

中国木造歴史建築研究におけるBIM技術の応用

Application of BIM Technology in Chinese wooden historical building research

荊 松鋒¹

Songfeng Jing

¹関西大学大学院博士課程後期課程 理工学研究科総合理工学専攻 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

Doctoral Program, Graduate School of Kansai University, Socience and Engineering, Integrated Science and Engineering Major

In this paper, the protection of the China's heritage, the importance of the record is neglected, and the preparation of the heritage basis is insufficient, and the record level is delayed. Obviously, the record plays an important role in the process of heritage protection. For example, management, exhibitions, academic research, and protection items are closely related to records. It also pointed out that the preservation of historical information and the credibility of records directly reflected the truth of the legacy.

The purpose of this research is to discuss the suitability of BIM Technology to legacy records, and to explain the application value of BIM Technology.

Keywords: *BIM, Heritage record, 3D-model, Parameterization*

1. はじめに

中国では歴史的遺産の保護を実践する場合、記録の重要性が軽視される傾向がある。このため、遺産に関する基礎史料の収集などの準備が不足するなどの課題があるため、記録に関する技術水準を向上させる必要がある。修理時の記録は遺産保護や活用の過程において重要な役割を果たす。例えば 遺産の管理、展示、学術研究、保護項目などは何れも記録と密接な関係を持っている。また、歴史情報の保存と記録の信頼性は遺産の真実性 (authenticity) を直接反映するといえる。

遺産保護の過程に関する記録は、単に過去の歴史的な情報だけではなく、現在の状態についても詳細に残す必要がある。時間の推移に伴って、将来は遺産保護と管理に対して今日以上に高い内容と情報が求められるからである。従って、私たちは遺産保護については、現状の段階だけではなく、遺産の現在と将来における微妙な変化を見逃さないようにしなければならない。

時とともに遺産保護に対する観念が変化していくことはもちろん重要である。しかしながら一方で、客観性、真実性を重視し、更に持続に記録と研究分析を行って体系化していくことによって、遺産の真実性と遺産の普遍的な価値が認められていく。

本研究は明代の永楽18 (1420) 年に紫禁城内に建設された“武英殿”を例に挙げ、BIM技術の遺産記録への応用の適性を論じ、さらに、BIM技術の応用価値について具体的に説明する。

2. BIM技術における遺産分野の発展について

1970年代に始まった建築情報モデル (Building Information Modeling) —BIM技術は建築工学における高度な新技術へと発展し、建築業におけるデータ化を幅広く促進して大きな影響を与えることになった。

BIMは、情報技術の発展に伴う必然的な帰結ととらえることができる。諸外国では、コンピュータを活用した補助設計に力を入れて、モデル化設計を促進するために、建築情報モデルの定義について、ソフトウェア開発者と学界は包括的に合意した。

BIMは“インデックスモデル”の枠組みと考えられ、設計アイデア、パラメーター、建築情報の三次元的

な可視化を前提にして、多次元的に情報を載せるものである。モデルの構想から構築までは、“構築過程”と言われるが、各構築段階における、部材の解体・メンテナンス・運営は、建築ライフサイクル管理の核心価値である。

Murphy は 2009 年に歴史建築情報モデルの概念を初めて提案し、最初にプロセス全体を紹介した。

まず撮影測定を利用して三次元の走査を行い、非接触技術を用いることによって、三次元モデルを得た。スキャンされた情報はソフトウェアでモデルに処理し、さらにテクスチャマッピング (Texture Mapping) を行って、メッシュモデルを生成する。最終的には、BIM 部材を点群 (Point Cloud) データにマッピングして、表面情報データと構造を含んだ情報モデルを形成する。

3. 実際の応用

(1) 索引模型の概念

モデル部材を築くする前に、最も重要な基準はサンプルサイズによって構築し、合理化された建築遺産の基本的な特徴を体現することで、これは“情報と修復記録が入った建築モデル”と言われる。測定された建物の細部を反映するのではなく、全体の視点から建築の本質的特徴と施工手順を表わすものである。

インデックスモデルの機能は建築情報を収集し、さらに遺産建築に付属する各種の情報を表示することであり、モデルだけでは、詳細情報ではないので、図面をさらに深く表現することができない。この状況については、建築の節点をモデル化または二次元図面で説明する。

(2) 空間構造図と部材類型図

空間構造図は建築空間の構成部分をまとめて分類するもので、建築自体の内部空間構造、部材間の関係を反映している。

類型図は類型学によって分類される。構造図のファミリー (family) を3次元CADソフト-Revitのファミリーカテゴリをまとめるのが目的である。分類に従って、同じ地域の異なる時期の部材を分類してまとめる。

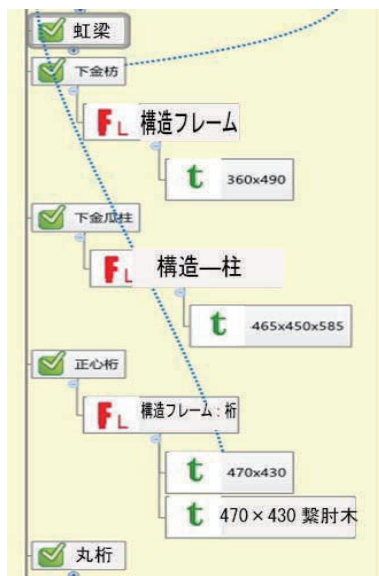


図1 屋根構造分類図



図2 類型図

(3) ファミリの構築

Revitでは、ファミリーはプロジェクトを構成する要素であり、パラメーターの情報の記録手段でもある。「ファミリー」は最も基本的なユニットである。文化財建築に対しては、破損・サイズ・材質・年代などのパラメーターを表す。Revitプラットフォームでは「類 (category) —ファミリー (family) —型 (type)」によって組織を構成するが、これは考古学の類型学と高度に一致している。プロジェクトモデルを構築するには、まず「ファミリー」に対してシステムの企画と構築を行う。

建築データモデルを構築する時、各部材に対して相応的なパラメーターがある。これもREVITプラットフ

ホームの中で、部材に対してパラメーター化を実現する。

一つのファミリの細かい表現は、直接モデルを深く表現し、図面の多様性などに関係している。従って、「ファミリ」構想段階においては、精密化と規範化が必要である。

Revit中ファミリは三つの種類に分けられ、**ロード可能なファミリ・システムファミリ・インプレイスファミリ**である。古い建築モデルを構築する過程で一番多く使われているのはロード可能なファミリである。

- a)ロード可能なファミリは、モデルとは独立して作成され、必要に応じてモデルにロードされ、RFAファイルを作成し、具体的なプロジェクトにロードすることにより、カスタマイズ可能な属性特徴を持つほとんどの部材は、ロード可能なファミリによって作成され、ファミリーライブラリの本体部分を形成する。
- b)システムファミリは、プロジェクトであらかじめ定義されるので、作成と修正されたファミリタイプはプロジェクトの中で行う必要がある（例えば：壁、天井など）。
- c)インプレイスファミリとは、現在のプロジェクトにおいて新たに作成されたファミリを指すもので、現在のプロジェクトファイルに保存しなければならない、つまり他のプロジェクトファイルに使用できず、インプレイス要素はモデルでの限られた使用向けである。

(3) 段階化の設定

図段階化設定とは、管理と研究の必要に応じて、いくつかの歴史的建造段階の特徴をモデル化し、異なるビューで呼び出す作業である。

建築遺産はその発展過程で数多くの歴史的な成長段階を経てきたが、研究の必要性和既存の建築データがモデルを作ることができるかどうかなどの条件により制約を受ける。

1. 予想設計モデル

この段階は建築現状調査データ分析をもとに、構造変形を除去し、損傷や腐朽損傷（病害）についてはこれを無視して、建築欠損部分を復元したもので、改築後の状態に最も近いモデルである。その前の建物の発展過程は、必要なデータ資料が不足しているため、完全なモデルを独立して構築することは困難であるが、準設計モデルにおいては、その関連する歴史段階の情報を保存し、表現することができる。最も重要なのは、このモデルは部材間の歴史特徴、構造及び建築形態を表すことができることである。

2. 現状モデル

保護（保存修理）工事は**調査・設計・施工**の三つの段階に分けられる。現状モデルは調査した材料、病害などの状況と対応する設計修復措置を表しており、準設計モデルに基づいて、部材の段階化、病害、材料などの属性を修正することによって、現段階の部材欠落、構造変形、破損、予備修復措置などの状況を表現できるモデルである。

3. モデルの修復

保護工事を行うことで、建物の変形と破損は修復される。モデルは工事中に部材の交換、補修などの状況を表している。

武英殿の資料整理によって、9つの主な段階に分けて入力する。それぞれ原型、1914年、1954年、1956年、1958年などである。この段階に応じる「フェーズフィルタ」と「グラフィックス置換」を設計し、図3に示す：

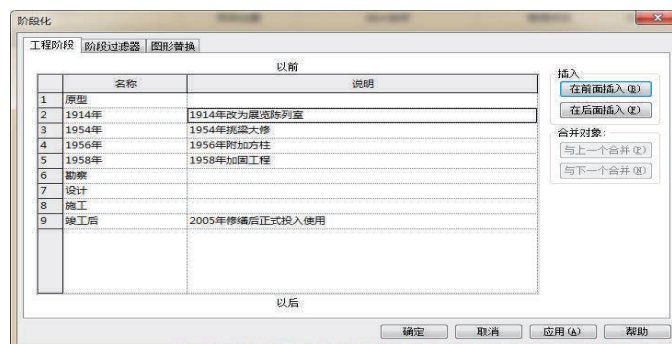


図3 段階フィルタ

段階化において、「段階」という用語が用いられるが、実際には異なる時間帯を選択することによって、原型の上に異なる修正表現が可能である。

段階フィルタには、ビューの規則が適用され、各段階状態に応じて、既存・取り壊し・または一時的なものを含み、図元の表示をコントロールする。段階属性コマンドを使用し、建築モデルの図元を指定の段階に割り当てる。また、ビューをコピーをして、異なる”フェーズ”と”フェーズフィルタ”で指定することができる。実例をもって以下に説明する。

1914年の段階で原型を変更した。この時、段階化して1914年の操作記録を実現することができる。原型の段階は次のようになる、1914年の変動は以下の通りである。

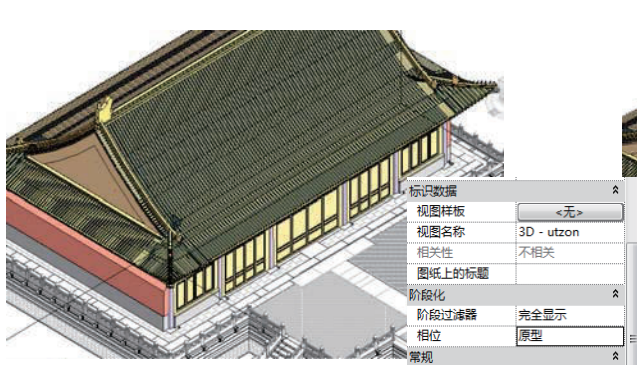


図4 原型段階

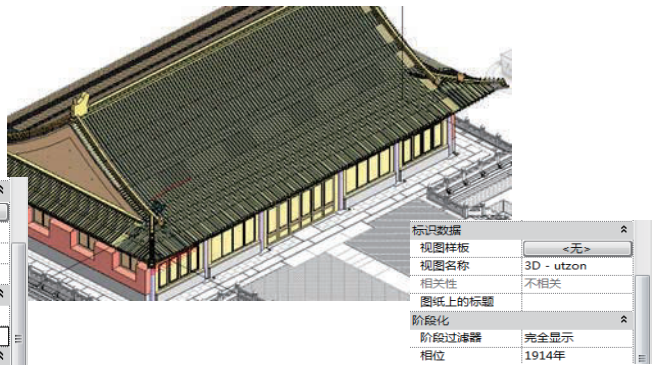


図5 1914年段階

(4) 破損パラメーター設定

古い建物の破損については専門用語で表示している。

瓦屋根は緩み、割れと欠損があるので、破損量は百分率で計算している。棟は斜めにずれ、欠損しているが、欠損量は欠損個数と移動距離（mm）である。木造の部分において、折れ、撓みとひびはどの程度入っているかによって、破損の程度を表示する。柄を抜く際、柄の長さは何ミリで表示する。

柱の「根腐れ（腐朽）」・「沈下」・「破裂」などを文字で表す。破損量は「深刻」という文字を表し、また朽ちる程度が発生する際、裂ける度合に対して、裂けた広さ（面積）で表示する。

壁や床に対しては、風化と変形を表す。風化面積あるいは割合で表し、移動距離はミリで表示する。上記の説明に基づいて、特に破損、処理のために関連パラメーターを設定した。

表1 破損パラメーター

パラメーター	タイプ	内容
破損現象	文字	部材の損傷現象
処置	文字	処理の方法
処理状態	文字	処理状態は処理予で、設計段階を監査する。処理中、施工段階を代表し、すでに処理済みは完成段階を代表する。
破損の程度	データ	数量で破損の程度を記録する
破損の説明	文字	部材の破損状態を説明する
措置の説明	文字	処理部材文字の詳細を説明する
処理効果	文字	完了処理効果

4. 破損情報の記録

破損の記録は主に「パラメーター属性」のダイアログで、「項目パラメーター」には「部材名」・「特徴記述」・「破損現象」・「処理措置」などを追加するように選択する。パラメーターの種類には長さ・材質・写真・URLなどがあり、多くの情報をリンクすることができる。

4.1 破損情報の表示

破損状況と処理措置においては、すべて「表面材質をマークしたパターン」によって表現する。図面と配色案を事前に設計し、その材質を定義する。設定が完了すると、正しい段階で新しいパラメーター値が付与され、表示された表現に注釈を付け、破損の程度を記録する。

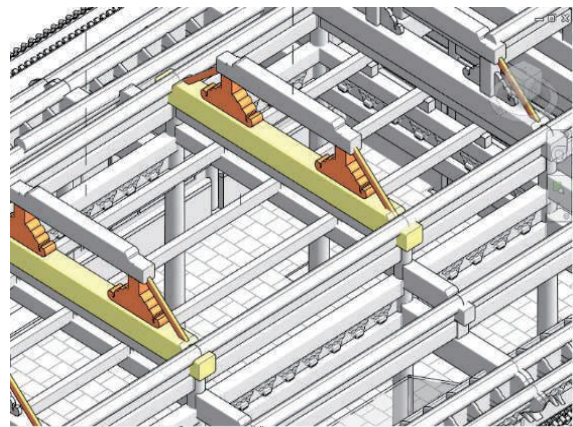
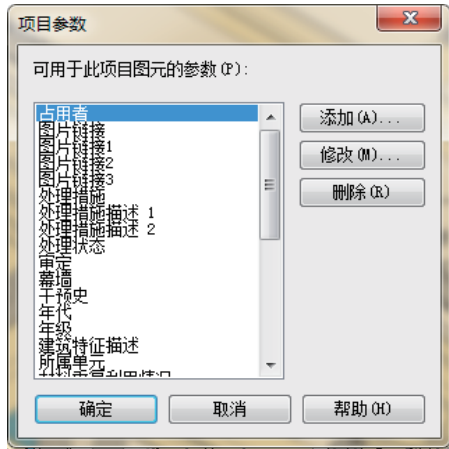


図6 項目パラメーターとパラメーターの設定

図7 表面材質をマークしたパターンとフィルタの設定

BIM技術は、探査段階において、建築部材の位置にマークして、破損と3D化を可視化することができる。過去のビューの表現は二次元図面に限定されていたが、現在では3D化を実現し、異なる色でマークして、破損した部材の位置を表している。

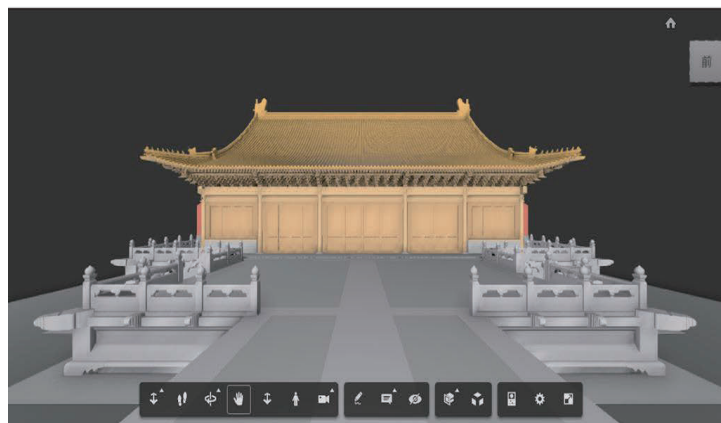


図8 透視図

5. 情報モデルの成果

BIM技術開発の目的の一つは各専門家との協力作業を高効率して、ミスゼロ・低コスト化のための協働システムを構築することである。共同作業の核心はデータの作成、管理と公表すべき情報を解決することにある。BIM技術に基づいて、各シリーズのソフトウェアはすでに同じプロジェクト内でプログラムの協同により、完全に実現できるようになった。

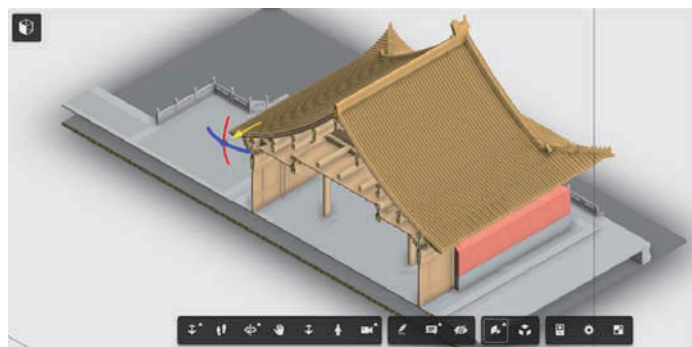


図9 断面図

Autodeskは、BIM技術をベースに、Revit Building・Revit Structure・Revit MEPなどの各職種に適した一連のソフトウェアを適用することにより、ソフトウェアプラットフォーム内部のビュー環境とファミリーライブラリ設定により多職種間の協同作業をサポートし、専門職種間のデータ転送は共同参照（Link）モードと共有（Share）モードで行う。このような協同方法は建築遺産のある期間のプロジェクト管理にも適用され、補修設計、解体工事とプロジェクト管理の協同作業を実現する。

5.1 断面図

CADで平面、立面と断面を描く場合、このプロセスは通常の図形描画順序と一致するように見えるが、時間がかかる。これに対してRevitプラットフォームを使う場合には、組み立てたモデルは、簡単にビューを切り替えることができる。前の段階は各部材を完成し、次の段階は二つ部分に分かれ、瓦石と大木は下から上に構築する。SKETCH UPにも限界があり、SUモデルを構築すると、次の段階を進めない。これはSUではモデルデータが大きく、ハードウェア構成に要求が高いためであるが、これに対してRevitで構築された三次元モデルは、これらの制限がない。

5.2 リンク

構築された情報モデルにおいては、豊富な表現効果を達成するために、これをリンクすることで、部材の破損イメージや点群（Point Cloud）と分析グラフなどにリンクすることができる。筆者はBIMを用いることで、結果を一目瞭然で表現できることは特に重要であると考えている。またリンク機能は部材の実際の状況をよりよく表し、これもモデルと部材の破損状態に関連づけることができる。

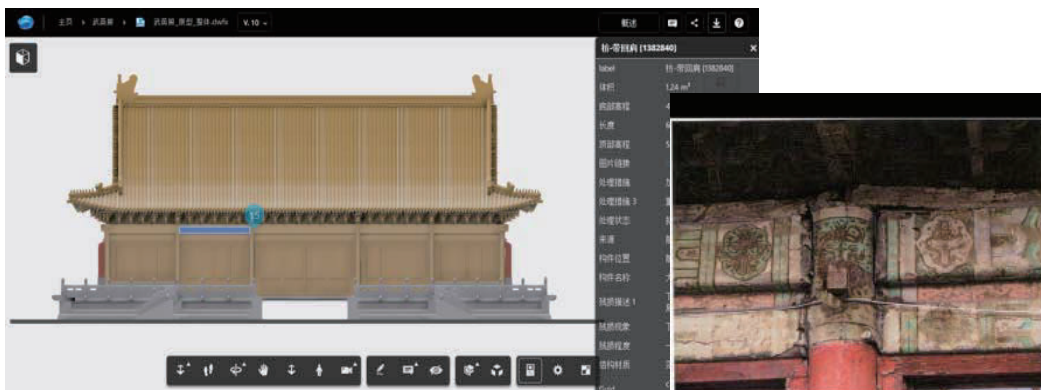


図10 写真と部材のリンク

6. まとめ

地震や洪水などの自然災害が頻発しているため、建築遺産が災害に脅かされる可能性がある。しかし、事前にBIM技術を駆使して、遺産に関する情報はすべて記録しておけば、万一破壊されたとしても、記録されたデータをもとに遺産を修復することが可能になる。

時代の進歩と発展に従って、記録は伝統的な意味にとどまらず、新しい理念と技術を融合することにより、インテリジェント化、情報化と持続可能性のある方式を実現できる。遺産記録観念を更新し、BIM技術を中心として、他の関連技術を集積し、建築遺産記録の情報化技術体系の枠組みを形成し、次第に建築遺産のマッピングと記録構造の情報化と知能化を促進させることにより歴史資産保全の新しい地平を展開したい。

参考文献

- 1) 荊松鋒：BIM技術の建築遺産情報表現における応用——武英殿の破損表現を例にとりて、河北工程大学修士論文，pp.33-51，2017
- 2) 劉超：建築情報モデリング技術（BIM）とグリーン建築設計，グリーン建築，pp.48-49,2011
- 3) 王其亨：古代建築測量画，中国建筑工業出版社，pp.55-65，2006
- 4) 羅翔・吉国華：Revit Architecture族モデルに基づく古建築パラメーター化モデル初探，中外建築，pp.42-44,2009
- 5) Murphy, M., McGovern E.: T Historic building information modelling (HBIM), Vol.27, No.4, pp.311-327, 2009