福岡工業大学 学術機関リポジトリ

クロスリアリティ技術による教育空間の構築―多様な学習機会を提供するXRCCシステムの実践と展望―

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 福岡工業大学 教育開発推進機構 公開日: 2025-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): Education DX, Metaverse, Virtual Space, Cross Reality, XRCC 作成者: 赤木 紀之, 田村 かおり, 枷場 博文 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/11478/0002000266

クロスリアリティ技術による教育空間の構築
―多様な学習機会を提供する XRCC システムの実践と展望―

赤　木　紀　之（生命環境化学科）
田　村　かおり（九州工業大学大学院工学研究院）
枷　場　博　文（MPUF）

Construction of Educational Spaces Using Cross Reality Technology
- Applications and Future of the XRCC System for Diverse Learning -

Tadayuki Akagi (Department of Life, Environment, and Applied Chemistry)
Kaori Tamura (Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology)
Hirofumi Hasaba (MPUF)

Key words: *Education DX, Metaverse, Virtual Space, Cross Reality, XRCC.*

1.　はじめに

2020 年度以降，新型コロナウイルスのパンデミックにより，大学の講義は Zoom や Teams といったビデオ会議システムの併用を余儀なくされた。これにより一部の学生にはストレスがかかり,「大学に馴染めない」「友人ができない」「大学に面白みがなく退学する」などの問題が浮上した [1)]。

学生が主体的に学ぶためには，教員および他の学生との相互作用が必要である。従来の授業デザインでは教員からの一方的な関わりとなりやすく，対面・遠隔授業どちらも同様の課題がある。学年が上がり，研究室配属後においても，研究室内外での学生間交流が起きづらく，指導教員と学生の一対一指導に終始しやすい現状がある。

学生主体の学びを実現するため，様々な教育手法が検討されているが，抽象的な概念理解が必要な生命科学教育においては，学生の興味を引きつけながら効果的に理解を促進する教育環境の構築が課題となっている。細胞内シグナル伝達のような微視的な生命現象は，従来の教科書や 2 次元的な図表では直感的な理解が難しく，特に初学者にとっては障壁となっていた。

近年，バーチャル空間を活用した教育手法が注目されている。これらの技術は大きく以下の三つに分類される。VR（Virtual Reality : 仮想現実）は現実世界とは完全に切り離された仮想空間に没入する技術であり，専用のヘッドマウントディスプレイを用いることが多い。AR（Augmented Reality : 拡張現実）は現実世界に仮想的な情報を重ね合わせる技術であり，スマートフォンやタブレットを通して体験できる。本取組みで用いる XR（Cross Reality : クロスリアリティ）はこれらを包括する概念であり，現実と仮想の境界を超えた体験を提供する技術の総称である。いわゆる「メタバース」と呼ばれるこれらの XR 技術は，仮想空間内でアバターを介したインタラクションを可能にし，従来の対面・オンライン授業の限界を超える可能性を秘めている。

本取組みでは，独自に開発した XRCC（Cross Reality Conference Cloud）システム [2)]を大学教育に導入し，特に生命科学教育における抽象的概念の理解促進と学生の能動的参加を促す効果を検証した。また，多様な特性を持つ学生への教育機会の提供という観点からも, XR 空間の可能性を探究

した。本取組では XR 空間を学部ならびに大学院の講義に取り入れ，学生たちの学習体験や理解度の変化を調査した。その結果，従来の教育手法では難しかった 3 次元的な概念理解の促進や，アバターを介した新たな教育的交流の形が観察された。本稿では XRCC システムの概要と具体的な活用事例，およびその教育効果について報告する。

2. XRCC システムの概要と特徴

2.1 システムの概要と特徴

本取組みでは，クロスリアリティ（XR）技術を利用したメタバースを活用した新たな講義運営のあり方を検討してきた。XR 空間とは，現実と仮想の境界を超えた体験を提供する技術環境の総称であり，従来のビデオ会議システムとは異なる没入感と相互作用性を特徴とする。

XRCC システム（Cross Reality Conference Cloud）は，枷場らが独自に開発したクラウドベースの仮想現実環境である [2]。本システムの最大の特徴は，特殊なアプリを必要とせず，インターネット環境が整ったパソコンのウェブブラウザからアクセス可能な点にある。従来の VR システムが高価な専用デバイスを必要とする一方で，XRCC は標準的な PC 環境で利用できるため，教育現場への導入のしやすさが特徴として挙げられる。

XR 空間への入室者は，ロボット型もしくはキャラクター型のアバターを自由にカスタマイズし，自身の分身として操作できる。アバター同士のコミュニケーションは空間内の位置関係に応じて変化し，現実世界と同様に距離に応じて音量が変化するシステムを採用している。これにより，現実の教室と同様に複数のグループが同時に会話できる環境を実現している。

XR 空間内では，アバターは重力に束縛されず，自由に空間移動や空中遊泳が可能である。これは従来の対面授業やビデオ会議システムでは実現できない独特の特性であり，特に 3 次元的な概念理解が必要な分野において効果的である。また，空間内には疑似モニターを設置しており，教員がパワーポイントなどのプレゼンテーション資料を共有することで，通常の講義と同様の情報提供が可能である。

2.2 XRCC 空間の構成

本取組みで構築した XRCC 空間は主に二つの異なる環境で構成されている。第一の「Akagi Lab 空間」は，赤木の研究・教育背景に基づいた三つの特徴的な空間からなる。「アメリカ夜景空間」は，赤木の海外留学経験を反映した環境であり，米国都市部の夜景を背景としている。「血管内空間」は，赤木の研究テーマである血液細胞の分化・増殖研究を視覚的に表現した空間である。そして「宇宙空間」は，巨大な月と宇宙船を特徴としている。これら三つの空間は「ワープ」機能によって相互に連結されており，利用者は自由に移動することができる。

第二の「細胞内空間」は，生命科学教育のために特別に設計された環境である（図 1）。

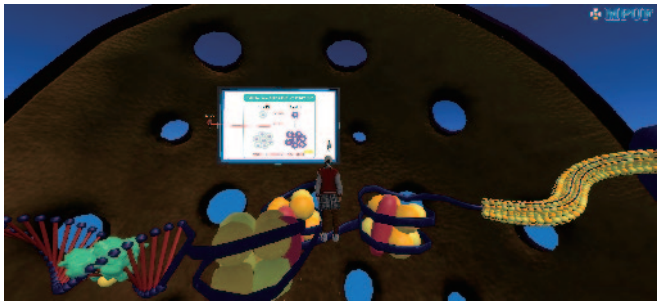

図 1　細胞内空間（核の中）

この空間は細胞膜を境界として細胞外部と内部を再現している。細胞外部では，ホルモンやサイトカインといった細胞外シグナル分子が細胞膜上の受容体に結合する様子が可視化されている。細胞内部では，JAK や STAT3 などのタンパク質のリン酸化反応を介したシグナル伝達分子が活性化され，核内へ移行して DNA に結合するまでの一連の過程が立体的に再現されている。この空間は，通常の教科書や 2 次元的な図では理解しにくい細胞内シグナル伝達の機構を，学生がアバターとなって体験的に学ぶことを可能にしている。

これらの空間構成は単なる見た目の工夫ではなく，学習内容の理解を深めることが期待できる。特に「細胞内空間」は，ミクロレベルの生命現象を空間的に体験することで，抽象的な概念の具体的理解を助ける新しい教育手法として位置づけられる。

3. XRCC の活用事例

3.1 学部講義への導入と効果測定

生命科学教育における XRCC システムの有効性を検証するため，2023 年度から 2024 年度にかけて複数の正規講義に XR 空間を導入した。具体的には，赤木が担当する生命科学基礎（1 年次前期），生物化学 I（1 年次後期），生物化学 II（2 年次後期）において，各 15 回の講義のうち 1 回を XR 空間「細胞内空間」を活用して実施した。これらの講義には約 300 名の学生が参加し，特に細胞内シグナル伝達における「タンパク質リン酸化による細胞内応答」の概念理解に焦点を当てた授業を展開した。

授業実施にあたっては，XR 空間を用いた講義の前後で 5 段階評価による理解度の自己評価を実施した。収集したデータは現在学会誌への投稿を進めているが，予備的分析ではタンパク質リン酸化による細胞内応答の理解度に顕著な向上が見られている [3]。これは従来の 2 次元的な教材では理解が難しかった 3 次元的な分子間相互作用を，XR 空間内で立体的に体験できることによる教育的効果を示唆している。

3.2 大学院講義での活用

大学院講義「環境生物科学特論 II」（2024 年度，履修者 4 名）においては，講義形式のみならず学生の主体的な参加を促す取り組みを実施した。具体的には，「アメリカ空間」内で全履修者がアバターとして参加し，予め設定したテーマについてのプレゼンテーションを行う機会を設けた（図 2）。実施にあたっては，一部の学生のノートパソコンスペックの問題から入室が困難なケースもあったため，講義室のモニターに画面を共有した。

図 2 大学院生によるプレゼンテーション

プレゼンテーション後には参加者にアンケートを実施し，XR 空間での講義・発表に関する利点と課題を抽出した（表 1）。アンケート結果からは，「3D 空間でのアバターによるコミュニケーションができるため，リアルな会場にいるような臨場感を体験できる」といった肯定的評価が得られた一方，「操作に慣れるのに時間がかかる」「安定した通信状況が必須であり，通信状況によっては十分な体験が損なわれる可能性がある」といった課題も明らかになった。これらの知見は，大学院教育における XR 技術活用の指針として価値がある。

表 1. 大学院講義における XRCC 活用に関する学生アンケート結果

良い点
マインクラフトのようなゲーム感覚での操作が他にない講義で新鮮だった。
自分の好きなアバターを作ることができて，ゲームの空間にいる気分になれる。
オンライン授業のとき，オンラインではあるが同じ空間に集まって授業を受けることができるので，みんなで受けている気持ちになれる。
アバターを自分で動かして，授業スライドとの距離や角度を選べるので，オンライン上でパワーポイントを画面共有されているだけの状態より，自由があってとても良いと思う。
どこからでも参加ができる。
リアルイベントのような会場設営や準備が不要。

画面共有機能やレーザーポイント機能があり，プレゼンテーションが快適にできる。
3D 空間でのアバターによるコミュニケーションができるため，リアルな会場にいるような臨場感を体験できる。
今回の講義のように対面で行われる場合も，HDMI などの物理的接続が不要であるため，効率的にプレゼンを進められる。
自分とは全く違う見た目のアバターを作ることができるため，精神的または身体的に悩みを持つ方でも参加しやすい。
細胞内で行われている活動など，小さくて想像しにくいことも，細胞内部の空間であれば，3D で体感することができるため，子どもから大人まで,楽しみながら知識を深めることができる。特に子どもであれば，理科を好きになるきっかけにもなれる。
感覚としてですが，自分が実際に授業を受けているような感覚に近いと思いました。
アバターがあることで面白さや興味も湧きますし，教える人のアバターが実際に画面にうつるので，対面に近い感覚が味わえました。
悪い点
PowerPoint との連携がもう少しうまくいくとよかった。パワポのメモを見たかった。
空間に自分のアバターで入れなかったので，入りやすいようになると嬉しい。
他の人のアバターが上下に動くバグ?がすごく気になるので改善されると嬉しい。
バーチャル空間の情報量が多すぎると，集中力が散漫してしまう可能性がある。
システム構築や運営に大きなコストがかかりそう。
操作に慣れるのに時間がかかる。
安定した通信状況が必須であり，通信状況によっては十分な体験が損なわれる可能性がある。
対面講義ならではの良さ（集中力の維持，表情が確認できるコミュニケーション，グループワークや実験，一体感，規則正しい生活リズム）があるため，XRCC だけに依存せず，対面授業とバランスよく実施していく必要がある。
バグが気になりました。上昇したアバターは画面に留まらずに上下に動いてしまう点が集中力に影響があると感じました。

3.3　外部講師による XR 空間内でのセミナー開催

XRCC システムの応用可能性を探るため，学外の研究者との連携によるセミナーを開催した。2023 年 10 月 5 日には，横浜市立大学国際総合科学群の小島伸彦氏を招聘し，「肝臓をつくる方法，研究者になる方法」と題した XR 空間内でのセミナーを実施した。

本セミナーの特徴は，専門的な学術内容（機能的人工肝臓の開発）と，研究者としてのキャリア形成という二つの異なるテーマを,XR 空間という新しい環境で提供した点にある。赤木研究室と小島研究室の学生がアバターとして参加し，研究室間の垣根を越えた交流が実現した。特に学生からは「異なる研究室の学生と気軽に交流できた」「研究者のキャリア形成について理解が得られた」との感想が寄せられ,XR 空間が従来の研究室セミナーの制約を超えた学術交流の場として機能することが示された。

3.4　社会連携活動としての XR 教育の展開

XRCC システムの社会的意義を検証するため，2023 年 7 月および 2024 年 7 月のオープンキャンパスにおいて「細胞内空間」を一般公開した（図 3）。会場にノートパソコンと大型モニターを設置し，来場者が XR 空間を体験できる環境を整備した結果，多くの高校生や保護者が体験に参加し，行列ができるほどの関心を集めた。参加者からは「細胞の中にアバターとして入室できる体験が新鮮だった」「生命科学の学びに対する興味が高まった」などの肯定的な反応が多数寄せられた。

図 3　オープンキャンパスでの様子

特筆すべきは，オープンキャンパスで XR 空間を体験した後に入学した学生が，正規講義で再び同じ空間を体験した際に「オープンキャンパスでも細胞内空間を見たが，講義でも改めて見ることができて良かった」という声もあった。オープンキャンパスから入学後の講義まで記憶に残っていたようだ。これは XR 教育コンテンツが単なる教育ツールであることに加え，本学への進路選択にも影響を与える可能性を示唆している。

4.　考察

4.1　XR 教育空間の教育効果と学習体験の質的変化

学部講義および大学院講義における XRCC システムの導入は，大きな学習効果をもたらした。特に「細胞内空間」を活用した生命科学教育では，タンパク質リン酸化によるシグナル伝達という抽象的概念の理解度向上が示唆された。学生アンケートからは「自分が細胞の中に入って構造を実際に見ることで想像しにくかったことを理解しやすくなるだろうし，何よりロマンがあって面白かったです」という声が寄せられており，これは微視的な生命現象の空間的理解において特筆すべき効果を示している[3)]。

さらに注目すべき点として，学生の能動的参加意識の向上である。「アバターを自分で動かして，授業スライドとの距離や角度を選べる」という意見に見られるように，XR 空間での学生は従来のオンライン授業における受動的な視聴ではなく，能動的に空間を探索する主体へと変化している。またオープンキャンパスでの活用事例からは，XR 教育空間が単なる知識伝達の場を超え，進路選択にも影響を与える可能性が示唆された。

4.2　XRCC システムの技術的課題と改善点

一方，XRCC システムには技術的課題も明らかになった。学生アンケートからは「操作に慣れるのに時間がかかる」「他の人のアバターが上下に動くバグが気になる」といった指摘があり，システムの安定性と仕様の向上が課題である。特にアバターの誤動作は学生の集中力を妨げる要因となり得るため，改善が必要である。また大学院講義の事例で一部の学生のノートパソコンスペックの問題から入室困難だったケースがあったように，XR 教育の普及には，ハードウェア環境の格差への対応が不可欠である。こうした課題に対応するため，大学院の講義では大型モニターでの共有も実施した。これは教育的機会の均等性を担保するための配慮として重要である。特に様々な経済状況の学生が共存する大学環境においては，技術格差が教育格差に直結しないよう配慮することが教育 DX 推進において欠かせない視点である。

4.3　メタバース空間での教育的コミュニケーションの特性

XR 空間におけるアバターを介したコミュニケーションには，従来の対面・オンライン教育とは

異なる特性が挙げられる。具体的には，自分とは全く違う見た目のアバターを作ることができるため，精神的または身体的に悩みを持つ方でも参加しやすくなる可能性が挙げられる。アバターの匿名性は心理的安全性を高め，コミュニケーションの障壁を低減する効果があると言える。これは，学生の多様な特性への対応という観点からも重要である。特に社会的コミュニケーションに困難を感じる学生や，様々な理由から対面での大学生活に適応しづらい学生にとって，XR 空間は新たな参加形態を提供する可能性がある。本学においても，友人関係の構築に困難を感じる学生や，通学に心理的ハードルを感じる学生が一定数存在している。こうした学生に XR 空間での授業参加という選択肢を提供することは，中途退学リスクの低減にも寄与する可能性がある。

さらに注目すべきは，XR 空間が持つインクルーシブ教育の可能性である。本学では 2023 年にダイバーシティ&インクルージョン宣言したところである [4]。身体に障害のある学生にとって，アバターを通じた参加は物理的制約から解放される経験となる。現実世界では移動や姿勢保持に困難を抱える学生も，XR 空間内では健常者と同様に自由に「飛び回る」ことができる。これは単なる移動の自由を超え，教育現場での平等性の実現につながる可能性を持つ。また，外見的特徴に起因する偏見や先入観の影響を軽減し，純粋な知的交流を促進する効果も期待できる。また，アバターを通じた交流は，メタバース空間が単なる情報伝達の場ではなく，「共在感」を醸成する社会的空間として機能することを示している。これは従来のビデオ会議システムでは得られなかった価値であり，特にポストコロナ時代の教育において重要な意義を持つ。

5. 今後の展望

本取組みで開発・実践した XRCC システムは，教育 DX の一つの方向性を示すものである。特に学生の声にあった「対面講義ならではの良さがあるため，XRCC だけに依存せず，対面授業とバランスよく実施していく必要がある」という意見は重要である。XR 教育は従来の教育手法を置き換えるものではなく，それぞれの特性を活かした相補的な活用が望ましい。

外部連携セミナーの事例が示すように，XR 空間は物理的距離を超えた研究交流の場としても機能する。これは特に地方大学や国際連携において重要な意義を持ち，研究室間・大学間連携の新たな可能性を開くものである。

さらに現在，本取組みの発展として，ブラウザベースの XRCC システムに加え，ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を装着して細胞内空間を全方向から体験できるシステムの開発を進めている（図 4）。

図 4　HMD を利用した様子

この新たなシステムでは，視覚のみならず身体全体で細胞内環境に没入する体験が可能となり，よ

り直感的で深い学習体験の提供を目指している。

また予備的な検討から，XRCC 空間でグループワークを実施した学生の集中度に関する脳波（前頭部 Fmθ 波）が高くなる傾向が見られた。このような脳波増強は，学生自身の自己評価に関わらず観察された。今後，実空間と XRCC 空間の比較検討を深められれば，より XRCC 空間の学習効果を評価できると考えられる。

本取組みを通じて，メタバース技術を活用した教育は，単なるデジタル化を超えた「教育のトランスフォーメーション」をもたらす可能性が示された。今後も技術的課題の解決に取り組みながら，多様な学生のニーズに応える包括的な教育環境の構築を目指したい。

参考文献

1) 文部科学省.（2022).「ポストコロナ期における新たな学びの在り方について（第十二次提言)」.
https://www.mext.go.jp/content/20210615-mxt_koutou01-000016013_7.pdf
（アクセス日：2025 年 4 月 28 日）

2) MPUF XR Conference Cloud.
https://meta.mpuf.org/
（アクセス日：2025 年 4 月 28 日）

3) 赤木紀之，田村かおり，枷場博文：XR 空間を活用した生命科学教育の実践（投稿中).

4) 福岡工業大学ダイバーシティ&インクルージョン宣言.
https://www.fit.ac.jp/daigaku/syokai/diversity
（アクセス日：2025 年 4 月 28 日）