精緻な建築デジタルアーカイブの 作成と活用に関する研究

CREATING AND UTILIZING METHOD OF DETAILED DIGITAL ARCHIVE FOR ARCHITECTURE

加戸啓太 — *1 平沢岳人 — *2

Keita KADO — *1 Gakuhiro HIRASAWA — *2

キーワード：
デジタルアーカイブ, 三次元 CAD, データベース, 部品管理システム

Keywords:
Detailed Digital Archive, 3D CAD, Database, Parts Management System

In the movement of making digital archives of cultural assets, you can see the similar approaches in the architectural field. Most of these are simply creating computer graphics of outside appearance, few are precisely digitizing inside mechanism. Considering academic significance, the latter are more valuable than the former. Precisely detailed digital archive includes huge amount of three-dimensional geometric data, illustration and commentary, so that it requires sophisticated system for managing data consistency. The authors customized a commercial 3D CAD system to interactively communicate with a backend relational database system which stores various building information. In this paper, the authors propose brand-new digital-archive method using the "CAD w/ DB" system.

1. はじめに

文化的に価値のあるものをデジタルアーカイブとして保存しようという機運の中、建築でも同様の試みがしばしば行われている。建築デジタルアーカイブの精緻さの程度は、コンピューターグラフィックスとしてイメージを再現するものから、部品レベルでの納まりを表現するものまで様々である。部品レベルの納まりまでを表現するような精緻さのものであればその資料性は言うまでもなく高いが、膨大な量の三次元情報を適切に管理する必要が生ずる。また、関連情報として記載されるべき画像、説明文等も同様にアーカイブするならば、管理される情報は膨大になる。

本研究では、法華経寺五重塔（千葉県千葉市）を対象とした精緻なデジタルアーカイブの作成と活用の提案を行う。デジタルアーカイブの基幹となる三次元モデルの作成時に、データベースでの部品管理を徹底することで、イメージの再現に留まらないデジタルアーカイブ化が可能である。CAD とデータベースを連携させ、資料性の高いデジタルアーカイブの作成、活用方法に関して報告する。

2. 既往の研究との関連

建築物を対象としたデジタルアーカイブは、その外観ないし内観の再現を目的としたものが多く、本研究で目指すような部品レベルでの納まりまで考慮したものは少ない。比較的精緻なものの一例として、バーチャル紫禁城プロジェクト^{注1}があげられる。ただし、これは紫禁城の姿やその中での活動、歴史的価値に重点をおいたものであり、建築物の構成などを表現しようとしたものでない。

本研究は、データベースを用いた徹底した部品管理のもと、部品レベルでの検証を行い、建築物全体を正確にモデル化することで資料性の高いデジタルアーカイブを作成する手法およびその活用方法に関して検討を行うものである。

図1 デジタルアーカイブ作成の流れ

3. デジタルアーカイブ作成の流れ

デジタルアーカイブ作成の流れを図1に示す。以下、順を追って簡単に説明する。

① パーツライブラリ作成

現地調査、文献調査をもとに、五重塔全体の部品構成を整理するとともに、伝統建築の部材の墨付け法である規矩術、そのモジュールである木割りの解釈のもと部品雛形を作成する。この際、五重塔の層間通減などによる形状の微妙な変化に効率的に対応出来るよう、公開変数（パラメータ）による数値モデリング^{注3}を GDL^{注4}により行う。これらを集め、パーツライブラリとする。

② 三次元モデルの組み上げ

部品雛形を CAD 図面上に配置し、パラメータを適宜与えながら部品モデル化する。この際、CAD に追加した独自の機能により部品

^{*1} 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻
(〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

^{*2} 千葉大学大学院工学研究科 准教授

^{*1} Graduate School of Engineering, Chiba Univ.

^{*2} Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Chiba Univ.

情報を逐一外部の関係データベース^{注5}に送信し、部品管理を行う。
また、この段階において整合性の確認を行う。三次元モデル全体の
プロポーションのチェックや部品間の納まりの不具合がないかを確認
する。

③ 試験模型による整合性検証

②で組み上げた三次元モデルについて、参考文献1) 2) で示した
ように小スケール模型として組み上げ、整合性を確かめる。部品の
納まりは、施工手順などと大きく関係があり、これを CAD 画面
内の三次元モデルのみで検討することは難しい。実際に模型を製作
することでこれらを検証し、①、②工程にフィードバックを繰り返す
ことで精緻さの向上を図る。

以上が本研究におけるデジタルアーカイブ作成の大まかな流れで
ある。

4. データベースによる部品管理

ArchiCAD はオブジェクト指向の CAD であり、あらかじめ用意
した部品雛形（ライブラリパーツと呼ばれる）を図面内に配置し、
公開変数に値を与え、部品（エレメントと呼ばれる）として具体化
することで、三次元図面を作成していく。図面内の構成情報は、
ArchiCAD の内部データベースで管理されている。ArchiCAD の公
開 API ^{注6}を用いて機能を拡張し、この内部データベースからデジ
タルアーカイブ化に必要な構成情報を外部の関係データベースに記
録する。外部データベースでは、各構成情報に自由に情報を付加す
ることが可能であり、デジタルアーカイブ化に必要な関連情報を追
加し関連づけることが出来る。このためには、ArchiCAD の内部デ
ータベースで管理される部品雛形と部品モデルに対し、適切な識別
子を用いて外部データベース上の情報を対応させる必要がある。な
おこれ以降、誤解のない限り外部データベースを単にデータベース
と表記する。

4. 1. 1. 部品雛形の構成と識別子

ArchiCAD の内部データベースにおける部品雛形と部品の構成に
ついて簡単に説明する。

GDL によって作成した部品雛形はオブジェクトタイプと呼ばれ
るライブラリパーツに属する。ライブラリパーツには、OwnUnID
識別子が世界中で一意的な識別子として ArchiCAD によって与えられ
る。これはライブラリパーツの定義ファイルの変更によって更新され
、実質的にはこれと定義ファイル名およびファイルへのフルパス
による管理がなされている。データベースでも同様の管理を行う。

4. 1. 2. 部品モデルの構成と識別子

図面上に配置された部品雛形は、パラメータの設定後インスタ
ンス（実体）化され、部品となる。部品はオブジェクトタイプエレ
メントとして扱われ guid 識別子にて管理される。guid は、部品の作
成時に ArchiCAD によって自動的に与えられ、その図面上で一意的
な識別子として作用する。このため、データベースでの部品管理には
不適切である。例えば、アーカイブの閲覧時に、図面にある部品を
呼び出すと、呼び出し後の部品には新たな guid が与えられ、デー
タベースの管理情報との対応が取れなくなる。このため、部品に特
殊パラメータとして、データベース用の識別子 dbID を設定し、こ
れによる管理を試みた。部品に適切に dbID を与えるために、ユー
ザーイベントに応じてデータベースと図面上の部品を対応させるハ
ンドラを独自に作成した。例えば新規に部品を作成したときは、図

図2 新規部品モデル作成時の処理

dbid	0	パラメータ1
makename	Abc	作成者
modname	Abc	最終編集者
sp0		向層目に属するか
floor_ID	0	以下はDBより入力
sp1		中央層
wakima_shi	13.00	階段
enima	384.00	脱離
isshi	43.50	一様
koshinageshi_w	71.00	腰板押の幅
koshinageshi_de	20.00	腰板押の出

図3 floor_ID とパラメータ名によるパラメータ管理
(左: GDL のパラメータ設定画面、右: パラメータテーブル)

2 のような処理を行い、適切な dbID を与える。この dbID は、ユ
ーザの様々な処理にも追従して一意性を保持するように監視する。

4. 1. 3. パラメータの識別子

部品雛形を具体（インスタンス）化する際、公開変数に適切な値
を与えることによりその位置に適した形状を得る。同じ部品雛形に
属する部品に、それぞれ異なった値を与えることにより層間の通減
にも対応できる。例えば三手先斗供部の大斗などの部品は階層を重
ねるごとに小さくなり形状が変化していくが、こういった部品を同
一の部品雛形で表現できる。反面、形状の異なる部品を同一の部品
雛形によって表現することで、部品の形状を管理するためには部品
の属する部品雛形とその部品に入力されたパラメータの情報が必要
になる。他方、五重塔は平面的には対称性が強く、同じ階層では同
一形状の部品が使いまわされることが多い。これらを踏まえ、部品
雛形に公開変数 floor_ID を用意する。図3^{注7}のようにこれに入力
された値（階層）と各変数名を主キーとして各部品の実体化情報を
データベース内で統一的に管理する。

五重塔のような伝統建築物は、規矩術、木割りのもとに設計され
るため、複数の部品雛形が、同じ外部変数を要することが多い。こ
れらに代入される値は、五重塔をモデル化する上での主要な寸法で
あるとも言え、明示的な管理によりアーカイブに資料性の向上が期
待できる。このようにすることで、次節で示すように、これらの値
を適切に管理することでアーカイブ全体の構成管理を効率的に行え
る。

4. 2. 部品雛形、部品モデルの管理

ArchiCAD の内部データベースにおける各要素の構成を踏まえ、
部品管理のための基本的なスキーマ^{注8}を図4のように設計した。
また、部品雛形には dbID、floor_ID の他に部品雛形の作成者や編

集者などを管理するための属性を設定した。これらの属性は、三次元モデル作成時には以下のように設定される。

- ① 作業者は作業開始時にデータベースでの部品管理システムへのログインを行う。この際、ログインプログラムによって、図5の処理がなされ、データベースの部品雛形情報が最新の状態に更新されるとともに、他者による更新の有無などの注意が促される。また作業業者による操作に伴うイベントの監視が始まる。
- ② 作業者の操作イベントに応じて図面に配置された部品の情報が逐一データベースに送信され、各部品が属する部品雛形、図面上での位置や角度などに関する情報が記録される。また floor_ID を手がかりに各部品に対して、データベースに記録された実体化変数表から必要な値が代入される。

外部データベースによる徹底した構成管理により、保存された CAD ファイルを一切使用せずに空白の図面に対してデータベースとの問い合わせ結果のみから各作業者の PC に最新の作業状態を復元することが出来る。複数の作業者がネットワーク上で分散して協調する場合、この特性は大変役に立つ。また、特定の CAD システムのネイティブファイルに依存しない形で貴重な文化財の記録を管理が実現していることから、デジタルアーカイブの長期に渡る保存と利用の観点からも評価されるであろう。

4. 3. CAD とデータベースの連携による発展性

データベースの情報を直接更新して図面を更新させることも可能である。CAD とデータベースがシームレスに連携し相互に情報を参照することで、三次元モデル作成時に以下のような機能の実装が可能であることを確認した。

- ・部品間の取りあいの定義
- ・複数人による作業のサポート
- ・スケール模型検証の進捗管理

本研究の伝統的建築物のデジタルアーカイブ化作業の範囲でこれらの機能が直接的に役立っているわけではないが、アーカイブ化プロジェクトの置かれる状況によっては CAD とデータベースがシームレスに連携することで実現するこれらの機能が果たす役割と発展性が見出せよう⁹⁾。

4. 4. テキストなどの関連情報の管理

建築物のデジタルアーカイブを作成する場合、三次元モデルは幾何学的な情報からなっておりそれは数値の集合である。一方、個々の部品や全体構成などに関する説明（テキストデータ）および写真（バイナリデータ¹⁰⁾）などの関連情報もアーカイブ化する価値がある。これらは切り離されてしまう傾向があり統一的な管理が難しいが、データベース内で部品管理情報とこれらの関連情報を対応させることで、デジタルアーカイブの資料性が向上する。これを目的として図6のように部品管理の基本スキーマを拡張した。部品、構成などに関する情報は文章として部品雛形の管理テーブルで管理する（図6中①）。部品は部品雛形の管理テーブルを経由することで対応をとることができる。写真などの画像はバイナリデータとしてデータベース内に格納する。データベースではこれらバイナリデータを別テーブルに BLOB¹¹⁾として格納し、その OID 識別子を外部キーとして組み合わせを管理する（図6中②）。画像データをデータベースに直接格納することで、データの一貫性を保つことができる。

図4 部品管理のための基本スキーマ

図5 ログインプログラムによる部品雛形管理

図6 基本スキーマの拡張

図7 ArchiCAD でのデジタルアーカイブ閲覧の想定シーン

5. デジタルアーカイブの活用方法

ここまで、拡張 API を使って CAD をカスタム拡張することで、CAD の図面、部品情報を外部データベースで統一的に管理できることを示した。続いて、データベースの持つ部品情報による、部品名での検索などのデジタルアーカイブの閲覧方法について簡単に述べる。

5. 1. ArchiCAD での閲覧方法

ネットワーク上に置かれたデータベースと、WEB で配布したパーツライブラリ（部品雛形の定義ファイル集）を想定し¹²⁾、次のような実装を行った。

・部品選択からの関連情報呼び出し

ArchiCAD 上で選択中の部品から、データベースに保存されている部品に関する関連情報を呼び出すことができる。図 8 では、選択した大斗の識別子をキーとしてデータベースに問い合わせ、関連情報を取得し、独自のダイアログに表示している。

・キーワード検索からの部品モデル強調表示

検索用のダイアログにキーワードを入力し、キーワード検索により部品を選択して強調表示する。図 9 は各層の平面の尾垂木を赤で強調表示したものである。データベースから返される部品雛形の名前をリスト化し、これらのうちからユーザが選択したものの識別子を利用して ArchiCAD の内部データベースでそれに属する部品を検索し表示色を変える。先に示した部品雛形の関連情報もキーワード検索の対象にでき、呼称が複数ある部品の検索にも対応できる。また、検索結果の一覧からも、関連情報表示ダイアログが利用できる。

以上、ArchiCAD からデジタルアーカイブを閲覧する方法を示した。データベースの拡張のしやすさ、ユーザインターフェイスの設計の自由度の高さから、今後さらに多様な閲覧方法の実装が期待できる。また、データベースは多様な言語に対する開放的なインターフェイスを用意している注 13 ことから、例えば WEB サイトからの閲覧なども実装できる。デジタルアーカイブへのアクセス方法の豊かなバリエーションが、データベースによる統一的な管理により可能になっている。

6. まとめ

市販の CAD をカスタム拡張し、外部の関係データベースとシームレスな連携を行うことで、部品管理を徹底し、デジタルアーカイブ化に必要な情報と三次元モデルを対応させることが可能であることを示した。同時に、写真や文章などの関連情報を三次元モデルと紐づけられることも示した。ArchiCAD でのデジタルアーカイブ閲覧方法においては、部品選択による関連情報を表示する方法や、キーワード検索での情報の検索など、デジタルアーカイブの新しい活用方法が提案できた。

検証用スケール模型製作による三次元モデルへのフィードバックの実際については稿を改めて報告したい。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金（2007 年度萌芽研究 19656144）の助成を受けている。また、本研究で対象とする法華経寺五重塔の設計情報は、日塔和彦氏（東京藝術大学 客員教授）の調査資料および、法華経寺五重塔の実測調査によるものである。快く資料提供、調査にご協力していただいた関係各位に感謝したい。

注

- 注 1 : <http://www.beyondspaceandtime.org/FCBSTWeb/web/index.html>
中国故宫博物館と米 IBM による。
- 注 2 : ArchiCAD 11 (Graphi Soft 社) を用いた。
- 注 3 : 三次元モデル化に必要な数値をパラメータとの関係式によって定義するモデリング手法。詳しくは参考文献 1)、2) を参照されたい。
- 注 4 : Geometric Description Language の略。ArchiCAD のライブラリオブジェクトを作成するためのプログラミング言語。
- 注 5 : PostgreSQL を用いた。オープンソースのオブジェクトリレーショナルデータベース管理システムデータベース管理システム(ORDBMS)である。
- 注 6 : Application Program Interface の略。ソフトウェアを開発する際に使

図 8 部品選択からの関連情報呼び出し

図 9 キーワードでの部品モデル検索

用できる命令や関数の集合のこと。また、それらを利用するためのプログラム上の手続きを定めた規約の集合。

注 7 : 図 3 左は、部品雛形作成時のパラメータ設定画面の一部である。図中、左列がパラメータ名、中央列がキャプション、右列が初期パラメータ値である。

注 8 : データベースの構成、構造を示すもの。スキーマは IDEF1X による。IDEF1X はデータベースの概念設計の記述手法。

注 9 : 詳しくは参考文献 2) を参照されたい。

注 10 : 文字データ以外のデータ形式のこと。バイナリは二進数の意。

注 11 : データベースでのデータ型の一つ。バイナリファイルは BLOB として扱われる。Binary Large Object の略。

注 12 : 三次元情報量は一般に膨大であるが、オブジェクト指向の CAD においては、軽量であることが多い。本研究では、パーツライブラリは計 5 MB 程度になると見込まれ、WEB での配布は可能である。また、三次元モデルの構築、表示には相応のコンピュータスペックが求められるが、三次元モデルを復帰する際に、複雑な部品を間引くことや、簡易にしたものを代替させることは可能である。

注 13 : 詳しくは参考文献 2) を参照されたい。

参考文献

- 1) 加戸啓太、平沢岳人、他、スケール模型による検証を伴う建築デジタルアーカイブの作成 その 1、その 2、日本建築学会大会（九州）学術講演会、学術講演梗概集 F-1 pp.1267-1270、2007.8
- 2) 加戸啓太、平沢岳人、精緻な建築デジタルアーカイブの作成と活用に関する研究、第 24 回建築生産シンポジウム論文集、日本建築学会・建築経済委員会、第二十四回建築生産シンポジウム論文集 pp.155-160、2008.7
- 3) Graphisoft R&D zrt, API Development Kit 11.21 Documents、2007.4
- 4) PostgreSQL グローバル開発グループ、PostgreSQL8.2 日本語マニュアル、2008.1

[2008 年 10 月 20 日原稿受理 2008 年 12 月 25 日採用決定]