

「同範瓦」と「異範瓦」 —東大寺式軒瓦の三次元計測と検討—

1 はじめに

考古第三研究室では、2017年度から、遺跡・調査技術研究室と共同で、平城宮出土軒瓦基準資料の三次元計測を開始した。初年度は、東大寺式とされる軒丸瓦6235型式および軒平瓦6732型式を対象とし、2018年2月までに軒丸瓦17点と軒平瓦33点、計50点の計測を終えた。撮影に要した日数は約16日間である。本稿では、計測の手法を簡潔に紹介し、東大寺式軒丸瓦の文様分類について触れた上で、取得した瓦当三次元計測データの分析の所見を報告し、今後の展望を記す。

2 三次元計測の手法と手順

瓦当面の三次元計測には、SfM-MVS (Structure from Motion and Multi-View Stereo) という技術を用いる¹⁾。具体的な手順は、瓦当面を分割・重複するように複数の写真をRAW形式で撮影し、色調補正をした上でTIFF画像に現像、それらの画像をAgisoft社のパソコンソフトPhotoScan Professionalに取り込み、解析して三次元のデータを取得する。

完形の軒丸瓦1点の瓦当面の三次元データを取得するために撮影した写真的枚数は約30~40枚である。カメラはオリンパス社のOM-D E-M1 Mark II本体にマクロレンズ(30mm F3.5 Macro)を装着し、絞りを11、ISOを200に設定して撮影した。

なお、解析に用いたPhotoScan Professional (64bit) のバージョンは2018年2月の段階で1.4.0であるが、画像の位置推定(Align Photos)をHighest、高密度点群の構築(Build Dense Cloud)をUltrahigh、メッシュの構築(Build Mesh)をHigh、テクスチャ構築(Build Texture)を4096pix×1枚でおこなった。

取得した三次元データ(点群およびメッシュ)は、不要部分を除去した上で.obj形式で書き出し、オープンソース・ソフトウェアであるCloudCompare (Windows64bit版2.9.1) を用いてXYZ軸を調整、分析および二次元画像の書き出しをおこなった。

表15 6235型式軒丸瓦の文様分類

グループ	蓮弁	蓮子	珠文	型式(種)	主な出土地
1	複弁8	1+5	16	C・I	西隆寺・西大寺・平城宮
2	複弁8	1+5	17	B	平城宮・西隆寺他
3	複弁8	1+6	16	A・E・F・G・J・K・Ma・Mb	A・J:興福寺 E・F・K:東大寺 G・Ma:東大寺・新薬師寺 Mb:東大寺・頭塔・西大寺
4	複弁8	1+6	18	D	東大寺
5	複弁8	1+6	不明	O・P・Q	O・P:元興寺 Q:東大寺

3 東大寺式軒丸瓦の分類

計測したうち6235型式の瓦は、外縁素文の複弁8弁蓮華文の軒丸瓦であり、東大寺での出土数が多いため、一般的に東大寺式軒丸瓦と呼称される。蓮子の数は1+5個のものと1+6個のものが、外区の珠文は16~18個のものが確認されており、1996年の段階²⁾では、A~K・M・O~Qの15種の範に分類、Mについては範傷の進行具合によりMaとMbの2段階に細分した。近年では、出土例の増加にともない、新たな「異範瓦」も複数報告されている³⁾。

なお、6235型式軒丸瓦のうちD・E・F・G・K・Ma・Mb・Q種は東大寺旧境内で出土するが、A・J種は興福寺、B種は平城宮、C・I種は西隆寺、Mb種は頭塔の所用瓦とされ、O・P種は元興寺でのみ出土するなど、出土地・製作技法に傾向があることが指摘されてきた⁴⁾。これらを蓮子と珠文の数に注目し分類したのが表15である。

4 「同範瓦」三次元データの比較

6235型式軒丸瓦のうち、「同範瓦」とされる瓦には、B種が2点、I種が2点、M種が3点(Ma1点・Mb2点)ある。これらの三次元計測データの一一致具合を検討したが、ここでは「同範瓦」の異なる段階とされるMa種とMb種のデータの比較結果について紹介する。

検討にはCloudCompare (Windows64bit版2.9.1) の位置合わせ機能(Aligns two clouds by picking (at least 4) equivalent point pairs)を用いた。当該ソフトには、大まかに位置合わせした2つのデータをICPアルゴリズムによって厳密に位置合わせする機能も存在するが、今回は収縮や歪みが生じやすい土製品別個体の比較ということもあり、成果が芳しくなかった。そのため、便宜的に、位置合わせの参照とする任意の点の数を増やし、かつ分散させることで位置合わせをすることにした。この参照点は、原則

※矢印は丸瓦部の取り付け位置

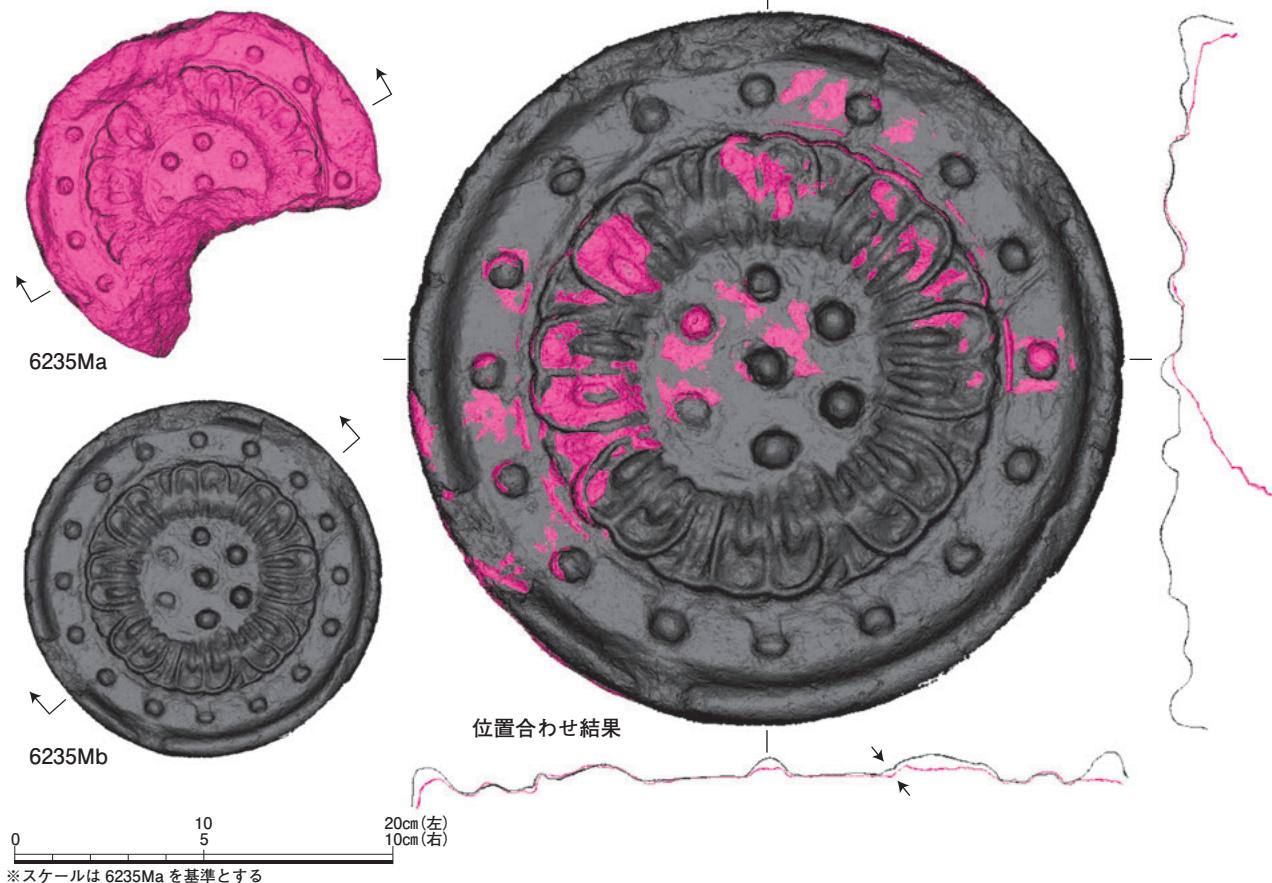


図93 「同範瓦」三次元データの比較

として文様を彫り込んでいない平坦な部分に置き、蓮子付近3点+珠文帯4点を選択する場合と、蓮子付近5点+珠文帯2点を選択する場合を比較した結果、前者を採用することにした。

なお、「同範瓦」の中には乾燥・焼成等による収縮の差によって、大きさが異なるものがしばしば存在する。今回の検討資料では差が比較的小さかったが、製品そのものではなく型の状態の比較を目的とするため、位置合わせの際には、片方の三次元モデルにもう一方のモデルの大きさを合わせて(adjust scale)、検討した。

図93は範傷の少ないMaのモデルを基準とし、範傷が増え、蓮弁や子葉の輪郭線を彫り直した段階とされるMbのモデルの位置を合わせ、同一部分の断面を切り出したものである。表面の観察では、Maの文様の3分の1程度が欠損しているものの、蓮子、蓮弁、間弁、珠文とともに、ほぼ分布や形態が一致している。珠文帯等における範傷の出現以外に、Maでは比較的鮮明であった中房の区画線や弁区外の圈線が、Mbでは不鮮明で緩やかな高まりと化しており、断面の観察ではその違いがさらに明瞭に観察できる。横断面右側では蓮弁の輪郭線の立ち上がりが、Maに比べMbで中央に寄っており(矢印部分)、範の彫り直しに起因する可能性もあるが、個々の範傷・彫り直しの検証には、それぞれの部位のデータを切り出して詳しく検討する必要がある。

5 「異範瓦」三次元データの比較

では、従来「同範瓦」ではないと認識されてきた瓦当の三次元データではどのような一致や差異が認められるだろうか。今回は、表15の分類で示すように蓮子の数が一致するもののうち、残存状況が比較的良好な6235型式A・J・M種とB・C・I種について検討したが、前者の文様では非常に高い類似性が確認された。

A・J・M種の文様の類似性は従来からも指摘されており、資料の目視による観察では、間弁や蓮弁の切り込みの深さや外縁基部の段の有無、範傷等が判断根拠とされてきたが、個々の資料においては種の認定の変更も生じている。中央蓮子から外縁基部までの距離はAとJで約75mm、Mbでは約80mmとなるが、瓦当径はAとMが約190mmなのに対し、Jは約182mmとやや小さく、瓦当面全体における外縁基部以内の施用部分の占める比率はM>J>Aとなる。

これらの各三次元モデルの蓮子周辺に3点、珠文帯に4点の参照点を設定し、Aの大きさを基準に位置合わせたところ、外縁基部以内の蓮子や蓮弁、間弁、圈線、珠文の位置関係が近似することが判明した。図94は、このうちAとMbの位置合わせ結果を示したものである。平面では、一部の蓮弁弁端の位置が一致せず、蓮子や珠文にも若干のずれが存在し、断面の形状も「同範瓦」ほ

※矢印は丸瓦部の取り付け位置

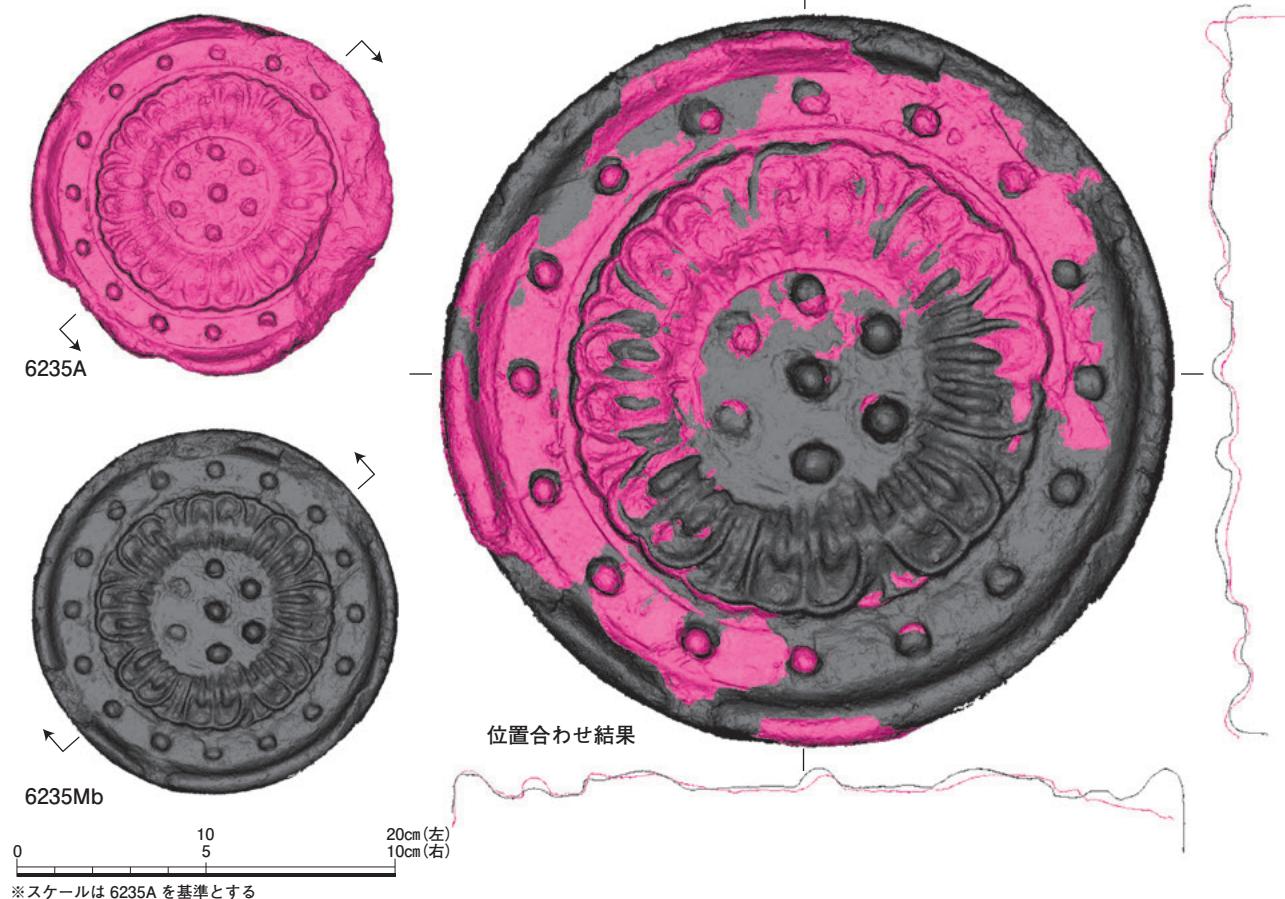


図94 「異範瓦」三次元データの比較

ど一致はしないものの、蓮子・蓮弁の立ち上がり位置や間隔は極めて似た傾向を示す。なお、A・J・M種は、蓮子が1+6で蓮弁が複弁8弁、珠文が16個と、対称的にデザインしやすい文様ではある。しかし、今回位置合わせした配置以外では上記のような重複は確認できない。丸瓦部の取り付け位置もA・Jがほぼ同じで、Mとは180度違う（図94左）といった規則性が見いだせる。

「異範瓦」におけるこのような一致が何に起因すると考えるか。今後のデータの蓄積を待つ必要があるが、現時点では、A・J・M種の瓦当は同一のデザイン画をもとにして彫られた複数の範によるものではないかと推測する。A・J種はともに興福寺でのみ出土が確認されており、M種も含め、みな天平勝宝元年（749）～天平宝字元年（757）の作である。当該時期の東大寺と興福寺の関係を探る重要な鍵になるのではないかと考える。

6 展望

本稿では、平城宮出土軒瓦基準資料の三次元計測を進める中であきらかになってきた「同範瓦」の諸問題について、軒丸瓦6235型式を例に取り上げた。拓本や断面実測図といった従来の記録法に比べ、より正確かつ客観的に異なる瓦の比較・検討をおこなうことができる三次元計測データではあるが、まだ多くの課題も存在する。

例えば、粘土を乾燥・焼成して製作する瓦という資料の特質上、鏡などの金属製品に比べ、同じ範を用いた製品でも大きさ・形状などに個体差が生じやすく、比較基準の設定が困難だという点が挙げられる。さらに、ひとつの範で作瓦する製品数が膨大であり、その過程で範に劣化・修復などの変化が生じるため、たとえ同一の範で製作された瓦であっても、コンピューターの計算上では一致しないと判断され得る。そのため、現時点では複数の製品の位置合わせの初期段階で、参照点を抽出するにあたり人間の判断に大きく依拠しているといえる。

とはいって、これまで実資料を観察する以外に、図面や写真といった二次元の記録からしか得られなかった瓦の表面情報を、三次元で比較・検討できるようになった意義は大きい。今後は、同一範によると考えられる瓦当の三次元計測データとその分析を積み重ねることによって、「同範瓦」とは何なのかを、再検討していきたい。

（中村亜希子／客員研究員・林 正憲）

註

- 1) 中村亜希子・山口欧志「瓦当の三次元計測法の検討」『紀要 2017』。
- 2) 奈文研『平城京・藤原京出土軒瓦型式一覧』1996。
- 3) 奈文研『古代瓦研究Ⅲ』2018。
- 4) 山崎信二「第6章 東大寺式軒瓦について」『古代瓦と横穴式石室の研究』同成社、2003。