

# SfM-MVSを用いた瓦の研究

－西大寺出土軒平瓦6732M型式と同型式派生系軒平瓦の比較－

三 好 佑 佳\*

Study of tiles using SfM-MVS

－Comparison Model 6732M and a similar series of flat eaves tile excavated  
in Saidaiji temple－

Yuka MIYOSHI

## 要 旨

西大寺出土軒平瓦6732M型式は、1988年に行われた西大寺の防災工事に伴う発掘調査で出土したものであり、西大寺金堂院の創建瓦である。分類としては東大寺式均整唐草文軒平瓦で、発掘調査で20点出土した。この型式の軒平瓦のうち、もっとも残存箇所が多かった2点をSfM-MVS (Structure from Motion and Multi-View Stereo) を用いて計測し、そのデータをもとに、それぞれの瓦当面の比較をおこなった。その結果、軒平瓦は焼き歪みや乾燥による収縮などで曲率が変化しているため、同型式のもので、点群比較ソフトで完璧に位置合わせをすることは困難であり、その他の比較方法として数式を用いるなどの対策が必要であることがわかった。

キーワード：① SfM-MVS ② 軒平瓦 ③ 三次元計測 ④西大寺

## I はじめに

SfM-MVS (Structure from Motion and Multi-View Stereo) を用いた三次元計測は、様々な遺物に活用され始めている。なかでも瓦の瓦当面の計測に対しては、範傷や同範関係の確認などに有効である。元来、瓦の調査に主に使用される記録方法は、拓本や実測図・写真などである。しかし、それぞれの方法にメリットとデメリットがあり、瓦当面を計測するためにそれらの数種類の手法を用いていた。三次元計測を用いて計測をおこなうことにより、瓦当面の紋様や断面、範傷などがひとつのデータをもとに分かるようになるのは、三次元計測をおこなう大きなメリットであると考えられる。

今回は、この技術を使用して東大寺式の均整唐草文軒平瓦6732M型式と同型式派生系軒平瓦を比較する。この軒平瓦は、1988年に行われた西大寺の防災工事に伴う発掘調査で出土したもので  
令和2年9月16日受理 \*文学研究科文化財史科学専攻博士前期課程 在学生

ある。軒平瓦6732M型式は、本来は製作年代やその大きさから、軒丸瓦6133S型式と組み合わせる可能性が高いとされている(図1)。また、西大寺金堂院の創建瓦で、中心飾り内の三葉文は左右の二葉が内彎しており、対葉花文左右には外側に巻き込む小葉がないという西大寺特有の特徴を持っている。今回計測した瓦は、6732M型式(図2)と派生系軒平瓦(図3)それぞれ1点ずつであり、両方の瓦の右側が欠けている。また、派生系軒平瓦は中心飾り付近で一度破損しており、その後接合されている。

## Ⅱ 研究史

SfM-MVSを用いた三次元計測は、近年様々な遺物に活用され始めている。瓦の計測にも、活用される例が徐々に増加している。ここでは、現在までにSfM-MVSが用いられた研究の例をいくつか示し、これまでどのように活用されてきたかを挙げる。

まず、奈良文化財研究所の中村亜希子氏の研究である。中村亜希子氏は「『同範瓦』と『異範瓦』-東大寺式軒瓦の三次元計測と検討-」のなかで、軒丸瓦17点及び軒平瓦33点の計50点をSfM-MVSを用いて計測し、そのうちの軒丸瓦の計測結果をもとに、同範関係の調査における三次元計測データの有用性と課題について論じている(中村ほか2018)。また、同瓦のデータ取得時の手法に焦点をあてたものもある。SfM-MVSが瓦に使用される研究は、このように同範関係の検討や、瓦当面の計測に用いるのが、現在の利用目的として多くみられる。

また、鹿児島国際大学大学院の太郎良真妃氏は、「日本および中国発見の南宋瓦の三次元計測」で、福岡市博多遺跡群・箱崎遺跡・中国寧波で出土した軒丸瓦を三次元計測し、これらが同範関係にあるかどうかを確認した(太郎良ほか2016)。また、「SfM-MVSによる考古資料の三次元計測・記録とその『品質』に関する検討-精度・目的・問題意識-」においては、自身が土器を計測した際の事例をもとに、三次元計測・記録の有用性とデータの「品質」の重要性を論じている(太郎良ほか2018a)。また、その続報として「ありふれた遺物の三次元計測・記録とその意義(続報)」がある。この論文では、三次元データの活用方法について、鹿児島県三島村黒島の大里遺跡の調査で出土した資料を例に挙げ、論じている(太郎良ほか2018b)。

このように、SfM技術は瓦や土器など、様々な考古資料の計測に使用されており、完成したデータは瓦の同範判定や、土器の製作痕の観察に活用されている。これからますます三次元データを用いた研究が増えていくと考えられる。しかし、その活用の際には、研究素材として扱うことのできる品質のデータを用いなければならない。

## Ⅲ 計測方法

本研究では、SfM-MVS技術を用いて瓦当面の計測を行った。使用したカメラは、OLYMPUS社のOM-D E-M1 MarkⅢである。絞りは10、ISOは200に固定し、瓦当1点につき、約40~50枚の画像を撮影した。瓦当面を撮影する際には、カメラが瓦当面と垂直になるようにした。撮影した画像は画像処理ソフト(Adobe Photoshop LightRoom Classic)で現像した後、露光量を調節し

てTIFF画像として書き出した。その後、Agisoft社Metashape Professionalを用いて解析をおこなった。Metashapeでの解析の設定は、画像の位置想定 (Align Photos) がHighest、高密度点群の構築 (Build Dence Cloud) がUltrahigh、メッシュの構築 (Build Mesh) がHigh、テクスチャー構築 (Build Texture) が4096pix×1枚である。こうして作成したデータを以降の点群の位置合わせに用いた。

点群の位置合わせには点群比較ソフト (Cloud Compare V2.1.1) を用いた。まず、自動での位置合わせを行った。その方法は、2つの点群データから5箇所それぞれ点をおいていく。その後、目視がしやすいように2つの瓦に色をつけた。しかし、今回計測した軒平瓦は、焼き歪みや乾燥による収縮によって、曲率が異なりデータを完全に一致させることができなかった。そのため、手動による位置合わせを行った。手動による位置合わせでは、比較したい二つの画像ファイルをデータ編集ソフト上に表示し、重ね合わせる前に似たような箇所がどこかを探してから、大きさや傾きなどに注意して重ね合わせて比較する。この方法のデメリットは、調査者の技術力によって正確性が変化することである。位置合わせでは、より精度を高めて重ね合わせることが求められる。そのため、重ね合わせた画像が傾いていたり、大きさが違っていると、正確性が欠ける。

また、三次元データでの比較では、紋様の凹凸の高さによって、ずれがわかりにくい箇所があったため、二次元での比較もおこなった。二次元での比較をおこなうために、まずは比較する2点の瓦のオルソ画像を生成した。その後、それぞれのオルソ画像をデジタルトレースして、重ね合わせた。本研究では、三次元計測の結果を元にして画像編集ソフトで加工した線画と三次元データのメッシュ画像を使用した。それらを重ね合わせることで、平面的な比較をおこなった。

## IV 結果

今回は前述のとおり、自動位置合わせの機能を用いた後、手動での位置合わせをおこなった。理由は軒平瓦6732M型式と同型式派生系軒平瓦の曲率が異なり、合わせる箇所によっては他の箇所に大きなずれが生じたからである (図4)。そのため今回は、軒平瓦の中心飾り部分を重ね合わせることに重点を置き、位置合わせを行った。その結果、瓦の左側はずれが少なかったが、右側に大きなずれがみられた。紋様は、外側にいくにつれてずれが大きくなっていることから、焼き歪みが生じていると考えられる。

また、デジタルトレースを用いた二次元での比較では、三次元データでの比較をおこなった時と同様に中心飾り部分を合わせることに重点をおいて重ね合わせた。その結果、ほぼ完全に一致した (図5)。若干のずれはみられるが、これにより、紋様部分は焼き歪みや乾燥による収縮の影響をほぼ受けていないと考えられる。

これらの結果から、三次元データの重ね合わせによる比較では、曲率が異なるため、完全に重ね合わせる事が難しいことがわかった。しかし、デジタルトレースを用いると紋様がほぼ完全に一致する。そのため、軒平瓦の比較時には、別の比較方法も用いての検討が必要であるという結論に至った。

## V おわりに

本研究では、SfM-MVSを用いて西大寺出土の東大寺式均整唐草文軒平瓦6732M型式と同型式派生系軒平瓦を調査した。しかし、軒平瓦の場合は、焼成時の焼き歪みや乾燥による収縮により、曲率が変化しやすく、同型式の瓦であっても三次元データを完全に重ね合わせる事が困難である。そこで、デジタルトレースという二次元的な比較方法を取り入れることで、紋様部分はほぼ完全に一致していることがわかった。そのため、現在のところは、その他の比較方法として数式を用いることや、二次元での比較をおこなうことで、別の方法と組み合わせて比較をおこなうことが必要であると考えられる。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたって、下記の先生方に多大なるご協力とご指導ならびにご教示を賜った。末尾となり恐縮だが、芳名を記して感謝の意を表する。

独立行政法人 国立文化財機構 奈良文化財研究所 林正憲氏 今井晃樹氏 中村亜希子氏  
本研究はJSPS科研費19H1355の助成を受けたものである。

## 図の引用

図1 西大寺 1990『西大寺防災施設工事・発掘調査報告書』p.157

## 参考文献

- 西大寺 1990『西大寺防災施設工事・発掘調査報告書』pp94～102,152～165  
奈良国立文化財研究所 1989『昭和63年度 平城宮跡発掘調査部発掘調査概報』pp.108～112  
中村亜希子 2017「データベース作成に向けた瓦当の三次元計測方法とその実践」『文化財の壺』第5号 文化財方法論研究会 pp.12～15  
中村亜希子 林正憲 2018「『同範瓦』と『異範瓦』 - 東大寺式軒瓦の三次元計測と検討 -」『奈良文化財研究所紀要』独立行政法人 国立文化財機構 奈良文化財研究所 pp76～78  
中村亜希子 2018「瓦当紋様の三次元データを用いた研究法」『文化財の壺』第6号 文化財方法論研究会 pp.38～41  
太郎良真妃 中園聡 平川ひろみ 下小牧潤 2016「『日本および中国発見の南宋瓦の三次元計測』『日本情報考古学会講演論文集』第16巻 日本情報考古学会 pp.77～81  
太郎良真妃 中園聡 2018a「SfM-MVSによる考古資料の三次元計測・記録とその『品質』に関する検討 - 精度・目的・問題意識 -」『日本情報考古学会講演論文集』第20巻 日本情報考古学会 pp64～68  
太郎良真妃 中園聡 2018b「ありふれた遺物の三次元計測・記録とその意義 (続報)」『日本情報考古学会講演論文集』第21巻 日本情報考古学会 pp.19～24

## Summary

Model 6732M is a flat eaves tile excavated from Saidaiji temple in 1988 as part of the excavation for disaster prevention work at Saidaiji temple, and is a building tile of Kondou-in. It is classified as a flat eaves tile with an equalized arabesque pattern in the style of Todaiji temple, and twenty tiles were excavated during the excavation. The two tiles with the greatest number of remnants were measured using SfM-MVS (Structure from Motion and Multi-View Stereo). As a result, it was found that the curvature of the flat eaves tiles changes due to baking and drying, making it difficult to perfectly align the same type of tile with a point cloud comparison software, and that other measures such as using mathematical formulas were necessary for comparison.

**Keyword** : SfM-MVS, eave-end roof tile, 3D measurement, Saidaiji temple

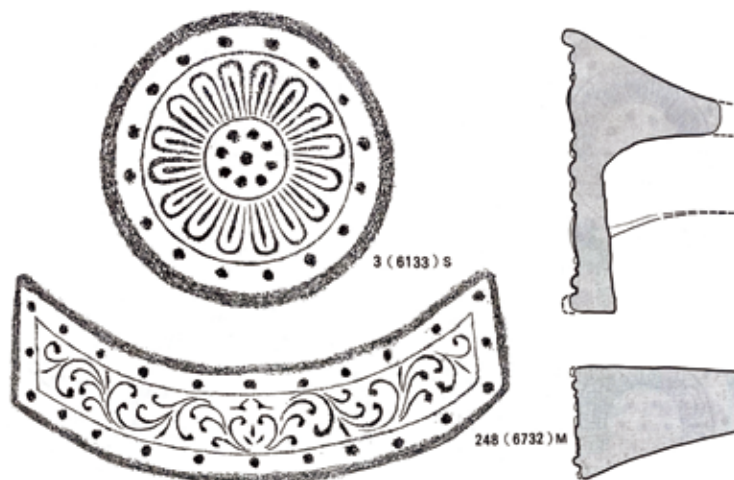


図1 軒丸瓦6133S型式と軒平瓦6732M型式の拓本および実測図  
(引用元：『西大寺防災施設工事・発掘調査報告書』)



(a) テクスチャ画像



(b) サーフェス画像

図2 東大寺式軒平瓦6732M型式



(a) テクスチャ画像



(b) サーフェス画像

図3 同型式派生系軒平瓦



図4 三次元データを重ね合わせた結果

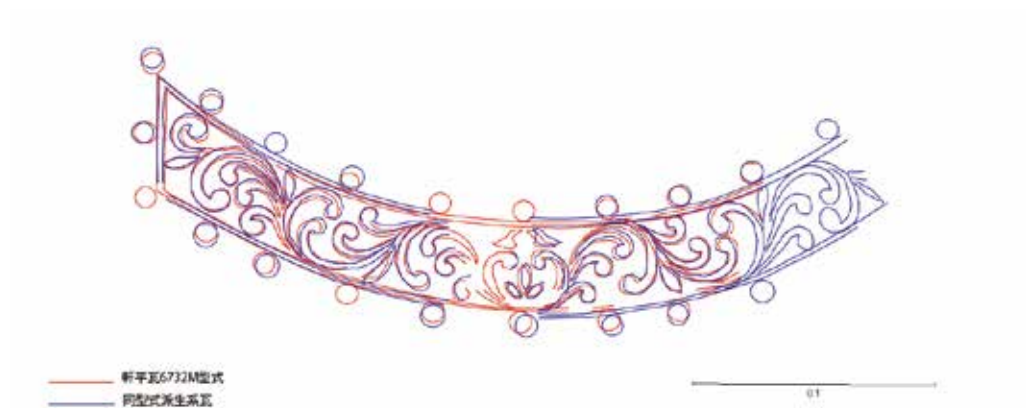


図5 デジタルトレース図