

# コンピュータグラフィックによる 永福寺の復原

大滝由明、長澤可也、羽切孝昌、草野友徳、木野宏亮（湘南工科大）、  
三ツ堀弘、小林康幸、江口達也、福原廣志（鎌倉市）、福田 誠（鶴見大）

鎌倉市と湘南工科大学との協働による文化財の IT 化の覚書に基づいた永福寺の 3D グラフィックによる復原が行なわれた。両者の協働による作業における様々なメリットを検証した。

## Restoration of Yofuku-ji Temple By Three-Dimensional Computer Graphics

Y. Ohtaki, K. Nagasawa, T. Hikiri, T. Kusano, H. Kino (Shonan Inst. Tech.),  
H. Mitubori, Y. Kobayashi, T. Eguchi, H. Fukuhara (Kamakura City),  
M. Fukuda (Turumi Univ.)

Kamakura city and Shonan Institute of Technology make a joint reserch on restoration of Yofuku-ji temple by three-dimensional computer graphics. Many kinds of merits of this project is discussed.

### 1. はじめに

#### 1-1 官学協働事業

鎌倉市と湘南工科大学は 2004 年 3 月に「鎌倉市と湘南工科大学との協働による文化財の IT 化に関する覚書」を締結しました。最近成熟しつつあるものの、その活用に関しては未だ未熟な状況にある IT 技術の文化財への適用を促進させる事を期待する鎌倉市と、IT 技術を有効に社会に活用していく方法を探ろうとし、また大学としての社会への貢献活動の方法をも模索する湘南工科大学とが手を結ぶ事で意味のある結果が期待できるのではないかと、という思いから実現した覚書の締結でありました。本発表は、この覚書に基づいて最初に開始されたプロジェクト「国史跡永福寺のコンピュータグラフィックによる復原」について報告します。

## 1-2 目的

すでに消失してしまった古寺などが発掘によってその全容が明らかにされたとしても、それは専門家でなければイメージする事のできないものであり、コンピュータグラフィックの活用が盛んになる前には、模型による復原が有効なビジュアライズ化の方法が一般的であった。鎌倉市が発掘した永福寺についても、模型による復原はすでに行なわれて来ている。ところがその精度に関して批判があることも事実であった。それにも関わらず一度作成した模型を修正する事は大変な手間を要するため、修正の作業は実現されないでいた。模型による復原は、高い精度を求めると、その手間は大変に大きなものになり、場合によっては専門の大工の手も必要になってくるため、結果的に金銭的にもかなり大きなものが必要となってしまう傾向がある。

近年、コンピュータグラフィックによる文化財の復原は、盛んに行なわれるようになってきている。コンピュータグラフィックを活用する事で、模型の制作に比較して高い精度の復原も比較的容易に行え、また、映像というメディアにより模型にはないリアルな表現も可能になってきている。しかしながら、例えば発掘を行なった自治体がコンピュータグラフィックによる復原を行なおうと考えた場合、自治体自身でその作業をする事は困難であるので、外部業者への外注ということになる。その場合、多額の予算が必要となってくる。最近の例では、平泉市による藤原氏による平泉の文化の復原などが大きなものである。このような方法によって完成されたコンピュータグラフィックの場合、その後に出される様々な批判してきたコメントにそった修正を行なおうとしても、多額の予算が再び必要となってしまうので、例えわずかな修正だとしても、それを行なう事はなかなか難しいと言わざるを得ない。また、たとえ修正を必要としない場合でも、別の角度からの映像を作成してみたい、といった要望が出た場合にも、やはり一定の予算を必要とすることになり、簡単にそれを実現する事は難しい。

自治体がコンピュータグラフィックの技術を持つ大学と手を組んだ場合、予算に関しての問題が取り除かれるばかりでなく、一旦出来上がったグラフィック映像の修正も容易に行えるという大きなメリットが生じて来ることになる。大学にとっては、自治体と組む事により、大学単独で復原を行なおうとする場合より、自治体だけが保有する発掘に関するデータなどを容易に適格に活用することが可能になってくる。このようにコンピュータグラフィックの特徴である一度作成したものを容易に修正できるというメリットを真に有効とする為には、自治体と大学の関係は良い方法であることが予想される。

本報告においては、鎌倉市が発掘調査 [1, 2, 3] によってその全容を明らかにしてきた国史跡永福寺のコンピュータグラフィックによる復原を湘南工科大学と行ない、予想されるメリットが確かにメリットとして感じる事ができるかどうか、さらに予想されなかったデメリットが現れてくるか、などについて論じる。

## 永福寺の概要

1192年、源頼朝が征夷大將軍となり鎌倉幕府が成立した年、頼朝は永福寺を建立する。その様式は、平安時代末期に登場した阿弥陀庭園を有する二階堂、阿弥陀堂、薬師堂、そして釣殿をもつ翼楼などで構成された大寺院となった。その後、歴代の将軍が、花見、雪見、蹴鞠、和歌会などを行なった。1280年の鎌倉大火で消失。再建されるものの1310年、再び焼け落ちる。再建後、1405年の消失を最後に再建はされず、その後廃寺となる。1966年、永福寺跡として国史跡に登録される。現在鎌倉市が進める鎌倉文化遺産の世界遺産への登録の活動において、永福寺跡は対象候補遺産となっている。

## 2. 発掘調査の概要

1984年から1996年までの12年間にわたる発掘調査が鎌倉市によって行なわれ、東向きの3つのお堂（二階堂、阿弥陀堂、薬師堂）と翼楼、そして、端から端まで200mにもなる大きな池とそれにかかる橋、中島などの全容が明らかにされた。出土品も数多く、瓦や堂内を飾った品々などが見つかっている。柱を支えた礎石や雨落ちの位置などから、建物の全容について考察し、想定される正面から図なども掲載した発掘調査に関する詳細な報告書を作成した。

図1に発掘により明らかにされた永福寺の全体図を示す。図面下にあるテニスコートの部分にも池は拡がっているものと予想されるが、今回の調査においては発掘はできなかった。また、建物の東側の対岸の部分にも2ヶ所民家があるため、この部分の発掘も行なわれなかったが、庭園部分についてもほぼ全容が明らかにされている。

図2に、発掘調査の結果から予想される永福寺の正面図を示す。左右の翼楼に関しては、鎌倉市による復原計画があるため、詳細な復原図面が作成されているが、二階堂、阿弥陀堂、薬師堂に関しては復原の計画は今の所ないため、ここに示した正面図のみの作成となっている。今回のコンピュータグラフィックによる復原では、発掘調査結果から示される礎石や雨落ちの位置と図2の正面図から、三堂の復原を行なう事になった。

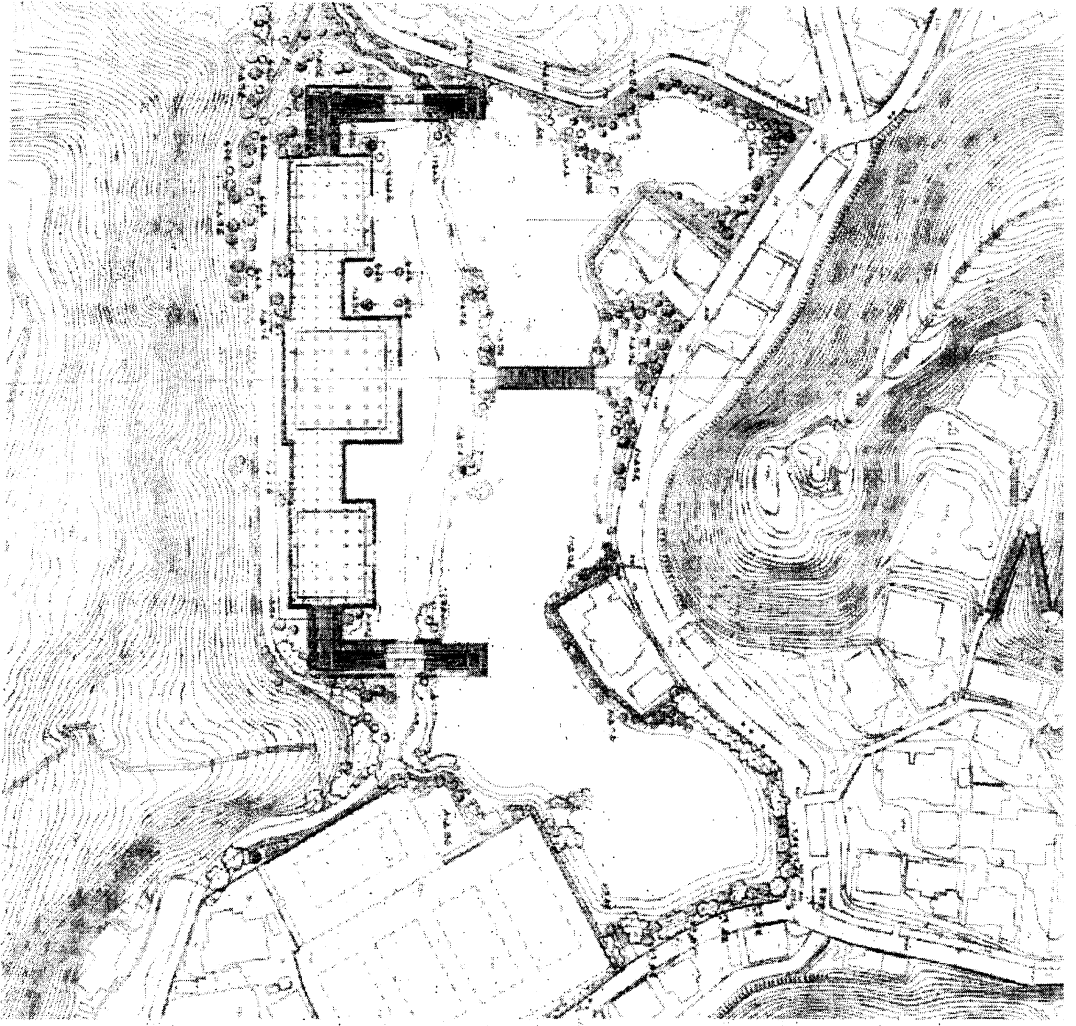


図1 永福寺の全体図

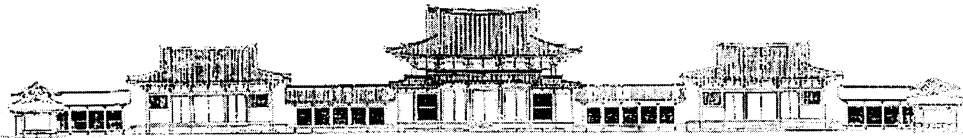


図2 永福寺の復原図（正面）

## コンピュータグラフィックによる復原作業

### 4-1 バージョン 1.0

建物部分のみの復原を行なった。庭園や周囲の地形に関しては手をつけなかった。翼楼部分は、復原用に詳細な図面が作成されており、それに従ってモデリングを行なった。CG制作にあたっては、3DソフトのMAYAを使用した。屋根部分など、曲線で表現される部分はNabusを用い、それ以外の直線で構成される部分に関してはポリゴンを使用した。データ量の増大が一番の問題であるので、外から見えない部分に関しては、オブジェクトの作成を省略し、また各部分ごとのジオメトリの統一も行なった。二階堂、阿弥陀堂、薬師堂に関しては、詳細な復原図がないので、軒下の組物など細かい構造に関しては、平等院など平安時代末期の浄土建築の実存例を参考に作成した。

モデリングが完成したら、簡略化した庭園部分を追加し、動画での表現の為のレンダリングを行ない、発掘時の写真、鬼瓦の写真なども合成などで折り込み、オリジナルの音楽も付加し、ナレーション付きの3分程の映像作品として完成させた。いくつかの角度からの静止画も作成した。

### 4-2 バージョン 1.0 の検証

建物の各部分を拡大した静止画を、建築史の専門家に検討してもらい、いくつかの問題点の指摘を受けた。翼楼の屋根は檜皮葺と予想されていたにも関わらず、図面からその事ははっきり読み取れずに瓦屋根としてしまっていた。翼楼の軒下の組物は、出三斗としてモデリングを行っていたが、平三斗の方が適当と考えられるという指摘もあった。これは100分の1の小さな正面図からでは、わからなかった構造であった。建物を囲むような長押を追加した方が良いだろうとの指摘があった。これは正面図にはない構造であったが、コンピュータグラフィックとしてビジュアル化が行なわれた事によって出てきた。図面だけでは見落としてしまう細かい構造について、3Dグラフィック化することで明らかになった問題点であると考えられる。二階堂の軒下の組物は、一階部分は出三斗、二階部分が二手先組となる。これ以外にも20箇所程度の要修正点の指摘があった。この中には、単純な図面の読み違いも含まれてはいるが、図面からは読み取れないものもあった。

### 4-3 バージョン 1.5 の作成と問題点

バージョン 1.0 への指摘を参考に、より高い完成度を目指し、バージョン 1.5 を作成した。モデルの修正、レンダリングの再実行、映像用ナレーションの再収録などの末、3ヶ月後にはバージョン 1.5 を完成させた。この様に、作成したコンピュータグラフィックが何らかの批判を受けた場合、短期間でその修正版を制作できるのが官学協働のメリットであると考えていたが、実際にそのメリットは機能する事が検証された。

バージョン 1.5 の問題点として、そもそも復原にあたって100分の1という小さな縮

尺のしかも正面からの図面しかないというのは、大きな問題であった。屋根の寸法も、軒下の構造も正確にモデリングする事は困難であった。また、庭園部分に関して、簡易的なモデリングを行なっているのに過ぎず、実際の庭園に見られる庭石などは全く復原されていなかった。

#### 4-4 バージョン 2.0 に向けて

現在、庭園部分に関しては、鎌倉市の行なった発掘調査の結果が詳細に示されている図面に基づいてモデリングを開始しており、バージョン 2.0 での完成を目指している。庭園部分の詳細な発掘結果を反映したモデリングを開始している。バージョン 1.5 での問題点であった三堂の詳細図に関しては、発掘調査の報告書を作成した際に翼楼の詳細図の作成を外注した会社には、予算の関係で再び依頼する事は困難であった。そこで共同研究者として、今回の復原プロジェクトに参加してもらえる人を探す事にした。その結果、今回の共同研究者として加わっている大森が、図面作成を担当することになった。学術論文を発表する事を目的とした今回の活動であることから、このような新たな共同研究者を加える事ができたといえる。建物部分は今後完成予定の詳細な復原図面をもとに、3D モデリングを行ない、コンピュータグラフィック復原を完成させる。

#### 4-5 これまでに完成したグラフィック

図 3、4、5 に、これまでの作業により完成した静止画を掲載した。

### 3. 考察

#### 5-1 鎌倉市としてのメリット

大学との協働プロジェクトにより、市単独で行なおうとすれば多額の予算支出を必要とする 3DCG による復原を実現する事ができた。作成する映像に関しては、一度完成させたら改定が困難という外注方式とは異なり、大学との覚書を継続している限り改訂版を作成する事が可能であることも、大きなメリットであることがわかった。

#### 5-2 湘南工科大学としてのメリット

まず第一に、鎌倉市との協働プロジェクトを行なう事を決めたことで、どのようなテーマで活動するか協議し、その中から鎌倉市が長年取り組んで来ている永福寺の復原という学術的にも興味深いテーマを見出す事ができた点は、大きなメリットと言える。

そして仮に大学単独で行なおうとした場合、鎌倉市が保有する一般には入手困難な発掘に関する資料を必要な限り自由に利用する事ができる環境を与えられた事で、復

原作業の精度を高める事が可能となった事もメリットとしてあげられる。さらに発掘調査に直接携わった学芸員や大学関係者からの助言、コメントを受ける事も可能となり、完成度の高い復原を実現する環境が整ったことも重要な点であった。

### 5-3 今後について

鎌倉市には永福寺以外に数多くの発掘調査が終わっている文化遺産があり、例えば大仏殿に関しては、東京大学による大仏の3Dデジタルデータ化が行なわれた際に作成された3Dコンピュータグラフィックがある。しかしながら、その後の鎌倉市による大仏殿跡の発掘調査の結果から、作成された大仏殿の3Dグラフィックには発掘結果と食違う点が存在することが明かとなっている。このような観点から、発掘調査の結果に従った大仏殿の復原は、次の興味あるテーマであると考えている。

大仏殿だけでなく、発掘で明らかになった小さな建築物一つ一つを3Dグラフィック復原する事は、地面の下に埋もれている遺跡のビジュアル化する事であり、それは発掘調査が明らかにした事実のビジュアル化でもあり、一般に対して理解し易い形で発掘調査の成果の提供を可能にする事と言える。自治体が発掘調査を継続して行く上で、市民からの理解は欠かす事のできないポイントであるが、3DCGによるビジュアル化はそれを支える結果を与えるものと考えられ、文化財保護の面からも有効な活動であると考えられる。

## 4. まとめ

鎌倉市と湘南工科大学の協働による永福寺の3Dグラフィックによる復原は、バージョン1.5まで進み、さらに精度を高めたバージョン2の完成を目指し、活動が進んで来ている。両者の協働には、多くのメリットが両者にある事が検証された。

## 5. 参考文献

- [1] 鎌倉市教育委員会 鎌倉市二階堂国指定史跡永福寺跡国指定史跡永福寺跡環境整備事業に係る発掘調査概要報告書—平成6・7年度— 鎌倉市教育委員会 1996
- [2] 鎌倉市教育委員会 史跡永福寺跡保存整備基本設計(案) 鎌倉市教育委員会 2000
- [3] 鎌倉市教育委員会 史跡永福寺跡保存整備基本計画 鎌倉市教育委員会 1997

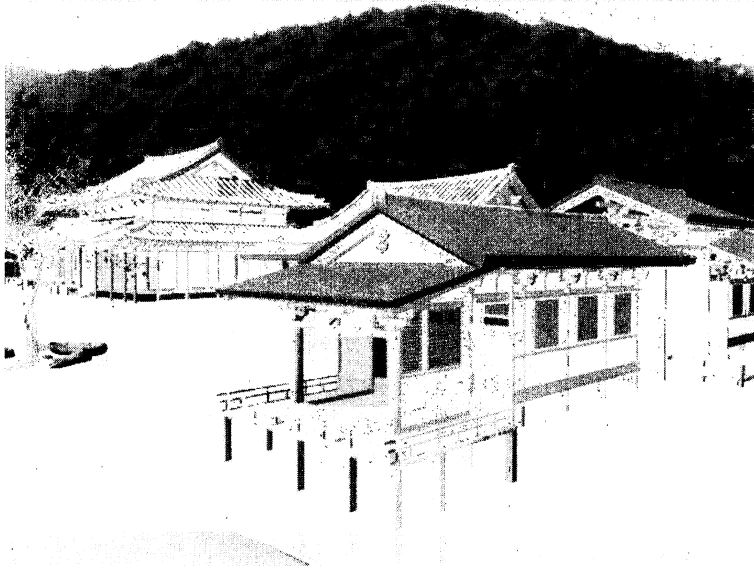


図3 永福寺の全景（左奥が二階堂、手前が翼楼の釣殿）

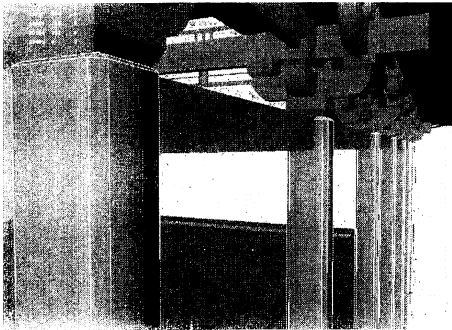


図2 軒下の拡大図

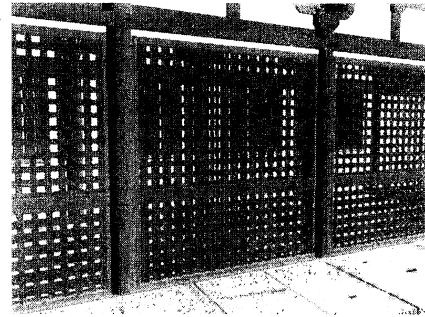


図3 翼楼の障子

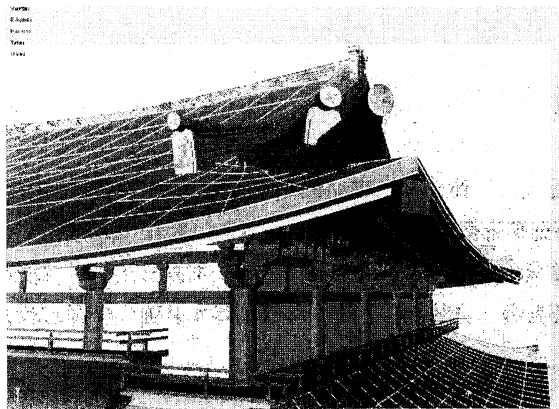


図4 二階堂の屋根部分