

## Ⅱ-5 湯舟坂2号墳出土 靱金具・大刀・銅鏡の科学分析

山口 繁生・初村 武寛

### 1. はじめに

京都府立大学令和2年度 ACTR「丹後半島における文化遺産の地域資源化に関する総合的研究」(研究代表: 諫早直人)の「湯舟坂2号墳プロジェクト」の一環として、大刀・銅鏡の現地分析、および三次元計測を行った。また、令和4年度から始まった湯舟坂2号墳出土資料の再処理事業に伴い靱金具の分析を行った。本稿ではこれらの分析および計測で得られた成果について報告する。

### 2. 科学分析

#### (1) 資料と方法

##### ①材質分析

材質分析として靱金具、金銅装双龍環頭大刀、銀装圭頭大刀、鉄製円頭大刀柄頭、銅鏡の蛍光X線分析を行った。靱金具についてはマッピング分析、その他の資料については点分析である。靱金具の分析には据置型蛍光X線分析装置「EA6000VX」(日立ハイテクサイエンス、管球ターゲット: ロジウム (Rh)) を、その他の分析にはハンドヘルド型蛍光X線分析装置「Tracer 5i」(ブルカー、管球ターゲット: ロジウム (Rh)) を用いた。それぞれの分析条件は、マッピング分析: 大気雰囲気下、管電圧 50 kV、コリメータ  $0.2 \times 0.2\text{mm}^2$ 、マップ分解能は  $360\mu\text{m}/\text{pixel}$ 、照射時間 20msec/point、点分析: 大気雰囲気下、管電圧 40kV、管電流  $30\mu\text{A}$ 、コリメータ  $\phi 3\text{mm}$ 、照射時間 60sec である。点分析箇所を図 17・26 ~ 28 にアルファベットで示す。

##### ②微小部観察

靱金具付着有機質、及び金銅装双龍環頭大刀の接合箇所の詳細な観察のため、微小部観察を行った。靱金具の観察には実体顕微鏡「Leica M205C」と顕微鏡用デジタルカメラ「FLEXACAM C1」(ともにライカマイクロシステムズ) を用い、金銅装双龍環頭大刀の観察にはデジタルマイクロスコープ「KH-1300」(ハイロックス、使用レンズ「MXG-2016Z」) を用いた。観察箇所を図 1・17 に数字で示す。

#### (2) 結果および考察

##### ①靱金具 (図 1 ~ 16)

鉄 (Fe) 以外の金属が用いられていないか確認するため、マッピング分析を行った。分析の結果、鉄以外に明確な分布を示す元素は検出されず、板材、鋳ともに鉄製と考えられた (図 2)。なお、紙面の都合上、測定データは代表的なもののみを示す。

次に、金具内側全面に観察される有機質を調べるため、顕微鏡による観察を行った。その結

果、織物 3 種、残存が少なく明確に織物と判別できない織物片 3 種、糸 4 種、糸かどうか判別のつかない繊維 1 種が観察された。

織物 3 種類の織物が重なって付着していることが確認された（図 3：観察箇所図 1-1（以下「観察箇所」を省略））。鞞の内側から順に、織物 1、織物 2、織物 3 とする。図 1 上の上辺において織物 1 の端部が観察され、垂直方向の糸が折り返していることが確認された（図 4：図 1-2）。よって、織物 1 は垂直方向の糸が緯糸、水平方向の糸が経糸と判別された。織りは織密度 14 本（経糸）× 9 本（緯糸）/cm<sup>2</sup> の平織で、経糸 / 緯糸ともに S 撚りの糸が用いられている。見かけ上の直径は経糸が約 720μm、緯糸が約 790μm である。図 1-3 において経糸断面が観察でき、径約 10μm の丸みを帯びた三角形が観察されることから絹製と考えられた（図 5）。織物 2 は斜め上方からの観察において水平方向の糸が複層になっていることが確認され（図 6：図 1-4）、垂直方向の糸では直行する糸が 2 本ごとにこれを越すものと（図 7-1 黄色矢印（母緯か）：図 1-5）、全ての直行する糸がこれを越すもの（図 7-2 水色矢印（陰緯か）：図 1-5）が繰り返されていた。これらの観察結果より錦と考えられた。ただし、すべての糸はさび色に染まっており、どのような文様が表されていたかは不明である。参考資料として図 8 に経錦組織模式図を示す。錦には経錦と緯錦が存在するが、緯錦は中国においては 7 世紀以降から始まったとされており、日本でもそれ以後に輸入・製造が行われたと考えられている（坂本 1999）。従って、本資料は経錦の可能性が高いと考えられる。本資料を経錦と仮定した場合、水平方向の糸が経糸、垂直方向の糸が緯糸となり、その織密度は 41 本（経糸）× 23 本（緯糸）/cm<sup>2</sup> である。糸に明らかな撚りは観察されず、見かけ上の直径は経糸が約 250μm、緯糸が約



図 1 湯舟坂 2 号墳出土鞞金具（上：処理後補彩前、下：処理時断片内側）

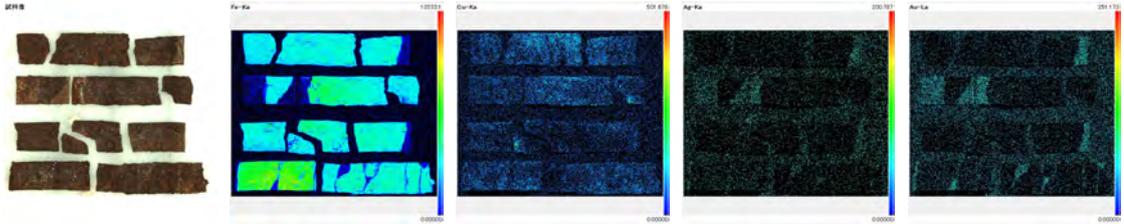


図2 靱金具表面の元素マップ（左から光学像、鉄、銅、銀、金）



図3 織物の重なり（図1-1）



図4 織物1の端部（図1-2）



図5 織物1経糸横断面（図1-3（焦点合成写真））



図6 複層の織糸（図1-4）



図7 織物2緯糸（図1-5）

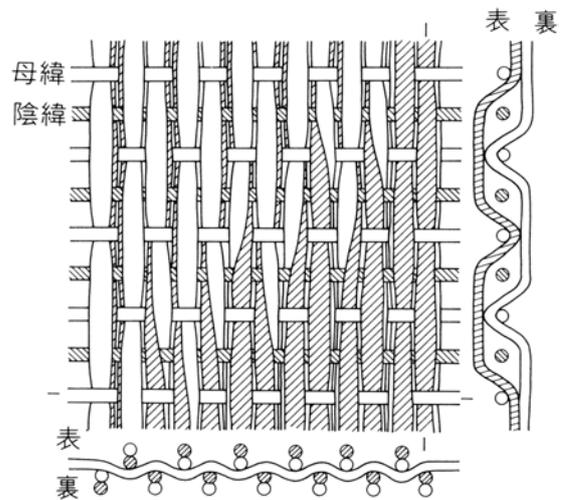


図8 経錦組織模式図（角山1993）



图9 織物2 経糸横断面 (图1-3)



图10 織物片1 (图1-7)



图11 織物片2 (图1-8)



图12 織物片3 (图1-13)

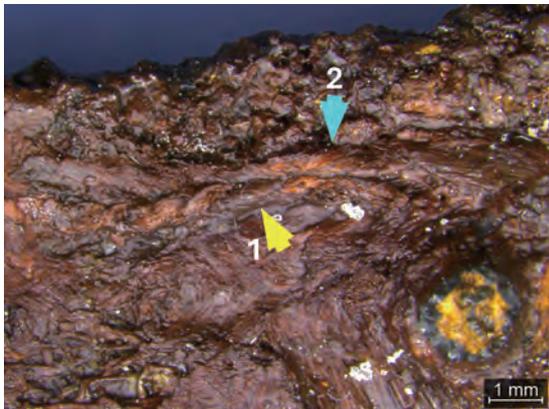


图13 糸1:黄色、糸2:水色 (图1-17)



图14 糸3 (图1-20)



图15 不明纖維 (图1-22)



图16 織物片1 剥落箇所 (图1-23)

340 $\mu\text{m}$ であった。また、図1-3において経糸の断面が観察でき、径約10 $\mu\text{m}$ の丸みを帯びた三角形が観察されることから絹製と考えられた(図9)。織物3は鞆において最も外側に位置する織物である。織りは目の粗い平織であるが箆筋は確認されず、経糸/緯糸の判別は付かなかった。織密度は28本(水平方向の糸)×19本(垂直方向の糸)/ $\text{cm}^2$ である。糸に明らかな撚りは観察されず、見かけ上の直径は経糸/緯糸ともに約140 $\mu\text{m}$ であった。

**織物片** 織物片1は図1-6・7(図1上の奥側上辺)で観察された。見かけ上の直径約450 $\mu\text{m}$ (水平方向)と850 $\mu\text{m}$ (垂直方向)のS撚りの糸が用いられた織物片である(図10:図1-7)。織物1端部の鉾脚が貫通している箇所付近に存在する。織物片2は図1-8～11(図1上の手前側下辺)で観察された。経糸/緯糸ともに見かけ上の直径約700 $\mu\text{m}$ のS撚りの糸が用いられた織物片である(図11:図1-8)。織物1の上に存在し、鉾脚に巻き付いた状態である。織物片3は図1-12～16で観察された。経糸/緯糸ともに見かけ上の直径約780 $\mu\text{m}$ のS撚りの糸が用いられた織物片である。織物1の上に存在し、織物片2とつながっていた可能性が考えられる(図12:図1-13)。

**糸** 糸1は図1-17で観察された。見かけ上の直径約490 $\mu\text{m}$ の糸2本を用いた双糸である(図13-1黄色矢印)。下撚りの一方はZ撚りでもう一方は確認できなかった。上撚りはS撚りである。また、織物との上下関係は明らかでない。なお、すぐ隣に同様の径の糸が観察されるが、こちらはS撚りの糸であり、糸2にあたる(図13-2水色矢印)。糸2は図1-18でも観察された。糸3は図1-19・20で観察された。見かけ上の直径約450 $\mu\text{m}$ の糸で撚りは不明瞭である。ともに織物2の上に存在し、糸の先が織物1の下に潜り込んでいる(図14:図1-20)。糸4は図1-21で観察された。見かけ上の直径約880 $\mu\text{m}$ のS撚りの糸で、織物1の上に存在する。

**不明繊維** 図1-22で観察された繊維の束である(図15)、繊維の直径は約25 $\mu\text{m}$ で横断面形状は丸く、他に観察される繊維と異なっていた。残存量が少なく、糸かどうかは不明である。

**小結** 金具内側には3つの異なる織物が重なった状態で存在した。しかし真ん中の織物2は錦であるため、鞆を飾る目的で用いられたと考えられる。よって、織物2の外側の織物3は金具周辺のみ用いられていた可能性が考えられた。また、図1-23・24などの図1上の下辺において、織物1の剥落箇所では織物3が観察され織物2は観察されない(図16:図1-23)。よって、織物2は図1上において金具中ほどより上側にのみ存在したと考えられる。従って、本資料が鞆下辺の金具であった場合、図1上の上下方向で鞆に装着されていたものと考えられた。

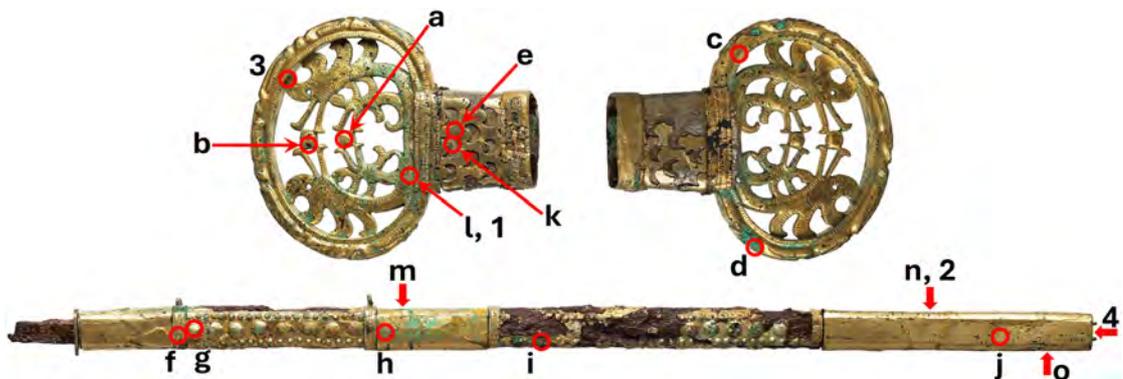


図17 湯舟坂2号墳出土金銅装双龍環頭大刀

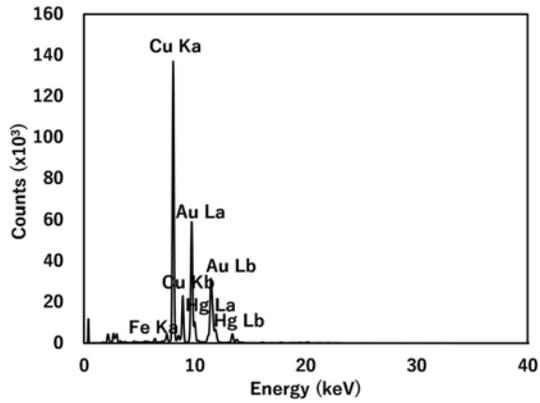


図 18 蛍光 X 線スペクトル (図 17-c)

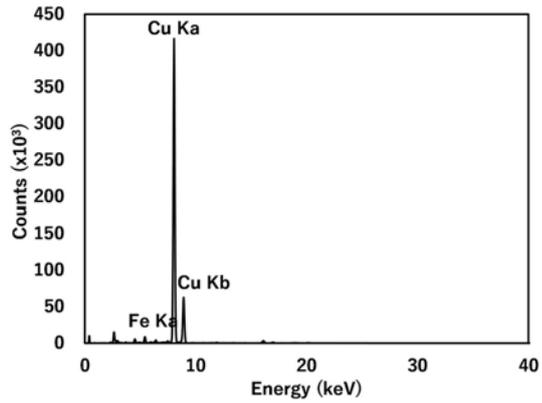


図 19 蛍光 X 線スペクトル (図 17-d)

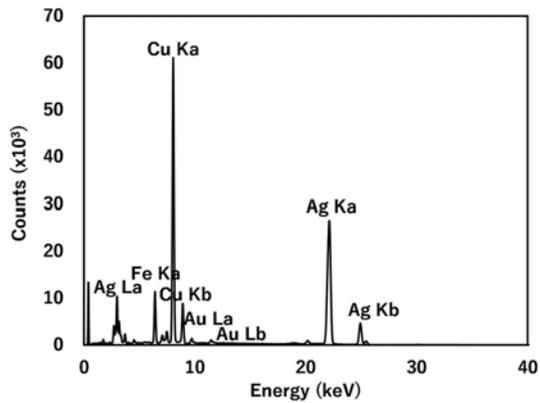


図 20 蛍光 X 線スペクトル (図 17-k)

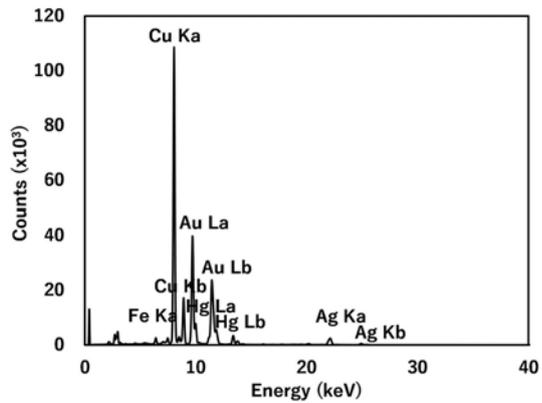


図 21 蛍光 X 線スペクトル (図 17-l)

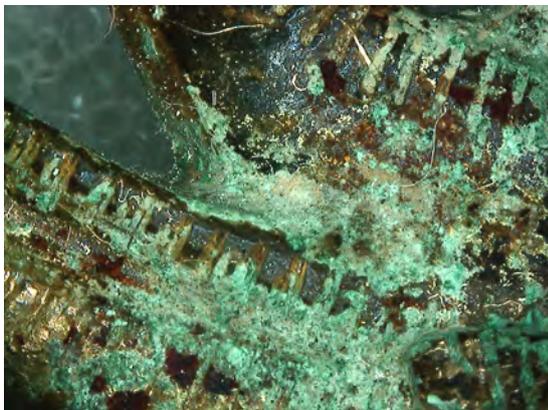


図 22 顕微鏡画像 (環頭接合箇所：図 17-1)



図 23 顕微鏡画像 (筒金具合わせ目：図 17-2)

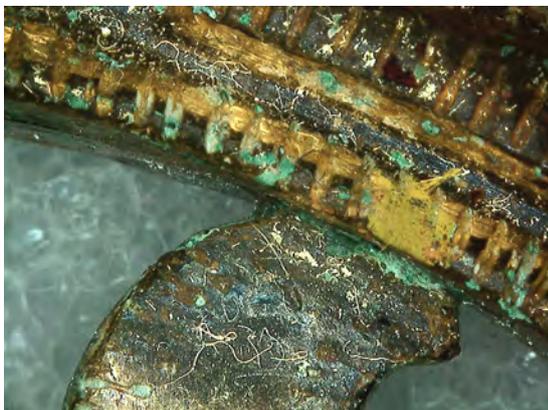


図 24 顕微鏡画像 (冠毛 - 外環：図 17-3)



図 25 顕微鏡画像 (鞍尻金具底部：図 17-4)

## ②金銅装双龍環頭大刀 (図17～25)

環頭を中心飾および外環において、金色箇所 (図17-a・c) と、表面が剥がれ地金が露出している箇所 (図17-b・d) の蛍光X線分析を行った。その結果、金色箇所では主として銅 (Cu) および金 (Au)、水銀 (Hg) を、地金からは主として銅を検出した (図18: 図17-c、図19: 図17-d)。これらの結果から柄頭は銅地金鍍金と考えられた。次に、柄頭茎を包む透彫り筒金具 (図17-e)、足金具 (図17-f)、飾板 (図17-g)、筒金具 (図17-h)、鋌 (図17-i)、鞘尻金具 (図17-j) の分析を行ったところ、銅、金、水銀を検出した。よって、金銅板および金銅鋌と考えられた。また、透彫り筒金具の下側に観察される内側の筒金具 (図17-k) を測定したところ、銀 (Ag) が検出された (図20)。よって内側筒金具は銀製と考えられた。

これまでに、柄頭のX線透過撮影より外環と中心飾が別材であることが確認されている (奥村編1983)。本分析ではこの二つの接合方法を知るため、外環と中心飾の接合部 (図17-l・1 (微小部観察像図22)) の蛍光X線分析を行った。分析の結果、外環・中心飾の鍍金部分で観測された元素に加え、銀が検出された (図21)。よって、銀ろうが用いられた可能性が考えられた。同様に、筒金具の合わせ目 (図17-m) と鞘尻金具の合わせ目 (図17-n・2 (微小部観察像図23)・o) からも銀を検出した。よって、これらの接合にも銀ろうが用いられた可能性が考えられた。また、環頭中心飾の龍の冠毛と外環の接触箇所 (図17-3)、および鞘尻金具の底部 (図17-4) においても同様の微小部観察像が得られた (図24・25)。しかし、ハンドヘルド型の分析装置では測定が難しく、今後のより詳細な調査で明らかになることが期待される。

## ③銀装圭頭大刀 (図26)

柄頭、柄巻、鞘口金具、鞘尻金具 (図26-a～d) を分析した結果、すべての分析箇所において主として銀が検出され、銀製と考えられた。鳩目金具と鐔、足金具2点 (図26-e～h) の



図26 湯舟坂2号墳出土銀装圭頭大刀

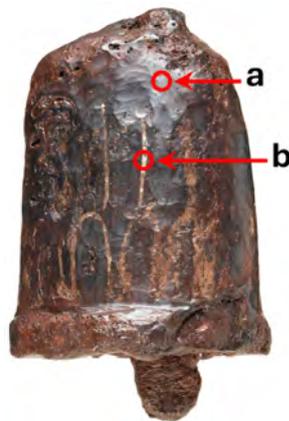


図27 湯舟坂2号墳出土鉄製円筒大刀柄頭



図28 湯舟坂2号墳出土銅鐔

分析を行った結果、主として銅および銀が検出された。この結果より、銅地銀板張りと考えられた。ただし、柄側足金具では銅のピークが著しく低く、銅地が一部失われている可能性が考えられた。

#### ④鉄製円頭大刀柄頭（図 27）

柄頭の地金および象嵌部（図 27-a・b）を測定した。その結果、地金において鉄を検出し、象嵌部ではそれに加えて銀を検出した。よって、鉄地銀象嵌と考えられた。

#### ⑤銅鏡（図 28）

銅鏡の裏面中央付近（図 28-a）を測定した結果、銅、スズ (Sn)、鉛 (Pb) を検出した。よって、銅鏡は青銅製と考えられた。なお、分析は明らかな緑青のない比較的健全に見える箇所にて行った。  
(山口繁生)

### 3. 三次元計測

三次元計測（3D スキャン）は、調査対象の立体形状を読み取り、コンピュータ上で形状を再現する手法である。調査対象に触れることなく立体形状を得られることから、近年の文化財の調査研究に用いられることも多い。

今回の調査においては、下記の機器を用い、データの取得から画像出力までを行った。

- ・ 三次元計測機 : SHINING 3D Tech Co.,Ltd. Einscan Pro
- ・ 制御ソフト : SHINING 3D Tech Co.,Ltd Einscan Pro series
- ・ 位置合わせ : Volumegraphics GmbH VGstudio 3.5
- ・ 画像出力 : Innovmetric software Polyworks Reviewer2021
- ・ 画像合成 : Adobe Inc. PhotoshopCS5



図 29 計測データ

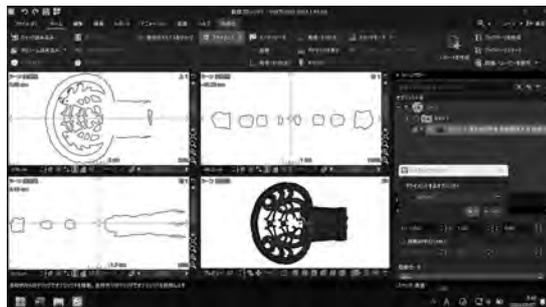


図 30 計測データの位置合わせ

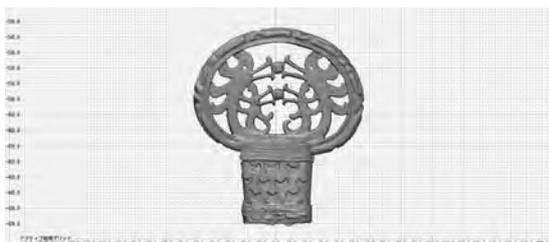


図 31 正投影画像の出力



図 32 画像のレイアウト

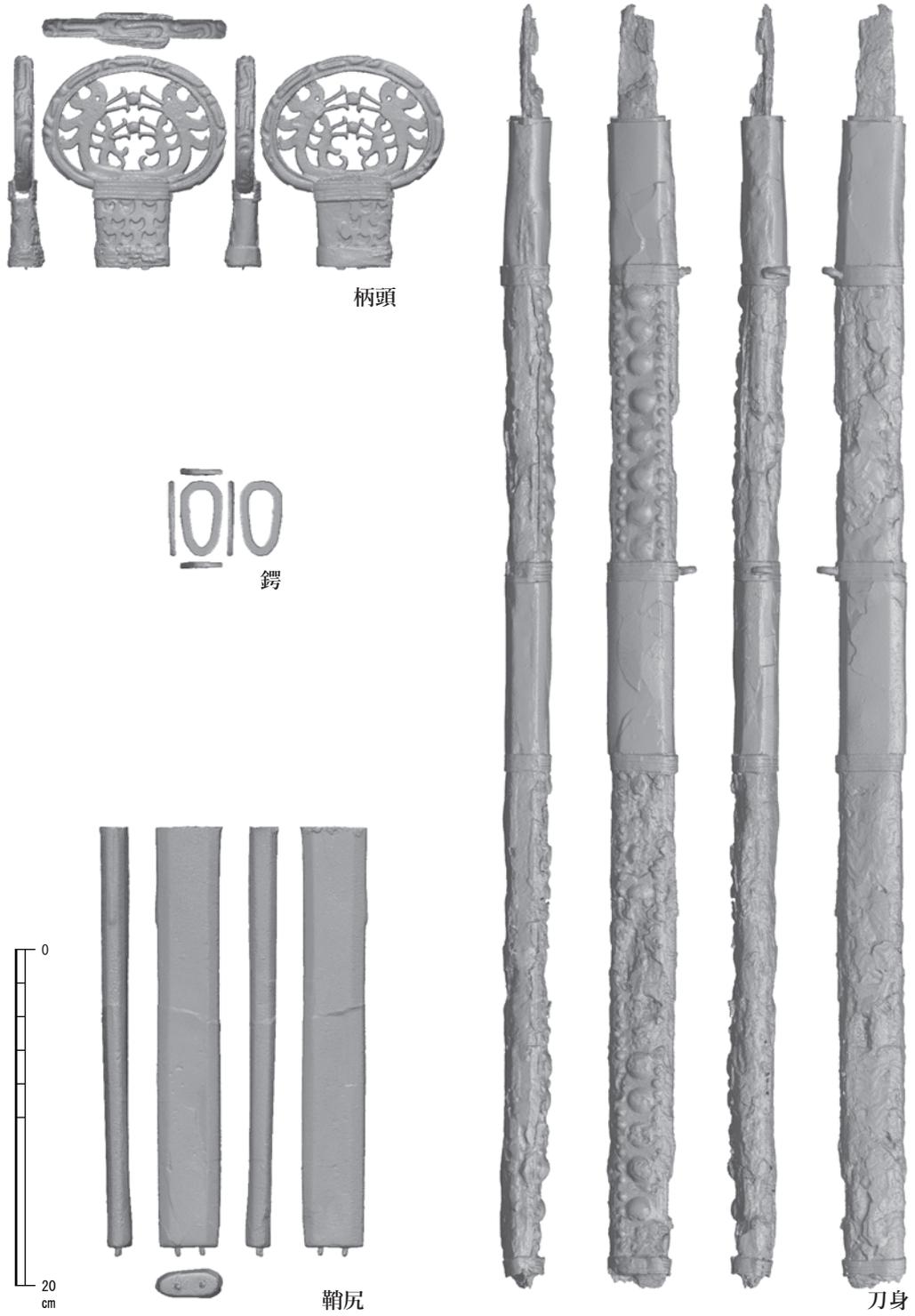


図33 湯舟坂2号墳出土金銅装双龍環頭大刀 3D展開画像 (S=1/4)

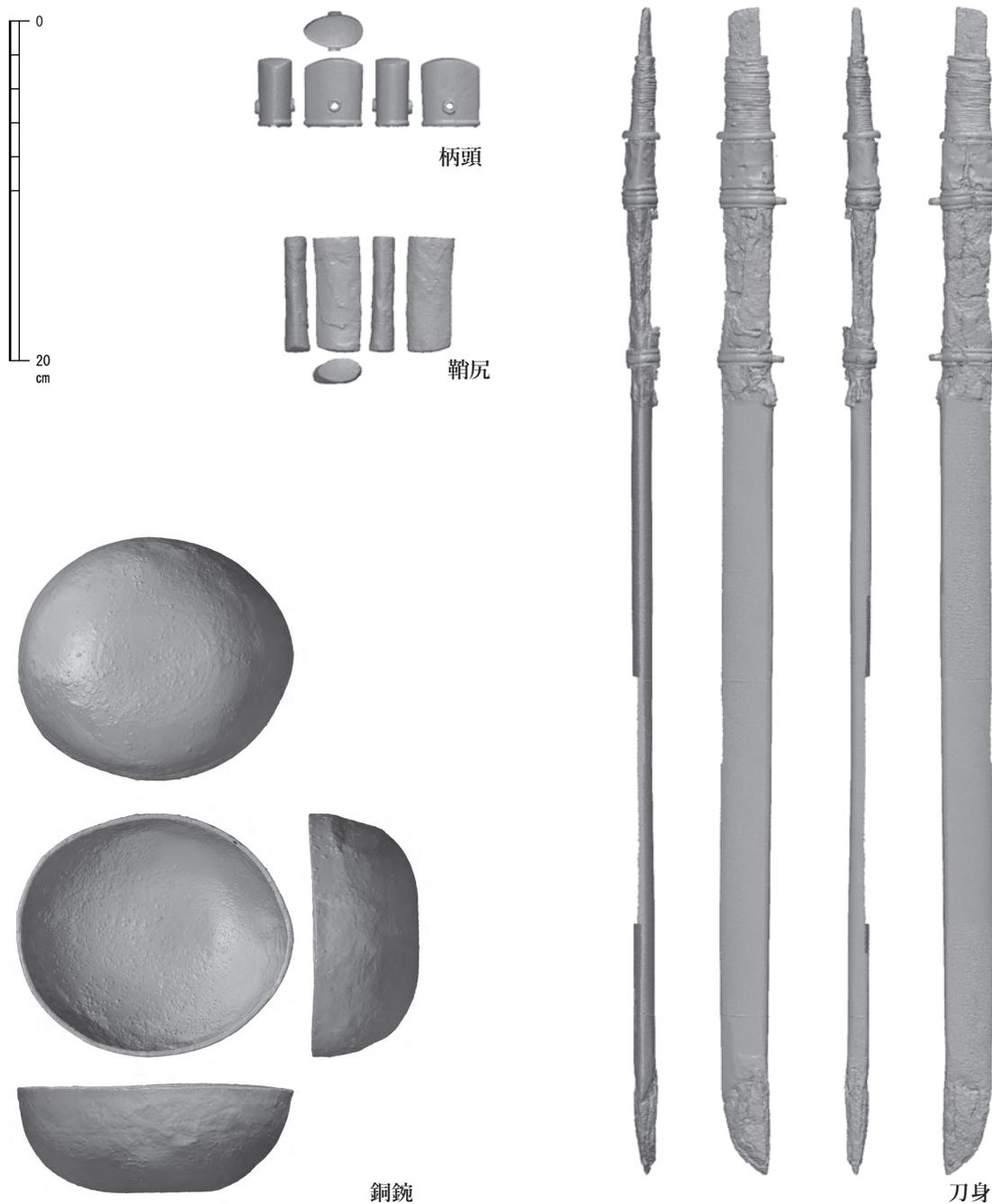


図 34 湯舟坂 2 号墳出土銀装圭頭大刀・銅鏡 3D 展開画像 (S=1/4)

(1) 計測 (データ取得)

計測対象資料を緩衝材の上に設置して安全を確保した上で、Einscan Pro を用いて計測を行った。Einscan Pro は計測対象に照射した光のパターンを左右 2 台のカメラで捉えて立体視する方法を採用した三次元計測機である。計測精度は 0.05mm、計測点間距離は 0.16mm である (いずれもカタログ値)。

計測とデータ合成を繰り返し、計測漏れのないように注意した (図 29)。

(2) 位置合わせ

計測したデータは、XYZ 軸に対して軸がずれた状態となっている。この状態では正投影像が得られないため、VGstudio3.5 を用いて各データに対して天地・水平方向の情報を与えた (図 30)。

### (3) 正投影画像の出力

天地・水平方向の情報を与えられた3Dデータより正投影画像を得ることができる。ここでは、3Dデータのビューワーソフトである Polyworks Reviewer2021 を用い、方眼目の有無にわけて2種類の画像を出力した(図31)。断面図については、先の VGstudio3.5 を用いて出力した。

### (4) 出力画像の合成

Adobe PhotoshopCS5 に出力した画像を読み込み、展開した画像を作成した(図32)。倍率や位置情報については方眼目を手掛かりとした。画像は600dpi、スケールは1/1とした。ここでは紙幅の関係で1/4スケールで提示する(図33・34)。

## 4. おわりに

今回、金銅装双龍環頭大刀の保管ケースを開封しての調査や、保存修理に際して解体された鞆の分析・観察をはじめ、様々な調査を実施した。こうした調査により資料の製作技法や構造を知るための手がかりとなるが、通常の考古学的調査では知りえない情報でもある。今回蓄積できたこれらの情報をもとに、湯舟坂2号墳の出土遺物および類似資料等の解明の一助となれば幸いである。

(初村武寛)

## 註

(1) 図17・26～28には栗山雅夫氏が撮影した写真を用いた。

## 参考文献

奥村清一郎(編)1983『湯舟坂2号墳』久美浜町教育委員会

坂本和子1999「古代錦の本流」『日本の美術』293 至文堂

角山幸洋1993「XIII 繊維—織物・組紐—」『斑鳩 藤ノ木古墳第二・三次調査報告書 分析と技術編』奈良県立橿原考古学研究所

### 編集後記

2020年に始まる「湯舟坂プロジェクト」は早くも6年目に突入している。教員生活のほとんどを久美浜に捧げてきたといえば大げさだが、府大に着任したのが2018年なので、私だけでなくたくさんの教え子がそれまで縁もゆかりもなかった久美浜に足繁く通ったことは確かである。3回分の成果報告会資料集をまとめて一書にしようと、気軽な気持ちで本書の制作を思い至ったが、皆さんお忙しく、思いのほか難産だった。スケジュールに追われる中、献身的に編集作業を手伝ってくれた二人の大学院生には感謝してもしきれない。

なお、湯舟坂プロジェクト立ち上げ時から一緒に仕事をしてきた、菱田哲郎先生が今年度でご退職される。まだ隣の研究室には山積みの荷物があるので実感がわからないが、1994年に開設した府大考古にとって最大の岐路であり、寂しい限りである。様々な仕事を通じて文化遺産の地域資源化の重要性を教えていただいた学恩に感謝するとともに、兵庫県と接する久美浜にこれからも足繁くお越しいただければと思う。(い)

#### 表紙写真

- 上左 双龍環頭大刀調査風景（諫早直人撮影）  
上中 第2回 ACTR 成果報告会風景（栗山雅夫撮影）  
上右 「つなプロ」風景（諫早直人撮影）  
下 湯舟坂2号墳出土双龍環頭大刀（栗山雅夫撮影）  
裏表紙写真 湯舟坂2号墳全景（南西から。栗山雅夫撮影）



京都府立大学文化遺産叢書 第33集

### 地域資源としての湯舟坂2号墳

編集 諫早直人（京都府立大学文学部准教授）  
発行 京都府立大学文学部歴史学科  
〒606-8522 京都市左京区下鴨半木町1-5  
<https://kpu-his.jp/>  
発行日 2025年3月6日  
印刷 北斗プリント  
〒606-8540 京都市左京区下鴨高木町38-2