

歴史的文化財の形状のデジタルアーカイブ化に適した  
簡易 3 次元復元手法に関する調査  
Survey on Easy 3D Reconstruction Method Suitable for  
Digital Archiving of Shapes of Historical Cultural Properties

上野烈士<sup>†</sup> 中原匡哉<sup>‡</sup>  
Taketo Ueno Masaya Nakahara

## 1. はじめに

我が国は、自然災害が多く発生する世界有数の国であり、これらの災害は、多くの建造物に甚大な被害を引き起こしている。歴史的文化財にとっても深刻な脅威であり、被災時の対応には、迅速な復旧・復元のための記録資料の整備が必要不可欠となる。そのため、SDGs の目標に関連する歴史的文化財の保護活動の取り組みとして、デジタル上に現実空間の形状を保存するデジタルアーカイブ技術の開発が進められている。従来、歴史的文化財の形状の記録には、3D スキャナによる測量や写真測量が利用されてきた。しかし、歴史的文化財は全国各地に点在しており、専門の測量業者がすべての歴史的文化財を網羅的に計測するのは現実的に困難である。そのため、一般市民がスマートフォンなどの安価で身近な機器を用いて撮影した画像を活用し、歴史的文化財の 3D モデルを共創的にデジタルアーカイブ化する手法の実現が期待されている。既存研究[1]では、撮影枚数の不足した画像間から生成した中間画像と NeRF (Neural Radiance Fields) [2]を用いて、歴史的文化財の 3D モデルを復元している。一方、現在では、3D Gaussian Splatting (以降、3DGS) [3]により 3次元復元する手法も注目されており、どちらの手法が記録に適しているのかは明らかになっていない。そこで、本研究では、同一の歴史的文化財を対象に、可視化結果や寸法値の再現性の観点からどの手法がデジタルアーカイブに適しているかを調査し、各既存手法の有用性を比較する。

## 2. 調査方法

### 2.1 概要

本研究での調査方法のイメージを図 1 に示す。本調査では、歴史的文化財の 3D モデルを被験者に VR ゴーグルをとおして閲覧させ、アンケートにより各既存手法の有用性を調査する。以降では調査手順を詳述する。

### 2.2 3D モデルの復元と可視化

本項では、歴史的文化財の 3D モデルを復元し、可視化する手順を説明する。まず、同一の歴史的文化財の周囲を撮影した動画画像から複数の静止画像を切り出す。次に、切り出した画像を用いて、NeRF[2]と 3DGS[3]で 3D モデルを復元する。そして、NeRF の場合は専用のビューワ、3DGS の場合は Unreal Engine 上に可視化結果を表示する。

<sup>†</sup> 大阪電気通信大学大学院 総合情報学研究科  
Graduate School of Information Science and Arts,  
Graduate School of Osaka Electro-Communication University.

<sup>‡</sup> 大阪電気通信大学 総合情報学部  
Faculty of Information Science and Arts,  
Osaka Electro-Communication University.

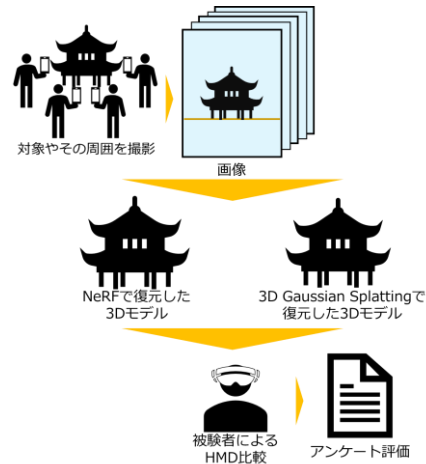


図 1 調査イメージ



図 2 各既存手法で復元した 3D モデル

表 1 アンケート項目の質問内容

| 設問 | 質問内容                      |
|----|---------------------------|
| A  | 神社内の文字を読み取れたのは？           |
| B  | 形状の歪みや建物として不自然な部分は見られたのは？ |
| C  | 質感がよりリアルに再現されていたのは？       |
| D  | 空中ノイズが多いと感じたのは？           |
| E  | 全体的な印象で、どれが綺麗と感じたか？       |

可視化した 3D モデルを図 2 に示す。

### 2.3 可視化結果・寸法値の再現性の比較

本項では、可視化結果とその寸法値の再現性を比較する手順を説明する。まず、事前にアンケート項目を被験者に見せる。そのアンケートの質問内容を表 1 に示す。次に、被験者が VR ゴーグルを装着し、3D モデルを閲覧させる。このとき、被験者には 3D モデル内を自由に走査させるものとした。そして、可視化結果や寸法値の再現性をアンケートで回答させ、手法間でその結果を比較する。

### 3. 調査実験

#### 3.1 概要

本章では、第2章で述べた調査方法に基づき、VR上で可視化した3Dモデルに対する被験者のアンケート結果をとおして、各既存手法の有効性を検討する。

#### 3.2 実験条件

本実験での3次元復元の対象は、大阪府内にある神社とした。その撮影の際には、360度カメラを用いるものとし、撮影した動画像から、3,680枚の画像を切り出して3次元復元を行った。3次元復元時に利用する学習モデルには、NeRF[2]の場合はNeRF Studio[4]のnerfacto、3DGS[3]の場合はJawset社のPostshot[5]のSplat MCMCを利用した。可視化の際には、NeRF[2]の場合はNeRF Studio[4]の専用ビューワ、3DGS[3]の場合はUnreal Engine上で表示した。アンケート調査の際には、学生20人に事前にアンケート項目を見せた後、各VR空間を体験してもらい、その後アンケートに回答させるものとした。なお、可視化方法の違いによる読み込み時間や操作性の差異に関しては、アンケート回答時に考慮させないものとした。

#### 3.3 結果と考察

各既存手法の3Dモデルに対するアンケート調査の結果を図3に示す。図3を確認すると、Eで全体的に綺麗と評価した割合は、3DGSが最も高かった。これは、AとCでも確認できるように、神社内に記載された文字の視認性や質感の評価の高さが影響していることが考えられる。また、Dを確認すると、NeRFに比べ、3DGSのほうの割合が小さいため、空中ノイズの多さも要因の1つとして考えられる。しかし、Bを確認すると、特定箇所に形状の歪みや明らかに不自然であるとした評価の割合は、3DGSのほうが比較的大きいことがわかる。これは、図4に示すように、VR空間上の視点の位置によって、物体が消失したり、歪な形状が発生したりするためである。以上のことから、歴史的文化的財の3Dモデルの記録において、文字の視認性、空中ノイズや質感の可視化結果の観点では、3DGSが適しているといえる。しかし、Bの結果に対して、寸法値の再現性の観点で確認すると、形状の歪みや消失の点から3DGSは不得意であるといえる。これらの形状の歪みなどは、動画像の撮影方法に依存すると考えられるため、各手法に適した撮影方法を模索する必要がある。そのうえで、各手法から得られた3Dモデルからノイズを除去したり、歪みを補正したりする処理を組み込み、再度形状や寸法値の再現性を評価する必要があると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、歴史的文化的財のデジタルアーカイブ化において、NeRFと3DGSにより生成した3Dモデルの形状や寸法値の再現性をアンケートにより調査した。そして、調査実験をとおして、3DGSのほうに文字の視認性、空中ノイズの有無や質感の観点では、3DGSが適している一方、寸法値の再現性の観点では、NeRFより劣っていることがわかった。今後は、各手法に適した撮影方法を模索するとともに、デジタルアーカイブにより適した形状や寸法値を再現するための高精度化手法の開発を検討する予定である。

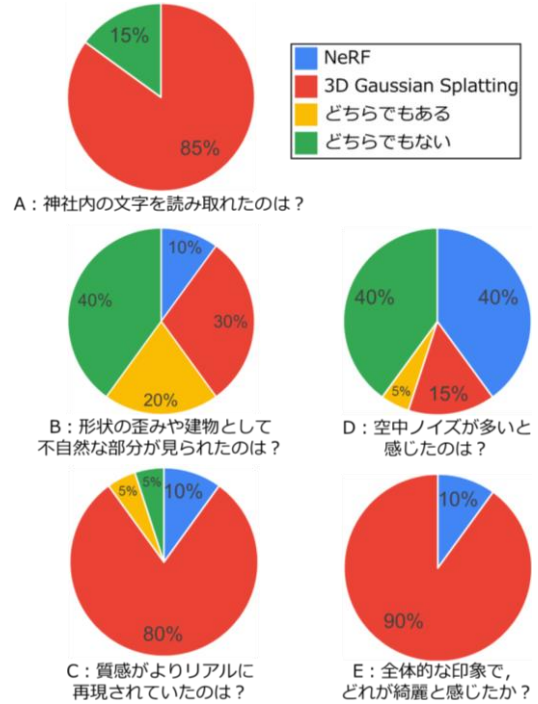


図3 アンケート調査結果



図4 接近した際に消失する物体

#### 謝辞

本研究で利用した3Dデータの計測にあたっては、宗教法人住吉神社にご協力を賜った。ここに記して、感謝の意を表す。

#### 参考文献

- [1] 上野烈士, 中原匡哉: モーフィング技術を用いた歴史的文化的財のデジタルアーカイブ化に関する研究, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.86, No.4, pp.745-746 (2024).
- [2] Mildenhall, B., Srinivasan, P.P., Tancik, M., Barron, J. T., Ramamoorthi, R., and Ng, R.: NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis, arXiv(online), available from <https://arxiv.org/pdf/2003.08934> (accessed 2025-04-28).
- [3] Kerbl, B., Kopanas, G., Leimkühler, T., and Drettakis, G.: 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering, arXiv(online), available from <https://arxiv.org/pdf/2308.04079> (accessed 2025-04-29).
- [4] Tancik, M., Weber, E., Ng, E., Li, R., Yi, B., Kerr, J., Wang, T., Kristoffersen, A., Austin, J., Salahi, K., Ahuja, A., McAllister, D., and Kanazawa, A.: Nerfstudio: A Modular Framework for Neural Radiance Field Development, arXiv(online), available from <https://arxiv.org/pdf/2302.04264> (accessed 2025-06-11).
- [5] Jawset: Postshot, available from <https://www.jawset.com/> (accessed 2025-06-12).