

熊本市八ノ坪遺跡出土の銅戈鑄型について

下 村 智 *

玉 川 剛 司 **

【要 旨】

熊本平野は、青銅器鑄造関連遺物の空白地帯であった。その後、白藤遺跡で武器形青銅器の鑄型とミニチュアの銅矛（林田・原田 1998）が発見され、青銅器鑄造の可能性を窺わせた。

2004（平成 16）年、熊本平野西部の開発事業における熊本市文化財保護課の発掘調査で、青銅器鑄造関連遺物がまとまって発見された。それらは小銅鐸の鑄型、銅戈の鑄型、送風管、青銅片、銅滓など遺跡内で青銅器鑄造を示す遺物群であった。その中に注目すべき銅戈の鑄型が含まれていた。鑄型は胡の一部と援の一部の小破片であったが、彫りが深く各部位が大ききなものであった。そこで、本学設置の 3D レーザースキャニング計測システムと 3D プリンターでこの鑄型の計測と復元を試みた。その結果、これまでにわが国で出土例のない大振りの細形型式の銅戈であることが判明した。

【キーワード】

弥生時代、青銅器鑄造、銅戈鑄型、3D 計測、3D プリンター、

はじめに

2004（平成 16）年度、東西屋敷地区経営体育成基盤整備事業に伴う熊本市教育委員会の発掘調査で、同市八ノ坪遺跡から青銅器鑄造関連遺物がまとまって発見された。その中に注目すべき銅戈の鑄型があった。細形タイプでありながらかなり大型の銅戈が鑄造されたとみられるものである。范面は黒変しており明らかに製品を鑄造した鑄型であると判断された。

本学では平成 28 年度文部科学省の大学研究ブランディング事業「九州における文化遺産保護研究の拠点形成のための基盤整備事業」に採択され、補助金によって非接触で撮影計測できる 3D レーザースキャナーと 3D プリンターを導入した。

そこで同鑄型を 3D レーザースキャナーで計測し、3D プリンターによって鑄出された銅戈（3D モデル）を作成し検討を試みた。

1. 八ノ坪遺跡出土の銅戈鑄型

本銅戈の鑄型は H 5 A 小区から採集されたものである。「石材は石英長石斑岩である。表面(A

* 別府大学文学部史学・文化財学科 教授

** 別府大学文化財研究所 研究員

面)は銅戈型で脊・樋・穿・胡・内を確認できる。彫り込みは全体的に深く胡部は1.15cm彫り込まれている。裏面(B面)は銅矛型の袋部と考えられ、上下端は擦り込みによる溝を入れた後、切断している。側面には敲打痕が認められる。現存長5.8cm、現存幅5.9cm、厚さ3.1cmで色調は乳白色を呈する。」(林田2005)と報告されている。また、時期については、「銅戈鑄型は採取品であるため共伴遺物を明らかにしえない。しかし、採取土器の大半は中期初頭～前半であり、中期中頃まで下るものはない。」(林田2006)と見られている。

実際に鑄型を実見した結果、彫が深く、刃部は幅広で断面が厚く、樋も幅広で穿が大きく長方形を呈している。脊の断面は丸く、胡の厚さも大きい。範面は黒変しており実際に鑄造されたことを示している。わずか6cm弱の鑄型片であるが、以下、3D計測と3Dプリンターによる打ち出しを行った。

2. 3D計測の機材と方法

本研究で使用した機器は3D SYSTEMS社のGeomagic Capture®Mini(註1)で、ソフトは同社のGeomagic Capture® Wrap®である。この機器は、0.034mmという精度でスキャンできるため、詳細な計測が可能で、ソフトは機器の操作及びデータ合成をするためのものである。本機器とソフトを使用した計測方法及び遺物の3Dデータの作成までの過程は以下のとおりである。

(1) 計測方法(写真1・2)

遺物を回転台の中心にくるように乗せ(註2)、遺物から20cm程度離し、対象物に対し斜め45°ぐらいになるように機材を設置する(写真1)。計測は、PCで操作する。1回の計測で測れる範囲が限られるため、計測終了ごとに回転台に乗せた遺物を30°ずつ回転させ、計測を行い360°分が計測できるまで繰り返すという作業である(写真2)。上記作業を繰り返すことにより、計測データが複数になるため、1スキャン毎のデータを合成する必要がある。そのため、遺物を設置する際に、遺物の周りに1円玉等のマーカーとなるものを置き、データの合成が容易となるように工夫した。計測面が終了した後は、遺物の裏面も同じように計測する。

(2) 3Dデータの作成

計測した複数のスキャンデータを合成するため、ソフト上で遺物の周りに置いた1円玉の刻印や遺物の特徴点(文様、尖り、傷)をマーカーとして各スキャンデータを合成し、一つのデータとして作成する。なお、作成した表裏面の3Dデータをさらに合成し、遺物の3Dデータを作成していくという手順で実施した。

作成した3Dデータと実際の遺物とを比較すると、傷や剥離面の形状、石材の状態や擦痕まで計測できていることがわかった。



写真1 機材の設置



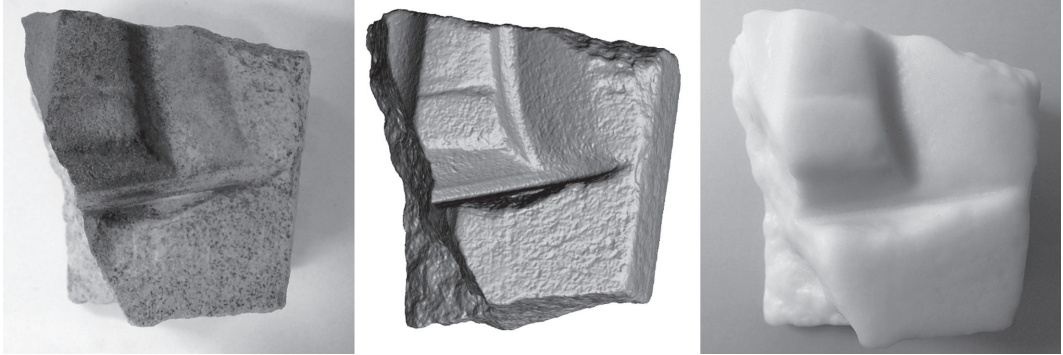
写真2 3D計測作業風景

3. 3D プリンターによる鑄型からの製品（3D モデル）の作成

(1) 3D データと3D モデルとの検証（第1図）

上記方法で作成した3D データを基に、3D プリンター（註3）で3D モデルを打出し、実際の銅戈の鑄型片と比較した。その結果、穿及び胡の形状、穿の上部にある傷や形状、胡の下部にある剥離面の形状、石材の粒子や擦痕まで表現できていることがわかった（第1図）。

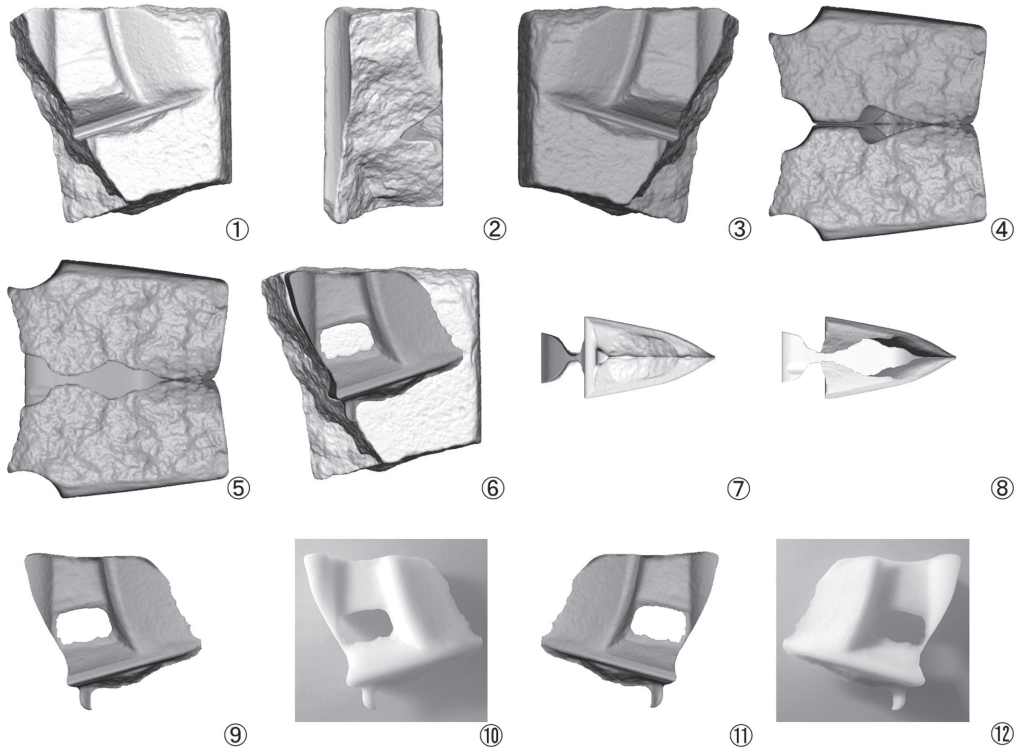
次の段階として、鑄型から製品の銅戈の作成を試みた。その方法は以下のとおりである。



第1図 鑄型写真（左）と3D データ（中）と3D モデル（右）の比較図

(2) 鑄型の3D データからの製品の作成方法（第2図）

まず、鑄型面（原版3D データ）から反転復元した鑄型（複製3D データ）をソフト（註4）上で



第2図 製品3D モデル作成までの流れ

第2図①原版3Dデータ（鋳型面）、②原版3Dデータ（背方向から）、③原版から作成した複製3Dデータ（鋳型面）、④原版と複製モデルの鋳型面同士を合わせた3Dデータ（切先方向から）、⑤鋳型面同士を合わせた空間に別の3Dデータを押し当てた状況（切先方向から）、⑥原版3Dデータと製品3Dデータ
⑦製品3Dデータ（内方向から）、⑧製品3Dデータ（切先方向から）、⑨製品3Dデータ（複製鋳型面）
⑩3Dプリンターで打出した3Dモデル（複製鋳型面）、⑪製品3Dデータ（原版鋳型面）
⑫3Dプリンターで打出した3Dモデル（原版鋳型面）

作成する。次に、原版データと複製データの鋳型面同士を合わせる。さらに、鋳型面同士を合わせた間の空間に別の3Dデータを押し当て、製品を作成した。

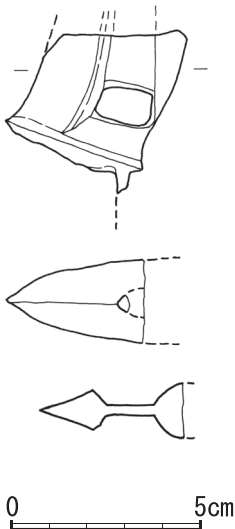
(3) 製品としての銅戈の3Dモデル

鋳型から作成した銅戈の3Dデータを3Dプリンターで打出し、その銅戈の形状と鋳型との比較を行った（第2図）。その比較した図が第2図の⑨と⑩、⑪と⑫である。原版からの複製鋳型であるため、両面が同じ形状となるものの、穿及び胡の形状、穿の形状、胡の下部にある剥離面の形状、石材の表面の状態まで表現できていることを確認することができた。また、製品の3Dモデルをみると、鋳あがった状態で刃が付いていることが確認された。

これまで述べてきた検証から、本研究での青銅器の石製鋳型から製品作成までの方法論については、十分有用性があるものであると判断できる。今後、本研究を基にさらに計測データを集めることで、鋳型作成や製品作成に至るまでの技術論の研究を進めていきたい。

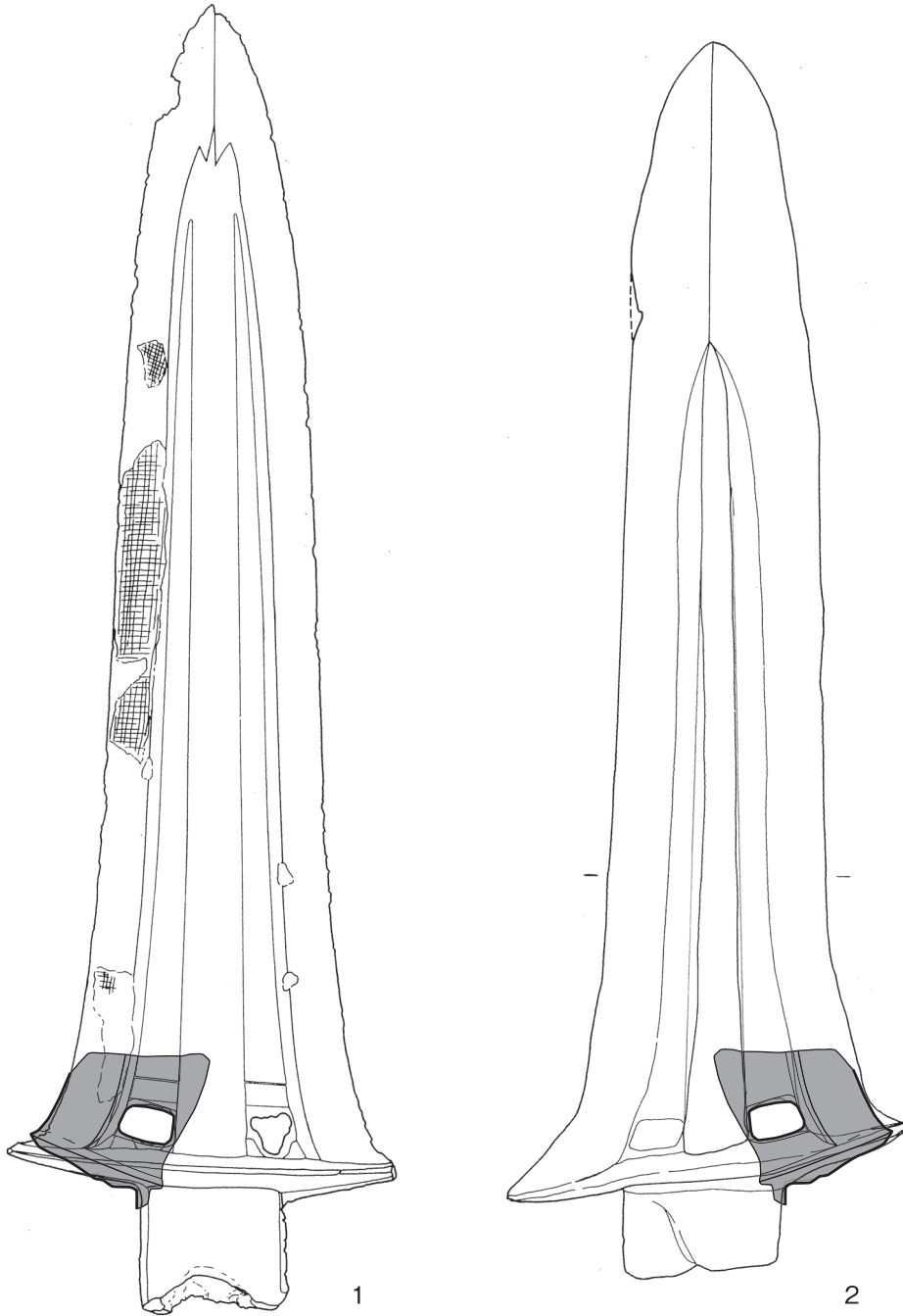
4. 3Dモデルからみた銅戈の特徴

3Dプリンターで当時鋳造されたのと同じ銅戈を作成（第3図）してみた。鋳造された銅戈は刃部の幅1.5cm、刃部の厚み1.0cm、樋の最大幅1.5cm、穿は0.9×1.4cm、脊の断面は1.5cmほどになる。刃部の厚みは研磨によって減ずると見られるが、鋳あがった段階ですでに刃が付いているので下半部では多くの研磨は必要がなからう。幸いに、内の一部が残っていたので胡の幅と厚み、内の幅を復元することができた。胡の幅は9.0cm前後、厚みは2.3cm、内の幅は4.0cm前後になるとみられる。この大きさを測る銅戈は現在のところ国内では発見されていないので、長さがどれくらいになるのか既存資料と比較してみた。いくつかの銅戈を検討したところ、吉武高木遺跡3号木棺墓出土と吉武大石遺跡1号木棺墓出土の細形銅戈（力武・横山1996）に類似しているところがある。3号木棺墓の銅戈（第4図1）は大型重厚であるが、さらに原寸を1.35倍すると胡の角度は異なるものの、刃部幅、樋の幅、穿の位置、脊の大きさ、内の位置などがほぼ一致する。吉武大石遺跡1号木棺墓の銅戈（第4図2）との比較では、原寸を1.15倍すると胡の幅がやや異なるものの角度は近く、刃部幅、樋の幅、穿の位置、脊の大きさ、内の端部がほぼ一致する。全長は両銅戈から類推すると、30cm前後と想定できる。



第3図 銅戈3Dモデル
の実測図 (S=1/2)

以上の結果から、細形タイプではこれまでに類例を見ない大型の銅戈を復元することができた。現在のところこれ



第4図 製品 3D モデルと既存銅戈との比較
(1：吉武高木遺跡、3号木棺墓出土、2：吉武大石遺跡、1号木棺墓出土)

に当てはまる出土品はないが、今後発見されることを期待したい。

中細形銅戈と比較しても扁平化しておらず、重厚なつくりとなっている。八ノ坪遺跡出土の銅戈の3Dモデルは、大型で細形タイプとして復元することが可能であろう。

おわりに

別府大学では、研究ブランディング事業で熊本県、佐賀県、福岡県出土の主要な青銅器鑄型について3D計測を終えている。今後、順次検討を加えたいと考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたって、熊本市文化振興課埋蔵文化財調査室の林田和人氏には、お忙しい中多大なご協力を賜った。また、本学大学院生の高木慎太郎、塩見恭平両君の協力もあった。心より感謝申し上げます。

註

1. (カタログスペック) スキャン速度: 985,000点/スキャン(0.3秒/スキャン)、解像度: 0.080mm(近距離)、0.100mm(遠距離)、精度: 0.034mm、スキャン範囲: 87×68mm(近距離)、88×87mm(遠距離)
2. 遺物の材質やその現状に合わせ、計測できるように支持材で安全に回転できるように遺物を設置した。
3. ProJet® MJP 2500(カタログスペック) 造形: UV 硬化プラスチック、積層ピッチ: 32ミクロン、解像度: 800×900×790dpi、精度: ±0.004インチあたり(±0.1016mm/24.5mm)
4. Geomagic®Freeform®

引用・参考文献

- 城倉正祥・平原信崇・渡邊玲編 2016 『3D考古学の挑戦—考古遺物・遺構の三次元計測における研究の現状と課題—』 早稲田大学総合人文科学研究センター
- 林田和人・原田範昭 1998 「白藤遺跡群出土の矛形銅製品・鑄型について」『肥後考古第11号』肥後考古学会
- 林田和人編 2005 『八ノ坪遺跡I』本文編 熊本市教育委員会
- 林田和人編 2006 『八ノ坪遺跡I』分析・考察・図版編 熊本市教育委員会
- 力武卓治・横山邦継編 1996 『吉武遺跡群Ⅶ』福岡市埋蔵文化財調査報告書第461集 福岡市教育委員会