

フォトグラメトリーを用いた 展示資料の 3DCG モデル化と展示コンテンツの制作 ー八戸市博物館企画展の事例ー

伊藤 智也[†]・小玉 成人^{††}・小久保 温^{††}

3DCG Model Production of Cultural Properties and Exhibition Contents Using Photogrammetry - Example of Hachinohe City Museum Exhibition -

Tomoya ITO[†], Naruhito KODAMA^{††} and Atsushi KOKUBO^{††}

ABSTRACT

In this report, we report an example of creating a 3DCG model of various stone monuments and museum exhibits in Hachinohe City using photogrammetry technology. We have also developed a digital content system that allows visitors to view 3DCG as an exhibit from a free perspective on the touch panel. This system consists of a computer and a touch panel, and was exhibited at the Hachinohe City Museum Special Exhibition in 2020 and 2021 for a period of about one month.

Key Words: Computer Graphics, Digital Content, Digital Archive, Photogrammetry

キーワード : CG, デジタルコンテンツ, デジタルアーカイブ, フォトグラメトリー

1. はじめに

博物館標本はあらゆる文化的諸活動に貢献できる可能性を秘めており、広く一般に自由な形で公開されることが望ましい。一方で標本の操作にはある程度の修練と専門知識が必要なことも事実である。資料の運搬・設置・展示といった移動を伴うものは破損の問題が常に懸念されており、文化財は保存を重視すれば公開が難し

くなり、公開を重視すると保存状態の維持が難しくなる。また、野外展示型の文化財は来場者に説明するための関連資料の情報量が限定されたものになりやすい。このような問題は博物館等の展示施設が常に向き合わなければならない問題である。

近年、文化財研究において三次元計測技術の導入が各地で進んでおり、作成された 3D データは文化財の形状情報の記録というだけでなく、デジタルデータの性質を利用してさまざまな活用が期待されている。そこで、現在普及段階にある 3D デジタルデータの新たな活用として、著者らは八戸市博物館の協力のもと、博物館の展示物、同施設に隣接している「史跡根上の広場」

令和 4 年 2 月 4 日 受付

[†] 工学部システム情報工学科・准教授

^{††} 工学部システム情報工学科・教授

に展示されている石碑，八戸市近郊にある石碑のフォトグラメトリー技術による3DCGモデルデータ化とその展示コンテンツの制作を行った。このコンテンツは，コンピュータとタッチパネルで構成され，八戸市博物館の特別展において展示資料として各開催期間展示された。本稿では，制作の各工程と展示コンテンツの概要について述べる。

2. フォトグラメトリー技術について

フォトグラメトリー(Photogrammetry)とは，対象物を撮影した画像からその物体の性質および物理量を非接触で計測する技術であり，一般に“写真測量”と訳される技術である。

Photogrammetry に関する研究はFurukawa¹⁾が2015年にMulti-view Stereoにまとめられており，フォトグラメトリー制作の現状については近藤²⁾が詳しく解説されている。

デジタルアーカイブを目標とする研究においては近藤³⁾が埼玉県立博物館の埴輪の計測を行い3次元モデルの制作を行っている。出水⁴⁾は軍艦島のデジタルアーカイブを，みんなの首里城プロジェクト⁵⁾では消失した首里城のデジタル復元を行っている。東京芸術大学⁶⁾では，オリジナルの状態に近づけるクローン文化財，さらにはオリジナルの現状を超越した，スーパークローン文化財の制作に取り組んでいる。

3. フォトグラメトリーによる3Dモデル

フォトグラメトリーを用いて3次元モデルを制作する手順を図1に示す。使用したソフトウェアは，3DF Zephyr Lite (3D FLOW 社)，RealityCapture(Epic Games 社)を使用した。

撮影では，撮影期間や撮影日数が限られていたことから一眼レフカメラ，コンパクトデジタルカメラ，スマートフォン付属のカメラ，ドローン付属のカメラと機材にバリエーションを持たせて撮影を行った。

フォトグラメトリーに要した処理時間は1時間程度のものから6時間にもなることがある。これには，写真の枚数やデータ量などさまざまな要因があると考えられる。処理後は，構築された3Dモデルの確認をし，保存することで一般的な3DCGシステム(Blenderや3dsmax)などで利用可能となる。

フォトグラメトリー処理の結果，余分なポリゴンデータや，穴が開いた部分が生成されることがある。大きな欠損部分はフォトグラメトリーソフト上で穴埋めし，対象物以外の余分なデータは間引き処理を行う。また，CGソフトウェア Blender を使用し，歪曲した部分の修正や写真データからのテクスチャ画像割り当てや着色等を行う(図2)



図1. フォトグラメトリーによる3Dモデル制作のプロセス

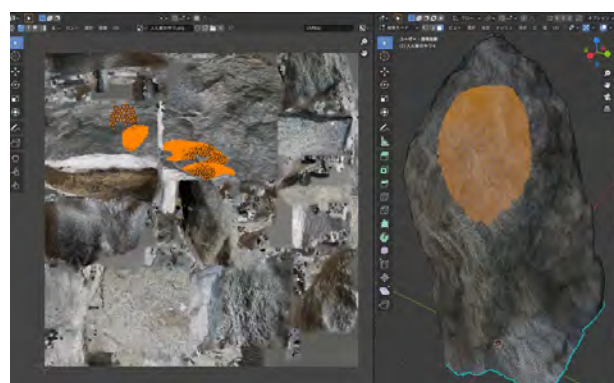


図2. BlenderによるCGモデルの修正

4. 企画展の概要

ここでは，八戸市博物館との共同研究を行った特別展(図3，図4，図5)と調査対象について

紹介する。

・令和 2 年度 夏季特別展「飢渴の郷土史-八戸ケガシ禄-

会期：令和 2 年 7 月 4 日～8 月 23 日

調査対象：八戸市根城「隅の観音」にある「悪獣退散の碑」，慰霊碑他，計 14 点。



図 3. 「飢渴の郷土史」リーフレット

・令和 3 年度 夏季特別展「乱世の終焉-根城南
部氏と城-

会期：令和 3 年 7 月 10 日～8 月 29 日

調査対象：「南部師行公騎馬像」，史跡根城内
の石碑他，計 4 点。



図 4. 「乱世の終焉」リーフレット

・令和 3 年度 秋季特別展「今般廃藩之儀—最後
の藩主・南部信順—」

会期：令和 3 年 10 月 2 日～11 月 23 日

調査対象：「黒地蓬莱文様縫取打掛」，「向鶴
紋御膳」，「向鶴紋銚子」，計 3 点。



図 5. 「今般廃藩之儀」リーフレット

5. 3Dモデル制作例

ここでは，制作したモデリング例を取り上げ，
撮影条件や対象物の特徴による生成モデルの結
果について述べる。

図 6, 図 7 は撮影対象の高さが 2.4m を超える石碑
および供養塔である．どちらも地上からの撮影
では側面および上部を横から撮影することまで
はできたが，上部からの撮影は周辺に脚立を設
置可能な条件の場合は脚立を使用し，背後に塀
が他の物体が存在する，足場が安定しない，脚
立の設置が困難な場所は延長ロッドにカメラを
固定することで，不足する部分の撮影を行った．

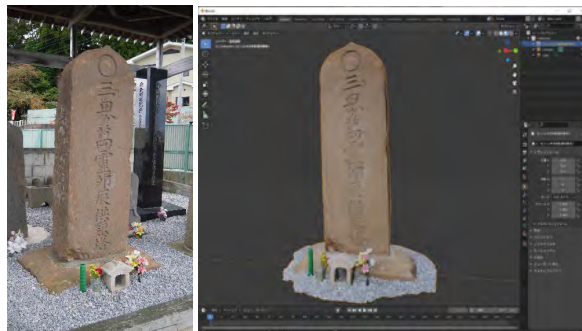


図 6. 対泉院天明飢饉供養塔



圖7. 対泉院天明飢饉供養塔

図 8 は、保護のために小屋の中に設置されており、背後や横からの撮影は困難だった。主に、画角が広く撮影できるスマートフォンを使用した。写真データの不足から 3D モデルの形状データは再構成できたが、それでも穴が空いたり写真画像からは十分な品質のテクスチャを生成することはできず、手作業でモデルの補修とテクスチャの作成を行った。この作業は、補修作業のために必要な 3DCG に関する知識と技術が必要とされる。



图 8. 砂森天保飢饉供養塔

図9の南部師行騎馬像は、頭部までの高さが2.5m超あり、地上からの撮影のみでは全方向の撮影はできない状況であった。そのため、令和3年度からはドローンを使用し撮影を試みた。ドローンで撮影された4k解像度の静止画・動画を入力データとして組み込むことで、全方位からの十分な撮影データを得ることができたため兜や鎧といった装飾物も再現できた。また、八戸市博物館敷地内では、博物館よりドローンの使用許可を得たことで史跡根城内の高さがある撮

影対象にはすべてドローンによる撮影を行うことができた。

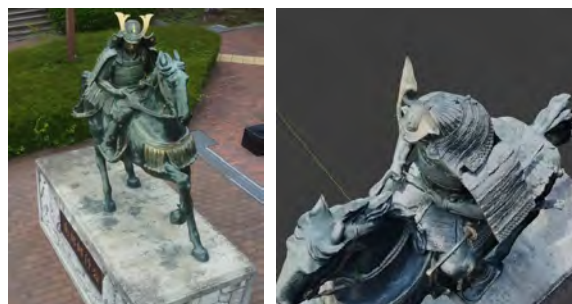


図9.南部師行騎馬像

図 10 は博物館に収蔵・展示されてる、令和 3 年秋季企画展で展示された打掛である。普段はショーケース内で展示され正面からのみ鑑賞されているものである。天井からのライトだけでは影となる部分が多かったため間接照明を 3 つ使用した。内側の生地には光沢も多くモデルの欠損箇所が多く生成されたが、単色だったこともあり 3DCG ツール上で修正を行った。



图 10. 黒地蓬萊文様縫取打掛

6. 展示コンテンツ概要

本研究で、各企画展に向けて作成した展示コンテンツについて紹介する。ユーザーインターフェースとして 23 インチのタッチパネルを使用しているため一般的なタブレットより画面サイズが大きく、タッチ操作を容易に行うことができる。石碑や展示品の選択画面(図 11)では、石碑の写真をタッチすることで 3DCG モデルの表示画面に移動する。



図 11. モデルの選択画面

3Dモデルの表示画面（図 12）はタッチ操作で移動、回転、拡大・縮小させることが可能である。また、「解説を読む」ボタンを押すことで各解説が表示され、操作方法は「操作ガイド」ボタンを押すことで画面上で確認することができる（図 13）。



図 12. 3Dモデルの表示画面

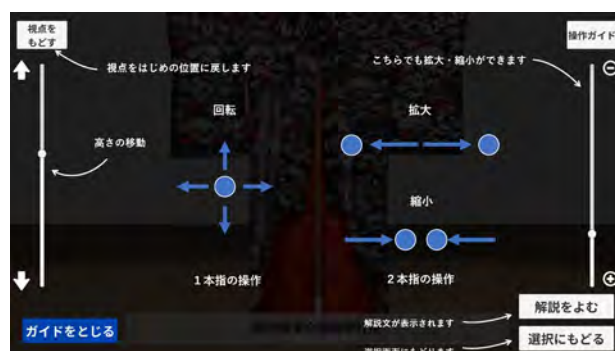


図 13. 操作ガイド画面

7. まとめと今後の課題

本報告では、フォトグラメトリ技術を用いてさまざまな対象と撮影条件からの3Dモデル化を行い、それらを展示するためのデジタルコンテンツを制作した。これらの撮影対象となったモデルはいずれも凹凸のある複雑な形状であり通常のモデリング作業では膨大な時間がかかるものばかりであった。そのため、写真の撮影時間とPCによる形状の構築処理、失敗した場合の再試行の時間を合わせたとしても、フォトグラメトリを取り入れたモデリング手法は時間効率が良く有効なツールといえる。

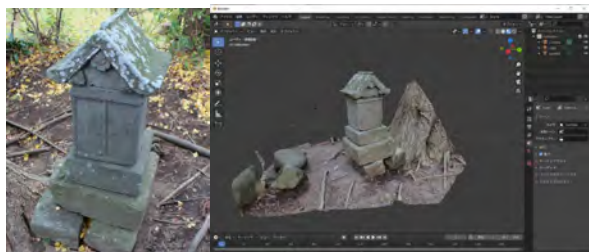
課題として、撮影された画像の鏡面反射成分が強い材質やノイズ成分の除去方法、大量の点群データから面を生成した際に穴が空いたデータの検出、補完処理などが挙げられる。

また、各展示後のアンケート結果は概ね良好な結果となり、博物館来館者の満足度の高い展示システムを提供できたと思われる。今後も継続した調査を続けることとなっているため、より質の高いデータの作成と効果的な展示方法について検討していきたい。

最後に、調査対象の中には区画整理等において既に撤去され所在が不明なものもあった。今後、このような事態の備えとして本研究の意義はあると考えられる。

APPENDIX

付録：Photogrammetryによるモデル生成例



付図1. 悪獣退散石祠



付図2. 山寺天明飢饉供養塔



付図3. 対泉院天明飢饉戒壇石



付図4. 石堂天明飢饉供養塔



付図5. 心月院宝暦飢饉供養塔



付図6. 史跡根城跡碑(高さ3.7m)



付図7. 根城本丸記念碑(高さ4.2m)



付図8. 南部師行騎馬像

謝 辞

本論文で紹介した展示コンテンツの制作にあたり，敷地内での撮影の許諾，資料提供，展示機会等を提供していただいた八戸市博物館に感謝申し上げます．

参考文献

- 1) Y Furukawa : Multi-view Stereo: A Tutorial (Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision), 2015
- 2) 近藤 邦雄 : Photogrammetry を楽しむ, 画像電子学会誌, vol.49,

No.4, pp. 334-339, 2020.

- 3) 近藤邦雄,佐藤尚,町田芳明,増田伸二,星野 伸行,デジタルモデリングによる 3 次元立体の復元と複製,日本図学会, 図学研究, Vol.35, No.2, pp.7-11, 2001.6.
- 4) 出水享: 3D技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ～過去，現在そして未来へ～，建設機械施工～歴史的遺産・建造物の修復～，69(8)，pp. 66-70, 2017
- 5) みんなの首里城デジタル復元プロジェクト, <https://www.our-shurijo.org/>, <2022年2月4日アクセス>
- 6) 東京藝術大学: スーパークロン文化財展，<https://www.youtube.com/watch?v=HxBZ6uMfnRQ> , <2022年2月4日アクセス>

要 旨

本報告では，八戸市内にあるさまざまな石碑や博物館の展示物等をフォトグラメトリー技術により 3DCG モデルを制作した事例を報告する．また，展示物として 3DCG を来館者がタッチパネルで自由な視点から鑑賞できるデジタルコンテンツシステムを開発した．このシステムは，コンピュータとタッチパネルで構成され，2020 年，2021 年度の八戸市博物館企画展特別展で約 1 ヶ月の期間展示された．

キーワード: CG, デジタルコンテンツ, デジタルアーカイブ, フォトグラメトリー