

歴史的建造物のデジタルツイン化計画への提案

Proposal for digital twin planning of historical buildings

佐藤信治¹, ○荒木陽哉²,
Shinji Sato¹, *Haruya Araki²

While there is a desire to restore historical buildings due to their age, their scale and the complexity of their designs present challenges such as a lack of funding and the difficulty of creating blueprints. Pre-modern architecture in particular lacks blueprints, making it difficult to recreate them if they are lost. This research therefore uses 3D scanning, which can record the current state of buildings without damaging them, to digitally archive the entire shape, including decoration, and consider the preservation of their ancient proportions and their potential for use.

1. はじめに

歴史的建造物は老朽化により再生が望まれる一方、規模や意匠の複雑さから資金不足や図面化の困難といった課題を抱える。特に近代以前の建築は設計図がなく、失われれば再現が難しい。そこで本研究は、建築物を傷めず現状を記録できる3Dスキャニングを用い、装飾を含む全体形状をデジタルアーカイブ化し、古来のプロポーション保全とその活用可能性を考察する。

2. 計画背景

2.1 歴史的建造物保存の意義

歴史的建造物は社会や技術を物理的に伝える文化資源であり、地域の記憶や価値を宿す「文化的資本」として機能し^[1]、観光資源や住環境として都市の魅力向上に寄与する。それらは多分野の研究対象であるとともに、伝統技法の学習や地域教育の素材となる。^[2]

2.2 歴史的建造物保存の現状

日本の歴史的建造物保存は法や制度に基づいて行われるが、対象は限定的で未指定建物への支援は乏しく、制度の実効性にも課題がある。保存には高額な修繕費や専門職人の確保が必要で、所有者の負担は大きい。さらに多くは、防災面においても脆弱である。近年は首里城やノートルダム大聖堂など焼失事例も相次ぎ、図面などの資料不足が復元を困難にしているため、事前の正確な記録保存が重要である。^[3]

区分	国宝	重要文化財	指定文化財	登録文化財	有形文化財
国	233件	2,595件	—	14,498件	—
都道府県	—	—	2,567件	854件	—
市町村	—	—	9,879件	526件	823件
千葉県	—	—	71件	2件	—

Figure 6. Figure 1. List of cultural properties ^[4]

2.3 3Dアーカイブとは

3Dアーカイブは、建造物や美術品、遺跡などを三次元的に高精度で記録・保存するデジタル手法で、文化財の記録や教育に活用されている。中心技術であるレーザースキャンは、対象にレーザーを照射し反射時間を計測して点群データを取得し、ミリ単位の精度で非接触・非破壊の形状記録を可能にする。

2.4 建築分野における3Dアーカイブの活用事例

3Dアーカイブは、建造物や美術品、遺跡などを三次元的に高精度で記録・保存するデジタル手法で、文化財の記録や教育に活用されている。中心技術であるレーザースキャンは、対象にレーザーを照射し反射時間を計測して点群データを取得し、ミリ単位の精度で非接触・非破壊の形状記録を可能にする。



Figure 2. Point Cloud of Notre Dame Cathedral ^[5]

3. 研究方法

3.1 研究対象

本研究では、千葉県香取市「香取神宮」境内における4物件を対象とする。香取神宮は、全国にある香取神社の総本社であり、国や県の文化財が多数所在している。神社の持つ歴史や文化は、文化財保護や意匠調査の観点から研究対象として適している。

3.2 対象物件

以下4つの物件を対象とし、調査を行う。

1: 日大理工・教員・海建 Department of Oceanic Architecture and Engineering, College of Science and Technology, Nihon University.

2: 日大理工・院(前)・海建 Department of Oceanic Architecture and Engineering, College of Science and Technology, Nihon University.

1. ・本殿（重要文化財）
2. ・拝殿（登録文化財）
3. ・神楽殿（旧拝殿）
4. ・勅使門（県の有形文化財）

3.3 本研究における使用機器およびソフトの概要

建築物の測量には LEICA 社の BLK360 を用い、水平回転とミラーの鉛直回転により 360° 計測し、レーザーの往復時間を測定する TOF 方式で距離を算出する。外部撮影には最大 7.5m まで伸ばせる Bi Rod 社の高所用三脚を使用する。データ処理では、現地確認や簡易整合に Cyclone FIELD 360 (iPad) , スキャン結合や点群整形・出力には Cyclone REGISTER 360 (PC) を用いる。

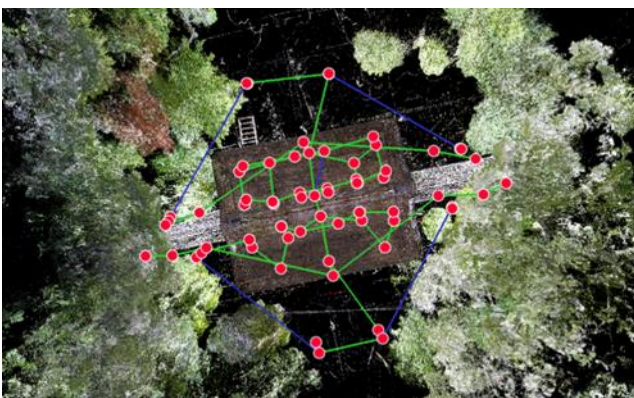


Figure 3. Distribution of measurement points

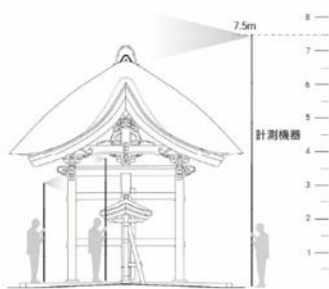


Figure 4. Section (Chokusi-mon)

3.4 3Dモデル化への展開

本研究は、従来の図面や写真による二次元的記録に対し、3D スキャニングによる高精度の三次元モデル化を行う点に独自性がある。従来の二次元的な記録手法では、建築物の空間的なプロポーシオンや細部のディテールを包括的に把握することは困難であったが、3D モデル化によって、形状情報を忠実に再現するとともに、任意の視点からの分析や計測が可能となる。この点は、既往研究からの発展であり、保存・修復および建築様式の比較研究や教育的資源としての活用にもつながる。

4. データの活用方法

4.1 建物修復への活用

CAD モデルに点群を重ねることで歪みや変形を把握でき、さらに新たに作成したデータを既存図面と比較することで乖離を確認し、修復工事にも活用できる。既存建築の改修では図面不足や改変による不一致が多く、実測調査は時間や精度に課題があるが、レーザー測量は短時間でミリ単位の正確な非破壊データを取得でき、歴史的建造物の記録・改修に有効である。

4.2 建物調査

従来の図面では困難だった装飾や複雑部材も、3D 点群データにより精密に計測・再現でき、保存状態の変化追跡や失われた部材の復元にも応用できる。また、設計図のない古建築でもプロポーシオンを把握でき、断面・平面化によって構造や美学的特性を解析し、建築様式の定量的分析や時代・地域による設計手法の比較にも役立つ。^[6]

4.3 デジタル保存資料としての活用

VR や AR との連携により、点群データは「空間体験」として再構成されることも可能である。これにより、実地に訪れることが困難な建築物についても、詳細な観察や分析が可能となり、教育用途や展示、観光資源としての活用も広がっている。

本研究は、対象建築群のデジタルツイン化により、香取神宮の保存、修復に関わるだけでなく、千葉県や香取市といった自治体と連携し、行政単位で保存資料として活用していきける 3D データとして提供していく予定である。

合わせて、香取市内の三菱館（三菱銀行佐原支店旧本館）も計測の対象として検討し、一般の人たちに向けた建物の web 公開などをもって、建築の活用機会が拡張される新たな領域開拓の指針や手法を示すものと考えている。

5. 参考文献

- [1] 藤井恵介「文化遺産の保存と活用」（東京大学出版会, 2007）
- [2] 国土交通省『ストック活用型のまちづくり』, 2023
- [3] 文部科学省『耐震改修促進法と文化財保護の両立に関する研究報告』, 2021
- [4] 文化庁『文化財指定等の件数』, 2025, より作成
- [5] 日経クロステック『ノートルダム再建の舞台裏, 米オートデスクが BIM 活用に奔走した理由』, 2024
- [6] 飯田豊「3次元点群データによる建築空間プロポーシオンの解析」, 2020