

# 歴史的建造物の動態保存を目的とした BIM の活用法に関する研究

## 歴史的建造物の特異性を考慮した BIM の応用に関する検討

### A Study on Dynamically Preserved Historical Architecture using BIM

#### The application of BIM for specificities of historical architecture

○渡邊 美幸<sup>\*1</sup>, 眞瀬 寛人<sup>\*2</sup>, 深水 彩花<sup>\*2</sup>, 中澤 公伯<sup>\*3</sup>  
 Miyuki Watanabe<sup>\*1</sup>, Hiroto Mase<sup>\*1</sup>, Sayaka Hukami<sup>\*2</sup> and Kiminori Nakazawa<sup>\*3</sup>

\*1 日本大学大学院生産工学研究科建築工学専攻修士課程

Graduate Student, Department of Architecture Graduate School of Industrial Technology, Nihon University.

\*2 日本大学生産工学部創生デザイン学科

Department of Conceptual Design, College of Industrial technology, Nihon University.

\*3 日本大学生産工学部創生デザイン学科 教授 博士 (工学)

Professor, Department of Conceptual Design, College of Industrial technology, Nihon University, Ph.D.

キーワード : BIM; 歴史的建造物; VR; FM

**Keywords:** Building Information Modeling; Facilities Management; historic architecture; VR

## 1. 研究の背景と目的

著者らの既報において、3次元測量を基にした BIM モデルの活用の検討についてまとめた<sup>1)</sup>。本報はそれにくもであり、歴史的建造物の特異性を考慮した BIM の応用に関する検討を中心に論じたものである。

歴史的建造物の動態保存をするにあたり、その建造物をもつ歴史的価値を動態保存に向けた改修・改装により打ち消してはならない。その為、改修計画を行う段階で建造物の構造のみならず、周辺地域の歴史、建造物の時代的用途変遷といったソフト面を考慮する必要がある。歴史的建造物の場合、図面を初めとした維持管理に必要な情報の不足が問題となることは少なくない。また、歴史的建造物の多くの所有権は行政が所持し、歴史的建造物の維持管理費は税金によって賄われることから、地域住民の理解は必須条件であり、歴史的建造物の動態保存の継続性を担保するものであると考える。よって、動態保存による歴史的建造物の運営に向けた維持管理は通常建築の維持管理に比べ特異的であるといえる。著者らは、通常建築を対象に、設計段階からの建築生産プロセス全体における FM の有効性を分析した<sup>2)</sup>。この観点から、歴史的建造物の特性を考慮した新たな FM (Facility management) の構築及び、歴史的建造物における FM の検証をおこなう必要があると考えた。

そこで、本研究では、歴史的建造物の動態保存を目指した FM (Facility management) への BIM 活用に関する検討を行うことを目的とする。

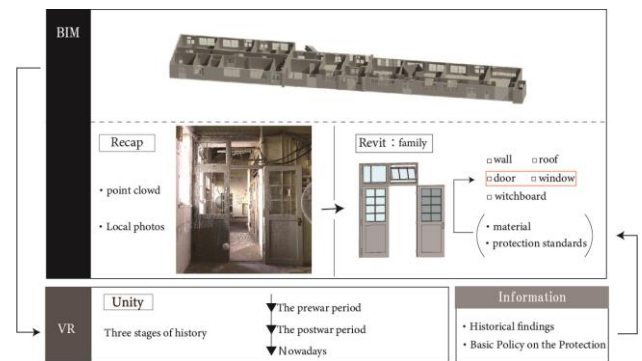


Figure 1. 研究の流れ

## 2. 研究方法

本研究では、東京都板橋区との共同プロジェクトによって得られた点群データを用いた BIM モデルを作成し、対象敷地の現状分析及び BIM モデルの活用の検討をおこなった。研究の流れを(Figure 1)に示す。

### 2.1. 対象敷地の選定

本研究の対象敷地は、東京都板橋区加賀公園一体とする(Figure 2)。当該地は、江戸時代から現代にいたるまで3つの歴史で構成され、現在の板橋区の産業を象る。

まず、板橋区加賀の歴史の先駆けとなったのは、江戸中期以降に築かれた加賀金沢下屋敷平尾邸の江戸期である。当下屋敷は幕末期において大砲製造の場となっていた。近接する石神井川に水車を設け、水力による西洋流の大砲鑄造を行った。倒幕後、当敷地は明治4年に新政府によって上地され、水車による大砲鑄造を行っていたことから、板橋火薬製造所(東京第二陸軍造兵廠内研究所)が設置された。戦時期では、火薬製造機械の動力

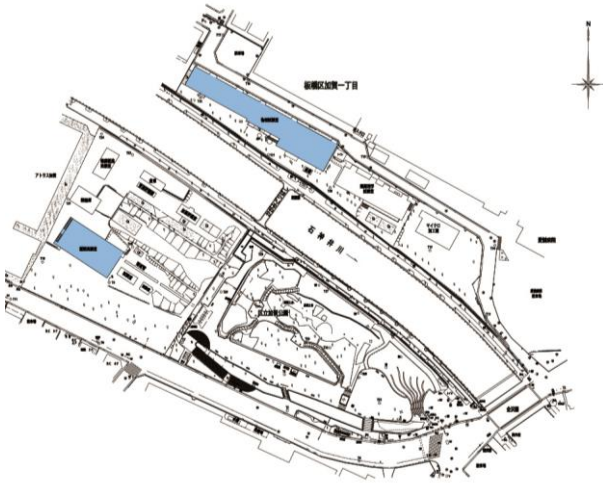


Figure 2. 対象敷地 (S : 1/3000)

源となる縦軸水車が設置され火薬の生産が行われ、明治 10 年から検速儀を用いた火薬試験射撃が行われていた。

戦後、当該地はGHQの管理下で国有地となり、国有財産の利用希望の審議のもと、当敷地には、昭和 21 年に野口研究所が入居、その後理化学研究所が入居し戦後復興を支えた日本の科学技術の場となった<sup>1)</sup>。

以上の歴史的背景を建築物や実験装置が幾つか存在し、現在は使われていないものの、この地域の産業の発展を象徴する重要な建造物として遺っている。また、それぞれの建造物は、一つの公園内に存在するものの、各々異なる動態保存してきた流れがある。その為、それぞれの歴史的時代背景を考慮する必要がある。

以上のような敷地を選定することで、近似した歴史的背景でありながらも、複数の動態保存事例を考察することができる。そしてこの動態保存方法を BIM の新しい活用提案の検証とすることを目指す。本稿では、加賀公園の歴史的建造物群の燃焼実験室と物理試験室に着目し、BIM モデルの活用手法の検討をおこなった。

### 2.1.1. 燃焼実験室

燃焼実験室は、昭和 17 年 8 月前後に建てられたとされる鉄筋コンクリート 2 階建ての建築物である。戦時期では、速力試験を行っていた建物であり、試験に用いられた弾道管の痕跡が残存しており、近代化遺産としての価値が高いとされている。戦後、当建築物は、野口研究所の研究拠点となった。野口研究所公益財団法人野口研究所は、のちに日本窒素肥料会社をはじめとする化学工業の一大コンシェルを創りあげた野口遵が昭和 16 年 (1941) 2 月に私財を拠出して創設した研究所である。

### 2.1.2. 物理試験室

物理試験室は、東側から C 棟、D 棟、E 棟の 3 つの棟で構成されている建物である。C 棟が昭和 13 年、D 棟が明治 40 年、E 棟が昭和 6 年の竣工とされている。また、

C、E 棟は、鉄筋コンクリート造平屋建て、D 棟はレンガ造壁体と鉄筋コンクリート造の組み合わせとなっている。

戦後、当初は野口研究所の所有地であったが、野口研究所が利用したのは軍造兵廠時代の本部事務所と研究所建物だけであった為、昭和 21 年 9 月以前に国立研究開発法人理化学研究所が当地に分所として移転したとされる。理化学研究所は、大正 6 年に財団法人として発足した日本で唯一の自然科学研究所である。理化学研究所板橋分所は、ノーベル賞受賞者である湯川秀樹博士や朝永振一郎博士を迎え、日本物理学会の中心的場として広く知られるようになった。

## 2.2. BIM モデルの作成

歴史的建造物は、近年建設された建造物とは違い詳細資料が不足しているという問題がみられる。実際、本研究で扱う建造物も図面資料が欠落していた為、既存資料だけでは BIM モデルの作成が完成しなかった。そこで、本研究では既存の図面資料の他、板橋区により提供された点群データを使用することで、BIM モデルを作成した。点群データとは三次元の直交座標で表現された点の集まりのことを言い、物体表面の位置・形状・色彩(R,G,B)の情報を持つ。この点群データを BIM ツールにインポート、トレースすることで、図面がなくとも現状の寸法及び色彩を反映した BIM モデルの作成が可能となった。

## 2.3. 設置年代情報の構築

当研究対象敷地及び建造物群は、歴史的背景から幾度の用途変換並び改修が行われた。このことから、時代背景による用途変換の影響を受けると考えられる窓・ドアの建具のマテリアルに着目し、歴史的建造物の現状分析を行うのに必要な 218 件に及ぶファミリー作成及び情報の付加を行った。

### 2.3.1. マテリアル及び保存方法の情報の付加

Revit を用いて点群データを基に窓とドアのファミリーを作成、板橋区による史跡調査および保存計画の資料<sup>2)</sup>を参考に建具のマテリアルと保存基準条件の情報をファミリーに付与した。保存基準条件とは板橋区が独自に行った調査を基に定めた改修時の保存基準であり保存基準 1 から保存基準 5 まで定められている保存基準の詳細を (Table 1.) に示す。

### 2.3.2. マテリアル及び保護基準の整理

BIM モデルでマテリアル及び保護基準情報を付加したファミリーを作成、Excel へ書き出し、BIM モデルからの数値化及び可視化を試みた。Revit から Excel へ書き出しには Autodesk 社の開発ツールである Revit Extension for Architecture Japan 2022 を用いて行った。

### 2.3.2. マテリアルからの設置年代の仮定

まず、木製サッシの窓は 1930 年代と仮定。次に 1955 年の「木材資源利用合理化策」の閣議決定である「木材代替資源の使用普及の促進」により木製サッシからスチ

ールサッシの普及の流れがあったことから、鉄製のサッシを1950年代と仮定した。最後に、1970年代からアルミを使用した建具の普及が見られることから、アルミサッシの設置年代を1970年代と仮定した。

Table 1.保護基準詳細

基準1	材料自体の保存を行う窓 可能な限り現状部材の保存を試み、劣化、損傷部分については、必要最小限の修理を施す。
基準2	材料の形状・材質・仕上げ・色彩の保存を行う窓 ⇒極力保存に努めるが、修理・繕いが必要となった場合、既存部位と同形状、同じ材質、材料、仕上げ、色彩を使用し、建物の本質的価値の維持を図る。
基準3	主たる形状及び色彩を保存する部位 ⇒構造的な補強や活用のための変更、改造が必要となった場合、既存部位の主たる形状、色彩を保存して建物の本質的価値の維持を図る。
基準4	意匠上の配慮を必要とする部位 ⇒構造的な補強や活用のための変更、改造が必要となった場合、保存部分との調和を考慮し、形状や材料、色彩等意匠上の配慮をすることにより建物価値の維持を図る。
基準5	所有者等の自由裁量に委ねられる部位 ⇒構造的な補強や活用のための変更が必要になった場合、上記基準4と同様に保存部分との調和は考慮するものの、活用時の利便性を優先できる。

保存部分  
保全部分

(旧東京第二陸軍造兵廠火薬研究所 近代化遺産群調査報告書を参考に作成)

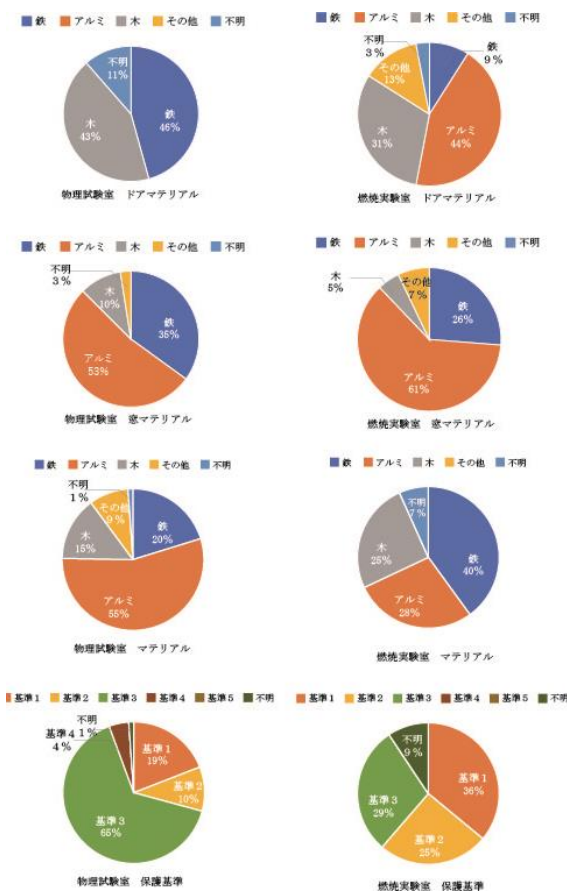


Figure 3. マテリアルと保護基準の整理

### 2.3.3. BIM モデルからの VR 化

BIM モデルを用いた市民の介入を目的としたシステムの構築の検討として Revit からの VR 化ゲームエンジンとして開発された Unity Technology の Unity を用いて物理試験室の BIM モデルを用いて VR 作成を行った。

### 3.歴史的建造物の現状把握

保護の基本方針は、今後の改修工事における歴史的建造物への影響を左右する。また、マテリアルはその建築物の歴史を表現すると考える。その為、保護の基本方針やマテリアル情報を数値化することで、動態保存後の歴史的建具の保有動向の可視化に繋げる (Figure 3)。

#### 3.1. マテリアルの割合

燃焼実験室、物理試験室ともに使用されていた開口建具の主なマテリアルは、鉄、アルミ、木であった。

燃焼実験室における開口建具に使用されているマテリアルは、アルミニウムが 55%、鉄が 20%、木が 15% で占めた。加えて、ドア、窓別でも、双方共にアルミニウムが主なマテリアルであった。よって、燃焼実験室は 1970 年代の特色が強いことが示唆される。

物理試験室における開口建具の使用されているマテリアルは、鉄が 40%、アルミニウムが 28%、木が 25% で占めた。しかし、ドア、窓別でみた場合、窓の主なマテリアルがアルミニウムであるのに対し、アルミニウムを使用したドアは 0% であった。このことから、物理試験室は 1970 年代の特色が強いことが開口建具全体のマテリアル構成から見られるが、ドアに着目した場合、1950 年代以前の特色が強いことが明らかである。

#### 3.2. 区によって定められた保護基準の割合

燃焼実験室では、基準 1 が 19%、基準 2 が 10%、基準 3 が 65%、基準 4 が 4% を占めた。この結果は、燃焼実験室は保全部位によって構成されていることを示し、野口研究所としての活動が示される部位が多く存在することが明らかである。

#### 3.3BIM の VR 化

物理試験室の BIM モデルを“戦前”“戦後”“現在”の時代ごとに作成しそれぞれの時代の VR 化を行った (Figure 4)。戦前の姿においては、写真や図面といった情報の不足が見られた為、歴史的背景、マテリアルと保護基準の集計結果を考慮した独自の推測によるものである。

## 4. 考察と今後の展開

### 4.1. マテリアルの集計から

マテリアル情報から燃焼実験室と物理試験室を比較すると、マテリアル及び保護基準の構成が同じ史跡群であっても異なることが分かった。2 つの建築物におけるマテリアルの割合のばらつきから、過去に行われていた使われ方の違いが見受けられる。燃焼実験室では、アルミニ



ウムの建具が半数を占めていることから、戦後において建築物の大部分が改修による使用用途の変換が行われたことが推測される。物理試験室は、比較的3つの年代の開口建具が残存していることから、火薬製造時の戦時期の姿を残す方法がとられていたことが推測される。

#### 4.2. 保護基準の集計から

燃焼実験室は保全部位が7割近く占めたことから、ある程度の手が加えられる管理が必要になる“保全”を中心とした維持管理が求められると推測する。また、物理試験室は、保存部位が6割を占めたことから、極力人の手を加えずそのもの自体を管理する“保存”を中心とした維持管理が求められると推測する。

##### ▼Nowadays



##### ▼The postwar period



##### ▼The prewar period



Figure 4. VRによる3つの歴史再現

#### 4.3. BIMモデルを基にしたVRモデルの活用

“戦前”“戦後”“現在”の時代ごとのVR化を行った。BIMデータを基にVRモデルを作成し、活用することで、市民や利用者による歴史的建造物の情報把握が容易になると考える。具体的には、歴史的建造物の改修において、行政と市民との意見交換でのVRモデルの活用が有効であると考えられる。また、“戦前”“戦後”“現在”の時代ごとのBIMモデルを作成しVR化することで、各年代の建築物情報の保存をBIMで管理すると同時にVRでの市民や利用者への歴史の啓蒙活動といったメディアコンテンツとしての側面を持たせたBIMモデルの活用が期待できると考える。

#### 4.4. BIMと歴史的建造物の動態保存

本研究によるマテリアル情報と板橋区から提供された報告書に記載された保護基準の整理から、本対象のような、幾度の用途変化（コンバージョン）を有する歴史的建造物には複雑な歴史が存在し、考慮する必要があることが明らかになった。

また、これらの歴史的価値の決定要素は歴史学的知見並びに管理者の意向であると考えられる。よって、歴史学といった他分野との連携が必須となることは明らかである。また、歴史学といった他分野のBIMシステムへの介入により歴史的価値を担保した運営が可能になると考える。加えて、歴史的建造物の動態保存には継続性が求められ、市民の理解並びに利用者の満足度の維持が必須である。また、利用者や市民の声を反映させるFMの構築が望ましいと考える。

しかし、BIMは建築分野において、設計から維持管理にわたる情報を統合的に管理することが可能であり利便性並びに応用性に長けているとされるが、現在BIMは建築分野での活用に留まっており、汎用性に欠けていると考える。以上のことから、歴史学といった他分野や利用者といった複数のステークホルダーの介入機能を加えた新たなBIMを用いたシステムの構築が今後の課題である。

#### 謝辞

研究を進めるにあたり、貴重な調査資料の提供に協力して頂いた東京都板橋区教育委員会事務局生涯学習課の方々に深く感謝申し上げます。

#### 【参考文献】

- 1) 島田雄太，中澤公伯：BINによる歴史的建造物の保存・活用に関する研究，日本建築学会第42回情報・システム・技術シンポジウム論文集，pp242-243，2019
- 2) 古橋秀夫，宮崎隆昌，宮原俊介，中澤公伯，斎藤伊智朗，伊藤隼也：ファシリティ・マネジメントに基づく建築生産プロセスの研究，環境の管理 第79号，pp19-33，2016.2
- 3) 板橋区教育委員会，旧東京第二陸軍造兵廠火薬研究所 近代化遺産群調査報告書，平成28年3月22日
- 4) 板橋区教育委員会，史跡陸軍板橋火薬製造所跡建造物調査保存計画・整備基本計画策定委員会資料，令和2年