

# 歴史的建造物の保存と活用プロセスの最適化のための「HBIM+VR」技術の統合的利用 —日本民家園旧太田家住宅を事例として

Applied Research on the Optimization of Preservation and Utilization Processes for Historical Buildings Using HBIM and VR Technologies: A Case Study of the Former Ota Family Residence at the Japan Open-Air Folk House Museum

馬 赫  
MA HE

## 1. はじめに

### (1) 研究背景と目的

歴史的建造物は地域文化の象徴であり、保存が必要不可欠である。HBIMは幾何情報や修復履歴の精緻な管理に優れ、VRは没入型展示で文化的価値を直感的に伝える。一方で、単独利用では視覚的表現力や科学的根拠に課題が残るため、両技術の統合応用が注目されているが、異なるプロジェクト条件への柔軟な適応性は依然課題である。本研究はデータ収集、統合管理、展示設計を最適化し、HBIMとVRを統合した「シーン適応型」プロセスを構築することで、歴史的建造物の保存と活用における効率性と有効性の向上を目指す。

### (2) 研究方法

本研究はまず文献調査により、HBIMとVR技術の統合利用に関する先行プロセスを整理し、効率性と有効性の課題を分析した。この結果、両技術を基盤とした「シーン適応型」プロセスの価値が確認され、異なるプロジェクト条件に柔軟に対応する論理的基盤が構築された。プロセスの実現可能性を検証するため、日本民家園旧太田家住宅を対象に、データ収集からHBIM保存、VR展示設計まで全面的に適用。さらに、イタリア「バティフェロ水門詰所」を対照ケースに、情報統合効率や展示効果を比較分析した結果、新たなプロセスが保存効率と活用効果の両面で優れた有効性と効率性を示した。

## 2. HBIMとVR技術の概要

HBIMとVR技術は歴史的建造物保存と活用の革新的手法である。HBIMはレーザースキャンやドローン測量データなどを統合し、修復履歴の管理や建物保存を科学的に支える。一方、VR技術は3D再構築と没入型展示を通じ、利用者に直感的な理解と情報を展示する。しかし、HBIMは視覚的インタラクションに欠け、VRはデータ正確性や複雑な構造の再現性に課題を抱える。単独利用では多様なニーズに応えられず、統合によるデータ管理効率化と没入体験の両立が解決策として注目されている。

## 3. 歴史的建造物におけるHBIM+VR技術の統合応用

HBIMとVR技術の統合は、歴史的建造物の保存におけるデータ管理とユーザー体験を強化するための効果的

な手法である。HBIMは、レーザースキャンやドローン測量による高精度なデータを基に、幾何情報と非幾何情報を統合的に管理し、保存作業の効率性を向上させる。一方で、VR技術はインタラクティブで没入型の体験を通じて、建造物の文化的価値や保存作業の重要性を直感的にユーザーに伝えることが可能である。

HBIMの高精度データとVRのインタラクション優位性を統合することで、保存計画と展示設計のシームレスな接続が実現する。HBIMは高精度の点群データとセマンティック情報を基にモデルを構築し、修復履歴や損傷状況を記録する。一方、VRはこれらのデータを動的な可視化情報に変換し、インタラクティブな体験を提供する。例えば、HBIMは保存・修復段階において精密な科学的データを提供する役割を果たし、VRは活用・展示段階で没入型体験を通じて歴史や文化の普及効果を高める。

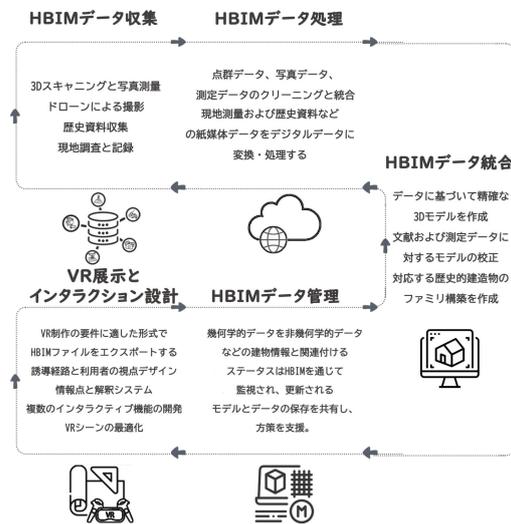


図1 本研究で提案するHBIMとVR技術の応用プロセス

また、大規模なデータ処理や技術的互換性の課題に対応するため、「シーン適応型プロセス」を提案した。このプロセスは異なるプロジェクトにおいて具体的な状況に応じた分析と意思決定を行うことで、多様なシーンでの適用の有効性と効率性を向上させるものである。

## 4. 太田家住宅を事例としたHBIM+VRの統合応用と比較分析

旧太田家住宅を対象とした実証研究では、提案する

「シーン適応型プロセス」の有効性と適応性を具体的に検証した。この研究は歴史的建造物保存の効率性向上と、利用者体験の質的改善を目的として、HBIMとVR技術の統合プロセスを3つの主要段階に分けて実施した。

最初の段階では、歴史文献調査とドローン測量など多角的な方法を用いて、建物の幾何情報と非幾何情報を高精度で記録した。このデータはHBIMモデルの構築に活用され、セマンティック情報を統合することで、効率的で柔軟なデータ管理システムが形成された。これにより、保存作業における情報の正確性と操作の迅速性が向上した。

次に、統合されたHBIMデータを基に、VR技術を活用した展示設計が行われた。この展示では、没入型のインタラクション体験を通じて、建物の価値と保存の重要性を直感的に伝えることができた。具体的には、利用者が建造物の歴史的背景や構造的特徴を仮想空間内で探索できる機能を実装し、情報表現の新たな可能性を示した。

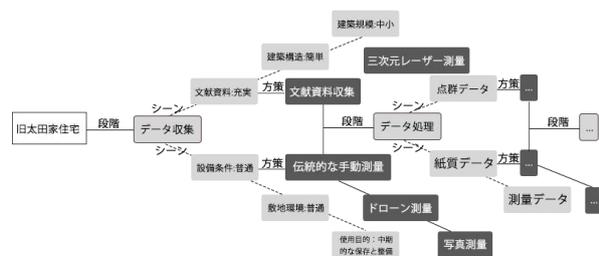


図3 「シーン適応型プロセス」の旧太田家住宅における応用

さらに、「シーン適応型プロセス」の有効性を検証するため、イタリアの「バティフェロ水門詰所」を比較対象とした。本事例は、日本の旧太田家住宅と建築規模、居住目的、修復履歴、文献資料などで高い類似性を持つ。情報収集ではレーザー測距やドローン撮影、多源データを用いた4D HBIMモデルを両者で採用し、VR展示でも没入型体験を設計している。一方、国家や文化背景の違いから具体的プロセスには相違が見られる。比較分析により、本プロセスが多様な条件下でも効率的に機能し、保存効率と展示品質を向上させることが確認された。

## 5. まとめ

本研究は歴史的建造物の保存と活用プロセスにおける適応性不足の課題を解決するため、HBIMとVR技術を統合した「シーン適応型プロセス」を提案し、その適用性と有効性を実証的に検証した。本プロセスはHBIMデータ収集と処理、HBIMデータ統合と管理、VR展示とインタラクション設計の3つの段階で構成され、異なるプロジェクト条件や利用者ニーズに柔軟に対応する枠組みを提供することを目的としている。

実証研究では、日本民家園旧太田家住宅を対象に適用を行い、以下の成果を得た。

第一に、多角的なデータ収集手法（レーザースキャンやドローン測量など）を組み合わせることで、幾何情報と非幾何情報を精密に記録し、データ基盤を構築した。

第二に、HBIMモデルに修復履歴や損傷情報を統合し、情報管理の効率性を向上させるとともに、歴史的背景を考慮した整理を実施した。

第三に、観光客を対象としたVR展示を設計し、没入型体験を通じて文化価値を効果的に伝達した。この結果、提案プロセスは複雑な木構造建築の保存と展示において高い適応性を示した。

しかし、適用範囲や長期的運用における課題も残されている。研究対象が特定の木構造建築に限定されているため、異なる建築材料や規模、環境への適応性が十分に検証されておらず、より多様な条件下での実証研究が必要である。また、AIやIoTの統合によるプロセスの動的最適化、さらには長期的な運用データの収集と分析を進めることが今後の課題として挙げられる。

総括すると、本研究はHBIMデータ収集と処理、HBIMデータ統合と管理、VR展示とインタラクション設計といった段階の最適化を通じ、方法論の実現可能性、有効性、効率性の3つの観点から、先行研究における関連プロセスの整理と評価を基に、HBIMとVR技術を統合した新たな「シーン適応型プロセス」を構築した。そして、最終的な典型的事例を用いた実証分析により、本研究が提案するこのプロセスが、歴史的建造物のデジタル保存および活用における有効性と効率性の向上を実現することが確認された。

Abstract: This study proposes a "scene-adaptive process" integrating Historic Building Information Modeling and Virtual Reality technologies to optimize historic building preservation. While standalone applications of HBIM and VR face challenges in data management efficiency and immersive exhibition, their integration enhances adaptability and efficiency in preservation processes. The process includes data collection, integrated management, and exhibition design, allowing flexible adaptation to various project conditions, building characteristics, and user needs. Empirical research on the Former Ota Family Residence in Japan validated its practicality and adaptability, while a comparison with Italy's Batifero Water Gate highlighted its strengths and areas for improvement. The findings demonstrate the integrated process's effectiveness in diverse scenarios, offering a robust framework for digital preservation and significant insights for advancing the practical and academic applications of HBIM and VR technologies.