

ユーザ参加型空間共創 XR 技術

— 生徒目線からの居心地のよい教室デザイン事例 —

国立研究開発法人 産業技術総合研究所人間社会拡張研究部門主任研究員 大山潤爾

1. はじめに

VR (仮想現実) や MR (複合現実) といった XR 技術の発展により、マンション建設などでは、建築前に部屋の CG コンテンツを作成し、その室内にヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いて没入することで、間取りだけでなく、照明や設備から、内装、時間帯ごとの日照などを確認できるようになりつつある。近年は、“自分らしい” “自分だけの” 空間をデザインできることに価値が見いだされる時代になり、過去と同じデザインや他と同じデザインはネガティブな評価になる可能性が増加している^{1, 2)}。一方、新しいデザイン、個性的なデザインで設計することで、受け入れられない、想定外のネガティブな評価を受けるリスクがある。同じものを作ることが空間のデザインが消費者のニーズに合っていることが重要だが、ユーザ自身も明確なイメージを持っていないことも多い中で、ユーザニーズを正しく把握することや、ユーザの満足するデザインを提供することは簡単ではない。そうした中で、XR 技術を用いて、建築前に完成した空間をユーザが体験できることは、設計の効率化と新しい設計に挑戦するリスクの低減に有効である。著者は、こうした、空間や街の設計において、設計段階から VR の仮想空間や、仮想の CG を現実世界に重畳させた MR 空間での利用者との共創を進める空間共創 XR 技術を提唱してきた^{3, 4)}。本稿では、主に、角川ドワンゴ学園と共同で実施した『生徒目線からの居心地のよい教室』の研究事例を紹介し、最後に、複数企業とのコンソーシアム “拡張体験デザイン協会”⁵⁾ において進めている顧客の視点から考える VR 商業施設を用いた商業施設での買い物体験の設計評価の研究や住民と共創する街づくりの計画についても簡単に紹介する。空間共創 XR 技術により、設計者とユーザの間で完成

ビジョンを共有しながら進めることで、利用者に理解が得られないリスクを低減し、効率的に設計開発を進めることができる。さらに、設計段階で利用者の意見が反映しやすくなることで、提供者と利用者という枠を超えて共創し、完成時の理解や愛着、エンゲージメントを上げることができ、利用の促進にもつながると期待できる。

2. 生徒目線で考える居心地のよい教室デザイン

(1) 学びの空間のあり方

近年、個性の尊重や多様性への配慮が重要な社会課題と捉えられており、教育においても個人の特性に合わせた多様な学び方、個性を伸ばせる教育が求められている。デジタル教材を活用した学習のパーソナライズなど、生徒の理解度に合わせた学び方が検討されている。学びの空間である教室についても、画一的な教室のイメージの見直しが検討され、特色ある学校づくりが増えてきている⁶⁾。しかし、多くの場合は、生徒や先生の意見を参考にしながらも、生徒自身が実際の教室のデザインに関わることは少ない (例えば、広島県福山市立想青学園中学校の教室に併設したクラスブースの壁紙を生徒が選定した事例⁷⁾ や、日枝小学校の子供たちのアイデアで家具などを実際に購入したり配置してカームダウンハウスを設置した事例⁸⁾ などがある)。その理由は二つあると考えられる。一つは、生徒が、図面や書類から完成をイメージして設計についての意見を出すことが難しいため、もう一つは、予算や強度設計など実現可能性を考慮したアイデアを提案しにくいためである。生徒が、具体的な教室全体の設計に関わるためには、実際に教室に居ながら、教室の形状、天井の高さから、什器のレイアウト、壁紙や照明などを、さまざまに変更して体験しながら、アイデアを出すことができ

ればよいが、そのようなことは現実環境では不可能である。

そこで、著者は、独自に開発した VR プラットフォーム *Xperigrapher*^{® 9)} による、利用者が主体の空間の共創デザインと評価の手法と知見を応用し、VR 空間において、生徒の自由な発想で、生徒にとっての居心地のよい学びの空間について調べた。提案する空間共創 XR 技術のメリットは、前述の利用者の設計への参加を困難にしている二つの障壁を超えて、参加者が実際の空間や空間の利用場面をイメージしながらアイデアを出すことができる点にある。具体的には、実寸大の教室空間に没入して、実際に授業を受けている体験をイメージしながら設計を検討でき、設計の変更が簡単であり、共創メンバーとの具体イメージの共有が容易にでき、そして、重力応力や建築基準などを一旦気にせずに自由な設計を安全に体験できるというメリットがある。

生徒のアイデアを反映した居心地のよい教室デザインは、最終的には、現実教室として実現する、または、その要素を反映していくことを目指しているが、一方で、生徒が VR 空間に入り、VR 空間の教室で授業を行うことも広まりつつある。そこで、実際に VR での授業を実施している角川ドワンゴ学園の協力を得て、共同で、生徒の目線で考える居心地のよい教室デザインの共創を実施した。

(2) 方法

角川ドワンゴ学園が運営する N 高等学校および S 高等学校の生徒を対象に、空間デザインやダイバーシティに興味を持つ生徒 9 名が参加する 3 日間のオンラインワークショップを開催した。参加生徒は 3 つのグループに分かれ、それぞれが日々実際に教室で授業を受けている高校生ならではの視点を活かしながら、生徒目線で理想的な教室空間のデザインを検討した。参加生徒は女子 6 名、男子 3 名

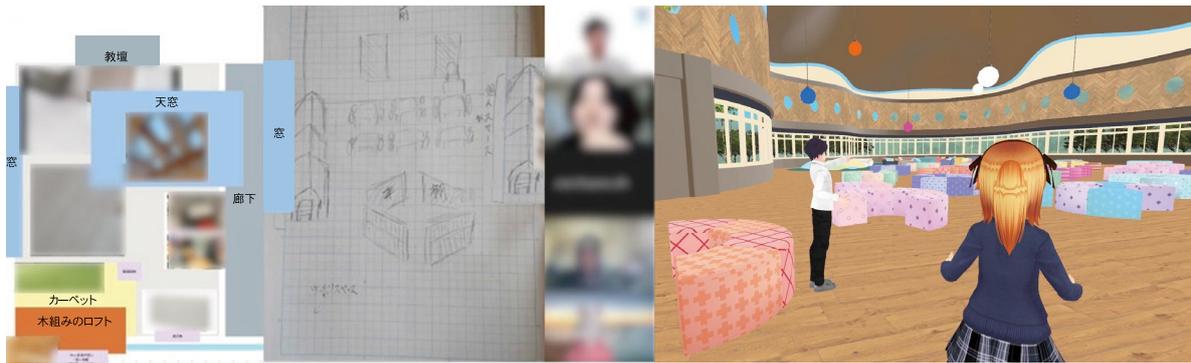


図-1 左：オンラインワークショップの様子（肖像権と著作権の問題から、一部にモザイクを入れています。）右：空間共創XRプロトタイプ

であり、居心地のよい教室デザインに性差がどの程度影響し得るかを検討することを想定し、同性のグループ（A班、B班は女子グループ、C班は男子グループ）とした。ただし、このグループ分けは、生徒のジェンダーアイデンティティなどを聞いたものではなく、学籍登録上の性別であり、6名と3名の少ないグループであるため、各班が、女性や男性の代表的あるいは典型的なグループであるということとはできない。また、性別と無関係に個人特性や価値観に近い可能性もある。一方、現在の教室の設計の原型は明治時代の教室の設計を踏襲しており⁶⁾、当時の就学児は男子が圧倒的に多かった¹⁰⁾ことから、教室の設計は、男子に合わせた設計が基盤になっている可能性が考えられる。本研究では、そうした現代と異なる文化や価値観で主に男子を対象として検討されている教室が、女子生徒に不利な環境になっていないか、学びの空間設計のジェンダー・イノベーションが必要となる可能性を考慮し、性別について注目したが、最終的には性別以外の多様性も含めて、教室のどのような設計要素について、どのくらいの範囲の個人差、多様性が見られるか、を解明し、性差などによらず、多くの生徒が受け入れやすい設計の検討をすること、そして、それでも居心地が悪いと感じる生徒がどのくらい居そうで、そうした生徒にとってどのくらいネガティブであるか、どうしたらそれを補えるか、を具体的に検討できるようにすることを目指している。そうした狙いから、参加生徒には、一般的な誰かに対してではなく、自分と同じ班の2人が、居心地よいと思うデザインを考えてもらうように説明し、完成までほかの班の内容は見ないように伝えた。これ

により、多様な生徒の意見を平均化することなく、居心地のよい学びの空間の班ごとの個性や価値観の違いが、なるべくデザインに反映できるように留意した。

各班の生徒は、説明を受けたあと、「自分にとっての居心地の良い空間」について、ワークショップ形式で同じ班の中で議論しながら、コンセプトをまとめていった。その後、コンセプトに合う製品や空間の画像をインターネットで検索し、イメージを共有しながら、「空間の形状」「壁や床のテクスチャ」「椅子・机のデザイン」「照明」などの教室の構成要素のアイデアを具体化していった。また、教室の基本機能として、複数の椅子と机があること、という条件設定した。各グループの議論には、著者と角川ドワンゴ学園の教員やスタッフが同席し、コンセプトの確認と教室構成要素の中で検討されていない要素があれば質問した。大人から内容についての意見は言わないようにしていた。図-1左にオンラインワークショップの様子を示す。

初期の話し合いにおけるコンセプトと具体的な教室要素のアイデアを受けて、㈱ドワンゴの協力のもとで、バーチャル空間上に3種類の教室を再現し、プロトタイプを開発した。プロトタイプは、ソーシャルメタバースのバーチャルキャスト¹¹⁾上にアップロードされ、生徒たちは、自宅などの各自の端末から教室に没入し、空間共創XRプロトタイプを行った。その際、同調圧力がかけられにくく、生徒一人一人の率直な意見を出しやすくするために、各生徒は、最初に、他のメンバーとは話をせずに、その教室で授業を受けているところをイメージしながら確認し、どのくらいコンセプトが反映されているか評価と、イメージと異

なっている点の修正案や、コンセプトをより反映するためのアイデアを、質問紙に入力した。その後、班のメンバーで、お互いの記入した意見や印象を共有し、プロトタイプからのデザイン修正案について話し合った。その後さらに、修正アイデアを反映し、生徒は再度教室に没入し、デザインを確認した。

(3) 結果と考察

開発した3つの教室の主なデザインコンセプトと画像を表-1に示す。

本開発においては、3班、別々に「自分にとっての居心地のよい教室」を考えたにも関わらず、共通するテーマが見られた。一つは、リラックスする空間である。全ての班が、学ぶ＝集中できる環境、という発想から、集中するためには、リラックスできる時間も必要という考えに至っていた。もう一つの共通点は、平均を取らずに、個性的な要素を残そうとしていた点である。誰でもあっても、さまざまな生徒の個性や価値観に合わせた教室を設計したいと考えるが、複数の意見が出た時に、それらを包含する、または、それらに共通する1つの空間を考えていく方向性が一般的だろう。しかし、3班は、それぞれ、個性を残したいという考えに至り、A班は、個性を出せる掲示板の存在を重視し、B班は、椅子の形やテクスチャが選べるデザイン、C班は、リラックススペースを複数のエリアに分割するなど、個性的な要素を残そうとしていた。また、A班とC班では、一人で学べる空間が欲しいという点も共通していた。コミュニケーションが広がる場や共に学ぶ場として開かれた教室の設計が広まることで、もしかすると、一人になって集中できる空間が減少していることがこうし

表-1 生徒たちが考える居心地のよい教室のコンセプトと開発したVR教室

<p>A班 (女子3名)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 授業を受けるスペースは、天井が高く落ち着いた空間がよい ・ リラックスするスペースが同じ空間内に欲しい ⇒教室後部に靴を脱いで上がる小上がりやロフトを設置 ・ 個人で作業に集中するスペースが欲しい ⇒教室の一部に、パーティションで区切られた個人スペースを設置 ・ 他の生徒のを知り、会話のキッカケになる個性の現れた掲示が欲しい ⇒教室後部の壁に生徒が自分のことや好きなことを掲示するスペースを設置 	
<p>B班 (女子3名)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 画一的で椅子や机が整然と揃えて並べられた空間は居心地がよくない ⇒天井や壁に曲線を多用した広い空間 ⇒自由な場所を自由な形にパーティションで区切って教室にする ⇒生徒の個性やその日の気分に合わせて選べるバリエーション豊富な机や椅子 	
<p>C班 (男子3名)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 集中するための部屋と、リラックスするための部屋を分ける ・ 授業を受ける部屋と別に、個人学習用のカウンターのある部屋を設置 ・ リラックスする部屋は、ツリーハウス形で滑り台などがあり遊び心を刺激する ・ リラックス部屋も、ゲームしたい人、運動したい人、などに合わせて、エリアが分かれている 	

たアイデアにつながっているのかもしれない。本結果は、あくまで、3名1グループが3組の少数の生徒の意見であり、生徒たちにも、他の生徒のことは考慮せず、自分が居心地の良い教室を考えてもらっているため、これら3つの教室が、多くの生徒にとって有効な教室のデザインであるかどうかは説明できない。しかし、「リラックスできるスペース」「多様な個性を残したスペース」「一人になれるスペース」というテーマは、生徒たちの視点から望まれる居心地の良い教室の重要な要素である可能性が考えられる。

一方、3班で、異なるアイデアも多数見られた。例えば、共通するリラック

スできるスペースについても、A班は、教室の中をエリアに分けたいと考え、C班は、完全に部屋を分けたいと考え（当初の議論では、建物自体を分けたいという話もあった）、B班は、全体的にリラックスできる広い空間の中に、必要に応じた教室の空間を作るという考えに至っている。環境の変化の感じ方や気持ちの切り替えの方法には、個人差があり、人によって、得意不得意が異なる。つまり、どのような空間設計が、集中とリラックスの切り替えをしやすくするには、個人差があり、共通の設計では、一部の生徒にとって、気持ちの切り替えが難しい教室デザインになっている可能性が考え

られる。もう一つ興味深い点は、A班やC班のシンプルで整然とした空間が良いという意見のほかに、B班のように規格化された机や椅子が整然と並ぶ空間は居心地が悪いという意見があったことである。B班の開発過程では、空間の1か所に同じデザインの椅子だけが集まっていた点がコンセプトと合わないという話になり修正した。これは、一見すると、集中とリラックスの空間を分けるような、空間を目的に合わせて設計するという発想と相反するが、自然環境は、同じ種類同じサイズの植物が等間隔に並んでいないが、1つの統一感のある落ち着いた空間であることは理解できる。全ての班で

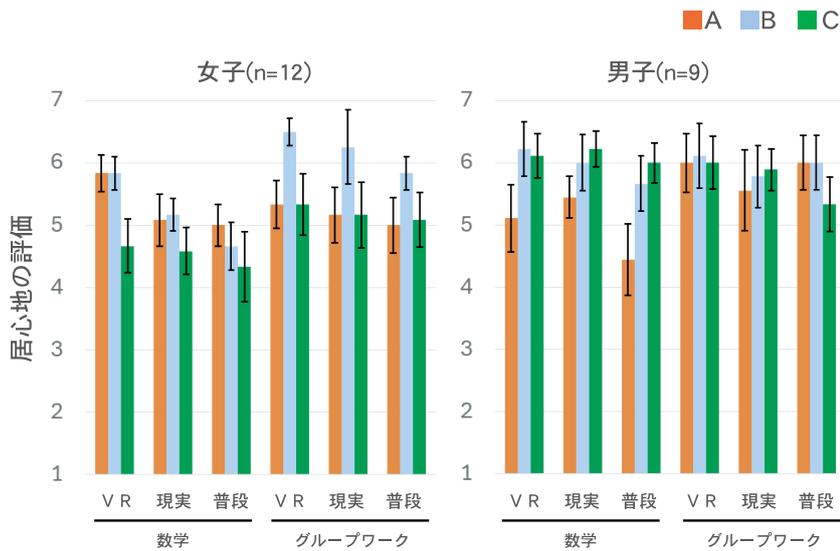


図-2 居心地の評価

同意見であった点ではないが、生徒にとっての居心地の良い教室デザインの多様性を考える上で、新しい観点になってくるかもしれない。

(4) 評価

3つの教室デザインについて、中高生に実際にヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着し、教室の居心地を検証した。実験は、つくば国際会議場の主催する中高生向けのイベント『つくば Science Edge』の中で、イベントに参加した中学生と高校生(13~17歳)の男女を対象に行った。実験参加者は、3つの教室デザインに1つずつ没入し、最初の1分間は、教室の座席に座るような位置から授業を受けているところをイメージしながら確認し、その後1分間、教室内を自由に確認し、ヘッドマウントディスプレイを外して、その教室に関する6つの質問に回答した。質問は、VR内で授業を受ける教室が対象の教室であった場合の居心地(図-2の“VR”)と、現実の学校の教室が対象の教室であった場合の居心地(図-2の“現実”)についての7段階評定(1=居心地よくない:7=居心地よい)と、現実の普段利用している教室と比較した居心地(図-2の“普段”)の7段階評定(1=普段の教室が居心地よい:7=今見た教室が居心地よい)であり、数学の授業で先生の説明を聞いて学ぶ場合と、他の生徒と話し合い、意見を出し合うグループワークで学ぶ場合のそれぞれについて質問した。完全な

回答を得られた女子12名、男子9名の結果を図-2に示す。グラフは男女それぞれの平均値を示し、エラーバーは標準誤差を示す。

結果から、全ての教室デザインの全ての質問について、評価の平均は、居心地の良さの7段階評定の間である4よりも大きく、どのデザインも居心地がよいと評価された。また、普段利用する教室との比較でも、評価の平均値が4より大きかったことから、普段利用している教室よりも居心地がよいと感じたことが示された。一方、個別に見ると、性別と授業の種類によって、デザインごとの評価が異なっていた。女子では、B班の教室の評価が、グループワークにおいて高く、数学の授業においては、A班とB班のデザインの評価が高かった。C班のデザインは相対的に低かった。一方、男子では、B班とC班の教室デザインの評価が全体的に高く、数学の授業におけるA班の教室の評価が相対的に低かった。男子グループがデザインしたC班の教室は女子の評価が低く、女子グループがデザインしたA班の教室は男子の数学の授業に置いて評価が低かったことは、居心地の良い教室のデザインに性差がみられる可能性を示唆した。

3. まとめ

実際の空間や施設を建築する前に、利用者とともにVR空間で完成イメージを体験し、利用者の意見を受けて修正していくことで、利用者とともに空間を創っ

ていく、空間共創XR技術を用いて、居心地のよい教室のデザインを、利用者である生徒自身がユーザ視点で開発し、その多様性と共通要素について検討した。

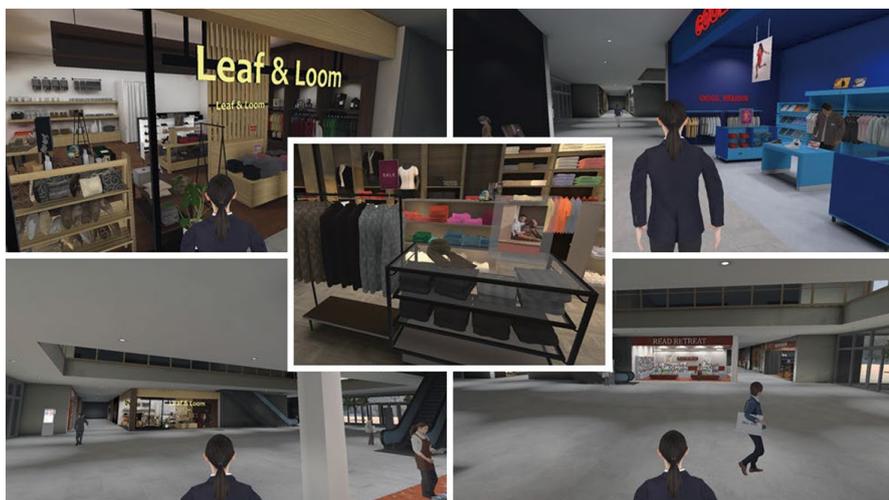
今後は、さらに多くの生徒に対して、開発した教室デザインの居心地の良さを調査分析し、効果的なデザイン要素は、メタバース空間内での新しいVR教室デザインとして活用していくことを計画している。また、現実の教室にも応用可能な要素は、現実世界の学校の建設や改修にも活用していきたい。

さらに、ダイバーシティとジェンダード・イノベーションの観点から、男子生徒中心の教育であった頃から大きく変わっていない教室デザインが、女子生徒を含めた多様な生徒にとっての居心地のよい環境であるかという観点から、教室の居心地評価の性差についても検証することを計画しており、ダイバーシティ社会で多様化する生徒のニーズに応える新しい学びの空間のあり方を提案していく。

4. 展望：商業施設・街づくりへの応用

本稿では、空間共創XR技術の実践事例として、教室デザインの検討例を中心に紹介したが、この技術の応用先は、教室デザインに留まらない。著者は、“拡張体験デザイン協会(DAAX)”⁵⁾という産学官コンソーシアムを立ち上げ、複数の企業とともに、利用者が主役の商業施設や街づくりへの応用を進めている。商業施設においては、DAAXの正会員企業とともに、VR実証フィールドとしてのVRショッピングモールコンテンツを開発した(図-3)。

このコンテンツは、実際のショッピングモールのサイズに合わせながらも、施設全体を左右対称として、各店舗も同一サイズで配置を入れ替え可能な構造として、現実では検証が難しい、評価検証に適したVR内での合同実証実験フィールドである。著者はDAAXのメンバーとともに、このショッピングモール環境を開発し、その中で、商品を探検する、顧客の買い物体験分析を行い、現実の商業施設と同様の買い物行動が見られるとともに、現実の買い物行動では計測や評価が難しい認知行動データを把握できることを示し、国際的な評価を得ている¹²⁾。このVRショッピングモール実証フィールドコンテンツは、誰もが利用できる共通の商業施設における消費者の行動実験用



図ー3 VR実証実験用の標準ショッピングモールコンテンツ

環境として、GitHubにて無料で公開している (<https://github.com/daax-jx/virtual-proof-of-concept-field-commercial-complex/releases/tag/daax-vr-poc>)。現在、DAAXでは、そのVRショッピングモールで、MR（複合現実）技術を使った、商品までのナビゲーションデザインを開発し、VR内で設計開発したMRナビゲーションデザインの有効性を、現実環境で実証する計画を進めている。

さらに、空間共創XR技術は、市町村や国が進める、公共施設や工場などの開発や、環境の整備、街の再開発などの街づくりにおいても有効である。例えば、ある自治体が管理する山にソーラーパネルの発電施設の設置を検討している場合、自治体の書類や図面、イメージ図では、住民は完成時のイメージがつきにくく、そのイメージの齟齬が、開発中や開発後に住民の理解を得にくい問題につながっている。VRで事前に施設のモデルを作成し、それを予定地に重ねたVR実証フィールドや、現実の建設予定地にMRで施設モデルを重ねて表示することで、住民と市の職員と建設関係者が、建設前に建設後のイメージを共有できることで、漠然とした不安や、イメージの齟齬を低減し、住民と共に街づくりをしていくことで、住民の意見を反映しやすく、住民が主体の街づくりが可能になる。現在、いくつかの自治体と、空間共創XR技術を応用した市民目線の街づくりを検討している。

謝辞

教室デザインにご協力頂いた、角川ドワンゴ学園の生徒の皆様にご感謝申し上げます。共創ワークショップや体験会の実

施にご協力頂いた、角川ドワンゴ学園の氏原慎吾先生と佐藤将大先生を初めとする先生方、プロトタイプ制作にご協力頂いた(株)ドワンゴの皆様、居心地の評価にご協力頂いたつくば国際会議場の皆様とつくば Science Edge の参加学生の皆様に感謝申し上げます。

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費助成事業（科研費）「メタバースにおける身体リアリティと自己概念の相互作用に関する認知心理学的研究」（課題番号JP23K25758）の助成を受けて実施されたものである。

【参考文献】

- 1) Tian, K. T., Bearden, W. O., & Hunter, G. L. (2001). Consumers' need for uniqueness: Scale development and validation. *Journal of Consumer Research*, 28(1), 50-66.
- 2) Al-Tarazi, D., Sara, R., Redford, P., Rice, L., & Booth, C. (2025). An architectural insight into the role of personalisation of homes and its effects on residents' psychological well-being. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 19(3), 485-506.
- 3) 大山潤爾 (2023). VR評価実験プラットフォーム Xperigrapher® と体験デザインへの応用事例. *バイオメカニクス学会誌*, 47(3), 160.
- 4) 大山 潤爾 (2025). 認知サイバネティクス. XR産業応用, 第3章, 第5節, pp. 207-213. サイエンス&テクノロジー. ISBN 978-4-86428-338-0
- 5) 拡張体験デザイン協会 (2025). 拡張体験デザイン協会公式ウェブサイト. 産業技術総合研究所 https://unit.aist.go.jp/rihisa/daax/d_cns_overview.html
- 6) 文部科学省 (2021, 8月18日). 新しい時代の学びを実現する学校施設の在り方について (中間報告) (「学校施設の在り方に関する調査研究協力者会議 新しい時代の学校施設検討部会」) https://www.mext.go.jp/content/20210818-mxt_sisetuki-000017265_2.pdf
- 7) 文部科学省 (2024, 9月11日). ウェルビーイング向上のための学校施設づくりのアイデア集 [PDF] https://www.mext.go.jp/content/20240911-mxt_sisetuki-000037979_13.pdf
- 8) (株)ロフトワーク (2025, 5月7日). 未来の学校施設の活用を“みんな”で考える. 文部科学省の共創プラットフォーム「CO-SHA Platform」の歩み [ウェブページ] <https://www.loftwork.com/jp/project/cosha-platform/interview>

- 9) Ohyama, J. (2021). Xperigrapher: Social-Lab Experimental platform to evaluate experience in cyber physical society. *Transactions of Japanese Society for Medical and Biological Engineering*, (Proc), 811-813.
- 10) 文部科学省 (2021). 令和3年度 文部科学白書. 令和3年度文部科学白書編集委員会 (編). (令和4年7月19日公表) https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab202001/1420041_00010.htm
- 11) バーチャルキャスト. (n. d.). バーチャルキャスト公式サイト [ソフトウェア/ウェブサービス]. VirtualCast, Inc. Retrieved 2025年10月21日, from <https://virtualcast.jp/>
- 12) Ohyama, J., Otsuki, M., Tanaka, H., Watanabe, K., Meguro, S., Miura, S., ... & Mochimaru, M. (2024). Evaluation of a Concept of Developing Daily Experience Database Using Virtual Proof-of-Concept Experiment in Shopping Use Case. (Best Poster Award)