

3次元計測データによる文化財のデジタル保存技術とその応用

—京都祇園祭・船鉾の3次元モデリングとパノラマ表現—

Digital preservation technology of cultural assets by the three-dimensional measurement data

工藤 宏晃*・山崎 一洋*・宇田 紀之**

KUDOU Hiroaki*, YAMAZAKI Kazuhiro* & UDA Noriyuki**

*名古屋産業大学環境情報ビジネス学部学生 Nagoya Sangyo University, Environmental Information Business faculty student

**名古屋産業大学環境情報ビジネス学部教授 Nagoya Sangyo University, Environmental Information Business faculty professor

Abstract: I Digital preservation technology of cultural assets using the three-dimensional measurement data, such as point cloud data and panorama photo has begun to be studied. In this study, we attempted a three-dimensional measurement and digital preservation of Funehoko of the Gion Festival in Kyoto. At first, with reference to the drawings article, three-dimensional model was constructed using a three-dimensional CAD software. Next, point cloud data obtained by the three-dimensional laser measuring superimposed on three-dimensional model. Then alignment and synthesis was carried out. This three-dimensional modeling, the internal structure of Funehoko, and the positional relationship of the stalls and the supplementary products were visualized. Digital preservation of valuable cultural assets has become possible.

keywords: digital preservation, culture assets, points cloud data, panorama photo, image based lighting

1. はじめに

地域固有の伝統行事や文化財の保存・継承は、主に、地域住民によってなされているが、財政的には多くの部分を行政の支持に頼ってきており、運営面では住民のボランティア活動によって支えられている。近年は、少子高齢化と人口減から、貴重な文化財財産の管理・継承が難しくなるケースも少なくない。従来、文化財の保存には、図面・写真・動画などの映像音声メディアが用いられてきたが、これらでは、文化財の3次元構造や行事プロセス（準備・組立・挙行・解体・格納）については不明瞭な部分が多く、文化財の修理や修復あるいは、行事の再現といった場面では役立たないことが多い。

こうした問題から、近年では3次元CADモデリング、3次元点群データ、パノラマカメラによる全天周映像（静止画・動画）などの新しい3次元計測データを利用した文化財保存の方法が検討されはじめていく。

本研究は、立命館大学情報科学部田中覚研究室の

協力を得て、京都祇園祭・船鉾の図面データと3次元点群データを利用した3次元モデリングを行った。まず、図面資料に基づいて3次元CADソフトウェアによる3次元モデル構築を行い、次に、3次元レーザ計測によって得られた点群データを3次元CADモデルに落とし込んで位置合わせと合成を行うものである。この3次元モデリングにより、船鉾の内部構造、および、建装品・付帯品の位置関係・着装関係が系統的に可視化され、精密なデジタル保存が可能となった。パノラマ写真を半球に投影して背景を生成し、イメージベースドライティングで船鉾をレンダリングした。

2. 祇園祭・船鉾の歴史と特徴

船鉾は『日本書紀』に記される神功皇后の新羅出船の説話が由来で、「出陣の船鉾」の別名を持つ。船鉾が初めて古文書に登場するのは室町時代の中頃であり、八坂神社の祇園社記に「神功皇后の舟」と記されている。現在の船鉾は、宝暦年間（1754-1764）

に計画され天保年間(1830-1840)に完成したもので、重量は約8.4トン、地上から屋根までの高さは約6.7メートル、車輪の直径は約2メートルである。舳先にある金色に輝く瑞鳥(鷁・げき)の造形物と船端を囲う朱漆塗の高欄などの工芸品が有名である。

祇園祭は、7月1日にはじまり7月一杯までつづく長い祭りである。メイン行事の山鉾巡行は、庫出し、鉾建て、宵山、巡行、解体・格納の5段階プロセスである。祭り期間以外は、鉾蔵に保存されている(図1)。

3. CADモデリングと点群データ

本研究では、主に京都市文化観光局文化課が1968年に発行した「祇園祭 山鉾実測」の図面集[1]と、パノラマ写真、3次元計測点群データをモデリングの基本データとする。以下に鉾立て作業時におけるパノラマ写真と装飾着装時の3次元計測点群データ

を示す。

山鉾実測図面集には、船鉾の立面図、断面図、平面図が描かれており、主要部分の寸法や内部構造がわかる(図2)。また、図面からは読み取れない部材や組み合わせは、半透明化した写真データに重ね合わせて、接合ポイントを確認した。3次元CG作成ソフトウェアは、Sketch Up Pro Ver.15を用いた。立面図(姿図)を移動させながら交点探索する「イメージスライド・トレーシング法」でモデリングを行った(図3)。

3次元点群データは、田中研究室の提供による。船鉾本体の点数は、6x10ポイントで、球面パノラマ画像から色情報(RGB)を取得した。

3.1 船鉾のモデリング

山鉾は、木材で構築する骨格部と、骨格部を懸装品で装飾した装飾部に区分される。船鉾3次元モデル



① 庫出し(6月28日)



② 鉾建て(7月11日)



③ 宵山(7月25日)



④ 船鉾巡行(7月17日)

図2：京都祇園祭・船鉾 (2015年)

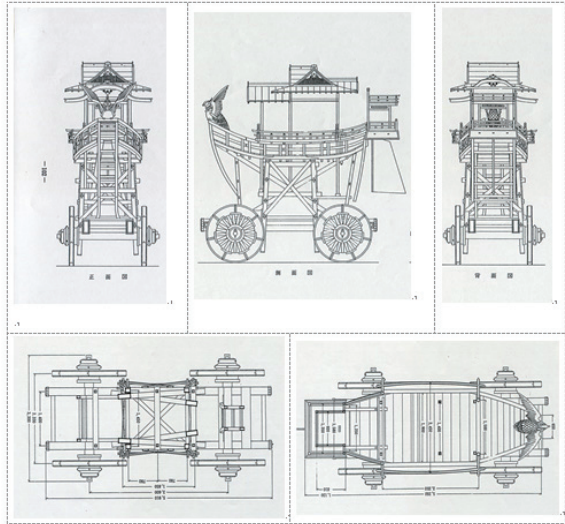


図2：山鉾実測図面 引用 [1]

リングでは、骨格部を屋台部位、屋形部位、車輪部位に区分し、屋形部位を工藤宏晃、車輪部位を山崎一洋が担当した。各部位は、さらに3-4個の部材に分割され、詳細部材や金具・縄に至るまで階層管理される。

1. 屋台部位

(石持、櫓(やぐら)、梯子柱、方台)

2. 屋形部位 (高欄、艫、舵、鰯(げき))

3. 車輪部位 (大羽・轂(こしき)・車軸)

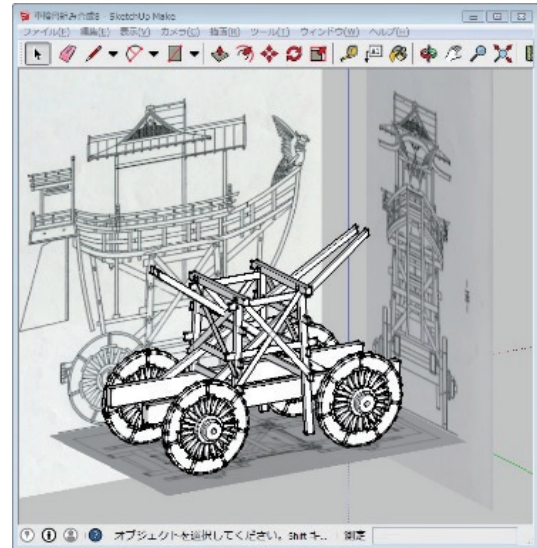
屋台部位は、船鉾の基幹骨格の部分である。表面は横断幕や懸装品で装飾品隠蔽される。鉾建て期間に撮影したパノラマ写真から部材の接合関係(ほぞ組み)を理解する。縄絡みは再現しない。櫓の曲線は、Sketch Upに搭載された曲線補間機能を利用して作図した。

屋形部位は、野外に露出する船体部位である。スライド・トレーシング法で作成した3次元モデルに3次元点群データとの重ね合わせることで、部材のモデリングミスや位置ズレなどの幾何学的誤差修正した。

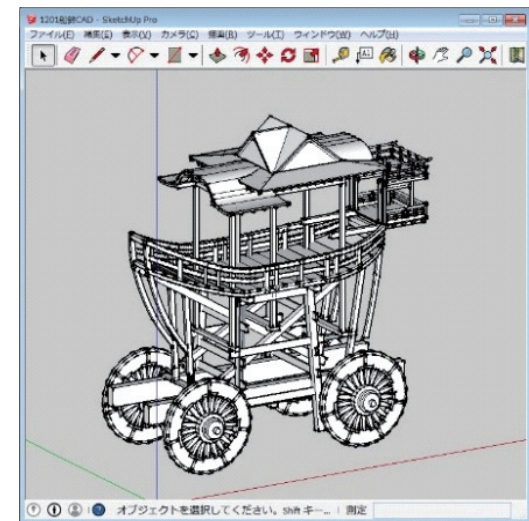
車輪部位は、小部材の重なり合う複雑な構造で、塗料や地面接地の関係からの3次元計測の難しい部位である。車輪のモデリングは、轂の周囲に大羽・小羽各7個を配置し釘(こう)や鉚で固定する。

3.2 粒子イメージレンダリング

正装した船鉾をレーザ計測した3次元点群データから、表面部のサーフェイス粒子だけを抽出する方法として確率過程サンプリング法(SSM法)を用いた。



① フレームワーク



② パーツ合体

図3：スライド・トレーシング法

SSM法は、陰関数面上の曲がった空間内に一様なブラウン運動を生成し、その軌跡を利用して、高速かつ一様にサンプリングを行い、点群を生成する手法である。球面パノラマ画像を重畳し各サンプル粒子の色情報を抽出する。粒子の密度と大きさで懸装品の質感や屋台表面の材質感を表現することができる。また、サーフェイス粒子の透明度を操作することにより、屋台の3次元構造と懸装品の接合関係を可視化することができた。

4. パノラマイメージレンダリング

4.1 全天周パノラマ写真編集

パノラマ写真は、360度全天周画像を撮影する。こ

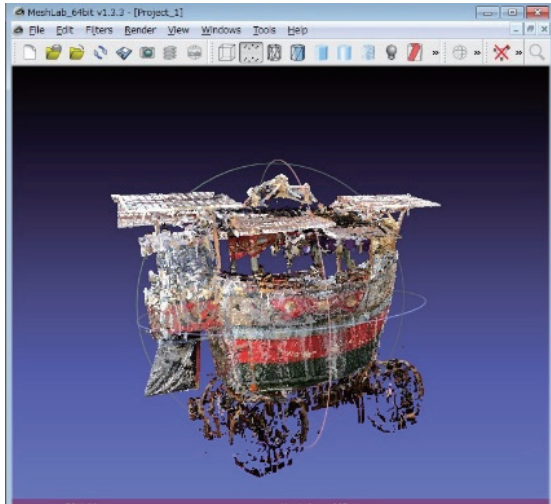


図4：3次元点群データ

これは、イメージベースレンダリングにおいて天空輝度、及び、シャドウイング（影付け）のための地面を必要とするためである。パノラマ撮影には、RICOH THETA Sを使用した。記憶された球面画像（球体座標）は、正方座標に変換して、雲台抜きやタケ出しのトーンマッピングなどの画像処理を行った。パノラマ編集ソフトは、PanoWeaver2.2を使用した。

4.2 3次元空間モデリング

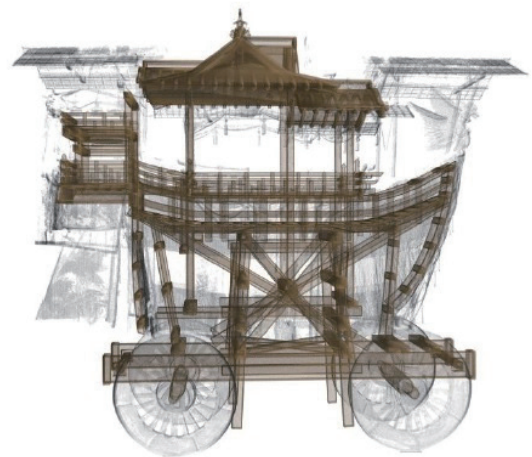
船鉾設置位置を中心に 50ー150M 半径の球体をモデリングし、その内側にパノラマ画像を張り付ける。Y 軸を地軸としてパノラマ画像の方向と位置を整えた。

町屋と道路の接触位置に地平プレートを設置し、船鉾モデルの車輪が地平プレート面に接触するように配置する。球体の半径を調整して、船鉾モデルと街並み背景とのサイズ整合性を整えた。

地平プレート以下の下半球パノラマ画像を地平プレートにレフレクションマッピングして、地表面の質感を表現した。空間モデリングが 3ds-MAX、及び、UNITY6を使用した。

4.3.イメージベースレンダリング

背景パノラマ画像と船鉾の光学的整合性は、IBL（イメージベースレンダリング）を用いて行う。パノラマ画像における天空領域の輝度を、光源照度に変換して、船鉾モデルを照射する。天空に強い光源を設定して、地表面に影付け（シャドウイング）すると、船鉾の接地感が演出されて存在感が出る。



① 半透明表現 引用[2]



② サーフェスマッピング 引用[3]

図5:粒子イメージレンダリング

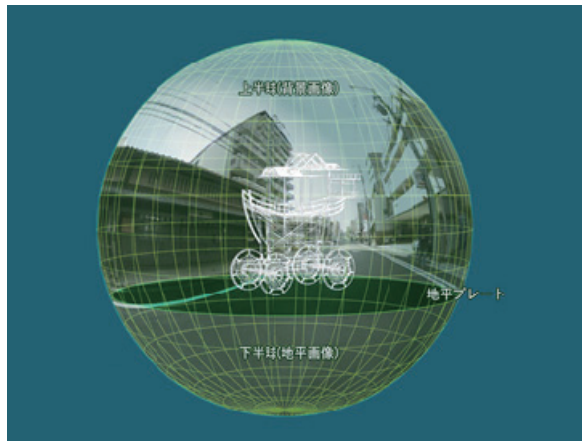
レンダリングは、3ds-MAX の Mentalrayを使用した。

5. まとめ

京都祇園祭・船鉾を対象にして、3次元CADモデリングを中心に、3次元点群データとパノラマ映像を合成した新しい文化財デジタル保存の方法を提案した。昨年、150年ぶりに「凱旋の船鉾」大船鉾が祇園祭に復活した。現船鉾の精密な3次元実測データが、大船鉾「奇跡の復活」に貢献したことは想像に難くない。

謝辞

本研究を進めるにあたり、資料収集にご協力して下さいました船鉾町内会長兼財団法人祇園祭船鉾保存会様と、工学的・歴史的知見における様々なご指導をいただきました立命館大学情報理工学部教授・田中覚先生に、心より感謝致します。



① 半天球マッピングによる3次元空間モデル



② イメージベースドライティング

図6 パノラマイメージレンダリング

引用文献

- [1] 京都市文化観光局文化課：祇園祭 山鉾実測、京都市文化観光文化課、京都市 1968.
- [2] 平部敬士、澤井雅和、磯田弦、塚本章宏、小坂佳宏、長谷川恭子、仲田晋、田中覚：GIS データによる京都の町並みモデルの自動生成、人文科学とコンピュータシンポジウム論文集「デジタル・ヒューマニティーズの可能性」、pp.29-34、2009.
- [3] 矢野桂司、中谷友樹、磯田弦：バーチャル京都一過去・現在・未来への旅、ナカニシヤ出版、京都、2007.
- [4] 植村誠、奥正吾、長谷川恭子、宮岡伸一郎、仲田晋、田中覚：粒子ベースレンダリングによる祇園祭・船鉾の半透明可視化、情報処理学会・人文科学とコンピュータシンポジウム「じんもんこん 2010」論文集、pp.210-224、東京、December 11-12、2010.