

Cluster を用いたメタバース村松城の開発と 教育的有用性の検討

山口 翔太

学籍番号： 20122072

指導教員： 西川浩平

1. 背景と目的

歴史教育における城郭学習において、建物が現存しない「遺構」のみの現状では、当時の規模感や構造を具体的に想像することは困難である。従来の平面資料（写真・図面）は俯瞰的理解には有効だが、空間内部の移動に伴う視点変化や身体的なスケール感の把握には限界があった。本研究では、新潟県五泉市の村松城跡を対象とする。村松城を選定した理由は、以下の2点に集約される。

- 建造物の完全な消失: 戊辰戦争や廃城令を経て建物が全く残っておらず、現在は公園化されているため、視覚的に往時の姿を捉えることが不可能である。
- 資料の限定性: 現存する立体資料は100分の1スケールの模型が主であり、あとは限られた平面資料しか存在しない。

模型は全体像を把握するには適しているが、当時の武士や住民がどのような視点で城を見上げていたかという主観的体験を提供することはできない。本研究はこの情報の欠落をメタバースによって補完することを試みる。

2. メタバース空間の構築と手法

村松城の史料および100分の1スケールの模型のデータを元に、仮想空間モデルを構築した。構築した仮想空間の全体像は図1の通りである。



図1：仮想空間上に構築した村松城モデル。

構築にあたっては以下の制作工程を経て、メタバースプラットフォーム「Cluster^[1]」上に仮想空間モデルを構築した。

- ・制作パイプライン：まず、3DCG 制作ソフト「Blender^[2]」を用い、史料に基づいた城郭建築のモデリングおよびテクスチャリングを行った。次に、ゲームエンジン「Unity^[3]」へモデルをインポートし、公式の拡張ツールである「Cluster Creator Kit^[4]」を導入した。これにより、メタバース空間内の動作設定やワールド情報の構築を行い、Cluster へアップロード可能な形式へと最適化した。その後、Cluster へアップロードし、メタバース空間としての利用を可能にした。
- ・身体的スケールの再現：アバターを通じて空間を自由に歩き回れるように設計し、平面資料では得られない「高さ」や「奥行き」を体験可能にした。
- ・教育的ギミックの実装：空間内にスクリーンを設置し、教材や資料を投影可能にした。実装したスクリーンの外観および資料投影時の様子を図 2 に示す。このスクリーンにより、アバターの視点から 3D モデルと平面資料を同時に参照することができる。



図 2: 空間に設置した資料投影スクリーン。アバター視点により、3D モデルと平面資料の同時参照が可能である。

3. 研究方法

3.1 調査概要

全国の教育関係者 250 名を対象に、アイブリッジ株式会社のセルフ型アンケートツール「Freeeasy^[5]」を用い、無記名自記式によるオンラインアンケートを実施した。回答者は村松城の仮想空間の紹介動画を聴した上で、設問に回答した。

3.2 調査票の構成

属性回答に加え、教育的効果の予見、およびリッカート尺度（5 段階評価）による有用性評価 10 項目（Q-1～Q-10）で構成した。表 1 にその設問内容を示す。

番号	評価項目(要約)	設問内容
Q-1	規模間の理解	「規模感（広さ・高さ）」を直感的に理解するのに有効か
Q-2	位置関係の把握	建物同士の「位置関係や構造」を把握するのに有効か
Q-3	当時景観の補完	史料では想像しにくい「当時の景観」を補うために有効か
Q-4	興味・関心の向上	児童・生徒の歴史に対する「興味・関心」を高める効果があるか
Q-5	能動的探索の重視	自ら自由に空間を操作できることは学習効果を高める上で重要か
Q-6	体験の重要性	精緻な再現度より「空間を移動できる体験」そのものが重要か
Q-7	構造提示の重視	Q5-7 構造提示の重視グラフィックの精緻さより「配置や規模などの構造」が重要か
Q-8	既存資料の補完	既存資料（教科書等）の理解を助ける補完教材として有用か
Q-9	導入障壁（負）	「操作の習熟や機材環境」が大きな障壁（ハードル）になるか
Q-10	導入メリット	操作や準備の負荷を考慮しても活用するメリットは大きいか

表1：教育的有用性に関する評価項目一覧

3.3 分析手法

統計解析ソフト「jamovi (Version2.6.45.0^{[6][7][8]})」を用いて主成分分析を適用した。分析に際し、負の回答意図を持つQ-9については、他の肯定的設問と尺度方向を統一するため、反転処理（逆転項目：Q-9R）を施した。また、因子構造を明確にするため、バリマックス回転を採用した。

4. 結果と考察

4.1 アンケート結果の概要

アンケートの結果、回答者の86.4%が仮想空間の利用未経験者であったが、小学校高学年（48.8%）や中学生（45.2%）へ教育効果を高く予見する結果が得られた。これは、指導層がメタバースを「遊び」ではなく「次世代の学習ツール」として肯定的に捉えていることを示唆している。

4.2 主成分分析の結果

分析の結果、累積寄与率74.7%となる2つの主成分が抽出された。表2に主成分分析の結果を示す。

変数	第1主成分	第2主成分	独自性
Q-1	0.833	0.2434	0.2471
Q-2	0.831	0.1330	0.2911
Q-3	0.867	0.1895	0.2129
Q-4	0.869	0.1885	0.2084
Q-5	0.846	0.2191	0.2367
Q-6	0.796	0.1442	0.3448
Q-7	0.707	0.3482	0.3792
Q-8	0.808	0.2928	0.2609
Q-9R	-0.191	-0.9713	0.0201
Q-10	0.813	0.0958	0.3293
注. 「バリマックス回転」の結果です			

表2: 主成分分析の結果

- ・第1主成分「学習効果期待因子」（寄与率60.9%）：Q-9Rを除く9項目（Q-1～Q-8, Q-10）において、0.707～0.869という極めて高い正の負荷量を示した。特に「興味・関心の向上（Q-4: 0.869）」や「当時景観の補完（Q-3: 0.867）」、「規模感の理解（Q-1: 0.833）」の負荷量が高く、メタバース空間が提供する主観的な体験が、多方面にわたる学習効果として期待されていることが示唆された。

- ・第2主成分「導入障壁因子」(寄与率13.8%)：反転した導入障壁(Q-9R:-0.971)が特異的に集約された。これは、有用性への期待とは独立した次元で、機材環境や操作習熟といった「運用コスト」が懸念事項として存在していることを示している。

4.3 考察

第1主成分において広範な項目が高い負荷量を示したことから、仮想空間は「建物がない」現状や「模型では不可能な主観的視点」を補完する強力なツールになり得ることが示唆された。各項目の独自性が概ね0.2~0.3台と低いことは、抽出された主成分が各設問の変動を十分に説明できていることを裏付けている。本研究で実装した「資料投影スクリーン」は、メタバース内での体験と既存資料を同一空間内で統合する。これは、自由記述において「既存資料の理解を補完することが期待されている(Q-8)」という結果とも整合している。一方、第2主成分が独立して抽出されたことは、有用性への期待とは別に、機材環境や操作習熟といった運用コストが明確な障壁となっていることを示している。

5. 結論

本研究により、メタバースによる城郭可視化は、教育現場で高い受容性を持つことが明らかになった。自由記述の結果から、教育現場が仮想空間に求めているのは「身体的スケール感を持って空間を自由に歩き回れる体験」であり、それが既存資料の理解を補完することが期待されている。今後は、懸念事項として存在する運用負荷を軽減する仕様が、教育現場への実装において重要である。

6. 参考文献

- [1] クラスター株式会社：“Cluster”，<https://cluster.mu>，(参照 2026-01-15).
- [2] Blender Foundation：“Blender”，<https://www.blender.org>，(参照 2026-01-15).
- [3] Unity Technologies：“Unity”，<https://unity.com/ja>，(参照 2026-01-15).
- [4] クラスター株式会社：“Cluster Creator Kit”，<https://docs.cluster.mu/creatorkit>，(参照 2026-01-15).
- [5] アイブリッジ株式会社：“Freeeasy”，<https://freeeasy-survey.com>，(参照 2026-01-15).
- [6] The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.
- [7] R Core Team (2024). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.4) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-08-07).
- [8] Revelle, W. (2023). *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*. [R package]. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=psych>.