

2. 異なるフォトグラメトリ実行プログラムで構築した瓦の三次元モデルの比較

はじめに

フォトグラメトリを利用した文化財の三次元計測が近年急増している。しかし文化財におけるフォトグラメトリ (Photogrammetry : 写真測量) は、特段真新しいものではない。文化財調査にフォトグラメトリを利用した最も古い例の一つは、昭和 30 年 (1955) の奈良文化財研究所が東京大学生産技術研究所の協力を経て実施した飛鳥地方の航空写真測量である。以来、鎌倉の大仏、仏像、建造物の記録、あるいは発掘調査で検出した遺構や出土遺物、石造物等の記録に利用されてきた (牛川ほか 1969)。2000 年代にはデジタル写真測量に加えて三次元レーザースキャナーが一定程度普及し、三次元計測方法の選択肢が増えた (番 2009)。2010 年代頃になると計算機の大幅な性能向上により、フォトグラメトリの一種である SfM-MVS (Structure from Motion and Multi-view Stereo) が普及しはじめ、今日では SfM-MVS を用いる事例が多くを占めるようになった (金田 2019)。

そこで文化財におけるフォトグラメトリの有効性を検証するため、三次元レーザースキャナーと SfM-MVS による計測結果を詳細に比較するなど、正確度・精密度・解像度の観点から有効であることを確認した上で文化財調査に応用した (中村・山口 2017、山口 2021)。それら計測の質の検証や実際の調査研究で利用してきた SfM-MVS の実行プログラムは、その費用対効果の高さからこれまで Agisoft Metashape (Standard 版および Professional 版) を選択していた。しかし競合する Capturing Reality 社 (2021 年 3 月に Epic Games の傘下となった) の RealityCapture の価格体系が変わるとともに価格も低廉化し、Agisoft Metashape Professional 版と比較して安価に導入可能になったため、RealityCapture を用いた計測試験を実施した。小稿はその結果を報告するものである。

表 1 Metashape と RealityCapture の価格体系の比較

プログラム名	価格体系	価格
Metashape Standard Edition (オルソ画像構築やスケール付与の機能は無し)	買い切り (ver. 1.9.x まで更新無料)	\$179 (教育版ライセンス : \$59)
Metashape Professional Edition (オルソ画像構築やスケール付与の機能は有り)	買い切り (ver. 1.9.x まで更新無料)	\$3499 (教育版ライセンス : \$549)
RealityCapture Enterprise	機能無制限ライセンス 永久ライセンス (ver. 1.x.x まで更新無料)	\$3750 ※他に非営利目的調査用ライセンス割引 や教育用ライセンスがある ¹⁾ 。
RealityCapture Pay-Per-Input License	14000 万画素分の解析が可能 32000 万画素分の解析が可能	\$10 \$20

1. 検討に用いた資料

比較検討のために用いた資料は、平城宮出土軒瓦基準試料である軒丸瓦 6235 型式の 6235Mb-1 (第 3 章第 1 節図 1-6) と 6235Mb-2 (同図 11-3) である。本資料を選択した理由は、これまでに三次元計測とこのデータを用いた同範の検討などが進められており、また本書収録の別論文でも検討の対象となっているからである。6235Mb-1 と 6235Mb-2 の詳細は第 3 章第 1 節でふれているので、そちらをご参照いただきたい。

2. 分析に用いたデータ

分析に用いたデータは、6235Mb-1 は 42 枚の画像とマーカー間の距離、6235Mb-2 は 46 枚の画像とマーカー間の距離である。撮影機材は Olympus E-M1 Mark II と同社 30mm (換算 60mm) マクロレンズである。撮影後は Adobe 社 Lightroom を用いて RAW ファイルのホワイトバランスを調整後、Tiff ファイルに現像した。現像後の画像のサイズは 5,184×3,888 ピクセルである。データ作成者は本研究の作業補助を担当した北野智子 (奈良文化財研究所 有期雇用職員) である。

3. Metashape と RealityCapture の比較

3-1. 導入費用と機能

表 1 は Metashape と RealityCapture の価格体系の比較である。両者は SfM-MVS の代表的な実行プログラムである²⁾。本検討では、Metashape Professional Edition (以下 Metashape Pro と略す) と RealityCapture Enterprise (以下 RealityCapture と略す) を比較した。

Metashape Standard Edition は Metashape Pro と比較していくつかの機能制限があるものの、基本的な機能である三次元モデルの構築の質は Metashape Pro と大差ない。また RealityCapture Pay-Per-Input License は RealityCapture Enterprise と機能は同じであるが、前者は解析する画像群の総画素数に応じて費用を算出する価格体系である。なお費用は三次元モデル構築時ではなく (三次元モデルの構築は無償で実行できる)、三次元モデルの出力時に必要となる。たとえば本検討で使用したデジタルカメラの画素数は 1 枚およそ 20 メガピクセルなので、費用 20 ドルで利用できる 32000 メガピクセルでは 1600 枚の画像を解析できる。この数値はたとえば本分析資料を解析した場合 (1 モデル 50 枚とする)、32 資料分に相当する。

プログラムの機能は、Metashape Pro と RealityCapture のどちらも三次元モデルの構築、テクスチャマッピング、三次元モデルの編集機能、スケールや国家座標など位置情報の追加、DEM

表 2 推奨構成の比較

	Agisoft Metashape	RealityCapture
CPU	6-24 コアの Intel/AMD 製 CPU 3.0+GHz	12 コア以上の Intel/AMD 製 CPU
RAM	32 - 128 GB	32 - 128 GB (メモリ消費がより少ない)
GPU	GeForce RTX 2080 Ti/Radeon VII など	GeForce RTX 2080 Ti/Radeon VII など

(Digital Elevation Model) の構築、オルソ画像の構築、各種解析結果データの出力など、文化財の三次元計測に必要な基本的な要素を有している。

3-2. SfM-MVS 実行プログラムが要求する計算機の性能

表2のように、現時点での両者の高度な利用の場合の推奨構成を比較すると RealityCapture のほうが要求性能は低く抑えることができる可能性がある。特に高画素の画像を大量に扱う場合はその傾向が強い。ただし、計算機の性能が高いほど安定かつ高速に計算できる点は共通する。

3-3. 構築した三次元モデルの比較

Metashape Pro と RealityCapture を用いてテクスチャーをもつ三次元モデルを構築した²⁾³⁾。

各プログラムが構築する三次元モデルの違いは、解析するデータが同一のものであれば、それぞれのプログラムによる解析時のパラメーターの違い(データを粗く解析して軽い処理にするか、あるいはデータを詳細に解析して重い処理にするか)に起因するものが大きいことは明らかである。

そこで両者で構築した三次元モデルのメッシュ数が同等になるよう解析した²⁾。構築した三次元モデルは CloudCompare を用いて位置合わせをおこなった後、メッシュ間の距離を計算した。その結果、いずれも約80%は0.1mm未満、平均距離は0.05mm未満であった(図10)。いっぽう解析に要する時間は Metashape より RealityCapture が短い傾向であった(表3)。より大規模なデータを解析する事例ではこの差はより大きくなると推測するが、今後事例を蓄積し検証したい。



図10 Metashape と RealityCapture によって構築した三次元モデルの比較
(左: 6235Mb-1 右: 6235Mb-2)

表3 各モデルごとの所要時間

資料名	プログラム名	解析の所要時間
6235Mb-1 (解析画像数 42 枚 : 画像数約 20 メガピクセル)	Agisoft Metashape	17 分 23 秒
	RealityCapture	10 分 44 秒
6235Mb-2 (解析画像数 46 枚 : 画像数約 20 メガピクセル)	Agisoft Metashape	23 分 37 秒
	RealityCapture	12 分 8 秒

まとめ

小稿ではフォトグラメトリの一種である SfM-MVS の現在最も一般的な実行プログラムの Metashape と RealityCapture によって構築した三次元モデルの比較を実施した。その結果、今回の事例では構築する三次元モデルに大きな差は生じないことを確認した。また解析時間は RealityCapture のほうが短い傾向を看取した。今後は事例を蓄積するとともに、いわゆる高性能な三次元レーザースキャナーで計測した三次元モデルとの比較を進め、検証事例を蓄積したい。

(山口欧志)

註

- 1) RealityCapture Enterprise を調査研究目的で使う場合、CapturingReality 社にその旨を申請し承認を受けると表 1 に示した 30% の価格で購入することが可能である。教育機関における教育目的の利用の場合は、無償で利用可能だが複数の制限がともなう利用規約を遵守する必要がある。文化財のデータを解析対象とする場合、利用規約が導入目的や対象の性質等に対して適切か確認が必須である。
- 2) 解析時のパラメーターは Metashape の Align : Highest、Build Dense Cloud : High、Build Mesh : High、Build Texture : 8192×10 を基準とし、RealityCapture の設定はこれと同等になるようにした。
- 3) 解析に使用した計算機の主な仕様とプログラムのバージョンは次のとおりである。OS : Windows 10 Pro、CPU : Intel Xeon(R) CPU E5-2667 v4@3.20GHz、GPU : NVIDIA GeForce GTX1080Ti×2、RAM : 192GB、Agisoft Metashape Professional Edition (Ver.1.8.1)、RealityCapture (Ver.1.2)、CloudCompare (Ver.2.12)。

引用・参考文献

- 牛川喜幸・長谷川誠・伊東太作・佃幹雄・坪井清足 1969 「写真測量の文化財調査への応用」『奈良文化財研究所年報 1969』、pp. 2-8
- 金田明大 2019 「3次元技術等によるデジタル技術の導入」『デジタル技術による文化財情報の記録と利活用』奈良文化財研究所研究報告、第 21 冊、pp. 13-20
- 中村亜希子・山口欧志 2017 「瓦当の三次元計測法の検討 —瓦当データベース構築に向けた模索—」『奈良文化財研究所紀要 2017』、pp. 66-67
- 番 光 2009 「デジタル写真測量による遺構の記録」『奈良文化財研究所紀要 2009』、p. 3
- 山口欧志 2021 「文化財の三次元計測方法による収集データの比較」『日本考古学協会第 87 回総会研究発表要旨』、p. 31
- Agisoft Metashape (<https://www.agisoft.com/>) 2021 年 12 月 10 日最終確認
- RealityCapture (<https://www.capturingreality.com/>) 2021 年 12 月 10 日最終確認
- CloudCompare (<https://www.danielgm.net/cc/>) 2021 年 12 月 10 日最終確認