

2. 南伊夜山遺跡出土銅鐸の3次元計測

岡田 大雄・守田 悠

1. はじめに

文化遺産学コースでは昨年度より3DスキャナーとSfM/MVSを導入し、文化財の記録、活用を試みている（陰地・小泉2019）。本稿では、今年度の文化遺産学フィールド実習で実施した南伊夜山遺跡出土銅鐸の3次元計測の成果について報告する。なお、3Dスキャナーによる計測とデータ処理については守田悠が、SfM/MVSの写真撮影および解析については岡田大雄が担当した。（岡田大雄）

2. 南伊夜山遺跡出土銅鐸の概要

（1）出土経緯とその後の調査

報告書（福井県教育庁埋蔵文化財センター2005）によると、銅鐸は2001年7月5日、福井県三方郡美浜町南伊夜山の山中で、農道設置工事中に発見され、その後、発見地帯周辺の工事予定地について緊急の発掘調査がおこなわれた。調査では、発見時に破片が散乱していた地点で小破片1点が採取されたが、工事の際に深くまで掘削しており、埋納に関わる遺構や遺物は確認されていない。

銅鐸は工事用盛土の上で確認されたため、原位置からは移動しているが、発見された状態や小破片の位置から、その近辺に埋納されていたものと推定されている。銅鐸の鰭部は片側が大きく破損しており、破損した鰭部と反対側の銅鐸本体の錆が進んだ状態であることから、破損した側の鰭部を上に向け、横位で埋納されていたものと推測される。

（2）銅鐸の特徴

銅鐸は高さ42.6cm、最大幅26.2cm、最大厚0.3cm、重さは現状で3.2kgである。鈕はアーチ形を呈し、高さ10.8cm、最大幅7.2cmである。天井部は平面銀杏形を呈し、中央に円形の型持ちの孔を2個設けている。正面から見て両脇に飾り耳を持ち、向かって右側の飾り耳はB字形を呈している。また、鐸身には「鑄掛け」による修理の跡が2か所で確認される。

銅鐸は春成秀爾分類のⅢ－2式で、弥生時代中期後葉の製作と考えられる（春成2002）。文様は6つの区画に分けられた袈裟櫛文で、絵画はなく、飾り耳をもつ。鈕に痕跡がなく、内面下端の突帯に舌のあたった痕跡もないことから、「聞く銅鐸」ではなく「見る銅鐸」であったと判断される。

3. 計測の方法と成果

(1) 3D スキャナーによる計測

計測には Artec 3D scanners を用いた。外面は銅鐸を長机の上に設置し、数回に分けてデータを取得した（写真1・2）。鰭部周辺は厚さを計測することを目的に鐸身の両面をまたぐようにスキャナーを操作して計測をおこなった。内面は横位の銅鐸を持ち上げてデータを取得した。こうして複数回取得したデータは専用のソフトで共通する点を入力することで位置合わせをおこない一つの3次元モデルに合成する。この位置合わせの作業には延べ3～4時間を要した。その結果、外面・内面それぞれでモデルを作成することができた。なお、内面については銅鐸が不安定な状態で計測したためか、データを取得できなかった範囲があり、モデルも一部欠損が存在する。また、鰭部周辺のデータは器壁の薄さのためか3Dモデル作成時には使用できなかったことに加え、内外面を一つのモデルに統合することはできなかった。結果的に、内外面それぞれのオブジェクトデータを出力し、点群データ処理のためのフリーソフトである Cloud Compare を使用して結合をおこない、一つの3次元モデルを作成することができた。そのモデルからさらにオルソ画像を生成した（図1）。

完成した3次元モデルを観察した結果、「鋳掛け」の痕跡や、それに伴う鐸身外面の連続渦巻き紋を補刻した部分までは観察できなかった（図3左）。また、破損部分や鰭の端などの器壁の薄い部分の描写には不明瞭な部分が多くあった。厚みに関しては Cloud Compare で任意の共通点をもとにデータをつなぎ合わせたため、正確性には欠ける。このように今回作成した3次元モデルの精度は、細部の観察には不向きであるが、例えば実測図を作成する際の下図などには十分使用できる精度をもっているとおもわれる。（守田悠）

(2) SfM/MVS による計測による計測

写真の撮影には Panasonic 社製 DC-GX7MK3 と単焦点 12mm レンズを用い、AgiSoft 社 MetaShape（旧 Photo Scan）で解析をおこなった。写真撮影に要した時間は1時間程度で、解析には3時間程度を要した。解析においては当初すべての写真を対象にしたところ、外面の2面の違いをソフトが認識せず、2面分の写真が混在した状態で1面のみのモデルが作成されてしまった。内面の写真についても外面とは別の被写体と判断されたとみられ、外面の写真とアラインメントされなかった。そのため、写真を外面2面と内面の3つのグループに分けた上で解析をおこなった結果、3面それぞれで3次元モデルを作成することができた。なお、外面



写真1 銅鐸の観察風景



写真2 3D スキャナーによる計測風景

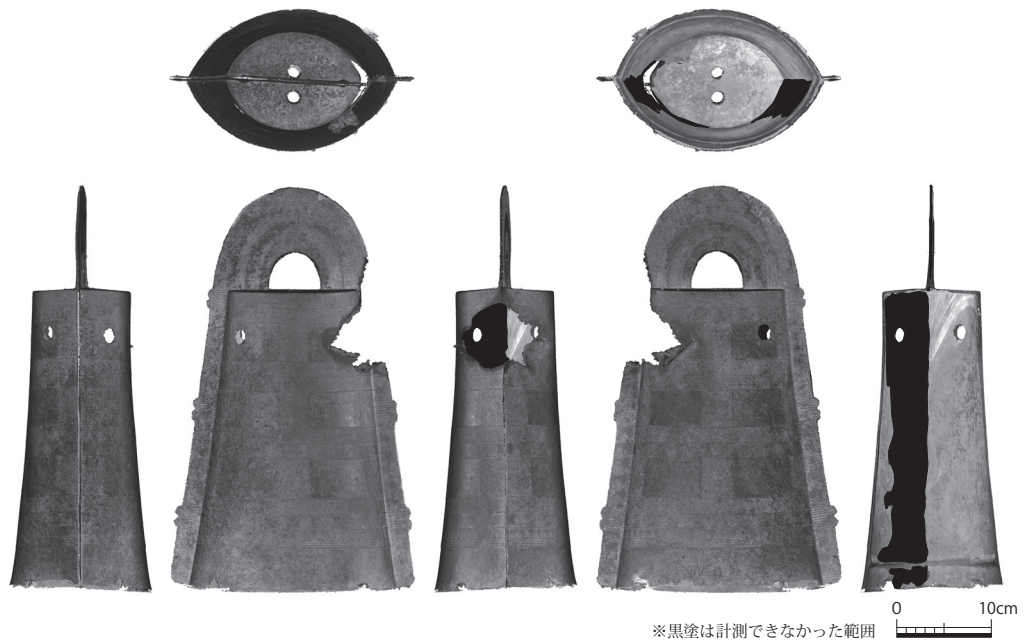


図1 3D スキャナーの計測をもとに作成した銅鐸のオルソ画像 (S=1/8)

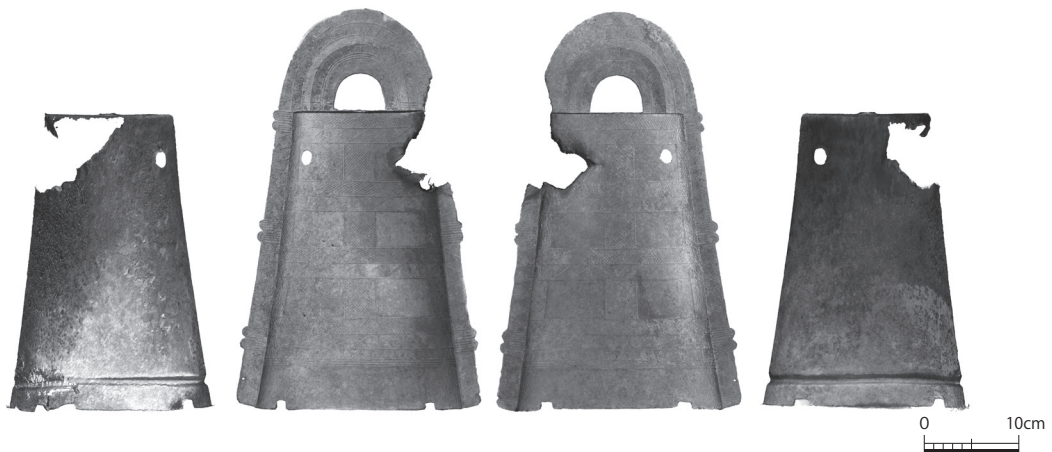


図2 SfM/MVS を用いて作成した銅鐸のオルソ画像 (S=1/8)

はそれぞれ34枚と44枚、内面は25枚の写真を使用した。

3次元モデルから作成したオルソ画像が図2である。欠損はなく、文様の凹凸も観察ができる(図3右)。図面作成やPC上での簡便な観察には利用できると考えられる。とくに斜め方向からしか見えない内面を正方向で見ることが利点は大きい。ただし、鋳掛け痕などの細かな特徴までは反映できていない。この点についてはマクロレンズの使用などで改善が可能と考えられる。

大きな課題点としては3面すべてを統合したフルモデルを作成できなかったことがある。上述した3Dスキャナーの事例と同様に、Cloud Compareなどのソフトで合成することはできるがモデルの正確性は担保されない。解析ソフトに面の違いや被写体の共通性を認識させるために、マーカーの写し込みなど撮影上の工夫が必要なのかもしれない。

4. おわりに

今回の計測は、銅鐸という青銅製品を対象とした点で、文化遺産学コースとしては初めての試みであった。課題としては、3D スキャナー、SfM/MVS のどちらの方法でも内外面が一つになった正確なフルモデルを作成することができなかったことが、成果としては Cloud Compare を用いることでその課題を一定程度解決できたことが挙げられる。前者の課題については、機械やソフトによるものではなく、計測（撮影）者の工夫しだいで解決する可能性もあり、今後の課題としたい。Cloud Compare については、異なる方法で作成したモデルの結合も可能であり、今後の3次元モデル活用の幅を広げるものとなるだろう。

今回作成した2種類の3次元モデルを比較すると、データ容量に大きな差はないが、SfM/MVS によるモデルの方が細部の表現は明らかに細かい（図3）。ただし、容量が大きくなる可能性はあるが、3D スキャナーも機器やソフトの設定でデータの精度を上げることはできるようである。いずれの場合でも、精度の上でモデル自体を観察して研究に応用していくにはまだ課題がある。しかし、オルソ画像を出力して実測図の下図として利用するには十分な精度をもち、普及啓発事業での活用においては多少精度が粗くとも容量が小さく扱いやすいモデルが求められることも考えられる。用途に応じた計測方法の選択、モデルの作成が必要となるだろう。

また、今回はオルソ画像の提示に留まったが、3次元モデルをどのように活用していくかについても考える必要もあるだろう。計測データや作成したモデルをパソコンの中に眠らせるのではなく、地域に還元できるような方法を今後も模索していきたい。（岡田）

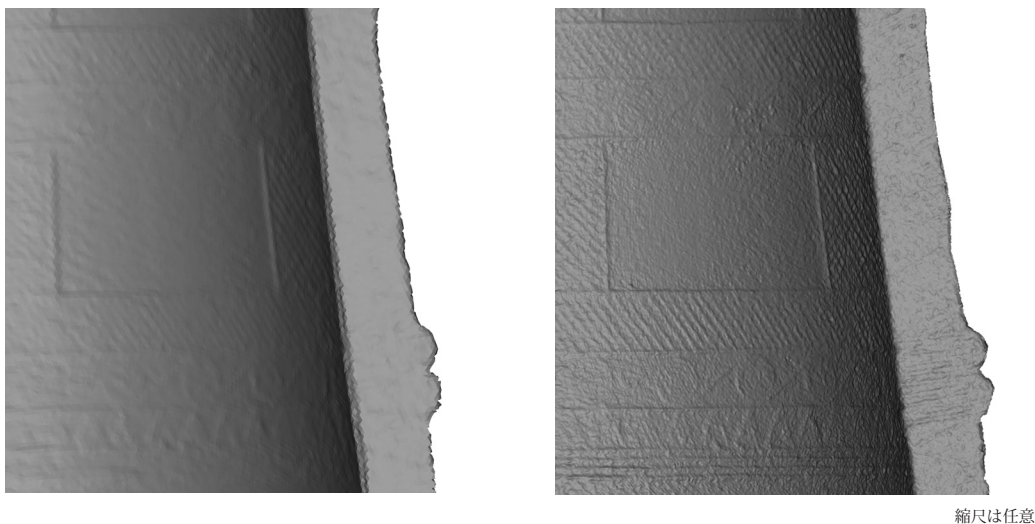


図3 2つの計測手法における細部表現の比較（左：3D スキャナー、右：SfM/MVS）

参考文献

- 陰地祐輝・小泉朋大 2019 「文化遺産学コースにおける三次元測量技術の導入・活用について」『京都府立大学文学部歴史学科 フィールド調査集報』第5号 京都府立大学文学部歴史学科
- 春成秀爾 2002 「銅鐸と社会」『古代を考える 稲・金属・戦争—弥生—』吉川弘文館
- 福井県教育庁埋蔵文化財調査センター 2005 『南伊夜山銅鐸出土地』