

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—

はじめに 遺跡・調査技術研究室では、考古第三研究室と共同で2017年度以降に開始を予定している平城宮跡出土瓦当の三次元データベース構築に向けて、瓦当の三次元計測法の比較・検討をおこなった。遺物の三次元計測では、従来、高価なレーザースキャナー等を用いた手法が用いられてきたが、ここでは遺物の三次元計測データの取得・利用の広範な普及をめざし、デジタルカメラで撮影した複数の写真データをパソコンのソフトウェアで処理することで三次元モデルを構築するSfM-MVS (Structure from Motion-Multi View Stereo) という技術を採用した (図70)。

目的 SfM-MVSは、レーザースキャナーなど他の手法に比べ、用いたカメラや照明、写真のピント位置、撮影枚数など、機材や撮影方法によって、得られる三次元データの精度にばらつきが生じやすいという特性がある。そこで本稿では、同一環境下で異なる機材を用いて得られる三次元データを比較検討する。

写真の撮影 撮影資料は外区約半分を欠損するが、残りが良好な雷紋縁複弁八弁蓮華紋瓦当である¹⁾。瓦当面とカメラレンズがほぼ平行になるよう、瓦当は補助材で支え、立てて設置する。カメラは撮像素子の異なるもの3台 (SONY *a*7R・FUJIFILM X-T1・OLYMPUS OM-D E-M1 Mark II) を、レンズは単焦点の広角レンズを用い、OM-Dはマクロレンズでも撮影した。背景には撮影ボックス (白) を使用し、照明はPHOTOLA (大里化工製) 2台を前方左右から、カメラ上部にはVL_1400c (LPL製) を取り付けてあて、極力影をなくすように心がけた。カメラは絞りを11に固定し、ISO感度は200、シャッター

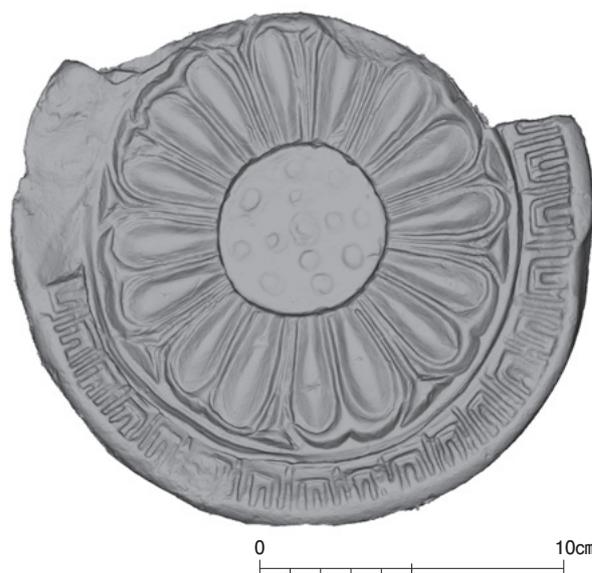


図70 SfM-MVSによる瓦当の三次元計測データ 2:5

スピードはオートにし、画質モードはFINE+RAWに設定。三脚を用いて、瓦当全体が入る写真を2枚以上 (1枚はRAWデータの色調補正用にグレーカードを写し込んだもの) を撮影し、その他は、できる限り接写して部分写真を撮影した。接写写真は、前後する写真で4~6割程度オーバーラップさせ、資料1点につき各26~41枚の写真を撮影した。

三次元データの作成 三次元データの解析ソフトには今回、PhotoScan Professional 1.3.0 (64 bit) を利用した。解析に用いる画像データには、JPEGデータと、RAWデータを色調補正してTIFF形式に現像したものを用いた。同じ撮影データでも、画像形式によって生成される三次元データや所要時間にどのような違いが生じるか検討するためである。

解析は、画像の位置推定 (Align)、点群の生成 (Dense Point Cloud)、モデルの生成 (Build Mesh) をすべて高品質 (High) でおこない、最後に色情報 (Texture) を貼り付けてスケール情報を設定し、不要部分を削除して完成する。点群データはXYZのファイル形式、メッシュを貼った三次元モデルはOBJのファイル形式で、色情報があるもの・ないものに分けて書き出した。これらのファイルの容量や解析に要した時間等を表12に示す。

表12 撮影機材とデータ量

カメラ	撮像素子	画素数	レンズ	画像数	画像形式	点群	メッシュ	処理時間	XYZ (MB)		OBJ (MB)	
									カラー	単色	カラー	単色
SONY <i>a</i> 7R	35mmフルサイズ (35.9×24.0mm)	7360×4912	35mm F2.8	26	JPEG	5,518,900	641,820	55分40秒	360	303	114	47
					TIFF	5,830,654	665,416	51分03秒	383	320	194	49
FUJIFILM X-T1	APS-Cサイズ (23.6×15.6mm)	4896×3264	18mm F2	34	JPEG	2,647,217	266,624	30分54秒	175	145	69	19
					TIFF	2,523,962	221,442	32分16秒	167	139	148	15
OLYMPUS OM-D E-M1 Mark II	マイクロフォーサーズ (17.4×13.0mm)	5184×3888	17mm F1.8	32	JPEG	4,132,590	453,140	41分14秒	268	226	87	33
					TIFF	4,143,873	426,568	41分56秒	269	227	170	31
			30mm F3.5 Macro	41	JPEG	11,879,385	1,303,907	46分06秒	784	657	176	98
					TIFF	11,891,422	1,472,566	43分27秒	785	658	194	111

各三次元データの比較 画像形式の違いでは、生成する点群とメッシュの数に大きな違いは認められない²⁾。処理時間にもほとんど差が認められないが、テクスチャーを貼ったメッシュデータ（カラーのOBJ）では、TIFF画像がJPEG画像に比べ倍近くの容量をもつ。点群やメッシュは視覚的には大差がないが、TIFF画像のほうが粗が少なくすっきりとしている。テクスチャーを貼ったものも、色調補正をしている分、TIFFの方の再現性が高い。

点群やメッシュの密度は、カメラの撮像素子や画素数、レンズ、写真の枚数等によって変化する。瓦当紋様の報告や確認では、今回用いたカメラのいずれであってもその目的を果たすが、X-T1、OM-D広角、*a*7R、OM-Dマクロの順で点群が密になり、より微細な痕跡を捉えるようになる（図71）。同じカメラでレンズをマクロレンズに変えた場合、処理時間は大差ないが、点群・メッシュともに、数が3倍近くに増加した。

なお、図71には参考としてハンディタイプのレーザー scanner であるSpace Spider（Artec 3D製）による三次元データを付した。容量はテクスチャー情報のない点群データ（XYZ）が247MB、メッシュデータ（OBJ）が432MBある。SfM-MVSで得たデータに比べ、均一に点群を取得しており、点群の密度に対して効率的に微細な痕跡を捉えるが、その分メッシュデータは重い。テクスチャーを貼り付けるとさらに容量が大きくなるが、その質はSfM-MVSのほうが高い。

まとめ 瓦当の三次元データベース作成では、瓦当紋様の確認に加え范傷の進行具合等が検討できる精度の三次元データの取得を目指している。今回は、三次元データの質に加え、画像データの質、技術の普及性、取扱いに無理のないデータ量等から総合的に判断して、OM-Dカメラにマクロレンズを装着し、SfM-MVSによって三次元計測をおこなうこととした（図70）。

SfM-MVSの普及により、高価なレーザー scanner がなくとも高品質の三次元データが取得できるようになった。今後は、各地で出土遺物等の三次元データ化が一層進むことが目される。各データはXYZやOBJ等の形式のファイルによって比較することが可能であるが、各データの精度や特質に注意して活用することが望まれる。

（中村亜希子／客員研究員・山口欧志）

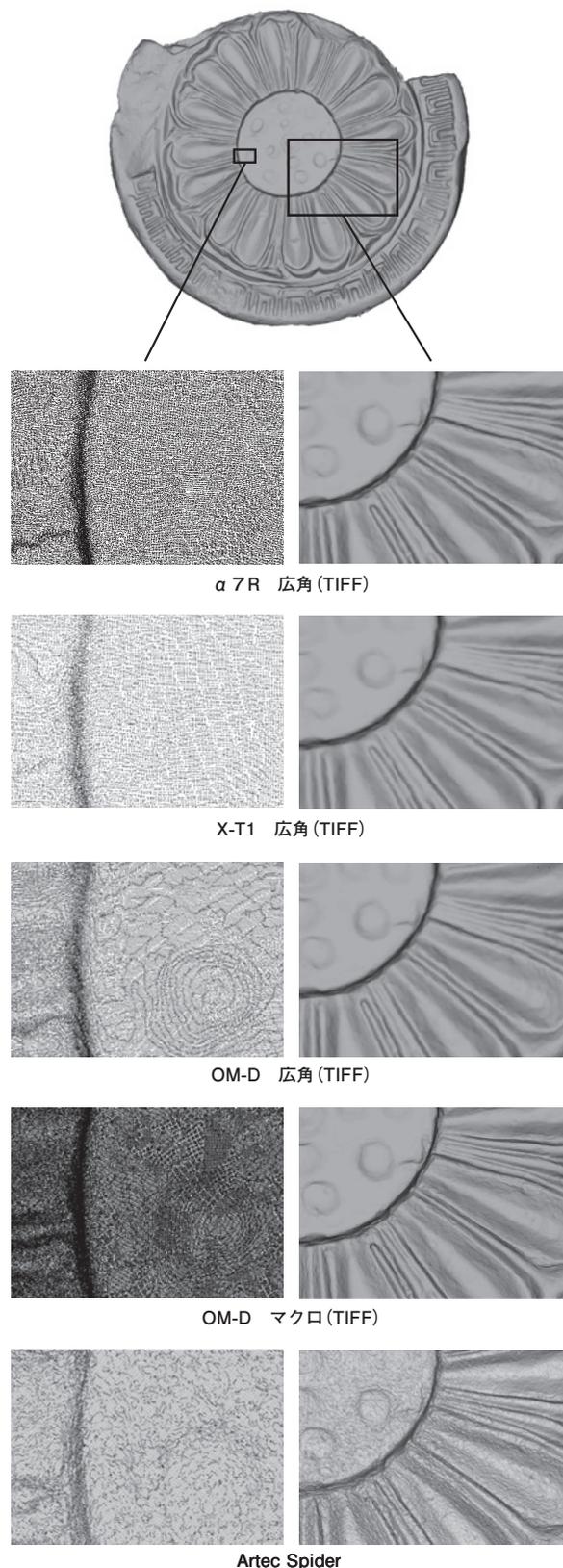


図71 各三次元データの比較（左：点群 右：メッシュ）

註

- 1) 奈文研『山内清男考古資料8 縄文草創期・縄文後晩期・瓦埴資料』PL.28-90、1997。
- 2) 数値には若干の差異があるが、瓦当面以外での不要部分の除去状況の違いもあるため、大差はないと考える。