで、担当する全ての科目をバーチャル講義形式に切り替え、実施を継続している。

バーチャル教室が好評であった理由としては、単なる目新しさや技術的先端性にとどまらず、リモート授業の利便性と対面講義の臨場感を合わせ持つ点、アバターによる参加意欲の向上、教育目的に応じて空間や教材を自在に構築できる点など、運用を重ねるにつれて教育上の利点が明らかになってきている。

以降、本報告ではバーチャル教室講義の設計・運用、学生の反応と得られた効果、これまでの実施実績と発展、そして今後の展望について述べる。

を制作、必要な機能を配置し、バーチャル教室の VRChat ワールドとして VRChat サーバにアップロード・登録する。講義実施時には、このワールドからインスタンスを生成し、インスタンス URL を受講生と共有、指定時刻に各自が接続する。

講義実施中のシステム構成を図 1 に示す。筆者が講義時に使用している環境は、GPU を搭載したゲーミング性能の PC に HMD (Valve Index) を接続し、4 台のベースステーションによるライトハウス環境と VIVE トラッカーによる 7 点フルトラッキングを構成したものである。対面授業と同様の身体動作を、バーチャル教室内でそのまま再現することが可能である。

受講生は、PCがあればHMDがなくともインスタンスに参加できる。また、VRChatを利用しない受講生に対しては、Zoomによる講師視点映像を配信し、同時に質疑が行えるようにしている。VRChatと配信ソフトは同一PC上で動作しており、VR空間内に置いた仮想ストリーミングカメラの画像(VRChatのストリーミングカメラ機能)をZoomに共有する。カメラ位置は、手動または後述するワールド機能によって調整する。

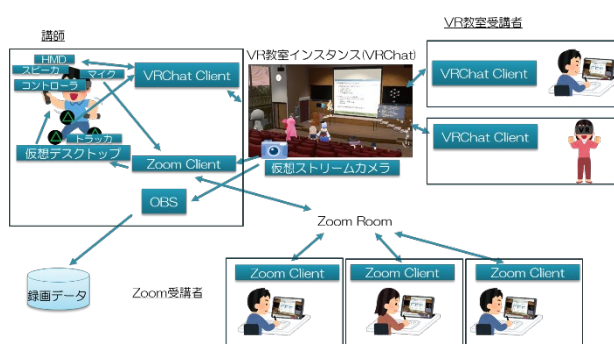


図1：システム構成

授業中のインタラクション手段としては、VR 内でのジェスチャ・発声・筆談に加え、Zoom のチャット、授業用に設けた Slack、匿名投稿が可能な

2. バーチャル教室講義の設計・運用

2.1 システム構成

本講義では、プラットフォームとして VRChat[1] を選択した。接続の容易さ、SDK による拡張のしやすさ、表現力の高さと空間設計の自由度が理由として挙げられる。まず、準備時に、教室の 3D モデル

Google フォームを併用している。講義中はこれら複数のチャンネルをリアルタイムにモニタし、必要に応じて質問回答や授業進行への反映を行う。オーバレイアプリを用い、VR 空間内から PC のデスクトップ画面を閲覧できるようにしている。

2.2 バーチャル教室

現在バーチャル教室講義では、筆者が公開している VRChat ワールド“University Lecture Room”[2]を主に使用している。これは、バーチャル教室講義の運用を通じて得られた知見を随時反映しながら、継続的に改良されているワールドで、一般公開されており、誰でも教室インスタンスを立てて利用することができる。ワールドの 3D モデルデザインおよび SDK 環境への実装は筆者監修のもと、Seikoh Fukuma 氏による(図 2)。



図 2 : VRChat ワールド “University Lecture Room”

ワールドの最大接続人数は 64 名に設定されている。メインエリアは数十名を収容できる大きな階段教室で、スライドシステム、教卓、教壇、動画プレイヤー、ホワイトボードなど、講義進行に必要な機能を様々に備えている。以下に、講義で使用頻度の高い主要機能を紹介する。

スライドシステム: スライドデータを外部サーバから取り込み表示する UnaSlides システム[3]を利用している。1 枚を 1 秒としたスライド動画を Youtube 等にアップロードしておくことで、ワールド内からのスライドの読み込みや送り/戻し操作が可能となる。仮想空間内の表示は高精細のため、スライド動画は 4K 解像度で作成している。

配信用スイッチャー: 講義中にワンタッチで配信

カメラ位置を切り替えるためのスイッチを教卓付近に配置している。教室全景、スライドのアップ、左右スクリーンのアップを切り替えられるほか、ワイプ表示されるサブカメラの表示を変更できる。サブカメラは全景の他、話者や受講生を追跡し、アップで写すことができる。

ペン: VRChat 内で広く用いられている QvPen[4]を備えており、スライドへの上書や空間描画による解説が可能である他、受講生の課題回答や筆談に利用している。

ホワイトボード: ペンやイレイサーをボードに当てて直観的に描画できるホワイトボードを備えている。精密な図示を要する説明や複数人での議論などに用いる。

時計: 現実時刻と同期して動作する時計が配置されている。前方には受講生用のアナログ時計を、後方には講師用に視認性の高い大型デジタル時計を設置している。

このほか、ワールドには、講義前の準備に使用する控室、資料アセットを配置する資料室、ポスター、ホワイトボード、テーブルを備えた会議室などが備わっており、様々な授業形式に対応する。また、外景の時刻や季節を変更できる機能を持っており、講義のタイミングに応じた雰囲気を演出する。モデリング、ライティング共に自然な外観となるよう高品質に実装されており、初見の受講者に対して現在の VR 空間の表現力を強く印象付けている。

2.3 アバター

仮想空間内での講義、公開講座やセミナー、招待講演、共同研究打ち合わせなどの機会が増えたことに伴い、研究教育活動の「顔」として使用できる、ライセンスおよび改変の自由度の高いアバターの必要性が高まった。このため、2023 年より、ワンオフアバターを導入している(図 3)。

デザイン、モデリング、実装は人気アバターを数多く手がけている黒宇佐クルル氏による。それまで使用していたアバターの印象との継続性を基本としつつ、(1)見ていて楽しくかつ疲れない、(2)遠くからでも視認性が良い、(3)話者からも受講生からも手元

が見やすい、(4)学生・研究者・サイバーといったキーワードになじむ、(5)2020年代のアバターらしさなど、これまでの運用で得られた知見に基づく要望を提示し、これらがデザイナーの手によって統合・昇華されたデザインとなっている。アバターはレーザーポインタを装備しており、メニューを経ることなく、ジェスチャによって自然に出し入れを行うことができる。



図3：筆者のワンオフアバター

2.4 VRを活用した教材アセット

バーチャル教室講義では、空間と機能を自在に設計できるVRの特性を活用し、これまでの講義では不可能だった教育体験の提供を試みている。

論理回路ギミック[5]: 実際に動作する論理ゲートモデルで、MIL記号の形をしたAND、OR、NOTなどのオブジェクトがその形通りの挙動をする。直観的操作によってゲート同士を接続でき、基礎的なデジタル回路を短時間で構築して、その動作の確認が可能である。応答に遅延が設定されているため、論理仕様通りの動作だけでなく、遅延に基づく発振や過渡状態が観察でき、実践的な学習に適している。アセットは作者であるのりたま氏の協力を得て、講義運用で得た知見に基づく改良が継続的に行われている。

Inside a Processor: Just In-order Superscalar: 筆者らが開発・公開しているVRChatワールドであり、インオーダースーパースカラプロセッサにおける命令処理の様子をサイクルレベルで観察できる[6][7][8]。命令フェッチから実行、リタイアまでの流れを、プロセッサ内部に入ってパイプライン各段を歩きながら

観察できるため、従来のパイプラインチャートなどでは得られない時間的理解が可能となる。先行版公開後、2023年冬に一般公開され、随時機能を拡張している。

3. 実践を通して得られた評価・知見

3.1 バーチャル教室講義実施実績

バーチャル教室形式で実施した講義シリーズおよび、コース内の授業回数、履修登録者数を表1に示す。2025年12月現在、実施回数は東京大学の正規の学部・大学院講義で130回以上、公開講座を含めると150回を超える。いずれも1回60分から120分の1コマ時限を全てVR環境で実施している。受講者は多いものでは登録150名を超える。

この他、複数の技術セミナーをバーチャル教室形式で行った他、学内・他大のFDで同形式によるデモンストレーションレクチャーを行った[9][10]。以下、これらの実施を通して得られたフィードバックや知見をまとめる。

表1：バーチャル教室形式で実施した講義シリーズ
※: Pre VR, Luppetによるアバター講義形式
†: 進行中・未完了

科目名	対象	2020	2021	2022	2023	2024	2025
デジタル回路	学部二年生科目	10回 152名	10回 156名	10回 148名	10回 146名	10回 146名	†10回 149名
コンピュータアーキテクチャ	学部三年生科目	—	—	—	—	11回 156名	10回 168名
VLSI		※6回	6回	6回	6回	6回	
アーキテクチャ	学部四年生科目	20名	26名	22名	36名	19名	—
アドバンストコンピュータアーキテクチャ	大学院科目	—	11回 87名	—	11回 70名	—	9回 125名
バーチャル教室でデジタル回路を学ぼう	メタバース工学部 部ジュニア講座 (公開講座)	—	—	2回 100名	—	—	—
バーチャル教室でコンピュータを学ぼう	メタバース工学部 部ジュニア講座 (公開講座)	—	—	—	7回 494名	3回 215名	†2回
バーチャル教室でデジタルに触れよう	メタバース工学部 部ジュニア講座 (公開講座)	—	—	—	—	2回 163名	3回 175名

3.2 アンケート評価

バーチャル教室形式の講義について、2年生講義「デジタル回路」のコース終了後のアンケートの中から講義形式への要望を聞いた設問への回答結果集計を年度ごとに図4に示す。アンケートを行った2020年度、2023年度、2024年度のいずれでも「学習効果、モチベーション共に良かった」＋「モチベーションのみ上昇」の肯定的評価が全体の85~95%を占めており、バーチャル教室講義を正規の授業で

展開することに対する受講生の受容性と学習効果は一貫して高い。

年度と共に「学習効果、モチベーション共に良い」という肯定評価が増加し、一方で初年度に20%あった「モチベーションのみ上がった」項目は徐々に減少している。この変化は、VR利用の効果が単なる一過性の目新しさに依存したものではなく、運用の改善や教材アセットの充実を通して、学習効果の実感が受講生により明確に伝わるようになったことを示している。この結果2024年度ではほぼ半数の学生が他の科目にもバーチャル教室形式を導入してほしいと回答している。

一方で、「Zoomやリアル教室の方が良い」という回答は一貫して非常に少数であった。しばしば想定される「対面回帰への願望」や「VRが万人向けでない」という一般的イメージとは異なり、実際の受講生からの否定的な反応はごく小さい割合に留まった。

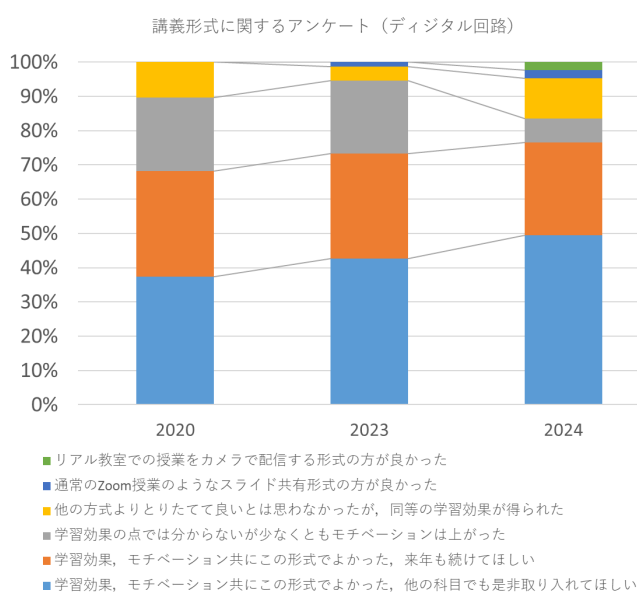


図4：講義形式に関するアンケート

アンケートの自由記述では(1)仮想オブジェクトによる可視化や見やすいスライド、加筆による理解促進、(2)授業進行風景や周囲の学友が見えることによるライブ感と集中力持続、(3)アバター表現やVR空間の新鮮さ、先端技術感による学習・視聴のモチベーション向上、の三点が特に多く指摘されている。

これらから、バーチャル教室形式の各要素が相乗して教育効果・モチベーション向上ともに良い影響を与えていることが分かる。

受講生が不便な点に感じた要素としては、VR環境での参加に際してのハードルの高さ、VR参加時のノートの取りにくさ、環境内での操作への習熟負荷などが挙げられている。

3.3 実施を通して見えてきた点

VRで参加する学生が一部でも効果がある: VR参加する学生は徐々に増えてきているが、150名規模の授業では依然としてその中の数名程度である。一方、公開講座では十数名から数十名のVR習熟者が参加することもあり、VRに慣れたコミュニティと通常の受講生の間には、環境普及の乖離がまだ大きいことが伺える。

しかし、初年度のアンケートでは「自分はVR参加できなかったが、VRで参加している学生のアバター姿を見ることでモチベーションが上がった」という意見が多数寄せられた。授業風景や学友の存在を視覚的に感じられる点が、従来のリモート講義で得にくかったライブ感を補っており、配信参加の学生にも効果が生じていることが分かる。このことにより、必ずしも「全員がVR参加すること」だけがバーチャル教室講義の本質ではない、という確信を得るとともに、講義形式の継続・改良を支える強い動機となった。

現実の教室設備・教材よりも強力である: VR内のスライドシステムは現実のプロジェクタと異なり、講師が前に立っても影が生じず、QvPenによりスライドに上書きしながら説明できる。このため、スライド提示と演習がシームレスにつながり、講師やVR受講生による回答の実演を随所にはさむ形式が自然に成立する。これらの小演習は受講生の理解を助けるものとして特に好評を得ている。

また、論理回路ギミックを活用した実演により、従来は図示中心であった解説が、回路を実際に素早く構成し動作を観察する形式へと転換された。学んだ設計手法で実際に狙い通りの回路が実現することや、ループを構成したときの記憶回路の実現方法など、教科書のみでは直観が得にくかった内容について

て、非常に高速な導入が可能となっている。同様にプロセッサワールドではパイプライン挙動やプロセッサフロアプランといった発展的トピックを一度に視覚化・体験できる。このワールドは他大学の授業にも活用され、その教育効果が報告されている[11]。

アバターによるモチベーション向上: 学生からは「先生が動いているところ見るだけでも楽しい」という声が多く寄せられている。講義アンケートでは「多くの講義がある中での唯一の癒しになっている」といった意見が年度を問わず継続的に見られ、アバターデザインが、受講・復習のモチベーション向上に大きく寄与している。

また、VR 参加する受講生は少数であるものの、一度 VR で参加した受講生はその後継続して VR 参加を選ぶ傾向が強く、特に自作・改変したアバターを用いる学生の出席率は非常に高い。好きなアバターで講義を受けられる体験が継続参加の重要な要因となっていることが伺える。授業終了時に設けている VR 参加者との記念撮影も、授業記録としてだけでなく、参加者へのモチベーション向上に寄与している (図 5)。



図 5：講義終了後毎回の記念撮影

リモート講義利便性のフル活用が可能: 以上に挙げた特徴により、一般的なスライド共有型のリモート講義で指摘されてきた「空間的な広がりなさ」「学友とのつながりの薄さ」「インタラクティブ性の欠如」といった欠点は VR 空間および VR 参加者の存在によって大きく改善される。これにより、リモート講義が本来持つ利便性を最大限に活用した講義展開が可能となった。具体的には、(1)大教室の確保や天候・交通事情、各人の体調その他の事情などに

制約されない安定した開講・受講 (2)授業録画の提供が容易で、受講生は復習のために何度でも見返すことができ、自分のペースで学習を進められる (3)チャット、フォーム、発言など多様な質問チャンネルを設けることができ、対面では質問しづらい細かい事項を含め、多様な学生から継続的にフィードバックを得られる (4)教室内での席取りの競合がなく、全受講生が自分にとって一番見やすい視界で受講できる、静かに受講したい学生から積極的に参加したい学生まで、自由度の高い受講スタイルを提供できる、といった教育効果と学習効率の双方を高める利点が得られている。

3.4 課題

バーチャル教室講義を継続して実施する中で、いくつかの課題も明らかになってきた。以下ではシステム面、受講環境、講師の必要スキルのそれぞれの観点から整理する。

(1)システム・環境の安定性に関する課題

授業進行の基盤が VRChat や PC・VR 機器環境に依存するため、授業実施環境に求められる計算処理能力は一般のリモート講義や配信よりも高く、また十分な性能の機器を準備しても、ハードウェア構成やデバイスドライバとの相性によって環境が不安定になる場合がある。講義中に再起動が必要となる事態は極めて稀であるが、百回を越える講義中ではそのような中断が発生した例もあった。

より頻度の多い事象としては VRChat サーバやスライド表示に利用している外部ストリームサービス (Youtube など) のシステム更新時に API などの変更から、スライドの読み込みが不安定になることがある。これに対してはスライド表示手段の多重化や、講義前のチェック徹底により対処している。

(2)受講生側の VR 参加ハードル

アンケート結果では「VR 参加を試みた」と回答する学生は一定の割合で存在するものの、実際に VR で参加できた学生は依然として少数にとどまる。これは、関連ハードウェアの所有率や相性、関連ソフトウェアインストールの煩雑さ、など環境的な障壁が依然として大きいためである。

さらに、VR 環境を持ち、十分習熟した学生であっても、他の対面科目受講のために登校した日には、現状では大学内に自由に利用できる VR 端末や高性能 PC が整備されていないため、VR で授業参加することが難しく、配信視聴に切り替えざるを得ない状況がある。

また、VR 参加時にはノートを取りにくい、視野によってスライドが見づらいといった VR 特有の UI 上の制約が存在する。現状では、キータイプや CAD 操作といったデスクトップアプリケーションとのインタラクションを、VR 空間のジェスチャやウェアラブルコントローラによってシームレスに行う環境は浸透しておらず、UI はジェスチャに頼らないといけない。ノートや視野についてはペンやカメラの活用、VR 空間内で手元におけるタブレット端末の設置など、様々な対策を試みている。一方で、CAD 実習のようなパートでは対面を模した方式よりも、画面共有のリモート講義スタイルを併用することが現状では適している。

(3)講師側の VR 習熟ハードル

バーチャル教室講義の魅力を十分に引き出すためには、講師側にも一定の VR 環境の習熟が必要となる。具体的には、HMD とフルトラッキング機器を装着した状態で、通常の教室講義と同様の所作を自然に行うこと、トラッキングの乱れをすぐに認識して復帰・隠蔽動作を行うこと、アバターの IK を意識しながら不自然な姿勢にならないよう調整すること、計算負荷が高まった時の手動カリングなど種々の回避策の適用、などが挙げられる。また、実体のない空間中やホワイトボードに対して可動性の高い図や文字を書くためには、実空間と異なる描画感覚に慣れる必要がある。講義時には、専門的議論を行いながら、これらの VR 操作を一時間以上継続し続けることになる。

筆者の場合、講義導入以前に研究活動やプライベートにおいて千時間程度の VR 利用経験をつんでいたため、VR 空間内での講義実践が可能である発想につながり、導入は比較的円滑であったが、導入初期の習熟期間には個人差がありうる。ただし、これらは講師負担を過度に高めるものではなく、段階的

な習熟と導入が可能であり、バーチャル教室利用時には、講師それぞれに適したスタイルでの講義が可能である。

(4)課題への対策

これらの課題は設備、運用、技術の成熟度に由来しており、適切なセーフティネット、設備整備、教材とコース設計、講師支援の体制により改善する性質のものである。実施から得たフィードバックを得て、バーチャル教室講義の運用改善を続けている。

4. おわりに

本報告では、筆者が 2020 年より実施してきたバーチャル教室講義について、その設計、運用、教材、学生の反応、および運用を通して得られた知見を紹介した。本講義形式は VR ならではの空間設計、教材構築、アバター表現を活用することで、従来のリモート講義では得にくかったライブ感やインタラクティブ性を実現している。また空間の自由度、物理制約を越えた教材アセットの拡張性、複数の質問チャンネル、多様な参加スタイルの提供といった特徴は、教育効果と学習モチベーションを両立させるための有効な要素となった。アンケートからも、講義形式に対する受容性は一貫して高く、実施して得た知見による運用改善から、「学習効果・モチベーションの双方が向上した」という評価が増加傾向にあることが確認された。

一方で、実施を通じて明らかになった現時点の課題としては、VR 環境の安定性、VR 参加や講師習熟に必要なコスト、仮想空間内でのキー入力など操作 UI の模索、登校時の設備・環境不足、などが挙げられる。バーチャル教室講義は、単に教室を VR 化するだけでなく、仮想空間の持つ効果を理解した上で適切な講義設計と適切なバランスのコスト投入により、上で述べたような大きな教育効果を持たせることができる。

バーチャル教室講義の実践を通して、VR の持つ「体験のデジタル化」の実力を強く感じている。講義空間、教材、身体動作、コミュニケーションといった、これまで物理的制約に置かれていた「体験」がデジタル化されることで、空間と時間の制約か

ら解放された柔軟な学習環境を構築できるようになる。デジタル化された体験は様々な可視化、改良、記録が容易で、自由度の高い設計と再構築を可能とする。バーチャル教室講義は、まさにこの体験のデジタル化がもたらす自由化の方向性を講義に持ち込み、教員・学生双方がその恩恵を享受できる形式として機能している。

教育効果におけるこの変化は、大学という教育機関の価値も、従来からシフトさせていくと予想される。これまで大学において教室、施設といった物理的な場の提供は、他では果たせない大きな価値の一つとなっていた。しかし、体験がデジタル化され、学習環境が学生の手元に自在に構築できるとき、大学はそれでも重要な物理的な場をウェイトとして抱えながらも、正しい知識体系の保全、新しい価値の創造、コミュニティの形成、学びを支える支援や技術の提供といった、本質的な教育機能でより大きな価値を示していく必要がある。この再編はAIやMR、ブロックチェーンといった高度計算がもたらす変革ともリンクし、大学の位置づけに強く関わってくると考えている。

体験がデジタル化される時代における教育のあり方を考える上で、バーチャル教室講義の実践は、今後の高等教育の設計に向けた貴重な知見を提供する、プロトタイプとしての運用を意図している（図6）。今後の展望としては、継続しての教育アセット拡充の他、よりインタラクティブ性を高められる授業運営の模索、より適した学習空間の設計、これまで蓄積されたVR講義記録とAI連携による活用などを計画している。



図6：バーチャル教室と論理回路ギミック

参考文献

- [1] VRChat: <https://hello.vrchat.com/>
- [2] University Lecture Room:
https://vrchat.com/home/world/wrld_6e77d07a-bc4e-4944-9a38-d922793b4ed5/info
- [3] UnaSlides: <https://unagiken.com/unaslices/>
- [4] QvPen: <https://github.com/ureishi/QvPen>
- [5] 論理回路ギミック: <https://noritama-vrc.booth.pm/items/4179625>
- [6] Inside a Processor: Just In-order Superscalar:
https://vrchat.com/home/world/wrld_7cf4c8a2-3d5f-4f9d-8884-5fa540866087/info
- [7] 入江 英嗣, 小泉 透, 塩谷 亮太, (きつねこ狐猫, のりたま): 「Just In-Order Superscalar: VR 可視化によるパイプラインプロセッサ観察環境」, cross-disciplinary workshop on Computing Systems, Infrastructures, and Programming, ポスターセッション, Aug., 2024.
- [8] 入江 英嗣, 小泉 透, 塩谷 亮太, のりたま, きつねこ 狐猫: 「プロセッサの仕組みを見よう! Just In-order Superscalar」, バーチャル学会 2024, pp. 215 – 218, Dec., 2024.
- [9] 入江 英嗣: 「VR(仮想現実)教室で行う授業の実践例」, 東京大学 utelecon オンライン授業情報交換会第30回, Feb., 2021.
- [10] 入江 英嗣: 「VR 教室を用いた大学講義 -体験のデジタル化と学びの場-」, 関西学院大学経営戦略研究科ビジネススクール「大学運営」, Nov., 2022.
- [11] 尾関 智恵, 毛利 哲也, 入江 英嗣, 山田 宏尚, 笹竹 佑太, 伊藤 和晃: 「メタバース活用による工学概念の参加型学習と直感的理解の向上の試み」, 日本教育工学会 2025 年秋季全国大会ポスター, Sep., 2025.