

公開を目的とした3Dモデルのデータ量削減方法

仲林篤史（東大阪市）

Reducing the File Size of 3D Data for Publishing and Utilization

Nakabayashi Atsushi (Higashiosaka)

- ・ 三次元写真計測／Photogrammetry ・ 法線マップ／Normal map
- ・ 拡散マップ／Diffuse map ・ データ量／File size

1 はじめに

考古学分野での三次元写真計測（SfM-MVS）の普及に伴い、3D計測データはVRコンテンツでの活用やウェブでの公開などにも利用されるようになってきた。

考古学分野での3D計測は、例えば埋蔵文化財発掘調査では、開発等による遺構の破壊が前提であることから、より詳細な情報を取得する必要がある。また出土遺物の3D計測も、微細な凹凸の記録・可視化を目的とするため、これらの3Dデータは数百

MBに及ぶこともある。

このような大容量の高精細3DモデルをそのままウェブやVRで公開・活用するには、公開する側・閲覧する側ともに様々な問題が生じる。場合によっては、閲覧すらできない可能性も考えられる。

本稿ではこのような問題に対処するため、「見た目」の形状の劣化をできるだけ抑えながら、高精細3Dモデルを公開活用に適したデータ量へと削減する方法について説明する。

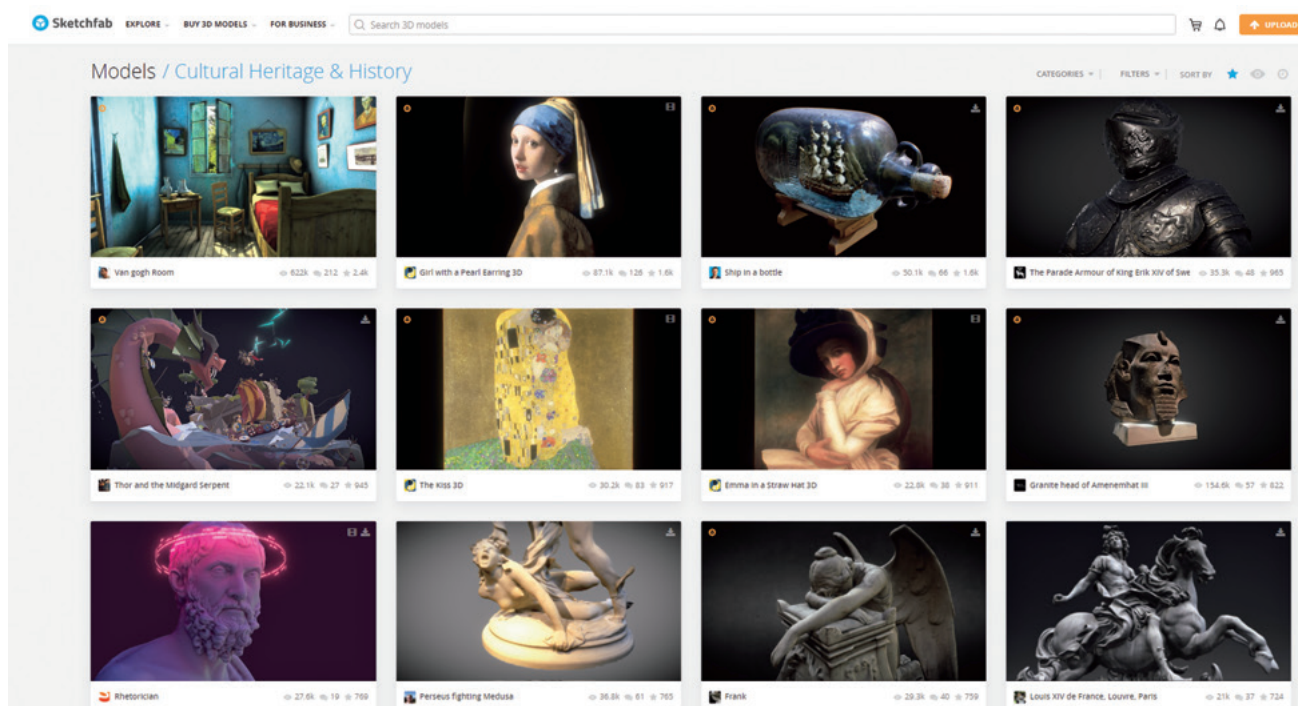


図1 SketchfabのCultural Heritage & Historyのカテゴリ（2020年12月18日閲覧）

2 データ量の問題

近年 3D モデルの公開プラットフォームとして Sketchfab (<https://sketchfab.com>) が普及しつつある。地方自治体の文化財担当部局や大学等の研究機関が公式アカウントを開設し、公開している¹⁾。

一方 Sketchfab では、アカウントの種類によって、公開可能な 1 モデルあたりのデータ量に制限を課している²⁾。

- ・ Free (無料) / 50MB
- ・ Plus / 100MB
- ・ Pro / 200MB
- ・ 上記以外 / 500MB

例として、現在最も普及している SfM-MVS ソフトウェアの一つである MetaShape (ver.1.6.3) で作成したデータを OBJ ファイルで書き出したところ、以下となった。

- ・ モデルの概要 (図 2-1)
対象物：軒丸瓦の瓦当部³⁾ (ほぼ完形)
撮影枚数：644 枚 (3 方向からの撮影)

ポリゴン数：1,896,587 面 (ソース：深度マップ
品質：高)

拡散マップ：4,096pix × 4,096pix × 5 枚 PNG 形式

※「拡散マップ」とは、いわゆる「テクスチャ画像」として、物体表面の固有色を表するもので、「拡散反射マップ」や「ディフューズ (diffuse) マップ」などとも呼ばれる。

総データ量：198MB (OBJ + MTL = 153MB, JPG × 5 枚 = 44.9MB)

上記 3D モデルを Sketchfab で公開するには、有料アカウントの登録が必要となり、地方自治体が運営するには予算面等で障害となる。また仮に公開できたとしても、データ量が大きく、閲覧する側の負担・障害ともなり得る。

このような 3D モデルを公開するための、以下の 3 つのデータサイズ削減方法を説明する。

- (1) データ形式の見直し
- (2) SfM-MVS ソフトを用いたポリゴン数削減処理
- (3) 他の 3DCG ソフトウェアを用いたポリゴン数削減処理

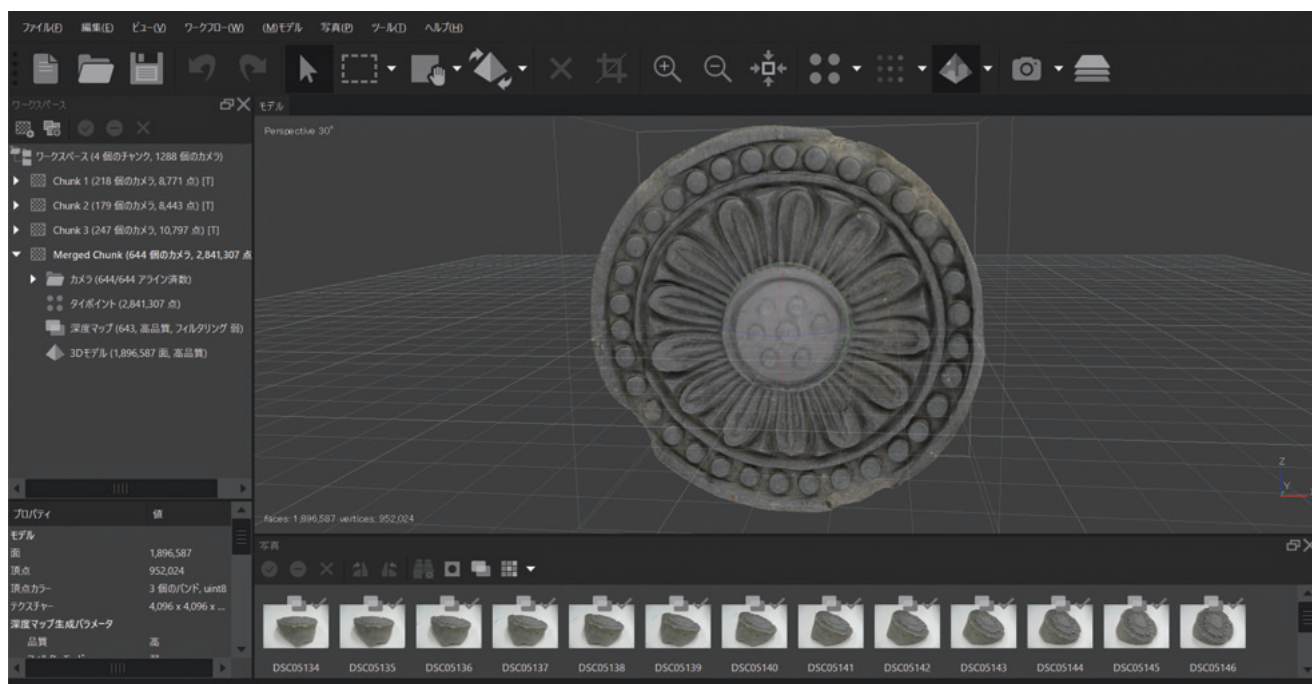


図 2-1 MetaShape の 3D データ

なお、ここでのポリゴン数削減処理とは、ポリゴン数を減らすだけでなく、ノーマルマップを作成することで、見た目の形状をできるだけ劣化させない方法も含む。

ノーマルマップとは3Dモデルの法線（ノーマル, normal）ベクトルの座標を色情報（RGB）で表した画像である（図2-2）。ノーマルマップは、3DCGソフトやVRコンテンツでも用いられる技術であり、Sketchfabでも対応している。

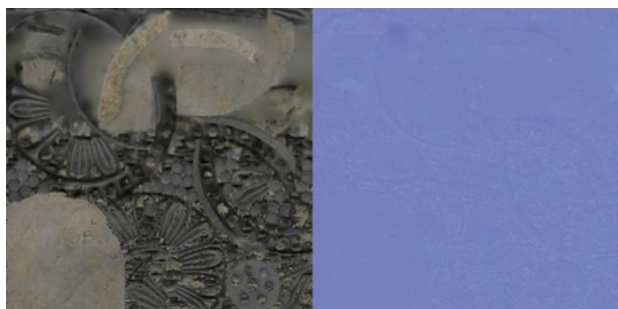


図2-2 拡散マップ（左）とノーマルマップ（右）

3 データ量の削減作業

(1) データ形式の見直し

MetaShapeを使い、図2-1の3Dモデルのデータ形式をOBJ又はFBXに、5枚の拡散マップのデータ形式をPNG又はJPGでそれぞれ書き出した総データ量が表である。

なおOBJとは、3Dモデルの形状に関する情報が記録されたデータ形式である。OBJファイルはテキストリーダーで読み込むこともできる。FBXとは、3DCGソフト間でのやり取りに利用されるデータ形式である。このデータには3Dモデルの形状だけでなく、アニメーションや光源、カメラなど3DCGに必要な情報が格納されている。

3DデータをFBXで、拡散マップをJPGで出力すると、198MBから53.4MBと1/4程度までデータ量が削減できた。

表 データ形式による3Dモデル（図2-1）のデータ量

3Dデータ		拡散マップデータ		合計
データ形式	データ量	データ形式	データ量	
OBJ	153MB	PNG	44.9MB	198MB
		JPG	6.66MB	159MB
FBX	46.7MB	PNG	44.9MB	91.7MB
		JPG	6.66MB	53.4MB

(2) SfM-MVSソフトを用いたポリゴン数削減処理

次に、SfM-MVSソフトでのポリゴン削減処理について説明する。ここでは、以下の3つの作業を図2-1の3Dモデルを作成したMetaShape（ver.1.6.3）のプロジェクトファイルで行う。

なおこの作業は、既に写真のアラインメントからテクスチャ画像の構築までの処理を終えた3Dモデルに対して行うもので、プロジェクトファイルがあることが前提である。

作業1. ポリゴン数の削減（図3-2-1）

3Dモデルのポリゴン数を削減する工程は、SfM-MVSソフトウェアによって“Decimate Mesh”や“Simplify”と呼ばれる。以下では、ポリゴン数を1,896,587面から20,000面まで削減する。

【手順】

- ・「ツール」→「メッシュ」→「ポリゴン数削減」→「削減目標ポリゴン数」を「20,000」にして「OK」
- ・「既存のモデルを置換しますか？」に対し「いいえ」を選択。

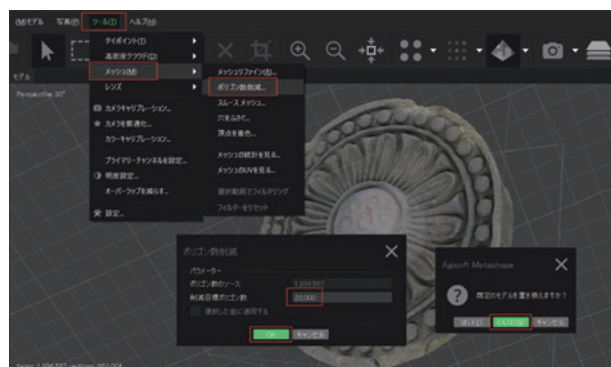


図3-2-1 ポリゴン数の削減

作業2. 拡散マップのベイク (図3-2-2)

MetaShape では、ポリゴン数が削減された 3D モデル (以下「ローポリ」) には、オリジナルの 3D モデル (以下「ハイポリ」) からの拡散マップが引き継がれない。このため、ローポリに対してもテクスチャの再構築処理が必要となる。この時、SfM-MVS ソフトによっては、ハイポリを基にテクスチャを生成することができ、時間短縮となる。

なお、このような、ハイポリの情報からローポリのテクスチャ (ノーマルマップなど色情報のテクスチャ以外も含む。) を生成することを「焼き付ける」という意味で「ベイク」と呼ぶ。

【手順】

- ・画面左のチャンクのツリーを開き、「3D モデル (20,000)」を右クリック→「標準に設定」を選択。
- ・「ワークフロー」→「テクスチャ構築」→テクスチャの種類:「拡散マップ」、ソースデータ:「3D モデル (オリジナルのポリゴン数)」を選択し、実行。

これで、ハイポリの拡散マップ (色情報のテクスチャ画像) をローポリにベイクすることができる。

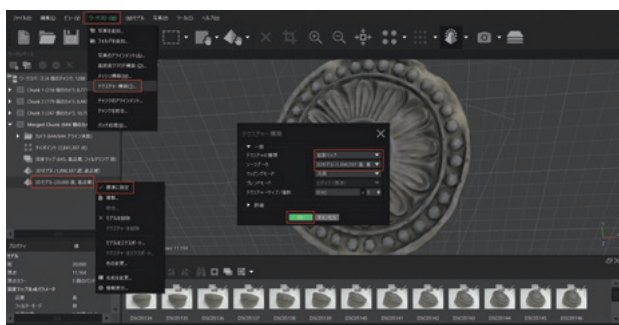


図3-2-2 拡散マップのベイク

作業3. ノーマルマップのベイク (図3-2-3)

3D モデルのポリゴン数を削減すると、データサイズは軽減されるが、頂点や面が統合され、微細な凹凸情報が失われてしまう。これを疑似的に復元するのがノーマルマップである。

ハイポリの凹凸情報から、ノーマルマップをベイクすることでデータの軽量化が可能となる。

【手順】

- ・「ワークフロー」→「テクスチャ構築」から、
テクスチャの種類:「法線マップ」
ソースデータ:「3D モデル (オリジナルのポリゴン数)」
マッピングモード:「UV を保持」を選択し、実行。

これでハイポリの凹凸情報をローポリにベイクすることができる。

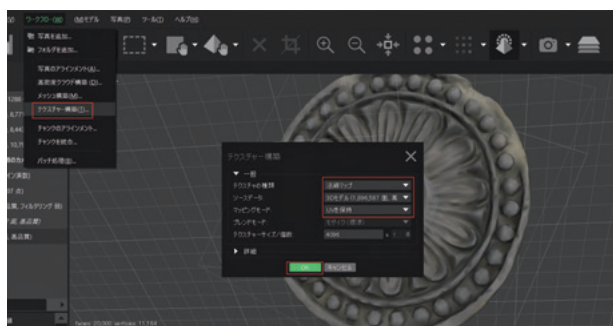


図3-2-3 ノーマルマップのベイク

以上の作業により生成されたローポリの 3D データを FBX で、表面の凹凸情報であるノーマルマップ、そして既存の拡散マップを JPG で出力すると、データ量を 25.1MB まで削減できた。内訳は、FBX が 640KB、拡散マップ×5 枚で 18.5MB、ノーマルマップ×5 枚で 5.93MB となった。

このハイポリとローポリの見え方を 3DCG ソフト上で比較したものが (図3-2-4) である。左からローポリ (ノーマルマップなし)、ローポリ (ノーマルマップあり)、ハイポリの順に並べている。ノーマルマップを使用しないローポリは、粗い形状を呈する。これにノーマルマップを適用することでハイポリに似た形状が復元されている。

(3) 他の 3DCG ソフトウェアを用いたポリゴン数削減処理

ゲームや映像制作分野で使用される 3DCG ソフトには、ハイポリからローポリへとノーマルマップ等をベイクする機能を持つものがある。ここでは、無料のオープンソースソフトウェアである Blender を用いたポリゴン数削減処理及びノーマルマップ生成

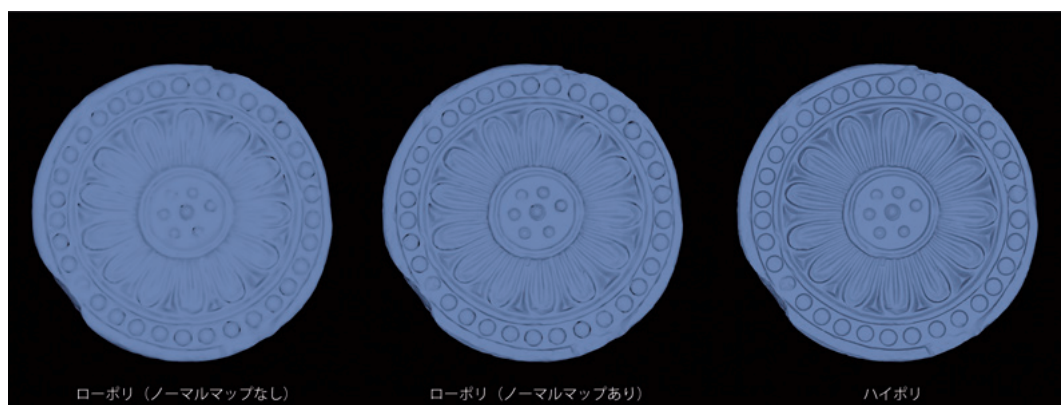


図3-2-4 3Dモデルの比較

処理について説明する。なお、Blender のバージョンは2.90を使用し、データ読込など基礎操作の説明は省略する。

使用するモデル（ハイポリ）の概要は以下である。

- ・モデルの概要：軒丸瓦の瓦当部⁴⁾
- ・ポリゴン数：1,999,272面
- ・拡散マップ：8,192pix × 8,192pix × 1枚 JPG形式
- ・総データ量：58.5MB
- ・作成ソフト：RealityCapture (Steam Ver.1.1.1)

Blenderでの処理は以下である（図3-3-1～7）。事前の作業として、ハイポリとなる3Dモデルを読み込み、複製しておく。2つのモデルの3D空間上での位置・回転は絶対に変えない。以下、図ではハイポリ用モデル名を「high」、ローポリ用を「low」としている。

大まかな作業の流れは、以下のとおり。

作業1. ポリゴン数削減（図3-3-1）

作業2. ベイク（図3-3-2～5）

作業3. データの保存・エクスポート（図3-3-6,7）

作業1. ポリゴン数削減（図3-3-1）

- ① 「low」（ローポリ）を選択し、編集モードに切り替える。
- ② 3Dモデルの頂点を全選択し、「メッシュ」→「クリーンアップ」→「形状のポリゴン数削減」を選択

（※）。

③ 削減後のポリゴン数の比率（図ではポリゴンを99%削減するため、「0.01」）を入力。

※「形状のポリゴン数削減」前に、「メッシュ」→「クリーンアップ」→「距離でマージ」を事前に行うことで、位置が重複する頂点を削除できる。ただし、この作業ではポリゴン数削減後のモデルの形状に差が生じる場合がある。

作業2-1. マテリアル設定と画像テクスチャの新規作成（図3-3-2）

この作業は、この時点ではハイポリとローポリが同じマテリアル（3Dモデルの表面の色や光の反射の性質などに関する情報）を共有しているため、ローポリ用にマテリアルを新規作成し、そのマテリアルにノーマルマップのベイク先となる新規の画像テクスチャを追加するものである。

- ① ローポリを選択し、マテリアルタブから新たなマテリアル（3Dモデルの表面情報）を作成する。図でのマテリアル名は「low」としている。
- ② メタリック値とスペキュラー値を0に、粗さを1に変更する。
- ③ 「シェーダーエディタ」で新規画像テクスチャを追加する。図でのテクスチャ名は「low_normal」としている。サイズはオリジナルと同じ（8,192pix × 8,192pix）で、色空間は必ず「Non-Color」を選択する。なお、画像テクスチャは、「ノーマルマップ」

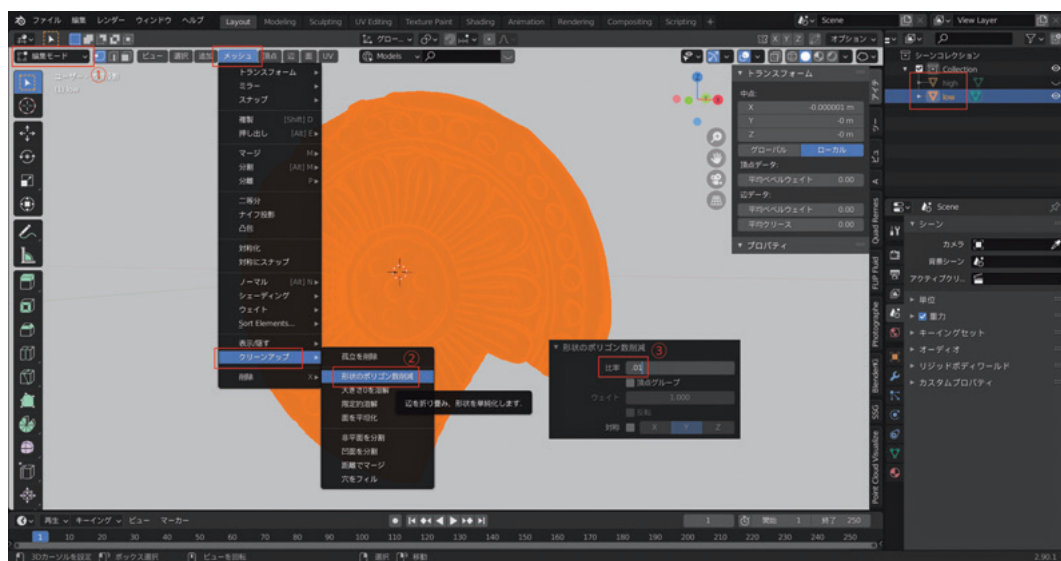


図 3-3-1 ポリゴン数削減

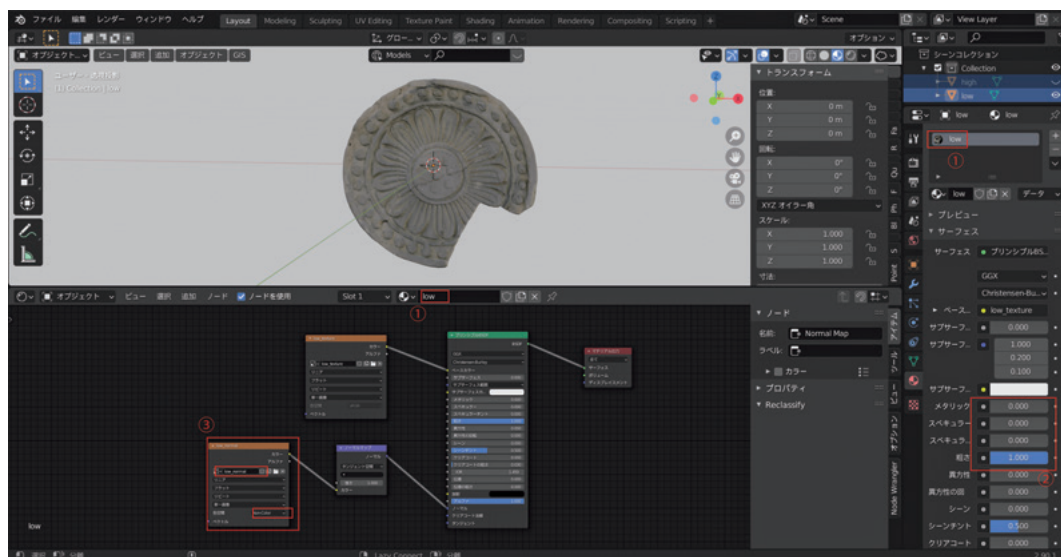


図 3-3-2 マテリアル設定とテクスチャ画像の新規作成

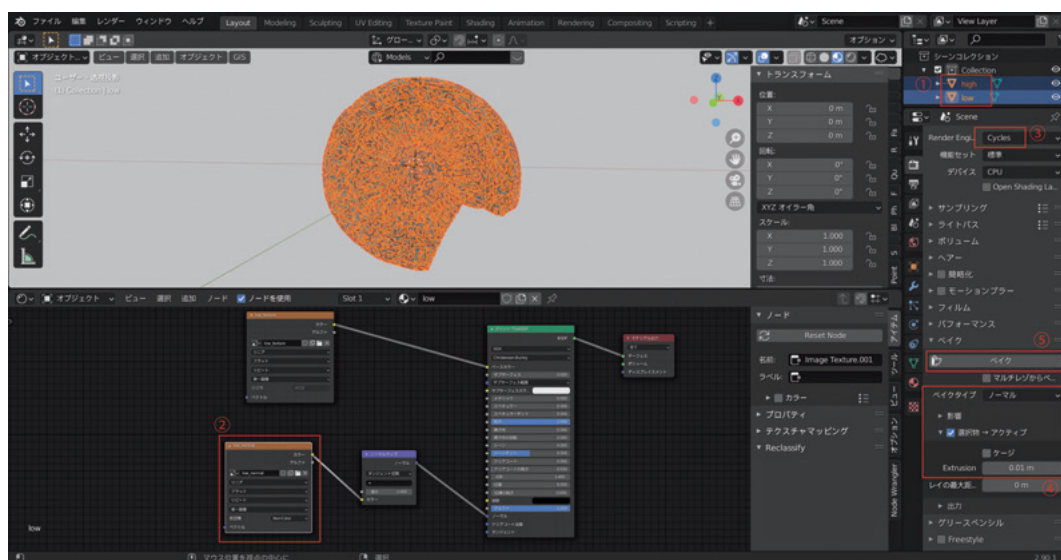


図 3-3-3 ベイクの開始

（「追加」→「ベクター」から追加）の「カラー」に接続し、「ノーマルマップ」は、シェーダーの「ノーマル」に接続する。

作業2-2. バイクの開始（図3-3-3）

- ① 画面右の「アウトライナー」タブで、左クリックでハイポリを選択→Ctrl + 左クリックでローポリモデルを選択する。
- ② シェーダーエディタに表示されるマテリアル名が「low」であることを確認する。テクスチャ「low_normal」をクリックし、選択された状態にしておく。
- ③ 画面右「プロパティ」ウィンドウから「レンダープロパティ」タブを選択し、レンダーエンジンに「Cycles」を選択する。
- ④ 同じく「レンダープロパティ」タブ内の「ベイク」を開き、ベイクタイプに「ノーマル」を選択する。「選択物→アクティブ」のチェックボックスにチェックを入れ、「Extrusion」の値を設定する（図では「0.01」）。
- ⑤ 「ベイク」をクリックすると、ノーマルマップのベイクが開始する。

・補足（図3-3-4,5）

作業1.の結果、拡散マップの位置がずれるなど適切に表示されない場合、作業2-2.④（図3-3-3.）のベイクタイプを「ディフューズ」にすることでハイポリの拡散マップをローポリにベイクすることができる。この作業は、前述の「(2) SfM-MVSソフトを用いたポリゴン数削減処理」の「作業2. 拡散マップのベイク」と同じである。

この時、「間接照明」と「直接照明」のチェックを外し（図3-3-4左）、ワールドタブを開き、背景色をRGB（1,1,1）に、「アンビエントオクルージョン」にチェックを入れておく（図3-3-4右）。また、ベイク先の拡散マップとして、（図3-3-5）のように新規画像テクスチャを作成しておく必要がある。色空間は「sRGB」を選択する。

作業3-1. テクスチャ画像の保存（図3-3-6）

ベイク完了後、画面全体のタブを「UV Editing」に切替え、生成された画像を確認し、画像データを保存する。この時、データ形式を変更し、「レンダー色空間で保存」にチェックをしておく。

作業3-2. 3Dモデルのエクスポート（図3-3-7）

ローポリを選択した状態で ①、「ファイル」→「エクスポート」→「.fbx」を選択 ②）。

保存場所を選択し、ウィンドウ右の「選択したオブジェクト」にチェックし ③、「トランスフォーム」の「スケールを適用」で「すべてFBX」を選択し ④）、エクスポート。

以上の作業によって再作成された3Dモデルとテクスチャ画像のデータ量は、58.5MBから14.7MBまで削減できた。図3-3-8は左からローポリ（ノーマルマップなし）、ローポリ（ノーマルマップあり）、ハイポリの順に並べたものである。粗いローポリの形状が、ノーマルマップによってオリジナルに近い凹凸が再現されている。

4 Sketchfabへのアップロード

上記Blenderを用いて再作成した3DモデルをSketchfabで公開する設定について説明する。まず、保存・エクスポートしたFBX及び拡散マップ・ノーマルマップをアップロードしておく。（図4）は、そのアップロード完了後の設定画面である。図にある番号は以下の作業を示す。

①「SCENE」から「GENERAL」を開き、「PBR」を選択し、「Shading」を選択する。「Lit」を選択する（「Shadeless」ではノーマルマップの設定ができない）。

②「MATERIAL」の「PBR MAPS」を開き、「Base Color」でアップロードした拡散マップを選択する。3Dモデルの材質にもよるが、その他の値は全て0に

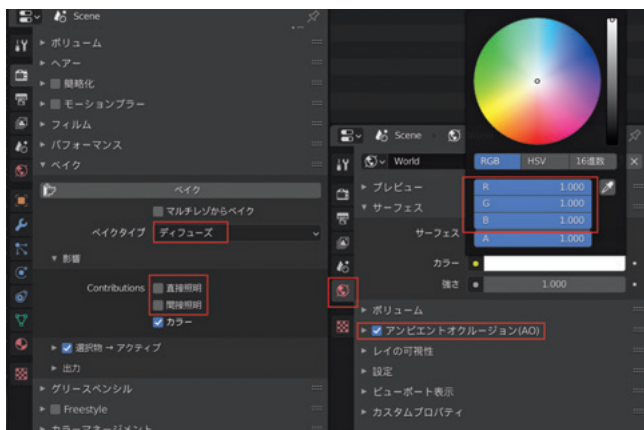


図3-3-4 拡散マップのベイク方法1

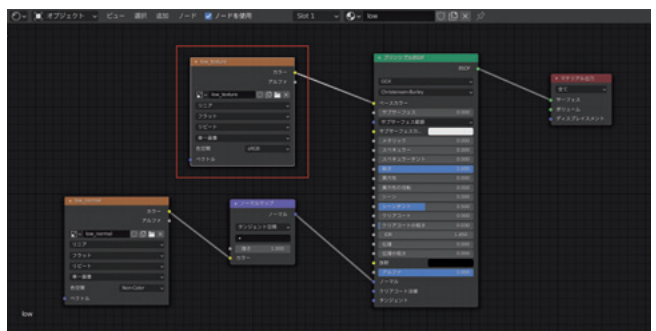


図3-3-5 拡散マップのベイク方法2

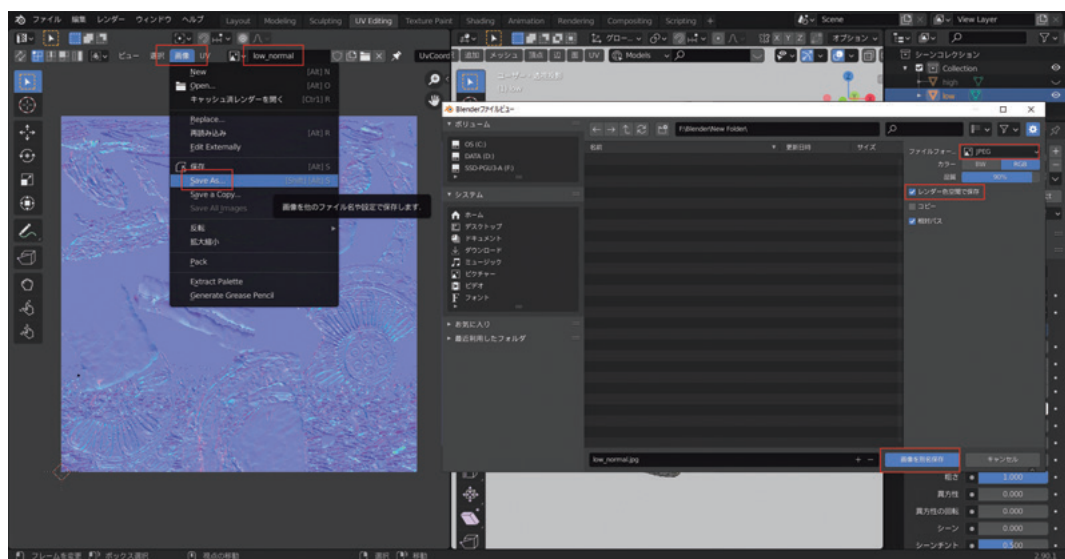


図3-3-6 テクスチャ画像の保存

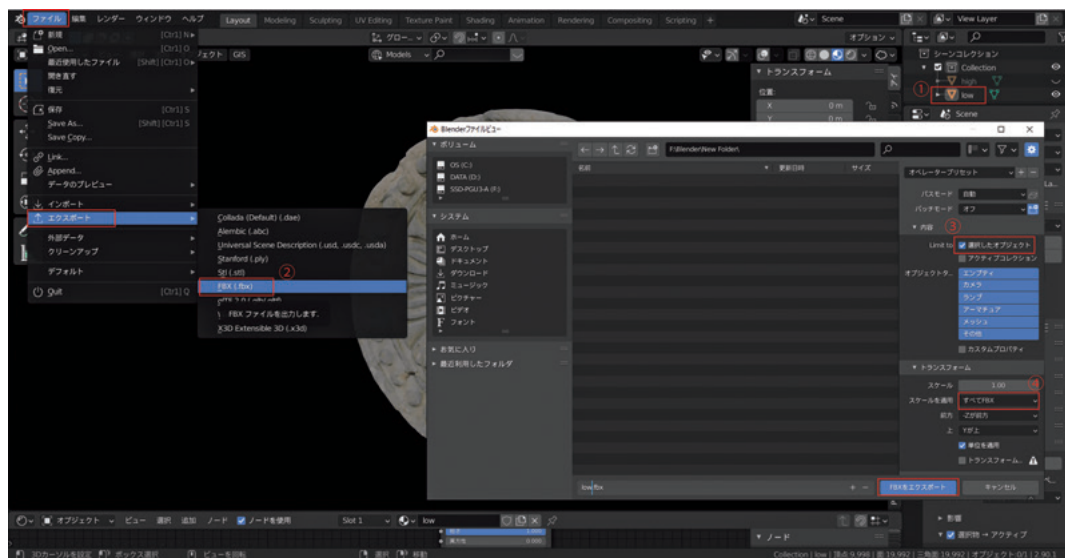


図3-3-7 3Dモデルのエクスポート

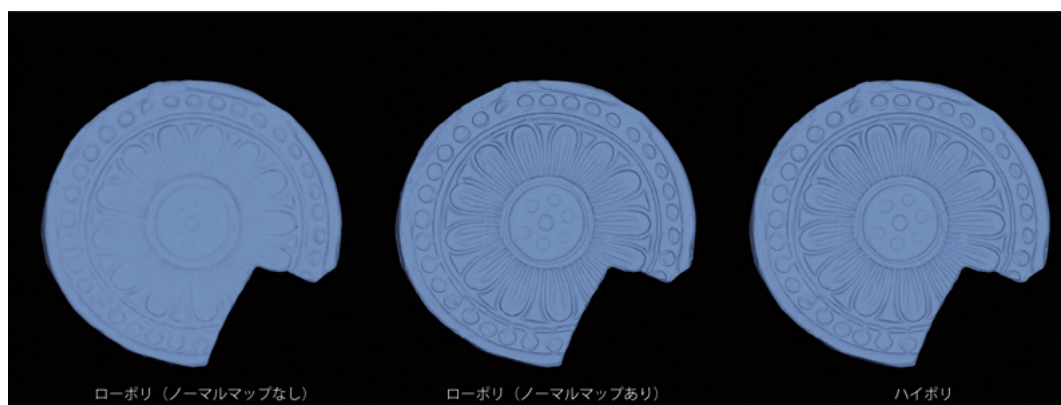


図 3-3-8 3Dモデルの比較

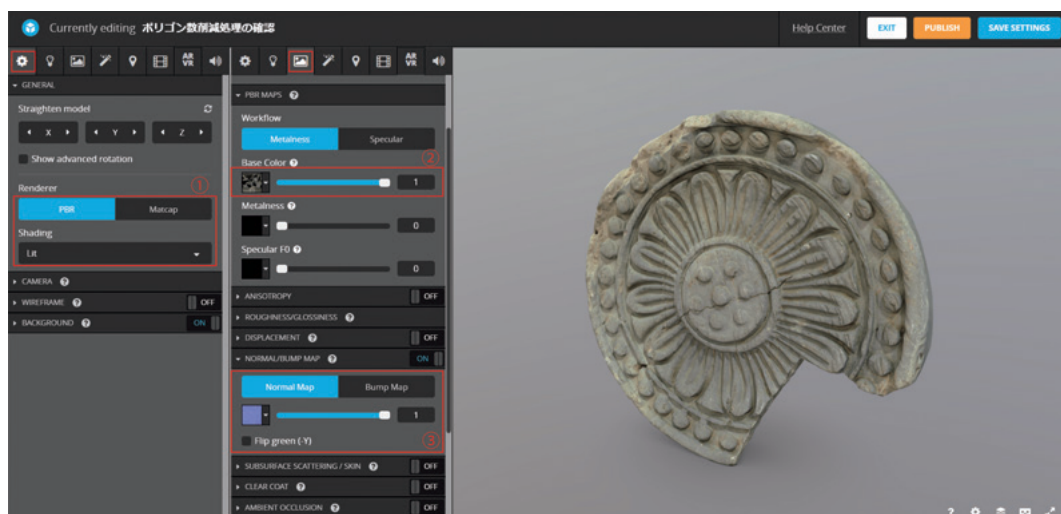


図 4 Sketchfabでの設定画面

しておく。

③「NORMAL/BUMP MAP」をONにし、アップロードしたノーマルマップを選択する。値はノーマルマップの強さを設定するため、適宜調節する。また、凹凸が適切でない場合、「Flip green (-Y)」のチェックを外す。

その他、「LIGHTING」タブや「POST PROCESSING FILTERS」で空間全体の表現を変更することができるが、ここでは省略する。

5 おわりに

以上のように、データサイズの削減のためのひと手間を加えることで、公開する側はこれまでのよう

にデータサイズを気にしなくて済み、観る側にとってもより快適な環境での鑑賞が楽しめる。また詳しくは触れなかったが、VRやARといったコンテンツの素材として使用するにも、本稿で説明した作業が必要となる。今後ますます普及するであろう3Dデータの活用役に役立てば幸いである。

【補註】

1) 例えば、以下の組織・機関がアカウントを開設している。

大阪歴史博物館 <https://sketchfab.com/mushis3D>

大手前大学史学研究所 <https://sketchfab.com/shigaku>

熊本県教育庁文化課 <https://sketchfab.com/kumamoto>
bunka

東大阪市文化財課 <https://sketchfab.com/higashi>
osaka_bunkaza

2) 2020年12月18日現在。

3) 東大阪市教育委員会 2007「河内寺廃寺跡発掘調査報告」報告書番号177の資料である。

4) 上記報告書の報告書番号239の資料である。

【引用文献】

仲林篤史 2019「3D 計測とモデリングによる文化財の展

示・活用－VR 博物館の事例－」『第4 回考古学・文化財のためのデータサイエンス・サロン予稿集』

仲林篤史 2020「三次元データの公開に伴う著作権等の整理」『奈良文化財研究所研究報告 24：デジタル技術による文化財情報の記録と利活用2』独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所