

# 歴史的建造物のデジタル保存のためのCGモデリングに関する一考察

## A study on the C.G. modeling method for digital preservation of a historical building

重藤祐紀<sup>†</sup> 内藤旭恵<sup>†</sup> 坂井滋和<sup>†</sup>  
Yuki Shigeto<sup>†</sup> Akie Naito<sup>†</sup> Shigekazu Sakai<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

<sup>†</sup> Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University.

### 要旨

歴史的建造物の保存はこれまで図面や写真が主に用いられて来た。しかしこれだけでは復元に必要な情報が不足する事が多く、復元時に想像設計された部分が加えられてしまう。最近の三菱一号館（東京、丸の内）の復元では、多くの箇所では想像設計が行われた事がヒアリング調査によって明らかになった。これでは歴史的な建造物を正しく保存・復元したとは言い難い。しかしすべての情報を保存することは現実的には不可能である。そこで本研究では、歴史的な建造物のCGによる再現においてどのような情報をどれだけ保存すれば満足度の高い復元が可能になるかについて再現実験を行う事によって明らかにしたいと考えた。

## 1. はじめに

歴史的建造物の保存や復元は、単に思い出を残すという感情的な側面だけではなく、国家・民族の歴史を記す証拠、あるいは学術的な資料として、また近年は観光資源としても注目されている。国土の狭い我が国では、歴史的な建造物をそのまま保存する余裕が無く、再開発等で一時的に解体されたり移築を余儀なくされる建造物も少なくないのが現状である。こうした場合、従来は図面（竣工時、解体直前）と記録写真による保存が主に行われているが、一部の専門家からは不十分との指摘がなされている。実際に近年復元された三菱一号館（東京、丸の内）では、ヒアリング調査の結果多くの部分が想像設計により復元されたことが判明した。こうした想像設計部分を極力減らし、建造物をなるべく忠実に復元するためには、図面や写真を補う新しい情報化の手法が求められる。コンピュータグラフィックス（CG）は、写実的な側面から見ると復元の再現性を高めるための確認手段として有効であると考えられる。そこで我々は三菱一号館を対象に、CGによる再現を行うことによって、どのような情報をどれだけ保存（＝コンピュータへ入力）すれば、視覚的に満足できるレベルの再現が出来るかについて検討を行うことにした。本論文は現在まだ研究途中にあり、その中の歴史的建造物のモデリング部分に関して述べたものである。

## 2. 検討対象

本研究で対象とする建築は三菱一号館（東京の丸の内）で明治を代表する歴史的な建築物である。これはイギリスの建築家、ジョサイア・コンドルにより設計され1894年に建設された。その後1968年に解体され2009年に現在の場所に再現された。この再現にあたっては、施工時図面や施工時写真、解体時写真などを元に復元作業が行われたが、我々のヒアリング調査によって保存されていた情報が不足していたために多くの部分で想像設計が行われた事が判明した。これを研究体主として選んだのは、既に想像設計により復元された部分が明確な点、復元にあたって使用された資料（図面、写真）がすべて残っている点、実際に復元された建造物が身近に存在する点、復元前の本物を知る人が生存しており、その方々へのヒアリングによりCGによる再現性を確認することが可能な点等が挙げられる。



図1 現在の三菱一号館美術館

### 3. 研究方法

本研究の目的は、歴史的建造物を保存する際にどのような情報（要素）をどれくらい（量）保存しておけば、（視覚的に）満足できる復元を行うことが出来るかを明らかとする事である。研究方法としては、対象となる建造物に関して、図面・写真・現場調査等あらゆる方法を使って忠実にデータ入力（モデリング）を行い高度に写実的なCGモデルを作成する。その後作成されたデータについて、要素と情報量の側面から分析を行う。次に各要素に関して少しずつデータ量を減らしながら画像化を行い、様々なデータ量を持つCG画像を作成する。最終的にこれらの画像を、一般人／歴史的建造物の専門家／対象をよく知っている人／知らない人等に見てもらい、そのリアリティーに関する調査を行う。



図2 情報量の違いによる建物の再現例

### 4. モデリング

ここでは今回の実験で行ったモデリングの手順について簡単に述べる。本研究においては3次元CG画像制作によく利用される市販のCGソフトウェア（MAXON社製 Cinema4D R15）を用いてモデリングを実施した。

#### 4.1. 図面と写真のみを参考にする方法

最初は設計図面と写真だけを参考にしてモデリングを行った。この時、図面に記された実寸数値を元にデータを入力し、数値が記載されていない箇所については、設計図に記入された他の数値から算出し、最終的には目視による確認によって個々の形状を合わせて行った。しかし明治時代の建造物の図面は手書きでラフに記入された部分が多く、精密な復元に必要な詳細な形状を読み取ることが困難な箇所が存在することが判った。当時の建築業界では建築物の詳細は現場合わせが常識で、図面を描く建築家と現場監督との間の阿吽の呼吸によって建築が行われていたためである。こうした箇所については、記録写真を参考にしながら想像設計によってモデリングを行なうしかないことが明らかになった。

##### 4.1.1. 図面からの情報

建築物をCGで再現しようとする場合、通常は設計図面を参考にモデリングを行う。この場合、上面図、正面図、側面図などを用いて、そこに記入された数値と全体の形状を参照しながらデータ入力を行う。今回は、正確な形状再現を行うために、まず設計図に記載してある数値を参照し、数値が記載されていない箇所については図面の形状および周囲の寸法値から算出し、1つ1つのPointを合わせる方法で作業を進めて行った。

##### 4.1.2. 写真からの情報

写真のような画像情報は現存する対象物の雰囲気や周囲の環境までを含めた様々な情報の記録保存を行うには適したメディアである。図面からは得られない色彩、文様、光（陰影）等の情報を読み取ることが可能であり、そこから奥行きに関する情報を推測することも可能である。そして何よりも本物が記

録されているのだから、形状は図面に記載されている形よりも正確である。ただ、アナログ写真では画質の劣化が起るため、色彩が不正確であったり、知りたい部分の形状が欠けたり隠されてしまうなどモデリングの材料としては不満が残る部分もある。この観点からも図面同様に必要な情報が不足している事が明らかになった。

## 4.2. 現地調査による情報収集

復元に必要な情報の中で図面や写真からは取得不可能なものとして、微細な形状や色彩と共に、材質や表面の微細な凹凸などが挙げられる。今回は復元された実際の建造物（東京大手町に復元された三菱一号館）を対象に現地調査を実施した。これによって図面や写真に欠如する情報を収集することが出来たが、実は図面には記載されていない新たな部分が存在したり、図面には記載されているが形状が全く異なる部分が存在することが明らかになった。ヒアリングの結果、これらは復元中に現場調整が行われた結果との事であった。公共建築の場合、建築基準法等による建造物の形状や機能に対する制限・制約が存在し、改築或いは復元時の法制度の変化によって当時のまを再現することが事実上不可能になっている。本研究では作成するCG画像と実物とを比較することも最終目的の一つであるため、実際に復元された建物の忠実な再現が重要となり、モデリングには現場での実測によるデータを優先して利用することにした。

## 5. 属性データの収集と生成

モデリング時のデータ精度を高めとデータ量を増やすことによって、復元画像の正確さやリアリティーはどんどんと高まってゆく。そのためには膨大な量のデータを記憶・マネジメントする計算機システム、モデリングの作業時間もまた比例して増加する。その結果全体のコストが増え、こうした試みが現実的には困難になる。従って復元されたCG画像のリアリティーを高めながら、生成されるデータ量や作業量、計算機コストを抑えるための工夫が必要となる。CG分野では既にゲーム等でも同様の問題が存在し、これを解決するために様々な技術や技法が考案されてきた。本研究ではバンプマッピング技術に着目し、これを応用することによってこの問題の解決を試みた。バンプマッピングとは、オブジェクトの表面に凹凸感を表現するために、表面の向き（＝面の法線ベクトル）を制御するための情報を付加するテクニックである。物質の表面からの光の反射は面の向きに影響を受けることを利用したもので、現在ではゲーム等で一般的に利用されている。本研究では明治時代の歴史的建造物に多く見られる赤レンガや大理石の表面や繋ぎ目の凸凹感を表現するためにこの方法を用いることにした。本研究ではバンプマッピング用のデータ生成に CrazyBump (Crazybump Software 社) を用いた。

## 6. 環境情報の活用

CGを利用して建築を再現（復元）する場合、形状と共に重要なのが色彩である。屋外にある建造物の色彩は全面的に太陽光の影響を受けるため、CG分野では太陽光やその間接光（＝環境光）をシミュレートする技術（＝Global Illumination）によるリアリティーの向上が研究されて来た。本研究においては、環境光の生成に環境マッピング技術（Environment Mapping）を利用した。一般的にはこうした画像は256階調（＝8bit）の輝度差を持つデジタル画像を使用するが、今回は精度を高めるために65536階調（＝16bit）の画像を使用した。これはHDR（High Dynamic Range）画像と呼ばれ、近年はスマホやデジタルカメラでもこうした高階調な画像を生成することが可能になりつつある。環境マッピングの効果は特にガラス窓等への映り込みを再現するのに適しているが、それ以外にも隣のビルディングからの反射、建物周囲に植えられた樹木などの微妙な光も再現できるため、リアリティーの向上に大きな役割を果たすと考えられる。



図3 上記の全ての情報を元に再現した三菱一号館

## 7. まとめ

今回は、図面や写真の他、現場調査を行なって得られた情報からモデリングを行なった。そのモデリングの過程で、既に図面と写真のみでは正確に再現するには情報が不足している事が判明した。これは則ち、将来的にその歴史的建造物を復元する為に保存する情報が従来の図面や写真のみでは不足している事を意味している。復元する為にはより多くの情報を保存する必要がある。今後の課題としては、出来上がったモデルから徐々に情報を減らして行った画像を複数枚用意し、様々な被験者に見てもらう。その際、視覚的に満足する（＝三菱一号館に見える）かを問うアンケート調査を実施する。これらから得たデータを元に分析を行ない、多くの被験者が満足出来る閾値を決定する。こうする事によって、歴史的建造物を復元する為に最低限保存すべき情報が明らかとなる事が期待されると考える。

## 参考文献

- [1] 三菱地所, “三菱一号館 - 誕生と復元の記録”, 新建築社, Vol.85 No.3, 2010.
- [2] 三菱地所, “三菱一号館美術館 - 丸の内に生まれた美術館”, 2012.
- [3] Maxon Computer, *Cinema 4D Classroom Version*, R15, <http://www.maxon.net/>, 2014.
- [4] CrazyBump Software, *CrazyBump*, <http://crazybump.com>, 2014/10/24.
- [5] Naito Akie, Kanazawa W, Sakai S, “*The Merit in Digital Preservation of Cultural Importance – How to preserve and Re-display the Images of Historical Building*”, IPSJ, 2012.