

松山の玄関口をすべての人へ

—触察ジオラマとメタバースが繋ぐ、
障がい者・外国人観光客の新しい体験価値—



愛媛県立松山南高等学校

触察×空間デザイン班

代表者：田村 和也

藤原遙馬、金田直人、大野智己、高松胡桃

1. 背景と活動目的

(1) 研究の背景・これまでの活動

例年本校では特別支援学級に通う児童、生徒の修学旅行を支援するために「触って理解できる地図」としてジオラマを制作する活動が行われており、音声や点字では伝えづらい部分をわかりやすく伝えられるようにしている。これまでに本校では松山城と道後温泉のジオラマを制作してきた。

(2) 活動対象と活動目的

松山市への観光において、航空は自家用車に次いで2番目に多く利用されており、観光客数も近年増加傾向にある（表1）。さらに、国際便が増えたことにより外国人観光客数も令和5年以降急激に増加している（表2）。これを受け、日本語が読めない人々や特別支援学級の生徒にも分かりやすいよう、松山空港のジオラマを制作することにした。

表1 交通機関別観光客数(単位：千人)

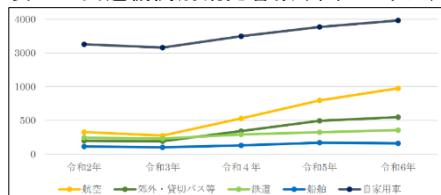
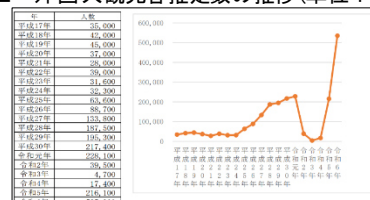


表2 外国人観光客推定数の推移(単位：人)



2. 3Dモデルの制作

(1) 方法

3Dスキャンアプリ「Scaniverse」を用いて松山空港ビル株式会社に許可を取り空港内の撮影を行うことで寸法等の測定を行った。さらに、撮影によって得られた3Dモデルを3DCG制作ソフトウェア「Blender」を用いてモデリングをした。その後、本校が所有する3Dプリンタを用いて出力し、ジオラマの制作を進めている。

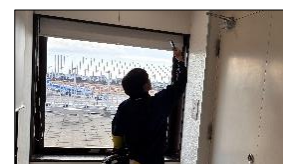


図1 撮影の様子

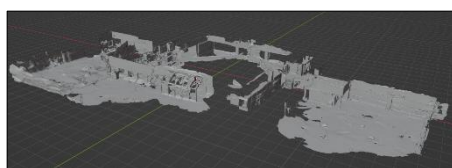


図2 スキャンした3階

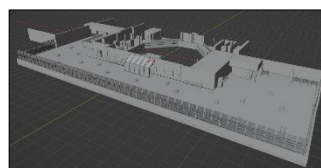


図3 モデリングした3階

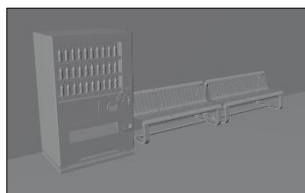


図4 モデリングした自動販売機とベンチ

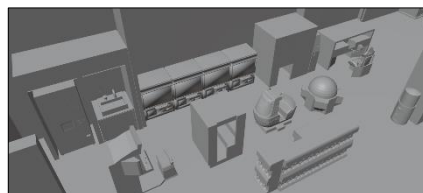


図5 モデリングした skypark



図6 出力したモデル

(2) 制作風景

撮影および3D スキャンによって得た形状データをもとに、Blender 上で空港内部の構造を再構築した。モデリングを行うに当たり、現地で確認した寸法や配置に加え、各製品のメーカーの公開している設計図や製品カタログを参考にし、mm～cm 単位で形状を調整した。しかし、mm スケールで制作したモデルはジオラマ制作時の印刷コストが高くなりすぎることから、印刷しやすくかつ理解しやすい形状にできるよう、細部を簡略化して出力した。さらに簡略化したモデルには点字を記入し、どこに何があるかわかる工夫をした。また、後述するバーチャル化を進めるにあたり、松山空港の滑走路および松山市内の簡易的な地形・配置に加え、公開されている旅客機（B787-9および B737-800）の設計図や写真を参考に、Blender を用いてモデリングを行った。旅客機をモデリングにするにあたって、将来的にアニメーションを付与することを考慮して、脚部やフラップなどを胴体とは独立させて設計した。

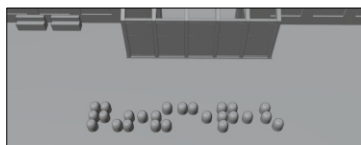


図7 点字を追加した様子

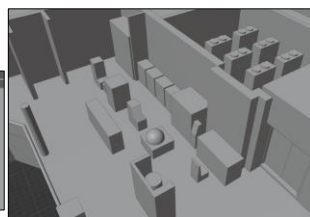


図8 簡易モデル

(3) 現状

3階および展望デッキのモデリングは完成しており、現在はその出力を行っている。加えて、3階については単色の場合、凹凸の視認が難しく、ボタン等の配置がわかりづらいという声があったため、色や陰影をつけることによる視認性の向上と、得られる視覚情報の増加を目的としたテクスチャリング（着色）を行った。また、2階のモデリングについても高精細にほぼ完成している。

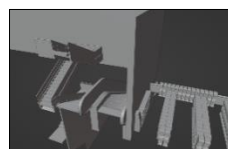


図9 2階のモデリング



図10 トイレのモデリング

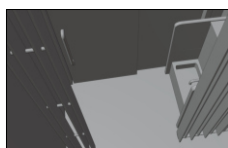


図11 祈禱室のモデリング



図12 3階のテクスチャリング

1階については、受付等の撮影許可取得に時間を要している関係で未撮影の箇所が残っているが、許可が下り次第撮影を進め、順次完成させる予定である。さらに、空港内の各店舗や航空会社については別途撮影許可が必要であるため、その取得も進めており、すでにいくつか許可をいただき、撮影とモデリングも進んでいる。

3. バーチャル空間の製作

松山城を制作した際、松山市長様から「障がい等の有無に関わらず、全ての人が安心して楽しめる旅行の推進に活用したい」とのお言葉をいただいたことをきっかけに、より多くの人に旅行を楽しんでいただけるよう、直感的な操作で空港内を理解できるメタバース空間を制作した。愛媛県から貸与されたタブレットで正常に動作したことから、全国の修学旅行前の事前指導等にも活用できると考えている。

(1) サーバーの構築

家にあったコンピュータにLinuxをインストールし、xserverで取得したドメインmmh-virtual.jpにDNS設定のAレコードを使って家のグローバルipに向かせた。サーバー側でnginxとnode.jsで構築したメタバースサーバーを構築し、<https://metair.mmh-virtual.jp>というURLで公開した。

(2) メタバースシステム

PCやスマホ・VRゴーグルなど、様々なデバイスでクロスプレイできるメタバ

ースをプレイできることを最終目標とし、開発を開始した。モバイル端末でも動くようなメタバースを開発するために以下の軽量化システムを構築した。

- ・ LOD - 近くのオブジェクトは高精細に遠くのオブジェクトは荒いディティールのものに切り替える
- ・ チャンクローディングシステム - オブジェクト全体をチャンク分けし遠くの部分は自動で非表示にするシステム
- ・ 自動テクスチャリサイズシステム - 3Dモデルをサーバーにアップロードしたタイミングで自動的にモデルデータに含まれるテクスチャを最大1024x1024px にリサイズするシステム
- ・ 3Dモデル Draco 圧縮対応 - blender の glb エクスポート時に設定できる Draco 圧縮に対応させることでファイルサイズを最大60%削減
- ・ ストレージキャッシングシステム - 一度サーバーから取得した3Dモデルは更新がない限り各デバイス内に保管され、次回読み込み時にはダウンロードなしにモデルの読み込みを可能にするシステム

また、低スペックデバイスでは各フレームでの物理演算が正常に働かず、床や壁をすり抜けてしまうという現象が発生した。そのため、クライアントで物理演算を行うのと同時に、各クライアントの性能を定期的に評価し、低いと判断した場合に部分的に物理演算をサーバー側で行うことで遅延や性能劣化による壁抜け・床抜けを防いだ。



図13 メタバースサイトの画面

さらに、光計算に関しては Three.js のレンダラに ACES Filmic トーンマッピングと露出を適用し、HDR を基にした PMREM による環境マップを読み込むことで、金属やガラスなど PBR の反射に一貫した環境光を与えている。

(3) 飛行機オブジェクトと移動表現

飛行シミュレーションは、松山空港に設置されている操縦シミュレーターから着想を得て制作した。利用者の様子を観察するとともに、自らも体験することで、その楽しさを実感した。こうした空港特有の体験を、場所を問わず楽しめるようにすることを目的として開発した。空港を題材とする空間であることから、滑走路付近などに配置した航空機オブジェクトについて



図14 メタバース内の航空機シミュレーション

は、操縦可能な機体としてクライアント側で簡易的な飛行モデル（推力・抵抗・簡易的な揚力と重力、地上では接地判定に基づく挙動）により位置と姿勢を更新し、その結果をサーバー経由で他参加者へ伝える構成とした。サーバーは飛行力学そのものを再計算するのではなく、操縦者端末から送られた機体の位置・姿勢を検証のうえ共有状態として配布する役割とした。

4. 本活動をより多くの人に知ってもらうために

本活動をより多くの人に知ってもらうため、ホームページを作成し、<https://airport.mmh-virtual.jp/> という URL で公開した。活動目的や進捗状況、メタバース空間の紹介などを掲載している。今後は、海外の利用者に向けた多言語への対応や、より見やすいデザインへの改良を進めていく予定である。

5. 成果

本活動では、日本語が読めない人や特別支援学級の児童生徒を含む利用者が松山空港の構造を直感的に理解できるようにすることを目的として、ジオラマおよびメタバース空間の制作を行った。その結果、松山空港3階のモデリングにより空間構造を立体的に把握できる環境を構築するとともに、形状の簡略化や点字の記入によって視覚に依存せず位置関係を理解できるモデルを実現した。また、テクスチャリングによる色や陰影の加えることにより視認性を向上させるとともに、メタバース空間の構築により言語に依存しない直感的な理解を可能にした。さらに、軽量化システムの導入により多様な端末での利用を実現し、タブレット端末での動作確認を通して教育現場での活用の可能性を示した。以上より、本活動の目的である「多様な利用者が空港を理解できる環境の構築」に対して有効な手段を提示した。現時点では、2階および1階の一部のモデリングと、メタバース空間における3階部分の実装が完了している。

6. 今後の展望

(1) 3Dプリンタによるジオラマ作成

今後は、松山空港内の各店舗や航空関連会社とも連携し、1階、2階およびバス乗り場付近のモデリングを進める予定である。また、特別支援学校の生徒との交流を通じて、3D印刷した模型を触察してもらい、得られたフィードバックを基に、より分かりやすい形状への改良を行う。さらに、今後のモデリングにおいては点字ブロックの位置なども正確に再現し、視覚に障がいのある方が空間構造だけでなく、点字ブロックの配置についても事前に把握できるようにする。

(2) メタバース空間の展開

現状のシステムを基盤として、スマートフォンでの操作性の改善に加え、VRゴーグルによる没入表示を進める。特に空港という題材に即して、VR上でコックピット内視点から機体を操作できる体験を整備し、実際の空港内を歩いて案内を受ける利用とあわせ、動線理解と体験学習を補完するコンテンツとして位置づける。

さらに、松山空港を舞台とする以上、実際に離着陸する航空機の動きに近い再現についても検討する。具体的には、公開されている時刻表やフライト情報、あるいは航空機の位置情報など、利用条件と正確性が担保できるデータの範囲で動きをモデル化し、バーチャル空間上の滑走路・エプロン付近の見え方として反映できるように、表現方法と更新手順を設計していく予定である。あわせて、多言語表示や案内UIの充実を図り、修学旅行や事前学習の場面で実際に使いやすい形へ整えていく。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々にご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

松山市産業経済部 様、愛媛県立松山南高等学校 川井亮祐 先生、松山空港ビル株式会社 様、ANAエアサービス松山 様、日本航空 松山空港所 様 ANAFESTA松山店 様、今治タオル 松山エアポートストア 様、伊予鉄商事 様

8. 引用ソフト・参考文献

使用アプリ・ソフト ・Blender ver. 3.6、・Scaniverse-3D Scanner

参考文献 松山市産業経済部観光・国際交流課『令和6年 松山市観光客推定表』2024年，pp. 6-7.