

3次元計測と考古学

とっておき埋文講座②

1 3次元計測とは

3次元計測は、物体の立体情報をデータ化することで、様々な測定・分析を行うことができます。3Dモデルを作成する方法は大きく2種類あり、一つはレーザースキャン、もう一つはフォトグラメトリです。

レーザースキャンは、計測対象に照射したレーザー光線が反射して帰ってくる時間や波長の変化から距離等を測定し、3Dモデルを作成するものです。フォトグラメトリは、計測対象を様々な方向から撮影し、数学的な処理をすることで対象の3Dモデルを作成するものです。

ここでは、より安価で簡単に3Dモデルの作成が可能なフォトグラメトリについて紹介します。

2 3Dモデルの作り方

フォトグラメトリで3Dモデルを作成するためには、大きく3つの工程があります。

(1) 写真撮影

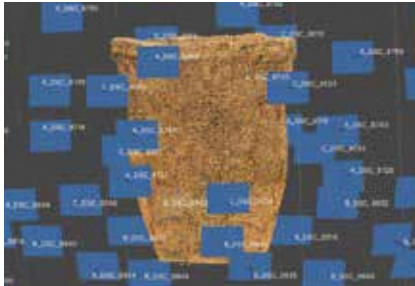
撮影に使用する機材は、RAW撮影できるカメラで、広角レンズを使用することが望ましいとされます。レンズのズーム機能は使用しません。

写真は、前の写真と80%重なるようにオーバーラップさせて撮影していきます。土器等は回転台に乗せて撮影すると、効率的に作業できます。この場合、対象の形状や3Dモデルの品質にもよりますが、少なくとも16方向×3段、48枚の写真が必要とされます。

RAW撮影した画像は、カメラメーカー等の写真編集ソフトウェアでTIFFやJPGデータに現像します。その際、使用するパソコンのスペックや作成したい3Dモデルの品質に応じて、写真の大きさや画質（解像度）を決定します。

(2) SfM (Structure from Motion)

写真に写る特徴点から撮影した時のカメラの位置や姿勢、レンズの歪みを推定する技術で、この作業によって粗い点群（タイポイント）を作成します。



カメラのアライメント（整列）

粗い点群が形成される。青い四角はカメラの位置を表している。

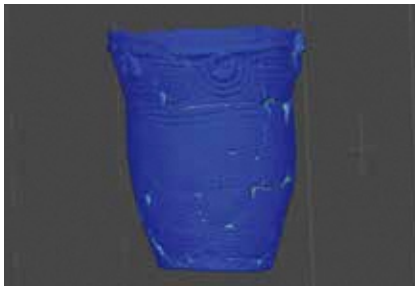
(3) MVS (Multi-View Stereo)

SfMで得られた画像情報を利用して、密な点群（高密度点群）を算出します。3枚以上の写真を同時に分析することから、多視点ステレオともいいます。この高密度点群からメッシュ（三角形の組み合わせた面）を構成し、写真からテクスチャ画像を生成して、3Dモデルが出来上がります。



高密度点群の作成1

深度マップからメッシュを作成する場合、この工程は必要ない。



高密度点群の作成2

信頼度の低い点群を削除することで、よりよいモデルを作成することが可能になる。



メッシュの作成

三角形を組み合わせて網目状のメッシュを作成する。品質によってメッシュの細かさが設定でき、細かければ細かいほど処理に時間がかかる。



テクスチャの作成1

画像から生成したテクスチャを貼り付けるため、写真はあらかじめホワイトバランスや色調を補正しておいたほうがよい。



テクスチャの作成2

写真を撮影する方向を増やせば、土器の内面や底部もモデル化できる。通常は見られない部分も、自由に見ることができるのも利点の一つ。

これらの工程はパソコンのソフトウェア上で処理できます。その中でもMetashapeやRealityCaptureが有名で、前者は買い切り制、後者はサブスクリプション（月額課金）です。

また、レーザースキャンの一種のLiDARスキャナーを搭載したスマートフォン（iPhone12proなど）も登場し、それに対応したソフトも複数あります。有料のソフトも多いですが、パソコンのソフトウェアよりも安い価格で購入でき、手軽に3Dモデルを作成することができます。

(4) 点群編集ソフトでの処理

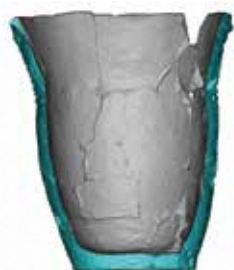
Metashape等で作成した3Dモデルは、汎用の拡張子で書き出せば、ほかのソフトウェアで編集や計測することもできます。点群編集ソフトも色々ありますが、オープンソースソフトウェアのCloudCompareのように、無料で、なおかつ日本語対応しているものもあります。

点群編集ソフトでは、3Dモデルの結合等モデルそのものを編集できる機能のほかに、距離・体積等を測定したり、陰影を強調したり、任意の位置の断面を抽出したり、スケールを設定したり、様々なことができます(Metashapeのスタンダード版ではスケールを付与できないため、重宝します)。



点群編集ソフトでの処理1

ソフトウェアのCloudCompareを使用して、凸凹を強調した。



点群編集ソフトでの処理2

任意の断面も作成することができる。



点群編集ソフトでの処理3

富山地鉄大泉駅近くにある道標。3Dモデルから拓本のようなものも作成することができる。

これらの機能を使えば、考古学の実測図のような2次元の図面も作成する

ことができます。色々ご意見はあるでしょうが、手書きの実測図よりも「正確」な図を作ることができます。

3 考古学と3次元計測

このような3次元計測は、機材の低廉化、ソフトウェアの普及、公開プラットフォームの整備等により、利用する分野や利用者が増え続けています。工業技術、土木工事の分野での応用は目覚ましく、特に土木工事では、国土交通省がi-Constructionの一環として推進しています。

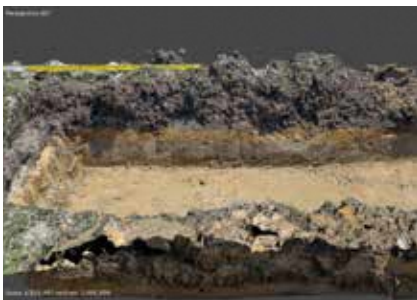
考古学をはじめとした文化財・文化遺産の分野では、大学や研究機関の研究者によって導入が進められ、ワークショップを通して一般の文化財関係者にも広く知られるようになりました。発掘調査においても、調査時間が少なく、作業量が多い水中考古学ですでに定着し、陸上の発掘調査でも導入する自治体や発掘調査会社が増えています。

考古学では、報告書に掲載するため、3次元の遺構・遺物を2次元の図面に記録してきました(遺構平面図や遺物実測図)。3次元計測は、2次元の図面を描くよりも早く記録できるだけでなく、3Dモデルを活用して誰もがより理解しやすい環境が整備されることも期待されます。



3D 化したトレンチの平面

斜めから撮影した写真からでも、上からみた平面図を構築することができる。

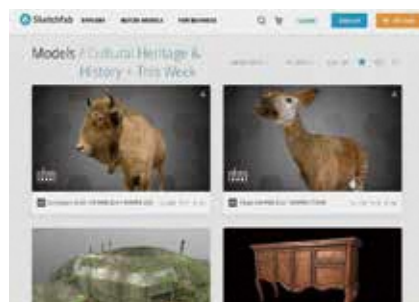


3D 化したトレンチの断面

そのほか、世界遺産や国宝・重要文化財になっている建造物や、石碑・石造物

など、多様な文化財・文化遺産が3次元計測の対象となっています。近年ニュースにもなりましたが、全国から写真を集めて、2019年10月31日に焼失した首里城(沖縄県)を3Dモデル化するという「みんなの首里城デジタル復元プロジェクト」もその一例でしょう。

Sketchfab等のインターネットのプラットフォームでは、全世界の人々が作成した3Dモデルが公開されていますので、ぜひ検索してみてください。



Sketchfab のページ

Sketchfabには「Cultural Heritage & History」というカテゴリもあり、世界中の文化遺産等の3Dモデルが公開されている。日本でも3Dモデルを公開している自治体もあり、インターネットブラウザで気軽に閲覧することができる。

4 当センターでの取り組み

当センターでも、職員がワークショップに参加し、3Dモデルの作成方法を勉強しました。一部Twitterで公開している、代表的な出土品を紹介する動画コンテンツも、blenderという3Dモデルを作成・編集するソフトを使用したものです。blenderもオープンソースソフトウェアで、無料で使える高機能なソフトです。



blender での画像作成

早速ですが、次回の特別展「珠・玉・球ー私たちを魅了する たま とはー」では、2次元でしか表現できなかった出土品の特徴や、展示品の裏側など普段目にできない部分等を、3Dモデルを通して表現していきたいと考えています。お楽しみに。

(松井 広信)