

伝栃木県出土騎馬人物埴輪片の検討

—実測・写真・SfM/MVSを用いた三次元計測による資料化—

青 笹 基 史

はじめに

栃木県在住の個人が所蔵する埴輪片について、その概要を報告するとともに類例を含めた検討をおこなう。本稿では当資料の基礎的な情報を提示することが目的である。資料の情報を過不足なく提示するために、実測図と写真に加えて SfM/MVS による三次元モデルの展開平面図を用い、それらの手法では十分に表現しえなかった箇所についてはマクロレンズによる細部写真で補足し、可能な限りの情報を掲載できるよう努めた。

1. 経緯

当資料は 2018 年 5 月に所有者の依頼を受けた坂本雄一氏が埼玉県立さきたま史跡の博物館（以下「当館」という）に持ち込んだもので、坂本氏からは資料の概要についての情報提供を求められた。昨年度の当館に所属する学芸員に埴輪を専門とするものがないこと、同年 9 月に埴輪研究会が当館において埼玉古墳群出土埴輪の検討を行う予定であったことから、坂本氏を介して所有者に承諾をいただき、当館でこの資料を保管して、調査を実施することとなった。

2018 年 9 月には埴輪研究会の会員による検討がなされ、この資料が騎馬人物埴輪の左脚部と考えられること、栃木県内の埴輪の胎土に近い胎土であることが確認された。つづく 2019 年には筆者が騎馬人物埴輪に関する情報を収集し、また多くの埴輪研究者に当資料を実見いただいた。2020 年には所有者の了解を得て、資料の基礎的な情報を提示できることとなり、本稿に至った。なお、本稿で報告する資料の所見は、多くの方々による検討を通じて得られたものであり、本来であれば筆者ではわかりえなかった内容が多く存在することを申し添える。

2. 観察

観察と計測ののちに、写真撮影と SfM/MVS による 3D モデルの構築を実施し、その後実測図を作成した。作業手順としては従来の作図の手法とは手順が前後するが、これは SfM/MVS によるフォトグラメトリを優先したことに起因している。

フォトグラメトリで生成した 3D モデルの軸線の設定方法であるが、従来の実測図と対応させるために、資料を実測時と同様の据え方をしたうえで、曲尺を平面、三角スケールを立面の基準として局地的な座標を仮想して与えている。そののちに、実測図の「正面」を 3D モデル上で措定して、90°単位で正射投影展開した平面展開図を作図している。

当資料の部位は、馬形埴輪の左側胴部に障泥と、人物の左脚部・壺鐙の付いている箇所である（図 1・写真 1・2）。

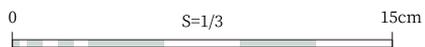
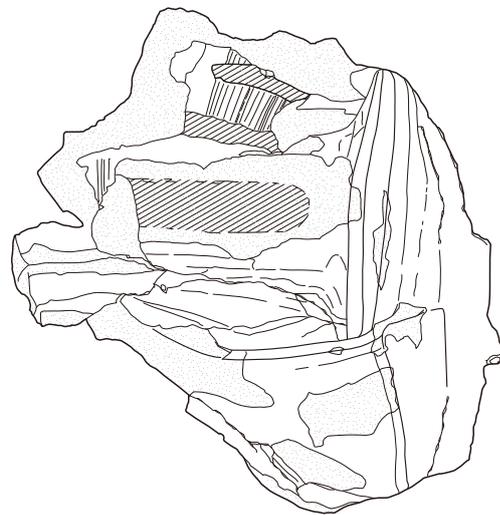
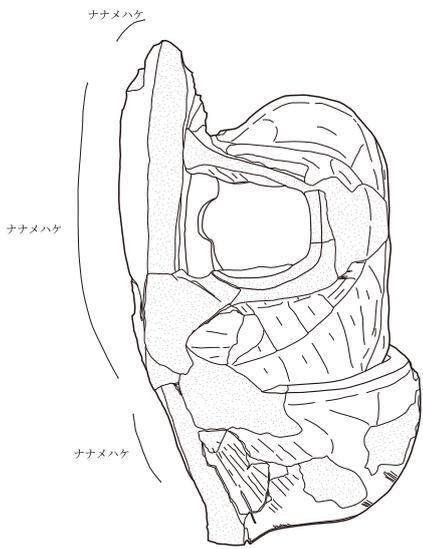
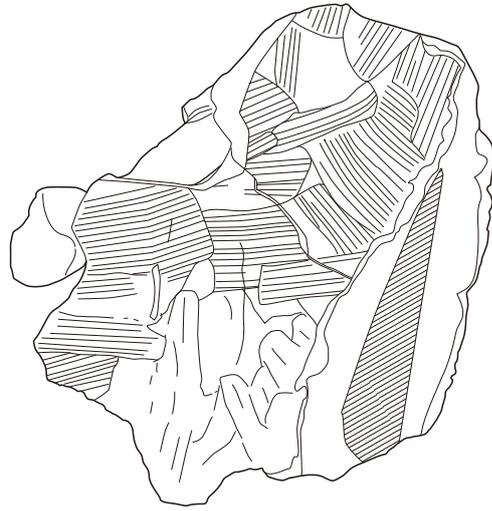


图1 伝栃木県例実測図



写真1 伝栃木県例写真



細部写真の説明

- | | |
|----------------|------------------|
| 1 左脚部下面 | 「足の裏」と壺鐙 |
| 2 壺鐙内部 | 爪先が入っている状況 |
| 3 中空脚部内部の補強粘土1 | 障泥と脚部の取付状況 |
| 4 中空脚部内部の補強粘土2 | 足の甲・脚部・障泥の接続する箇所 |

1



2



3



4

写真2 各部位の細部写真

以下で観察所見について述べる。本資料は全長 20.05cm、高さ 19.34cm を計り、全体的に内傾する。以下、前後左右はすべて馬・人物からみた方向であり、文中において資料の方向を表記する際は以下同様に表現する。また、破片が左側胴部の一部しか遺存していないことから、左右に加えて内面・外面という表現も用いる。端的にいうと本資料からは、障泥の表現がなされていることから、鞍を装着した馬に人物が乗っている様子がうかがえる。

各部位での観察所見を以下で述べる。前面から見た場合、壺鐙がやや内傾することが特徴としてあげられる。鐙の内傾に伴い、人物の脚部下端、足の裏も内傾している状況がみてとれる。また、内面の馬体の径と外面の障泥の径が異なることも確認できる。

つぎに内面についてみていく。内面下端に剥離痕があり、その範囲から考えると、障泥内面下端の一部が遺存していると考えられる。前面からみた際の馬体と障泥の径がそれぞれ異なる様子と併せて考えると、馬体と障泥を一体成形したことは想定しがたい。全体の成形順序の中のどのタイミングで貼り付けられたのかは不明ではあるが、馬体に障泥が貼り付けられた、という想定が状況と整合するだろう。内面上部前方の剥離からは、壺鐙を障泥に付けている状態と壺鐙の貼付を補強するための粘土紐がみてとれる。障泥より外面に壺鐙が付いているため、改めて記述する必要はないかもしれないが、成形順序として障泥のあとに壺鐙が付けられていることをここで確認したい。以上のように内面の観察からは馬体→障泥→壺鐙という成形順序が想定される。

つづいて外面についてみていく。人物の左脚部のうち足の甲は扁平な中実で作出されるが、脚部は中空となり、外見上、人物脚部はT字形を呈する。この脚部は壺鐙に爪先を入れたような外見をしており、壺鐙→足の甲という成形順序が想定される。

中空の脚部はU字形の粘土板を障泥に貼り付けて成形しており、一部には補強のための粘土紐が用いられている様子がうかがえる。脚部のU字形粘土板は断面の剥離から、器壁が薄く、輪積み痕がないことがみてとれる。これは粘土紐ではなく粘土板を薄く高く伸ばしたものと想定できる。脚部の足の甲と障泥への取り付け方については製作後に不可視領域となる箇所を確認される。中空脚部の内面でU字型粘土板が足の甲へユビナデで押さえつけている状況がみてとれる。障泥も同様にユビナデで押さえつけられたことが想定されるが、補強粘土によって押さえつけられており、ナデの様子は観察できない。この粘土は指で押さえつけるようにして貼付したことが想定されるが、成形上必ずしも必要とは言いがたい補強である。

つづいて左脚部外側面における剥離痕についてみていく。この剥離痕は外側面全体の幅広な範囲で認められるものであり、成形上の手順を想定した場合に、剥離痕が生じるのは整合的ではない部位といえる。製作上は生じえない剥離痕であるならば、この剥離痕は脚部そのものの成形の痕跡ではなく、脚部に付帯する何らかの装飾を貼付していたものの痕跡と捉えられるだろうか。もし、この仮定が妥当であれば、双脚の盛装男子埴輪にみられるような足結いのなされた服の裾部のような三角形の張り出しが貼付されたものと想定したい。以上のように外面の観察からは障泥→壺鐙→足の甲→脚部→服飾？という成形順序が想定される。

調整面の観察では、基本的には内面が斜めハケ調整で、外面はハケ調整後ナデが入る。器表の観察では、焼けムラ等のみられない良好な焼成で遺存状況も良い。粘土紐あるいは粘土帯の単位とおぼしき凹凸のある箇所が内面で認められる。人物の左脚部最下段の剥離箇所は粘土板の長さを反映しているとも考えることもできるが、現状からは明言はできない。

胎土には石英や赤色チャート粒子が含まれており、径2mmほどの青色粒子が1箇所確認できた。青色粒子が本来的な胎土なのか判然とはしないものの、石英と赤色チャート粒子が含まれるという特徴は栃木県の埴輪の胎土との類似性が認められる。

観察所見の結果をまとめると、以下の通りとなる。

馬体は、左側胴部で半ばより下に向かい径がゆるやかに内湾することから下腹部付近と考えられ、また、脚部につながるような屈曲点がみられないことから腹部が長い大型の馬体が想定される。内面下部の剥離痕の範囲から、下端の一部が障泥の内面下端であると考えられ、馬体と障泥が別造であることがうかがえる。人物の脚部は壺鐙に爪先を掛けた状態である。鐙の垂下される状態から鞍を装着した馬装が推定される。

成形順序としては内面にみられる剥離痕や外面の脚部に付いている補強粘土の状況から、①馬体→②障泥→③壺鐙→④人物左脚部（足の甲・脚部）が想定される。複数の工程で作出される状況は他の大型埴輪でみられる通有の特徴といえるが、脚部の中空を維持するために補強の粘土をいれているにも拘わらず、一部は有用とは言いがたい箇所を補強している状況が散見される状況からは人物脚部を馬体に取り付けることに習熟していない様子がみてとれる。

工程が複雑であるにも拘わらず、外面にはハケがほとんど施されていないことが特徴であり、こうしたギャップは製作に習熟していない様子の傍証といえよう。

3. フォトグラメトリによる遺物の3Dモデル提示の方法

SfMの計測成果もここで併せて取り上げる。SfM / MVSによる写真計測 (Photogrammetry) は、博物館資料などの文化財の資料化の手法として国内において急速に普及している (金田ほか 2010, 内山ほか 2014, 山口 2016, 野口ほか 2017, 青笹 2019 など)。この手法は原理上実際の計測を行わないため、その精確性の担保には課題が残るものの、基準となるポイントを最低でも3点付与して、仮想の座標による位置合わせを行うことで一程度の精度を保証できる。加えて、他の計測手法によって、SfMの精確性が検証され、その精度がある程度の確度を担保されつつあることが認知されはじめている。他の三次元計測の手法と比して、写真画像を元にしたテクスチャ情報や質感の再現性が高く、廉価で操作も容易なことから、遺構だけでなく、遺物の計測にも用いられている。

本稿では、3Dモデルの構築にあたり Agisoft 社製 Metashape Standard(ver.1.5.4.8885) を用いた。解析処理のための機材は、メモリ：16GB、CPU：i7-6700HQ2.60GHz、GPU：GeForceGTX を搭載した WindowsPC(OS：Windows10 Home 64 ビット) を使用した。

3Dモデル構築にあたって撮影した枚数は240枚、そのうちモデルに使用した枚数は224枚である。写真はjpeg形式を採用しており、個別の色調補正は行わず、Metashapeのワークフローに基づいて3Dモデルを構築した。ワークフローでは "Align Photo"(写真の位置合わせ) → "Build Dense Cloud" (点群の生成) → "Build Mesh" (メッシュの生成) → "Build Texture" (テクスチャの生成) という作業を実施した。点群とメッシュの構築、テクスチャの貼り合わせまですべての処理を終えるまでには約16時間を要した。

構築した3Dモデルは "Export Model" によって obj形式でエクスポートした。objファイルはその後 CloudCompare 2.10.2 (Zephyrus) で操作を行った。CloudCompareはフリーオープンソースの点群処理プログラムで、点群の比較に適した機能を保有する。このソフトを用いて、ノイズを除去しスケールを挿入した。スケールの挿入には3Dモデルの構築の際に移し込んだ曲尺の数値に基づいて座標を与えた。ノイズ除去は Toolbar 上の "Segmentation" を用いた。スケール挿入にはメニューバーの "Tools" から "Registration" の "Align(points pairs picking)" によって4点を選択した。この際付与した座標は仮想上の数値となるため実物の計測値と照合し計測誤差を補正した。計測誤差は各点の平均で約0.8372mmである。スケールの挿入を終えた3Dモデルを作成した後、平面図・展開図を作成するため orthographic projection (正射投影画像表示) したのち、スケールと座標軸を表示したうえで、オルソ画像を出力した。展開図は前稿にならない、従来の実測図に近い図として表現した (青笹 2019)。90°単位で正射投影表示した画像はメニューバーの "Display" から "Render to File" を選択して tif画像で出力し、今後の検証を可能とするために dxf形式でも出力した。以上の操作によって正射投影展開図を作成した (図2)。

4. 分類

ここで騎馬人物埴輪の他の事例と比較し、当資料の位置づけを図る。騎馬人物埴輪については南雲芳昭が全国の事例を集成、分類しており (南雲 1993,2019)、本稿はその分類にならう。

南雲によると、騎馬人物埴輪は16件18体の事例が確認され、製作法と馬と人物の表現の組み合わせのパターンから4分類で理解されている。成形技法からA～C (A：馬体と人物が一

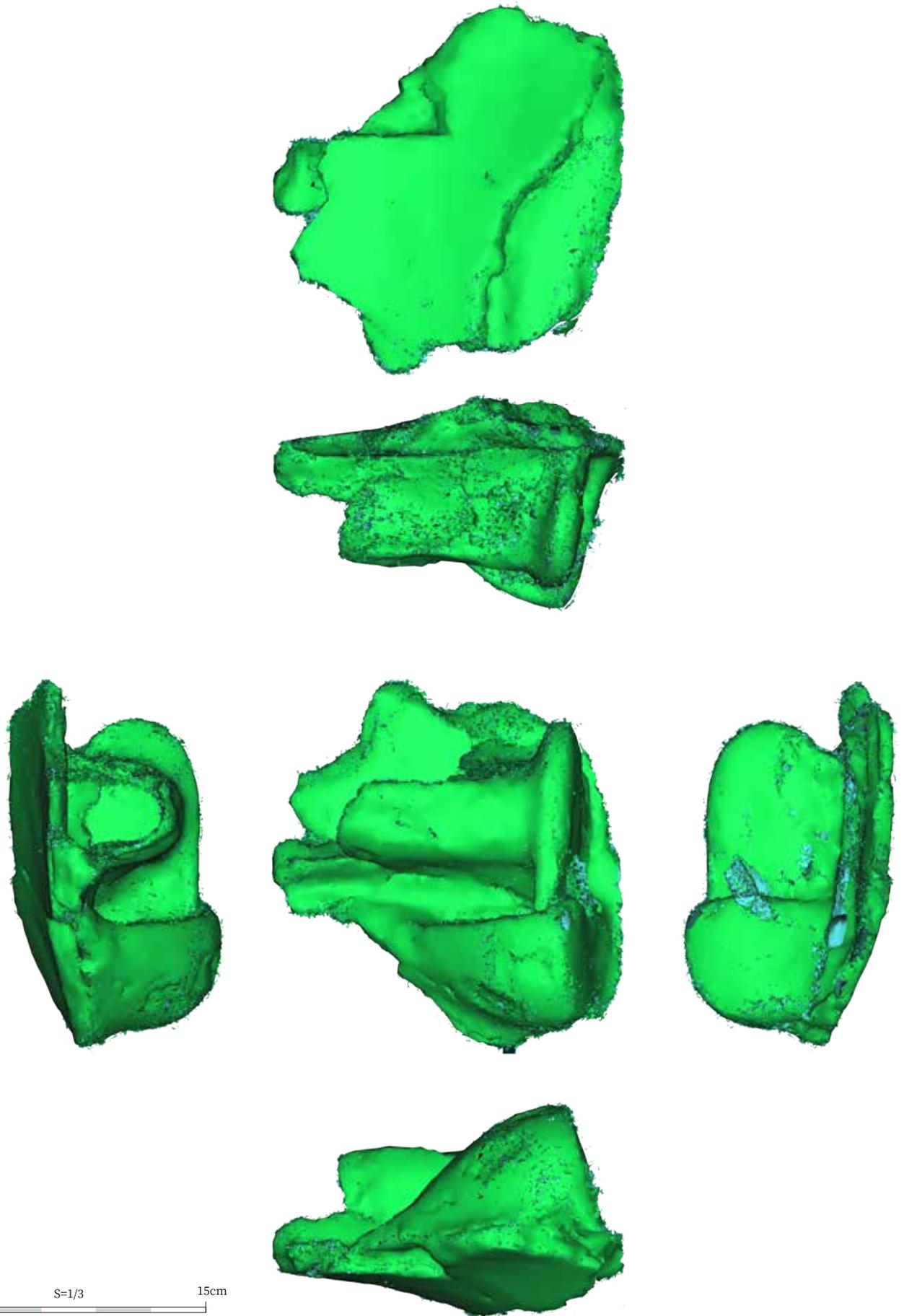
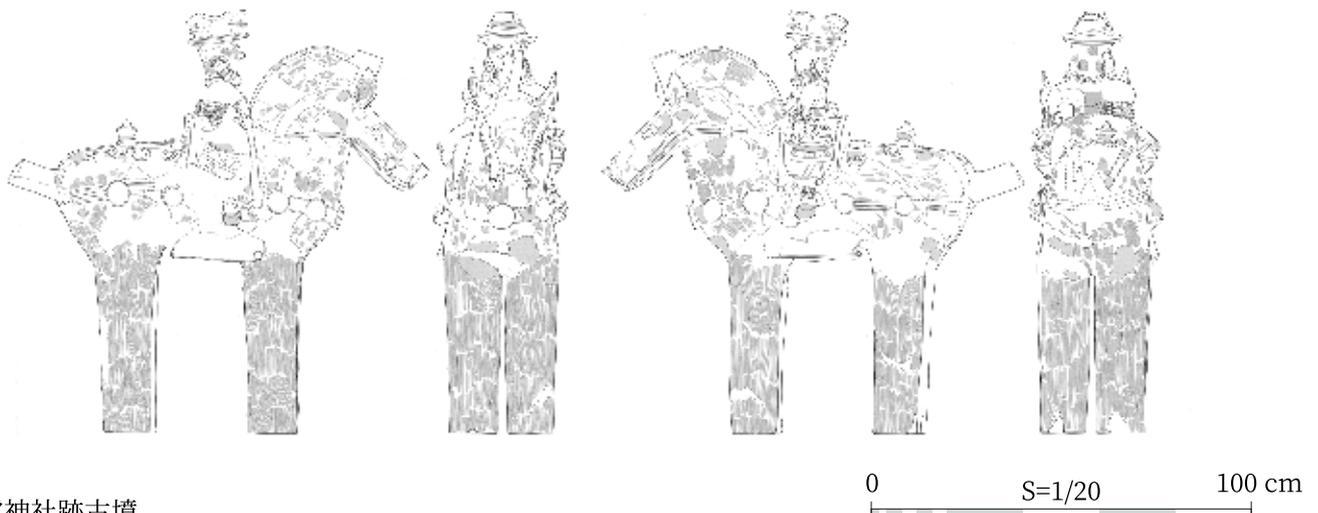


図2 伝柄木県例の3Dモデルの正射投影展開図

体で中空・B：馬体と人物の中空が遮蔽、C：馬体と人物が別作り、括弧内は要約以下同様)、馬装からはⅠ～Ⅲ（Ⅰ：鏡板・鞍・障泥・鐙などの馬具があり、飾馬具を備える・Ⅱ：鏡板がなく、胸繁意外の馬具があり、尻繁に杏葉を備える・Ⅲ：鞍のない裸馬）、人物の種別からはア～ウ（ア：下げ美豆良かつ盛装の服飾表現・イ：上げ美豆良かつ服飾表現は大刀のみなど乏しい・ウ：ほとんど頭髪も服飾も表現されず、なにかを背負っている）の属性の組み合わせによって分類がなされ、1類は「Ⅰ－アおよびイ」と「B」、2類は「Ⅱ－イ」と「C」、3類は「Ⅲ－ウ」と「B」、4類は「Ⅲ－ウ」と「A」とされている（南雲 1993:pp78-81）。

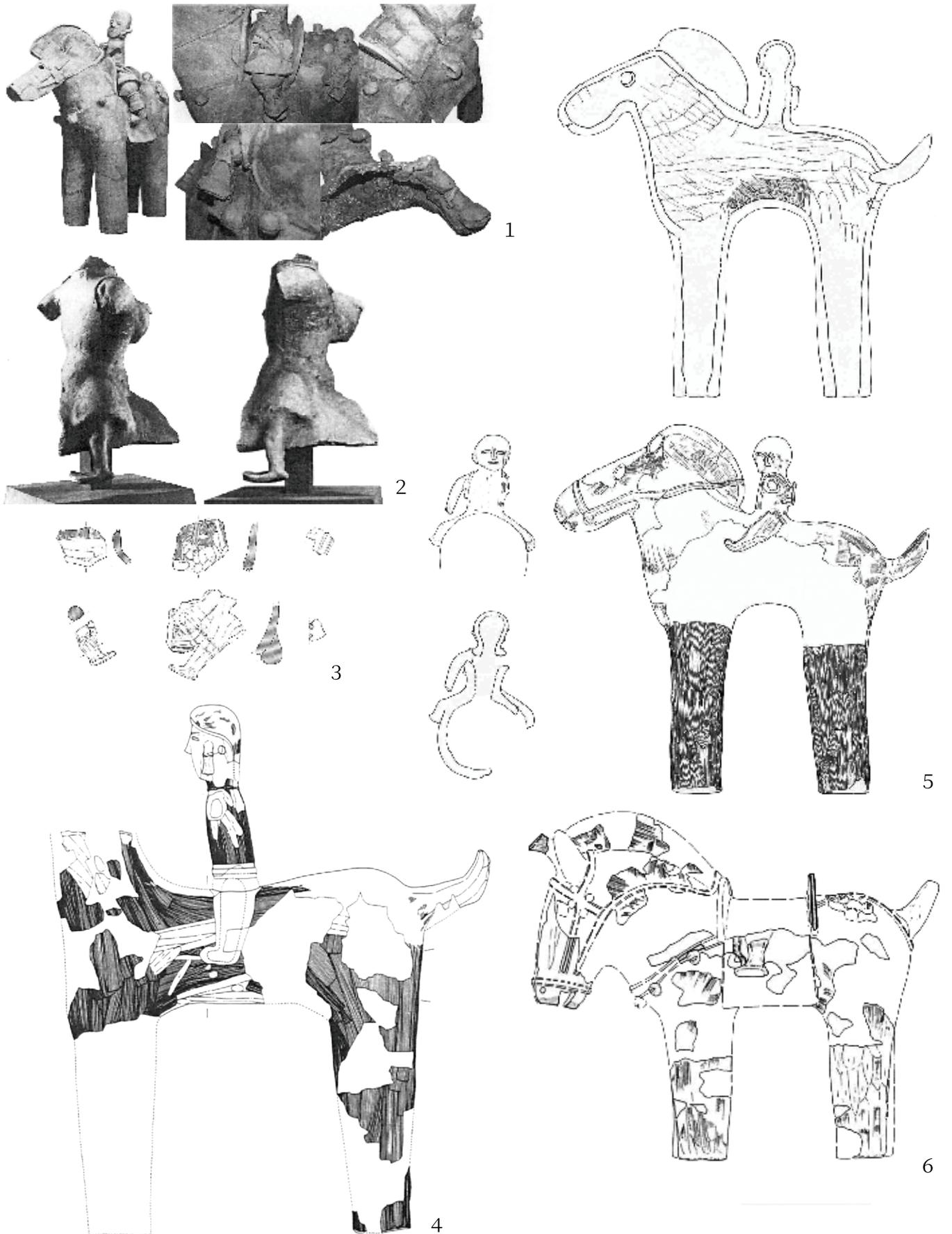
このうち製作法以外の属性には優劣が認められ、「Ⅰ－ア」の組み合わせが優性個体となり、「Ⅲ－ウ」の組み合わせが逆に劣性個体となる。これを踏まえて南雲分類を見ると、1類から4類に向かって属性の階層性を想起させるような分類方法であると評価できる。すなわち1類を十分な馬装を備えた飾馬に騎乗する盛装男子で、4類を裸馬する表現不明の人物として2～3類をその中間の類型として把握するものとして理解できる。

以下で南雲分類の指標となる属性に基づいて当資料をみていく。成形技法では馬体・馬装・人物脚部がそれぞれ別に成形されており、馬体と人物が中空ではつながらない、技法「B」不連続成形である。ただし、人物の胴体と馬体との接続部分については遺存しないため、判然としない。馬の種別は壺鐙が表現されることから鞍の存在はほぼ確実視できよう。他の馬装の実態は不明であるため、壺鐙以外の装飾付馬具を伴わない可能性を完全には除外できないものの、壺鐙が表現される馬形埴輪については何かしらの飾馬具の表現がなされていることが多く、非装飾的な実用馬具の表現がなされた馬形埴輪に壺鐙が表現される事例が少ないことから、壺鐙を有する馬装は飾馬具を備える可能性が高いと捉えて、馬の種別を「Ⅰ」として考えたい。人物の種別は、脚部の左外側面における剥離痕が裾を表現していたものであれば、双脚の盛装男子埴輪にみられるような足結いのなされた服の裾部が想定されるが根拠としては弱く、慎重に判断する必要がある。推測の域を出ないものであるが、積極的に評価するのであれば「Ⅰ－ア」と「B」の組み合わせ、すなわち南雲1類として捉えられよう。遺存する範囲で厳密にみていくならば、技法「B」が確実視できるが、他の要素は不明であるため、南雲分類の中に直ちに位置づけがたい。ここでは複数の可能性を提示しつつ、今後の研究の進展によって事例が蓄積されるのを待ち、判断を保留したい。



雷電神社跡古墳

図3 騎馬人物埴輪の脚部が遺存する類例（1）



1：伝群馬県（四天王寺宝物館蔵） 2：伝埼玉県（天理参考館蔵） 3：奥の山古墳

4：生出塚6号墳（左右反転） 5：東毛擁護学校 6：経塚1号墳

図4 騎馬人物埴輪の脚部が遺存する類例（2）

5. 類例

南雲集成のうち人物の左脚部が遺存している事例と、脚部の製作方法の類似する事例を抽出した(図3~4)。左脚部の遺存する事例は6例が確認される。各事例は中実の脚部が貼り付けられており、足の甲と脚部が別に製作されている事例は現状では確認できなかった。生出塚6号墳例は中空の脚部の可能性があるものの、明瞭な剥離痕は認められず、中実と考えられる。壺鐙を有する事例は、雷電神社古墳例と伝群馬県例と当資料のみが確認されている。分布を積極的に評価するならば、脚部の遺存する事例は北関東西部にみられ、とくに壺鐙の事例は群馬・栃木県域に限られると評価することもできる。

現状で集成されている騎馬人物埴輪は、近畿地方にも分布がみられるが、大半が関東地方にみられることについては南雲の指摘する通りである(南雲1993)。つまり現状では、騎馬人物埴輪は関東地方に特色ある形象埴輪の種別であるといえる。関東地方を県単位でみていくと、東京・神奈川以外では各県から出土している状況がみてとれ、当資料が栃木県域の事例としては唯一となる。東北の事例と関東の事例をつなげる事例として評価したい。

おわりに

本稿では伝栃木県出土騎馬人物埴輪片の概要を報告するとともに、類例を含めた検討をおこなった。資料の情報を過不足なく提示するために、実測図・写真・SfM/MVSによる三次元モデルの展開平面図を用い、それらの手法では十分に表現しえなかった箇所についてはマクロレンズによる細部写真で補足した。類例を含めた検討の結果、栃木県の埴輪に類似する胎土を含むことが確認され、騎馬人物埴輪片である可能性が高い資料であることを確認した。

執筆にあたって、資料調査等で下記の個人・機関にお世話になった。末筆ながら感謝申し上げます。

(敬称略) 秋本陽光・井上裕一・太田博之・大谷 徹・斎藤直樹・鈴木 徹・伝田郁夫・
南雲芳昭・萩原恭一・日高 慎・三浦茂三郎・山崎 武

図表出典一覧

図3 三浦2017 図4 南雲1993 それ以外は筆者作成

引用文献

- 青笹基史 2019 「SfM/MVSを用いた土師器皿の三次元計測」『埼玉県立歴史と民俗の博物館紀要』第13号 さいたま pp.13-20
内山庄一郎ほか 2014 「SfMを用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究」
『防災科学技術研究所研究報告』第81号 防災科学技術研究所 つくば pp.37-60
金田明大ほか 2010 『文化財のための三次元計測』岩田書院 東京
南雲芳昭 1992 「東毛養護学校所蔵の馬形埴輪について」
『研究紀要』第9号 群馬県埋蔵文化財調査事業団 高崎 pp.65-82
南雲芳昭 1993 「馬形埴輪における騎馬の基礎的研究」
『研究紀要』第11号 群馬県埋蔵文化財調査事業団 高崎 pp.51-81
南雲芳昭 2019 「人が乗る馬形埴輪」『集まれ!ぐんまのはにわたち』群馬県立歴史博物館 高崎 pp.128-133
野口 淳・斎藤あや 2017 「東京都大田区久ヶ原遺跡採集弥生土器2例—3D計測による博物館収蔵標識 資料の再記載—」
『大田区立郷土博物館紀要』第22号 大田区立郷土博物館 大田 pp.72-85
三浦茂三郎 2017 『雷電神社古墳跡』
山口欧志 2016 「考古遺物の三次元モデル作成」『文化財の壺』vol4 文化財方法論研究会 奈良 pp.8-17