



XR STATION: 大学環境を使用した AR と VR を連続的に融合させた

空間整合型 XR ゲームコンテンツの制作

XR STATION: Creation of Spatially Consistent XR Game Content
that Continuously Integrates AR and VR Using the University Environment

韓 旭¹⁾, 小野 龍一¹⁾, 大野 篤史, 大谷 泰斗, 串山 久美子¹⁾

Xu HAN, Ono RYUICHI, Oono TAKUSHI, Ootani TAITO and Kumiko KUSHIYAMA

1) 東京都立大学大学院 システムデザイン研究科 (〒 191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

概要: 実世界との対応が重要な AR コンテンツと、実世界の制約を超えた体験が可能な VR コンテンツとの連続した体験が可能な展示手法を利用し、「XR STATION」と題した AR と VR を融合させた XR コンテンツを制作した。また、実空間を使用したオープンキャンパスで体験公開し、その有効性を示した。

キーワード: 拡張・複合現実, 空間整合型, 大学環境

1. はじめに

近年、コンピュータ技術の進歩により、観光地や博物館といった場所は魅力をさらに引き立てるために、実世界の制約を超えた体験が可能な仮想現実 (VR) コンテンツと、実世界との対応が重要な拡張現実 (AR) コンテンツの制作と研究が進められている。例えば、VR を利用したコンテンツについて、提案された画像ベースのレンダリングシステムは、現場感を提供し、放送ビデオ解像度以上のインタラクティブでフォトリアルなツアーをパーソナルコンピュータで可能にする [1]。AR を利用したコンテンツについて、過去の写真を現在の風景の上に重ねる AR システムを開発し、観光への応用の可能性を検証した [2]。また、VR と AR という二つの独立した領域を融合させ、連続した体験を可能にする複合現実 (MR) コンテンツの制作と研究が進行している。例えば、博物館では、AR と VR を組み合わせ、タブレットを使用してコレクションや崩壊した建物を視覚化し、最終的にはユーザーが自身の体を用いて VR 空間を移動できる体験を提供している [3]。そして、近年第 5 世代移動通信システム (以下 5G と略す) のサービスが開始され、データ通信という通信手段にとどまらず、社会課題の解決や新たなビジネスの創出の役割が期待されている。XR 分野において、5G の「大容量」、「高速」の特徴により、従来のコンテンツより高画質で低遅延の体験が期待されている。そこで、本研究では、ローカル 5G を利用した基盤技術の応用として、現実世界から AR、AR から VR へ、フィジカルな実際のキャンパス空間を使用した XR (クロスリアリティ) 体験を作ることを目的とした。本稿では、大学キャンパスを「駅」に見立て、異世界が広がるというイメージのもと XR

コンテンツを制作した。また、制作したコンテンツは大学のオープンキャンパスの公開により動作確認を検証した。

2. 関連研究

Imura[4] らはビデオコンテンツとして記録されたイベントの空間的拡張を再現するシステムを提案した。このシステムは、ユーザがカメラオペレータと同様に動くことを促し、ビデオ空間を自由に観察する体験を可能にする。ユーザが現実のオブジェクトに画像を重ねると、ユーザの動きに関連したビデオコンテンツのフレームが表示される。さらに、システムによりユーザがカメラオペレータと同じ動きをするため、画像コンテンツのフレーム位置を用いたユーザの動きの誘導技術を提案した。横矢ら [5] は、テレプレゼンスと拡張現実感を組み合わせることによって時空を超えた情報提示を実現する拡張テレプレゼンスシステムを開発した。このシステムにより、ユーザは視線変更により、平城宮の上空を飛んでいる感覚で、AR シーンを自由に見回しながら往時をバーチャル体験することができる。しかし、これらの研究では、AR から VR の移り変わりや AR から VR の移り変わった時の VR コンテンツと現実空間の空間的整合性に着目していないため、ユーザが XR コンテンツを体験する際に違和感が生じる可能性が考えられる。そこで、私たちはローカル 5G 通信が可能な東京都立大学日野キャンパス環境を用いて、AR から VR への移行でも違和感がない XR 体験を提案し制作した。

3. XR ゲーム制作と体験公開

3.1 システム要件

AR から VR への違和感なく移り変わる XR コンテンツを実現するためには、AR から VR へ移り変わった世界の構造が現実の体験空間の構造と一致する必要がある。また、ユーザが特定地点に到達した際に即座 AR から VR に移り変わる、VR 世界に適応する時間が必要となり、これが違和感を生む可能性がある。したがって、現実世界から AR 世界、AR 世界から VR 世界の橋渡しする必要がある。そして、視覚情報の提示だけでなく、ユーザが VR 世界にいるかのように感じさせるためには、世界観を表現する空間音響を実装する必要がある。さらに、VR 世界での臨場感を向上させるためには、高画質で低遅延の通信環境を構築する必要がある。以上理由から、提案した XR 体験のシステム要件を以下にまとめた。

- VR 世界の空間的整合性
- 現実世界と VR 世界の橋渡し
- VR 世界での空間音響
- VR 世界で高画質で低遅延の体験

3.2 XR ゲームの制作

本研究では、東京都立大学日野キャンパス 4 号館の入り口から吹き抜きの場所までの空間（以下現実大学空間と略す）を利用し XR コンテンツを制作した。XR コンテンツの制作には、一般的に XR コンテンツの開発に広く使用されている Unity(2019.4.16f1) を使用した。

提案システムは VR 世界の空間的整合性要件を実現するために、モバイル端末や AR ゴーグルのカメラを常に動作させる必要がある。そのため、本研究では、ARFoundation フレームワークが提供する AR カメラと Unity の VR 世界をキャプチャして表示するカメラのレンダリング順序を切り替えることで、AR から VR への移り変わりを実現した。そして、モバイルデバイスや AR ゴーグルで現実空間をマッピングして位置合わせをする VPS (Visual Positioning System) のクラウドサービス (IMMERSAL[6]) を利用し、VR 世界の空間的整合性を実現した。なお、現実大学空間の構造と一致する VR 世界の作成について、私たちは VPS のクラウドサービスが位置合わせのために取得した点群データ (図 1,2) に基づいて作成した。

現実世界と VR 世界の橋渡し要件を実現するために、ルイス・キャロルの「不思議な国のアリス」の物語で書いて

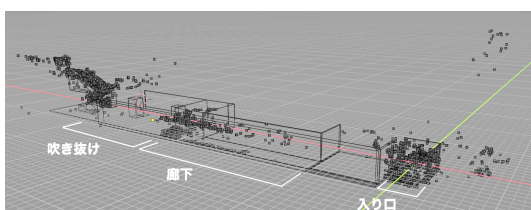


図 1: 点群データ

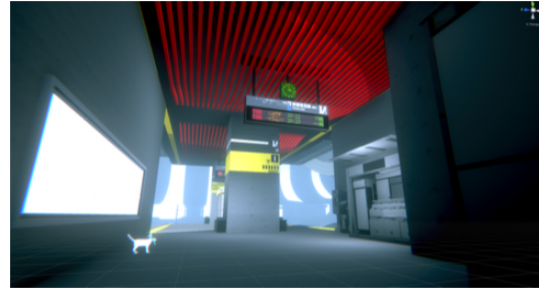


図 2: VR 世界 (吹き抜きの CG モデル)

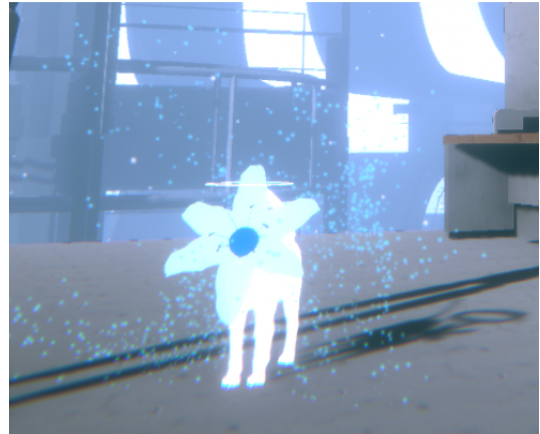


図 3: 猫キャラクタ

ある白うさぎを追いかけるシーンを参考し、図 3 に示すような猫に似た動物のバーチャルキャラクタ（以下猫キャラクタと略す）が案内役になっており、自然と導かれる演出をしている。また、猫キャラクタによる経路案内は Unity の NavMesh という 3D モデルをある目的地まで移動させたり、細かい道順を設定したり、障害物を避けて移動させることができる機能を利用した。

VR 世界での空間音響の要件を実現するために、まずは VR 世界に入ってから世界観を表現する曲を作曲し、DAW (Digital Audio Workstation) ソフトを用いて演奏・レコーディングとエディットを行った。また、図 4 に示すように、フォーリ、シンセサイザ、デジタルエフェクタによるサウンドデザインを実施して効果音の制作を行った。そして、ゲームエンジンに適切なフォーマットに変換を行い、空間音響内で意図通りのボリュームレベルになるようにミキシングを作業を実施した。最後に、図 5 に示すように、プレイヤーの位置座標に応じての BGM・効果音が適切にフェードイン・アウト、トリガーが引かれるような実装を実施し、プレファブ化を行った。なお、臨場感を高めるために、ユーザはイヤホンを着用してもらい、空間音響を体験してもらうことにした。

VR 世界で高画質で低遅延の体験の要件を実現するために、UnityRederStreaming というクラウドレンダリングを行えるようにする拡張モジュールを利用すればユーザの端末の性能に関係なく、高画質で低遅延の XR コンテンツの提供が可能である。一方、UnityRederStreaming を利用す

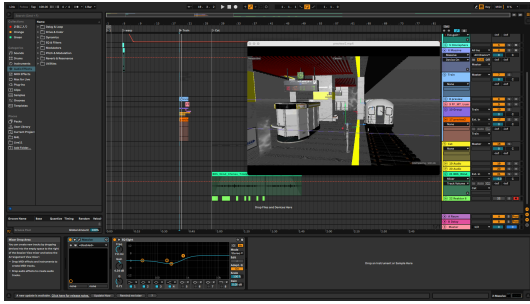


図 4: 効果音制作

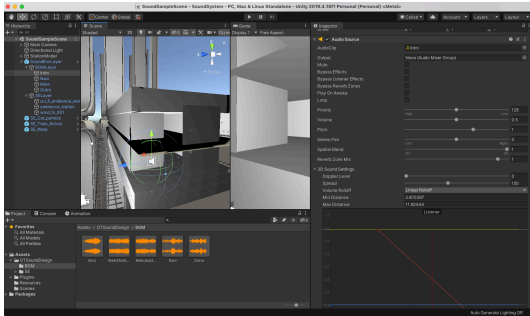


図 5: 空間音響の実装

るために、P2P(Peer to Peer) の仲介役となるリレーサーバを立ち上げる必要がある。本作品の制作時は都立大学日野キャンパスのローカル 5G の環境はリレーサーバができていないため、大学の一般に利用されるネットワークの通信速度が遅い可能性を考慮し、XR コンテンツがストレスなく体験できることを優先で考えて、今回は高性能のスマホ (iPhone12Pro) を用いてローカル環境で制作した。

4. オープンキャンパスでの体験公開

4.1 体験の流れ

制作した XR コンテンツの体験の流れを図 6 に示す。まずは、ユーザが指定位置でスマホを扉に向けて保持し、XR 体験が始まる。ユーザがスマホを足元に向けて、猫キャラクターが現れる (Step1)。次に、ユーザが猫キャラクターに近づくと、猫キャラクターが VR 世界の入り口まで案内する (Step2)。そして、VR 世界に入ったら、最初は周りが暗くなり (大学の入り口付近の長い廊下の場所)、猫キャラクターが現れる。ユーザが猫キャラクターに近づくと、広場 (大学の吹き抜きの場所) まで案内してくれる (Step4)。ユーザが広場に到達すると、周りが明るくなり、3 匹の猫キャラクターが現れる。猫キャラクターたちに近づくと、インタラクション (現段階では看板が変化する) がある場所まで案内してくれる (Step5)。最後に、全てのインタラクションの場所を体験したら、VR 世界の出口まで案内する猫キャラクターが現れる。その猫キャラクターに近づくと、ユーザは左側から来る電車のシーンを体験する。電車に乗車する動画が流れた後、ユーザは現実世界に戻る (Step6)。

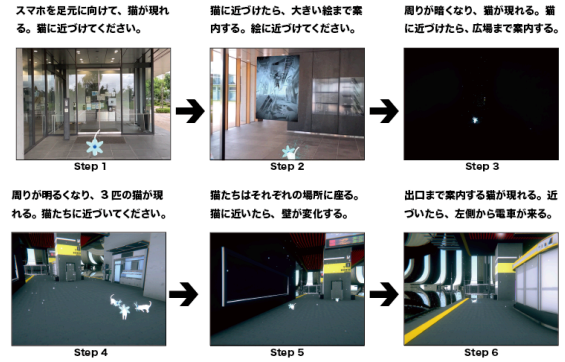


図 6: 体験の流れ

4.2 動作確認とオープンキャンパスでの公開

2, 3 名程度のユーザに iPhone 12 Pro と AirPods Pro を提供し、制作した XR コンテンツを体験してもらった (図 7)。制作した XR コンテンツが正常に動作したことを確認でき、楽しみながら VR 世界と現実世界を同時に探索できる様子を観察した。また、本作品は 2022 年 8 月 27 日に東京都立大学日野キャンパスのオープンキャンパス日にて公開した。しかし、コロナ禍の影響により、ユーザに実際に体験してもらうことができず、オープンキャンパスのスタッフが動作確認の体験時の動画を用いてオープンキャンパスに参加した学生たちに紹介した (図 8)。学生たちから制作した XR コンテンツに対して「楽しい」や「体験したい」といったコメントをいただいたことから、ユーザが AR から VR への移行を違和感なく、楽しく体験できる可能性が示されていることがわかる。



図 7: ユーザ体験時の様子



図 8: オープンキャンパスの様子

5. まとめと今後の展望

本研究は実世界との対応が重要な AR コンテンツと、実世界の制約を超えた体験が可能な VR コンテンツとの連続した体験が可能な展示手法を利用し、大学キャンパスを「駅」に見立て、異世界が広がることをイメージして XR コンテンツを制作した。また、制作したコンテンツは大学のオープンキャンパスでの公開を通じて動作確認を行った。一方、ローカル 5G による高画質で低遅延の検証はできていないが、今後都立大学日野キャンパスのローカル 5G 環境が整備され次第、リモートレンダリング機能の実装とその検証を行う予定である。

参考文献

- [1] M.Uyttendaele, A.Criminisi, S.B.Kang, S.Winder, R.Szeliski, R.Hartley : Image-based interactive exploration of real-world environments, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 24, No. 3, pp. 52-63, 2004.
- [2] 仲野潤一, 大澤壮平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 領域型バーチャルタイムマシンを用いたまち歩きイベントの実現, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 22, No. 2, pp. 241-250, 2017.
- [3] T.Aoki, T.Narumi, T.Tanikawa, M.Hirose : Basic Study on Connecting AR and VR for Digital Exhibition with Mobile Devices, Human Interface and the Management of Information: Supporting Learning, Decision-Making and Collaboration, pp. 101-112, 2017.
- [4] J.Imura, K.Kasada, T.Narumi, T.Tanikawa, M.Hirose : Reliving Past Scene Experience System by Inducing a Video-camera Operator's Motion with Overlaying a Video-sequence onto Real Environment, ITE Transactions on Media Technology and Applications, Vol. 2, No. 3, pp. 225-235, 2014.
- [5] 横矢直和 : 時空を越える拡張テレプレゼンス ～フライスルーMR平城京～, JACIC 情報, Vol. 26, No. 3, pp. 62-67, 2011.
- [6] "IMMERSAL". <https://immersal.com/technology>(参照 2023-07-18)