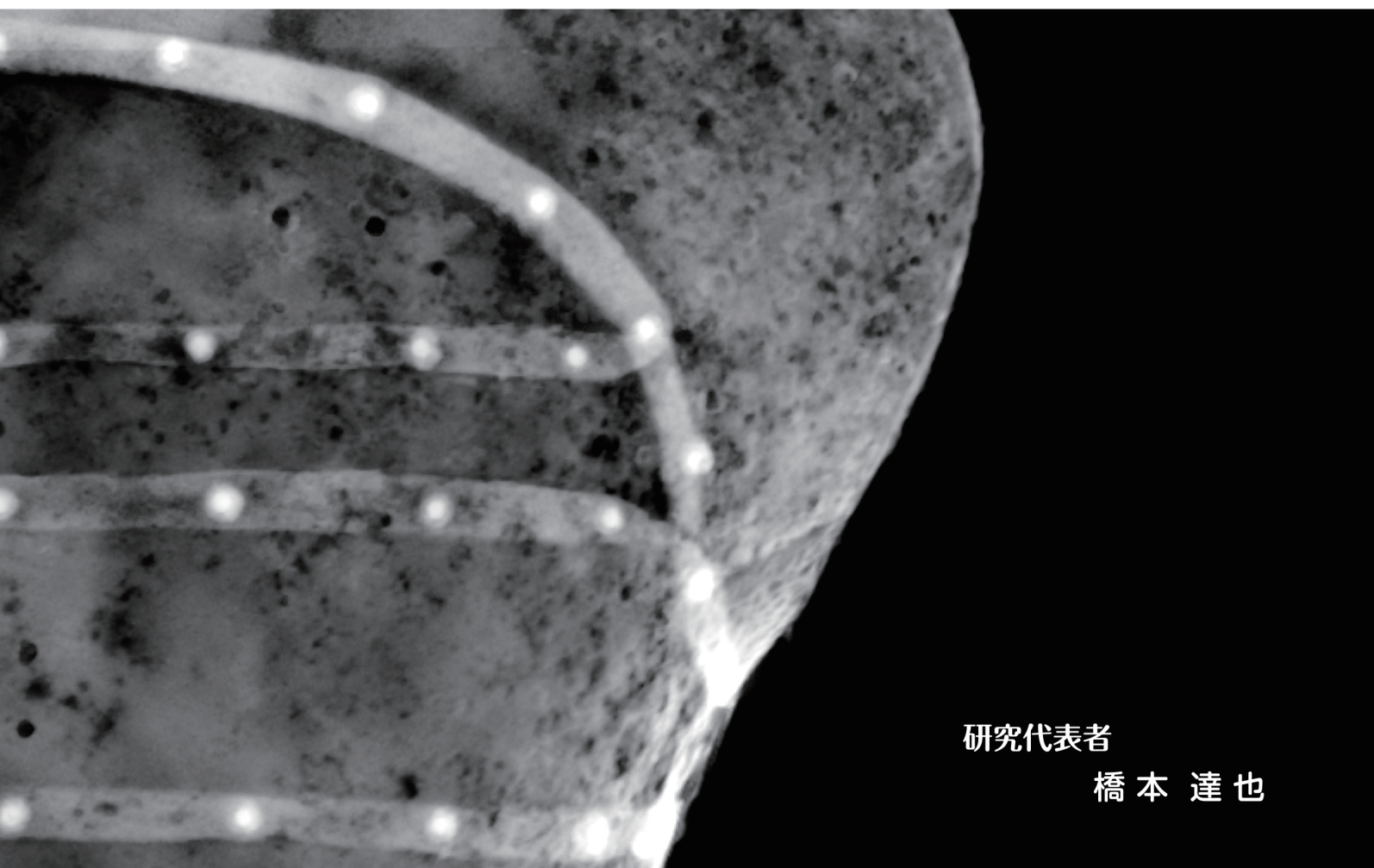


日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 B
X線CT調査による古墳時代甲冑のデジタルアーカイブおよび型式学的新研究
課題番号：26284123

X線CT調査による古墳時代甲冑の研究



研究代表者
橋本 達也

2018.12

鹿児島大学総合研究博物館

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 B
X線CT調査による古墳時代甲冑のデジタルアーカイブおよび型式学的新研究
課題番号：26284123

X線CT調査による古墳時代甲冑の研究

研究代表者

橋本達也

研究分担者

今津節生

河野一隆

中久保辰夫

連携研究者

古谷 毅

塚本敏夫

阪口英毅

岸本 圭

小嶋 篤

赤田昌倫

研究協力者

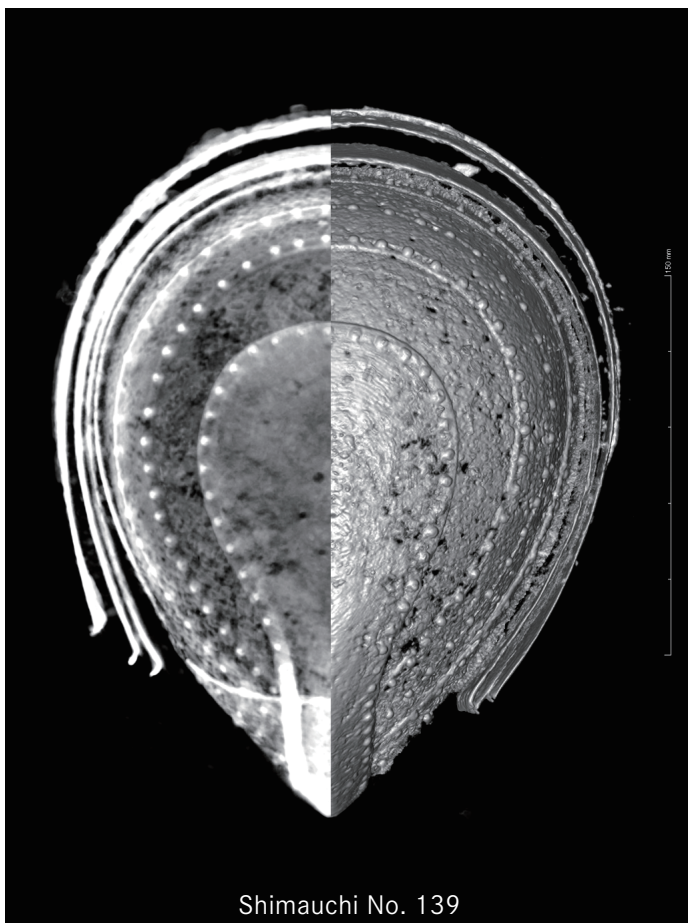
鈴木一有

研究支援者

星野三香

2018.12

鹿児島大学総合研究博物館



例言

本書は、橋本達也（鹿児島大学総合研究博物館 教授）を研究代表者として、日本学術振興会・科学研究費補助金・基盤研究（B）の交付を受けて実施した研究の成果報告書である。研究課題に関する情報は下記のとおりである。また本研究にともなう実際の活動内容は第1部総論の中で記載している。

本研究は、主として鹿児島大学総合研究博物館・九州国立博物館で行ってきた。またX線CT調査に当たっては、多くの機関の協力を得た。資料調査協力機関は下記および第三部に記す。

2017（平成29）年9月9日に成果公開研究会を開催している。実施に当たっては、福岡大学人文学部考古学研究室の協力を得た。

本書の編集は橋本が行った。

1. 研究課題名：X線CT調査による古墳時代甲冑のデジタルアーカイブおよび型式学的新研究
2. 研究期間：2014（平成26）～2018（平成30）年度
3. 課題番号：26284123
4. 研究組織

研究代表者：橋本達也（鹿児島大学総合研究博物館 准教授、同 教授（2017年4月～））

研究分担者：今津節生（九州国立博物館博物館科学課 課長、
奈良大学文学部 教授（2016年度～））

：河野一隆（九州国立博物館企画課・文化財課 課長、
東京国立博物館 上席研究員（2018年7月～））

：中久保辰夫（大阪大学大学院文学研究科 助教、
京都橘大学文学部 准教授（2018年度～））

連携研究者：岸本 圭（九州国立博物館展示課 主任研究員、
福岡県教育庁文化財保護課 企画主査（2018年度～））

：小嶋 篤（九州国立博物館展示課 研究員）

：赤田昌倫（九州国立博物館博物館科学課 アソシエイトフェロー、
国立アイヌ博物館設立準備室 研究員（2017年10月～））

：古谷 毅（東京国立博物館学芸研究部 主任研究員、
京都国立博物館京都国立博物館学芸部 主任研究員（2017年9月～））

：塚本敏夫（（公財）元興寺文化財研究所総合文化財センター センター長）

：阪口英毅（京都大学大学院文学研究科 助教）

研究協力者：鈴木一有（浜松市文化財課 主幹）

研究支援者：星野三香（鹿児島大学総合研究博物館（2014年度～2017年度））

【協力機関】

えびの市教育委員会、宮崎県立西都原考古博物館、宮崎市教育委員会、国立歴史民俗博物館、熊本県教育委員会、熊本大学文学部考古学研究室、佐賀市教育委員会、佐賀県立博物館、武雄市教育委員会、九州歴史資料館、八女市岩戸山歴史文化交流館、広川町教育委員会、うきは市教育委員会、古賀市教育委員会、行橋市教育委員会、田川市教育委員会、九州大学大学院人文科学研究院考古学研究室、鳥取市教育委員会、鳥取大学地域学部考古学研究室、大阪大学大学院文学研究科考古学研究室、堺市博物館、高松市教育委員会、神奈川県教育委員会、玉名市教育委員会（順不同）

本文・資料編 目次

巻頭図版

例言

第1部 総論 X線CT調査による古墳時代甲冑の研究	橋本 達也.....	1
1. 本研究の目的と方針		
2. 古墳時代甲冑の従来情報と X 線 CT		
3. 本研究の方法と対象資料		
4. 本研究の成果概要 —X 線 CT 解析・画像作成—		
5. まとめ —X 線 CT と古墳時代甲冑研究の課題・展望—		
第2部 研究編		
1. X 線 CT の考古学への利用の現状・課題・展望	今津 節生.....	21
2. X 線 CT の活用と次世代の博物館	河野 一隆.....	29
3. X 線 CT スキャナを用いた短甲、小札の調査について	赤田 昌倫.....	37
4. X 線 CT 調査による短甲の研究	阪口 英毅.....	43
5. X 線 CT 調査による衝角付冑の研究と課題	鈴木 一有.....	51
6. X 線 CT 調査による眉庇付冑の研究	橋本 達也.....	59
7. X 線 CT スキャナを用いた錆化有機質の検討	小嶋 篤.....	63
—大宰府政庁跡出土小札の威紐と綴紐—	赤田 昌倫.....	
8. 古墳時代甲冑の科学分析における CT の位置と展望	塚本 敏夫.....	69
9. 三次元計測・X 線 CT 調査と古墳時代甲冑研究の課題	古谷 毅.....	77
10. 古墳時代中期甲冑および須恵器の集成	中久保辰夫.....	87
第3部 資料編		
1. 調査対象資料概要		97
2. 調査対象資料リスト		98
3. 調査資料各説・一覧		100

図版編 目次

第4部 X線CT画像

(1) 古墳時代甲冑

宮崎

島内 21 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑・鋊	1
島内 62 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲	20
島内 139 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑+鋊・頸甲・肩甲	24
小木原 1 号地下式横穴墓	横矧板鉾留衝角付冑	64
下北方 5 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲・三角板鉾留短甲・小札鉾留眉庇付冑+鋊	77
西都原 4 号地下式横穴墓	2 号横矧板鉾留短甲	100
六野原 8 号地下式横穴墓	小札鉾留眉庇付冑	104

熊本

マロ塚古墳	横矧板鉾留短甲・1 号小札鉾留眉庇付冑・3 号頸甲	115
高塚横穴墓	横矧板鉾留短甲	155

佐賀

石塚 1 号墳	小札甲	161
---------	-----	-----

福岡

真浄寺 2 号墳	1 号横矧板鉾留短甲（釣壺蝶番）・2 号横矧板鉾留短甲（金銅装方形 4 鉾蝶番）	179
塚堂古墳	横矧板鉾留衝角付冑	190
永浦 4 号墳	変形板鉾留短甲・横矧板鉾留眉庇付冑・鋊・頸甲・肩甲	203
稲童 21 号墳	三角板鉾留短甲・横矧板鉾留眉庇付冑・頸甲	239
馬場代 2 号墳	横矧板鉾留短甲	279
セストノ古墳	横矧板鉾留短甲	284
山の神古墳	横矧板鉾留衝角付冑・小札付属具（頬当・篠籠手・手甲）	291

鳥取

倭文 6 号墳	三角板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑・小札鋊	313
---------	-----------------------	-----

大阪

野中古墳		335
------	--	-----

7 号三角板鉾留短甲・7 号小札鉾留眉庇付冑・7 号頸甲+肩甲

9 号三角板革綴襟付短甲

10 号革製衝角付冑 鋊・三尾鉄

2 号横矧板鉾留短甲

6 号小札鉾留眉庇付冑

2 号頸甲・肩甲

3 号草摺

黒姫山古墳		394
-------	--	-----

T1 号横矧板鉾留短甲・T2 号三角板鉾留短甲・T3 号横矧板鉾留短甲・T4 号三角板鉾留短甲・
T5 号三角板鉾留襟付短甲・T7 号三角板鉾留短甲・T12 号横矧板鉾留短甲・T18 号三角板鉾留短甲・
T19 号横矧板鉾留短甲・T20 号三角板鉾留短甲・T21 号横矧板鉾留短甲・T22 号横矧板鉾留短甲・
T23 号横矧板鉾留短甲・T24 号三角板鉾留短甲

S1 号横矧板鉾留衝角付冑・S3 号横矧板鉾留衝角付冑・S4 号横矧板鉾留衝角付冑・

S5 号横矧板鉾留衝角付冑・S7 号横矧板鉾留衝角付冑・S8 号横矧板鉾留衝角付冑・

S11 号横矧板鉾留衝角付冑

三尾鉄：S1・S8・S9

M1-a 号横矧板鉾留眉庇付胄・M1-b 号小札鉾留眉庇付胄・M3 号横矧板鉾留眉庇付胄・

M9 号小札鉾留眉庇付胄・M11 号方形板鉾留眉庇付胄・M13 号小札鉾留眉庇付胄

頸甲：A2 号・A1 号・A20 号・T6 号・T19 号・[1146-1148]・[66～69]、[1291～1221]

鍔：K4 (M10 号の鍔か?)・60

草摺：2 号

(2) 甲冑参考資料

香川

相作馬塚古墳 甲冑取り上げ状況（短甲・眉庇付胄・頸甲・肩甲）…………… 646

神奈川

下馬周辺遺跡 大鎧（部分）…………… 647

(3) 関連資料

鹿児島

神領 10 号墳 盾持人埴輪（頭部）…………… 652

宮崎

島内 114 号地下式横穴墓 銀象嵌龍文大刀…………… 655

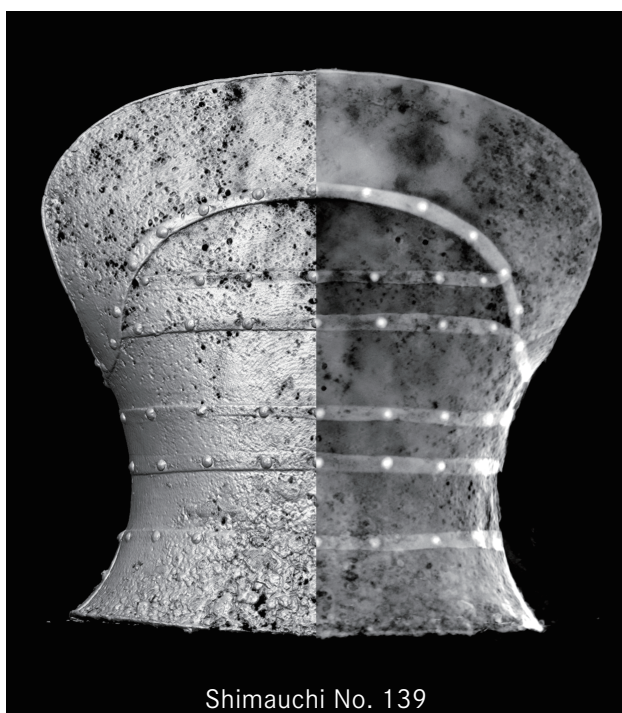
島内 139 号地下式横穴墓 銀装円頭大刀・小刀群・象嵌鍛冶具・小刀群・平胡篳・馬具…………… 656

熊本

天水経塚古墳 鉄剣（部分）…………… 668

鳥取

倭文 6 号墳 馬具・鉄鍬…………… 670



Shimauchi No. 139

X線CT調査による古墳時代甲冑の研究

橋本 達也（鹿児島大学総合研究博物館）

1. 本研究の目的と方針

古墳時代甲冑の研究 本研究は、古墳時代の甲冑に対して最新の文化財分析方法であるX線CTを用いた調査を行い、新たな研究の展開に寄与することを目的としたものである。いまだ考古学研究への応用においては模索段階にあるX線CTの特性と有効性を明確にするとともに、考古学では、いかなる情報・画像を求めるのか、必要とするのか、そのフォーマットを提示し、今後の進展に備えようと企画した。

本研究で取り上げる甲冑は、古墳時代前期～後期まで一貫して有力首長層の代表的な副葬品として採用されたものの一つである。また古墳時代の器物の中でも、もっとも複雑かつ多彩な技術が投じられ、生産技術の発展、工人の移動や交流といった多面的な情報をもっている。さらに、その分布は、首長層の政治関係や広域交流の実相を明らかにし、古墳時代の社会像を考察する上での重要資料となっている。

とくに古墳時代中期、4世紀後葉から5世紀末の間は、甲冑が首長層の副葬品のなかでも最も中心的な存在となり、高い様式的斉一性をもって、北は福島県から南は鹿児島県に至る広域で出土している。なおかつ、その分布の中心は古市・百舌鳥古墳群とその周辺の近畿中央部にあり、これらの古墳群を形成した政治権力がその生産・配布主体であったことも明確である。甲冑が副葬品として重用され、広く浸透した背景には、単なる武具という器財にとどまらず、その生産・配布・保有・副葬の過程に、近畿中央政権を中心とする政治的な求心力をもつ同盟関係と、地位・身分・職掌などといった序列関係の象徴として機能したからだと考えられる。

すなわち、甲冑はその形態・構造・技術・分布、そしてそれらの変遷に多くの情報を読み取ることが可能な、古墳時代社会の構造的解明にかかわる最重要資料といって過言ではないものである。

科研費による研究の着想～実施 研究代表者・橋本は、これまで古墳時代甲冑の考古学的研究を進めてきたが、九州国立博物館に導入され、近年文化財分析に関わる新たな成果を数多くあげているX線CTスキャナを用いれば、いっそう有益な情報が得られ、新たな研究が展望できるであろうと思い至った。九州国立博物館は開館以来、九州内各地の研究者との交流を行い、その中で研究連携も呼びかけられていた。そこで橋本は、2013年度に当時九州国立博物館に所属した今津節生氏、河野一隆氏に共同研究について提案を行ったところ、両人から賛同が得られ、2014年度からの科研費の申請を計画することとした。

とくに、分析で得られた情報を考古学的な研究でいかに有用であるか検討することを要点とし、対象とする資料は、遺存状態なものが多い九州地域の資料と中央政権に関わる近畿中央部の資料を軸にすることを考えた。

そこで近畿中央部の資料を代表する大阪府野中古墳の分析を行っている中久保辰夫氏に研究分担者としての参加を呼びかけた。中久保氏には甲冑の型式学的な研究を進める上で、須恵器との関係性についての検討も依頼した。また、考古学的な検討を進める上で、古谷毅、塚本敏夫、阪口英毅

各氏に連携研究者として、鈴木一有氏に研究協力者としての参加協力を求めた。古谷、塚本両氏は考古資料のデジタル情報化、三次元計測に関する研究実績もあり、X線CTデータの活用法についての検討を進める上でも議論を期待した。

実際に2014年度からは科研費が採択され、研究をスタートさせることとなったが、九州国立博物館からさらに岸本圭、小嶋篤、赤田昌倫の三氏に連携研究者として加わっていただくこととなった。研究の実施に当たっては、九州国立博物館の河野・岸本・小嶋氏が資料の借用・展示等を担当し、赤田氏がX線CTデータの取得を行った。そして得られたデータは主として鹿児島大学総合研究博物館で研究支援者として雇用した星野三香が解析を担当した。年に一度、連携研究者・研究協力者を含めた検討会の開催を基本的な方針とした。

また、CTデータを取得した資料のうち、精度の高い良好な写真のないものに関しては、文化財カメラマンの牛嶋茂氏に写真撮影を委託した。ただし、牛嶋氏の写真については取得した画像が膨大になり、今回の報告書刊行には掲載できなかった。これに関しては今後、別の機会に活用を図って行きたい。

島内139号地下式横穴墓 科研費が採択された2014年の10月下旬、宮崎県えびの市島内139号地下式横穴墓で、きわめて遺存状態の良好な大量の副葬品を納めた地下式横穴墓が発見された(図1)。調査は当初、えびの市教育委員会・中野和浩氏が担当していたが、えびの市単独での調査は困難であると判断されるに至り、橋本へ協力依頼があった。そこで橋本は現地での発掘調査に協力する一方で、甲冑をはじめとする数多くの武器・武具の新発見を稀有な好機ととらえ、本研究内に島内139号墓出土品の分析も加えて進めることとした。調査直後から九州国立博物館および九州歴史資料館の協力を得て、X線CTデータの取得を行い、副葬品の状態を確認・検討し、またその後に



図1 島内139号地下式横穴墓甲冑出土状況

保存処理を終えた遺物から順次再撮影、解析を進めた。

研究成果について 当初の研究期間は2017年度までであり、基本的な調査研究はこの年度で終了したが、蓄積された膨大なデータの解析・整理・編集および画像の利用申請一許可に相当の時間を要したことから、科研費の最終年延長申請手続きを行い、報告書をまとめるための作業を継続した。結果として本研究は2014年度から5ヶ年にわたった。この間、数多くの機関・個人に絶大な協力を得られ、本研究を進めることができた。心より感謝申し上げる次第である。

2. 古墳時代甲冑の従来情報とX線CT

(1) 従来の考古学情報と新しい情報

従来からの一般的な古墳時代甲冑の考古学研究では、基本的な情報共有の手段として、主に実測図と写真が用いられてきた。古墳出土甲冑に関する最初期の調査報告である奈良県円照寺墓山1号墳の報告書（末永1930）では、実測図と写真を駆使した精緻な報告がなされており、1930年段階ですでにその後の報告書の基本スタイルはできあがっていた。以後、現在まで実測図がもっとも基本的な二次資料として位置づけられてきている。

それは複雑な形状を線画による展開図として表現することで印刷とそのコピーによる情報共有が簡便であったことが大きい。とくに鉄製品はサビて変形するという性質上、写真による表面情報では本来の形状が伝えにくいため、観察による認識の書き込みが必要となることや、他に立体的な資料の情報を共有する有効な手段がなかったという側面もある。また1999年刊行の『五ヶ山B2号墳』（浅羽町1999）以降はX線画像を報告に加えることも増加してきている。

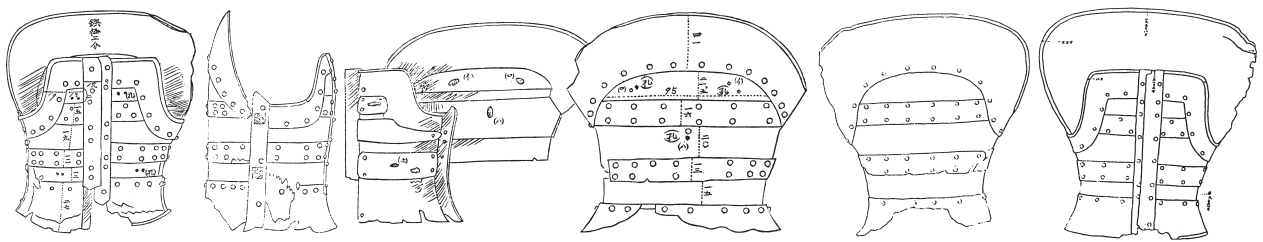
しかし実測図、写真には後述するように、それぞれにさまざまな限界性や制約がある。このため新たな手段として、橋本はX線CTの利用を思い立ったわけであるが、他にも近年、吉村和昭氏が三次元計測によるデータの取得、画像の提示とそれを利用した同型短甲の抽出を主眼に置いた研究を推し進めている（吉村2014a・2014b、吉村編2018）。とはいえ、現状では甲冑研究への三次元情報の利用については模索段階である。以下、まずは甲冑の資料情報共有の歴史をみておきたい。

(2) 実測図（図2）

甲冑実測図略史 上述したように、もっとも主要な情報である実測図の本格的な導入は、末永雅雄による1930年刊行の円照寺墓山1号墳の報告書がその嚆矢となる（図2-3、奈良県1930）。さらに末永は1934年に『日本上代の甲冑』を刊行し、数多くの実測図を掲載して格段に情報量を増やした（末永1934）。これらによって、研究初期の段階から、豊富な実測図が蓄積されていたことは、以後の研究基盤を支える重要な役割を果たしたことは疑いない。

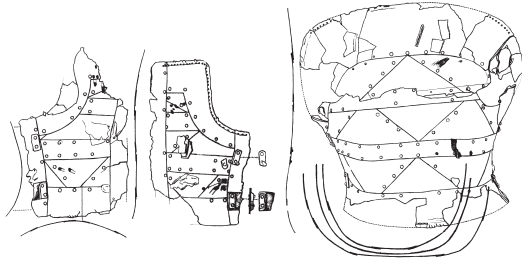
なお、1898年の熊本県伝左山古墳出土甲冑の報告の際には、数値を描き込み、正投影展開図を意識した図が掲載されている（図2-1、若林1898）。また、1925年におなじく伝左山古墳の報告が行われ、この時すでに梅原末治が実測図を掲載しており（図2-2、熊本県1925）、源流としての甲冑実測図は末永以前にさかのぼる⁽¹⁾。

正投影による遺物実測図は、土器や石器では1918年の京都帝国大学考古学研究室報告第2冊（浜田ほか編1918）や1922年の『大正7年度古蹟調査報告』（朝鮮総督府古蹟調査委員会1922）で報告に導入されおり、古墳出土遺物では1920年の『大正6年度古蹟調査報告』（朝鮮総督府古蹟調査委員会1922）に鹿角装刀剣装具の展開図が掲載され、梅原が担当した1923年の京都帝国大学考古学研究室報告第8冊の鴨稲荷古墳出土遺物の段階（浜田・梅原編1923）にはおおむね今日に受け継がれる作図法ができ上がっていることなどがその下地としてあるだろう。

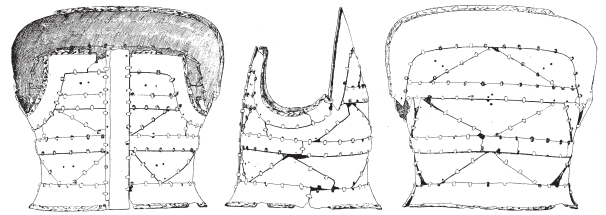


1. 伝左山古墳 (1898) [スケッチ図・正投影展開・サイズ記入導入]

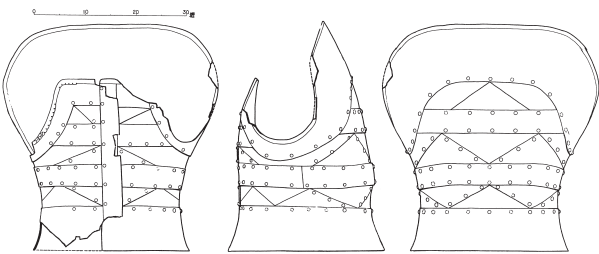
2. 伝左山古墳 (1925) [実測図導入・2面]



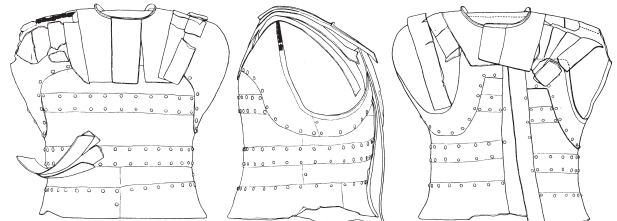
3. 円照寺墓山1号墳 (1930) [2面・断面]



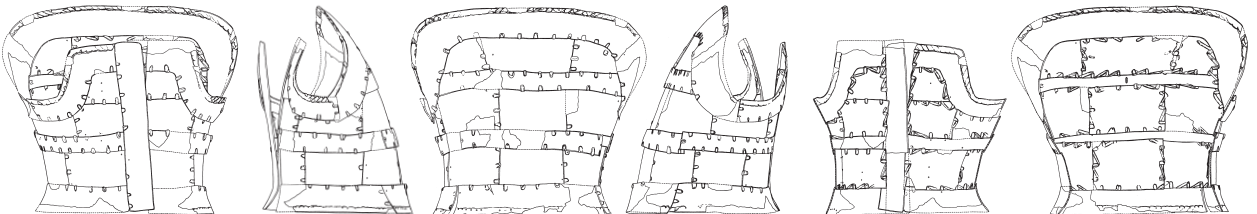
4. 長瀬西古墳 (1937) [3面展開]



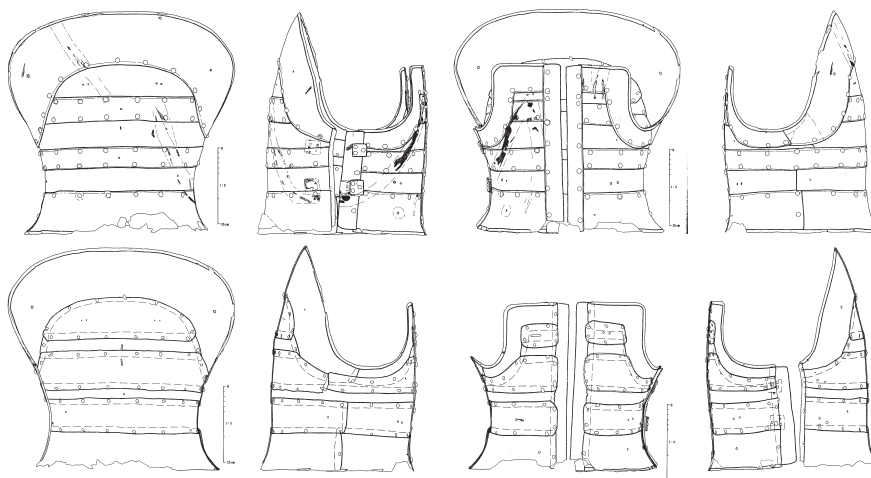
5. 黒姫山古墳 (1953) [3面展開]



6. 野中古墳 (1976) [3面展開]



7. 豊中大塚古墳 (1987) [7面展開]



8. マロ塚古墳 (2012) [8面展開+断面]

図2 代表的短甲実測図の変遷

『日本上代の甲冑』以後では⁽²⁾、後藤守一が手掛けた帝室博物館『古墳発掘品調査報告』における群馬県長瀨西古墳(図2-4)、石川県狐塚古墳、山梨県豊富王塚古墳(帝室博物館1937)、小林行雄の手による兵庫県亀山古墳(兵庫県1939)の甲冑実測図などが初期の秀作といえよう。

戦後では、『河内黒姫山古墳の研究』(末永・森1953)、時を経て『河内野中古墳の研究』(北野1976)に収載の北野耕平によって作図・トレースされたものが、精細かつ明快な表現の傑出した作品である(図2-5、図2-6)。ほかにも、展開面が少なくサイズも小さめといった点に問題はあるが、滋賀県新開1号墳の報告書は優れた図を掲載する(滋賀県教委1961)。さらにその後、1983年刊行の『東萊福泉洞古墳群Ⅰ』が登場する。宋桂鉉の手によるその甲冑実測図はきわめて精細で美しい(釜山大学校博物館1983)。

そして、1987年には高橋工の手になる豊中大塚古墳の実測図が公表される(図2-7、豊中市教委1987)。ここに至って、今日の甲冑実測図のフォーマットが概ね完成したと見て良いであろう(阪口2001)。これらの後、1990年代以降、精度の高い精細な図を掲載した報告書が多数刊行されている。なかでも、現状での到達点は熊本県マロ塚古墳出土甲冑報告(図2-8、杉井・上野2012)であるといえよう。

実測図の課題 甲冑研究の基本情報として一定の到達点をみている実測図であるが、しかし実測図では克服されない課題があることも事実である。

考古学的な型式学上の研究において、資料を比較分析する際には、基本的に情報が均質であることが望ましい。しかしながら、実測図は作成者の観察に基づく認識を描き込むものであるため、作成者の認識差が図上に現れることは必然である。描線の選択などの表現方法にも個人差が現れる。研究の進展は、認識の高度化と一体のものであるから、本質的にこれは否定すべきことではない。また、現状において、観察に習熟した研究者の実測図には、バラツキが大きな問題にならないほどにはなっている。とはいえ、個人によって認識と表現に差が生じるという比較上の精度的課題は常に存在し、なるべく精細で一定の標準的な数値情報のある方が好ましいことも確かである。

また、実測は定規を当てて手計りで行われてきているが、この作業の精度を上げることには限界がある。とくに、大型かつカーブが複雑な甲冑は資料を視る目線や定規の当て方で誤差を生じやすい。なおかつ、その表現は一般的にA4サイズなどの印刷サイズにあわせたレイアウトが前提になるため、1/2以下、短甲では1/3や1/4などに縮小して掲載される。その場合、実際に数mm単位の差異は捨象されることになる。さらに、情報に再現性、可逆性がなく、その内容を検証するためには再度実物に当たらなければならない。その上で再実測が必要となることも多々ある。

結果、図の作成に時間がかかる上に、再度実資料に当たらなければ誤差・縮小・省略などで捨象された情報を復元・検証する手段がなく、調査にかかる労力が大きい。考古学において実物を観察することはもっとも重要な研究の基礎であるが、その情報化のために繰り返し、接触・実測作業することは金属製品という資料性質、文化財としての管理上も決して好ましいものではない。

その点、三次元デジタルデータを用いれば、手測りする必要がなく一定の標準的な情報を取得でき、また実物に当たらずとも現状で1mm以下の単位の再現が可能である。

(3) 写 真

実測図に次ぐ情報として重視されてきた写真は、その特性として形状・表面状態の記録にはすぐれており、現況の記録、観察に有効である。微細な痕跡や有機質付着物などは実測図での表現の難しいものが多い。また、その高い視認性は図面とは異なるわかりやすさがあり、情報の共有にも優れる。そのため図録などで良好な写真が使用されることが多く、それらが重要な情報源となることも多い。

一方で、写真には数値情報がなく、サイズの表現が難しいこと、また基本的に画像に歪みが生じており、画面の周辺部ではとくにそれが大きくなりやすい。比較研究する上での正投影画像を得ることは原理的に困難である。

また、サビで覆われることが一般的であり、かつ変形しやすい鉄製品の場合、みえにくいまたはみえない情報が多く、表面情報だけでは、製作時に意図された形状・構造などを読み取ることができない。製作技法、機能性、装飾といった考古学上の基本情報は、サビ化以前の状態復元、その認識によらねばならず、鉄製品を見た目のままを記録するだけでは十分な情報が得られず、比較研究もできない。このためこれまでは実測図を主にして、写真を併用するという関係にあった。

古墳時代甲冑の写真としては、1913年頃から帝室博物館所蔵資料が出版物に掲載されるようになるが、資料報告としての画期は、これも円照寺墓山1号墳にある。この報告では甲冑の実物資料に加えて、復元製作品写真も掲載し、サビや欠損による不明瞭さを補って鉄製甲冑本来の形態に関する認識を写真でも示すという、きわめて丁寧な情報提示を行っている。

その後の報告書では1点の甲冑資料に対して、1～2点の写真掲載が一般的となるが、1987年の豊中大塚古墳の報告書では前後左右など短甲で4面の写真を掲載し、冑や付属武具も多面的に写真を掲載していることは画期的であった。さらに2002年の兵庫県年ノ神古墳の報告では細部も加えて短甲で12点の写真が掲載されており（兵庫県教委2002）、この時期以降、現在に至る多面的で、細部などを加えた写真の提示が広がったといえよう。これには写真・印刷の技術的簡便化、コストの低下、調査・報告にともなう事業予算の拡大といったこととも関連しているだろう。

(4) X線画像

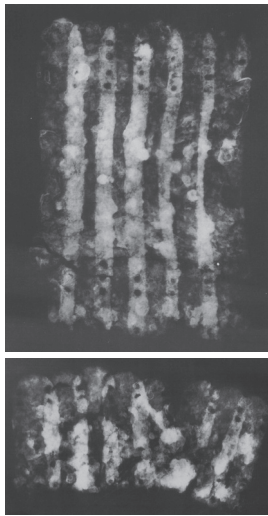
X線画像利用史（図3） 甲冑をはじめとする金属製資料の研究においては、その形態・構造・技術を分析する上でX線画像情報が必須である。なかでも、鉄製品はそのサビが膨れあがる性質をもち、さまざまな情報がサビで覆われていることが一般的であるため、本来の形状を復元する上で、内部情報が得られるX線画像を用いた検討の有効性はきわめて高い。

その導入は考古学研究の側面よりも、保存処理・修理において用いられるようになったのが先である。とくに、1978年の埼玉稲荷山古墳の鉄剣銘発見以後は鉄製品を撮影することの重要性が広く認識されてきた。

しかしながら、有銘刀剣などは別として、報告書における紙幅の都合もあり一般に実測図・写真があれば、同一遺物に対する第3の情報としての提示にまではいたらず、X線画像が独自の情報価値をもつものとは長らく評価されていなかった。X線画像を報告書に掲載するようになるのは、1994年の静岡県団子塚9号墳出土遺物保存処理報告書（袋井市教委1994）における小札の部分的な画像掲載が先駆的な事例である（図3-1）。そして、1999年の静岡県五ヶ山B2号墳（浅羽町1999）の報告書が新たな展開を導く画期となるものであった（図3-2）。

五ヶ山B2号墳の報告書では、X線画像を写真と対比できるような形でレイアウトし、甲冑全体の展開配置状況でX線画像を一覧できるようにしている。この展開配置にあわせたレイアウトは、パーツごとに分割撮影の可能な甲冑の場合にしか応用できないが、きわめて視認性が高い。しかし、その構造的な課題や相当な手間が掛かることから、その後も2000年の福岡県堤当正寺古墳（甘木市2000）、2005年の三重県小谷赤坂13号墳（三重県埋文センター2005）など少数の事例でしか用いられていない手法である（図3-5）。

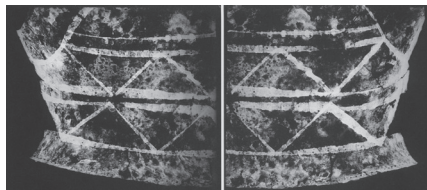
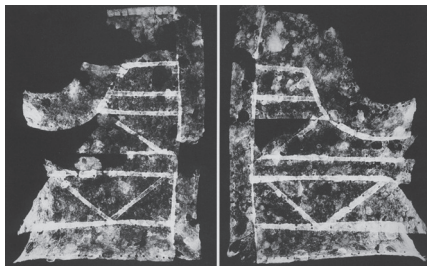
この時期以降、X線画像の報告書掲載が進むものの、それは主としてフィルムサイズにあわせて分割されたままの画像を掲載するといったものである。立体的な構造をもつものは、彎曲部を同じ角度で撮影して、連続的に配置することがおおよそ困難であるから、他の方法がなかったともいえ



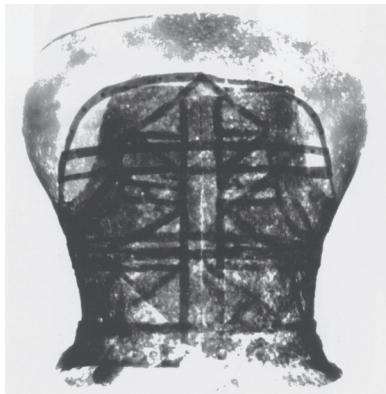
1. 団子塚9号墳（1994）
〔部分利用〕



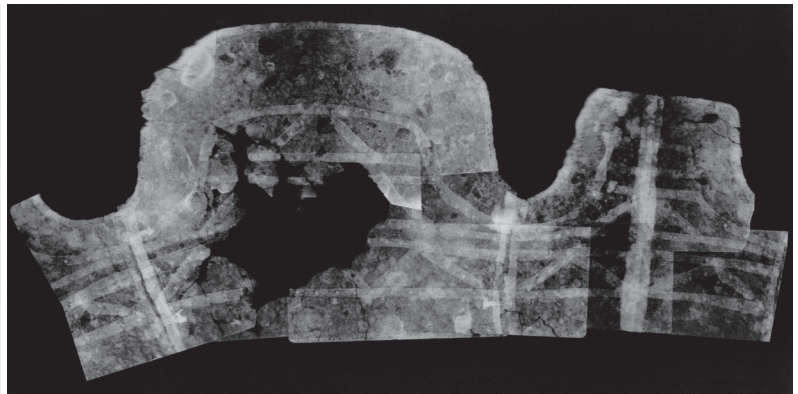
2. 五ヶ山B2号墳（1999）〔展開配置・パーツごと加工・再配置〕



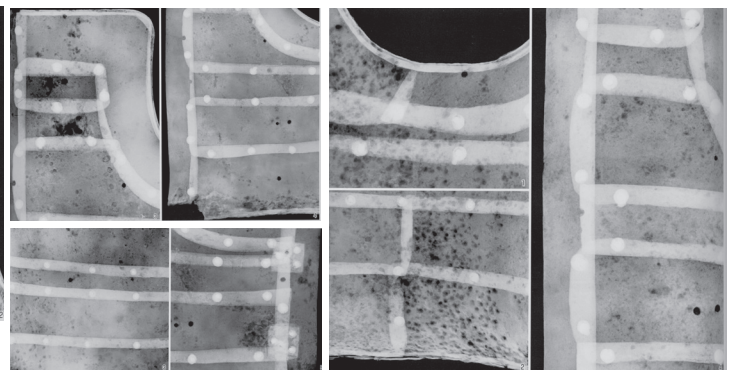
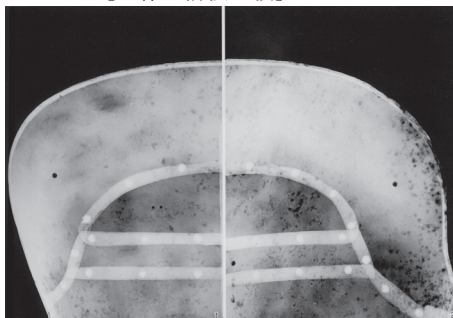
3. 年ノ神古墳（2002）〔大型フィルムのサイズでレイアウト〕



4. 稲童21号墳（2005）
〔全体・前後重複〕

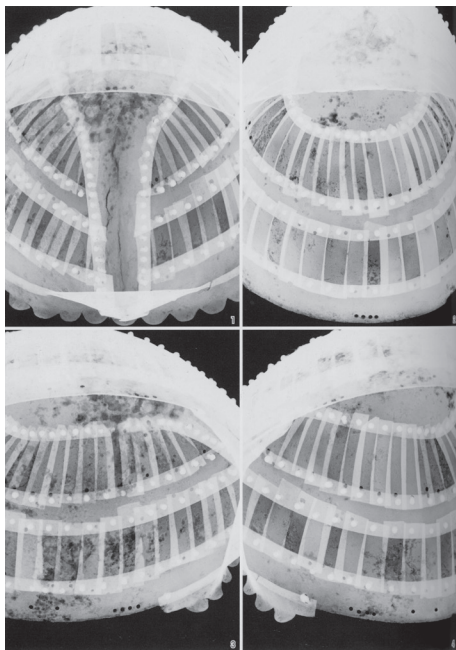


5. 小谷赤坂13号墳（2005）〔展開配置・大型フィルムを重ね合わせ〕



6. マロ塚古墳（2012）〔大型フィルムサイズでレイアウト〕

図3 X線画像報告の手法と変遷



正投影できず、歪みがあり、部分ごとしか意味ある情報を引き出せない。画像を重ねることも困難。

図4 従来の古墳時代甲冑のX線画像

よう。2002年の年ノ神古墳などから始まり（図3-3）、マロ塚古墳の報告も同様の画像を用いている（図3-6）。

また、2005年の福岡県稲童古墳群（行橋市教委2005）では短甲全体を1面の画像で提示している（図3-4）。新たな試みとして評価できるが、X線画像では前後胴の重複は如何ともしがたく、資料観察において有効性は高くない。

いずれの形態にせよ、近年では重要鉄製品の報告書ではX線画像の掲載も拡がりつつあり、今後とも一層その普及を期待したい。

X線画像の課題と現状 上に述べたように、従来、X線画像はフィルムを使用して撮影されてきたこともあり、平面的な形状でかつ、フィルムサイズに収まる資料の場合は問題が少なかったものの、甲冑のような大型で立体的な金属製品に関しては大きな課題があった（図4）。

例えば短甲の場合、高額な大型フィルムでも1枚に撮影可能な範囲は、ごく一部であり、後胴であれば4分割程度にして撮影、観察しなければならないし、また前後あるいは上下の情報が同じフィルム面上に写ってしまうので、カブリを少なくするため、正投影ではなく斜めにおいた撮影などが行わ

れてきた（図4）。またX線は線源から放射状に照射されるため、資料とフィルムの距離によっても歪みが生じ、とくに周辺部で高低差のある資料は歪みが大きくなる。当然、正位置でもなく、画像に数値情報ももたないので、構造を理解する以外の比較研究は難しい。その撮影にも、読み取りにも一定の経験と労力が必要であり、X線撮影によって良好な情報を得るのは簡単でなかった。

近年では、X線画像もフィルムからデジタルへ転換が進められ、フィルムサイズの問題はクリアされてきているが、ただし現状ではデジタル画像よりもフィルムの方が解像度にすぐれる。今後センサーの向上に伴って画質の向上が見込まれるが、同時に画像を扱う周辺機器の機能向上も求められ、また大きくなるデータサイズの保存にも対応しなければならず、機器の更新から必然的に経費の高騰化に対応が迫られることになる。

(5) X線CTデータ・画像

以上の従来の資料情報の課題を克服する上で新たな技術・情報として期待できるのがX線CTであり、そこから作出した画像である。そのメリットから確認しよう。

視認性と数値情報 第一に、数値情報をもった三次元データとX線データが一挙に取得可能である。そのデータはコンピュータおよびモニターをとおして大小問わず一画像に表現でき、高い視認性もつ。得られた画像は、さまざまな角度から検討可能であり、とくに考古学的比較検討の際に設定される正位置からの正投影画像および裏面・側面などの展開画像が容易に得られる。なおかつ、その三次元およびX線の画像は数値情報をもっているから、縮尺を調整することで従来の実測図との対比、比較検討も可能である。

断面形状・構造 とくにX線CTでは断面情報の取得が容易で、縦横さまざまな位置・角度で画像が作成可能であり、形状の観察・記録に有効である。従来、断面形状は実測図でしか表現できず、数カ所程度の手測りした図がつくられる程度であった。とくに甲冑の場合、横断面は変形しやすく、また作図労力の割には研究上の目立った成果がないこともあって、積極的に作図されてこな

かった。しかし新たな研究視点を加え得る可能性は十分にある。

甲冑以外では、銹着した鉄器群、とくに鏃束内の鏃本数の確認、鉄地金銅張製品など複数の素材を重ねる製品の構造を明らかにする上でも有効である。

内部構造の観察 表面上観察できない、もしくは観察の困難な閉じたモノの内部構造をみる事が可能である。甲冑の内面は一般的には見えにくい。

例えば完形品の場合、短甲の左前胴内面、衝角付冑の衝角底板内面などは観察しにくく、記録しにくい。また眉庇付冑では伏鉢内面およびその内部の管は外面からまったく観察できない(図5-2)。稀な例ではあるが、鳥取県倭文6号墳のように短甲内部に挟まって取り出せない冑・鉄鏃などのデータを取り出して画像化することなども可能である(図5-1)。また、眉庇付冑の伏鉢内、馬具の鉢構造をもつ雲珠・辻金具、複雑な銹着をしやすい轡、装具の良好に残る刀剣の内部構造などを理解する上でも有効性が高い。

資料状態の確認(図6) 資料の調査・利用は安全に取り扱うことが大前提である。しかし鉄製品の場合、サビで覆われて表面的に見えにくいヒビや補修部が存在することも多い。とくに大型鉄板でできている短甲はさまざまな部分に大きい亀裂があることが多く、強度上の弱点が多数存在することがある。視認性の高いX線CT画像を活用すれば、取り扱い上での注意点が確認できる。文化財として長期的な視点に立った、より適切な保管・運搬・展示方法などを考える上でもきわめて有効性が高い。

教育普及的有効性 視認性によるわかりやすさは研究面だけではなく、X線CTを用いた三次元画像・アニメーション動画などはより広い一般への説明においても効果的である。各種プレゼンテーション、博物館等施設での展示、状況によっては現地説明会などにおいて、活用可能で教育普及効果が大きいと期待できる。

X線CT利用の課題 以上のような、さまざまな有効性の高いX線CTであるが、現状ではその利用に課題も存在する。

第一には、現状の解析ソフトがさまざまな分析に活用可能な多機能である反面、その習熟に相当な経験が必要で、誰でもが簡単に扱えるものでないことである。そのため、一般に解析・画像作成はその扱いに習熟した画像解析技術者や文化財科学研究者が行っているが、往々にして考古学研究で必要な情報・画像との間にギャップを生じることや、もしくは考古学的に、より相応しい情報の追究が十分でないことがある。

新たな情報の獲得による新展開が期待できる一方で、考古学研究において有効に利用を進めるためには、これまで蓄積されてきた情報との互換性・相互比較も必要であることが考慮されねばならないが、そういった点への配慮の意識されていない状況がまみられる。

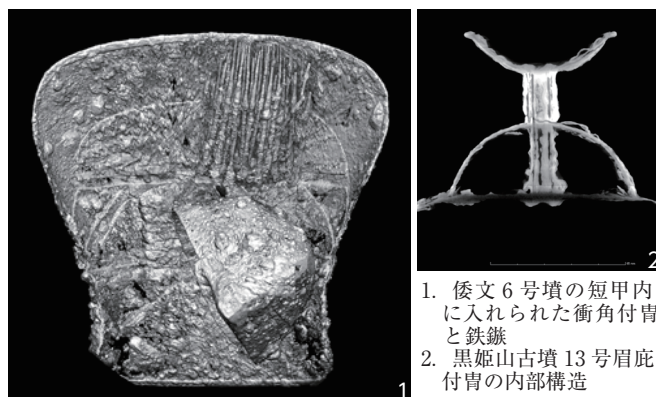


図5 内部の観察の例

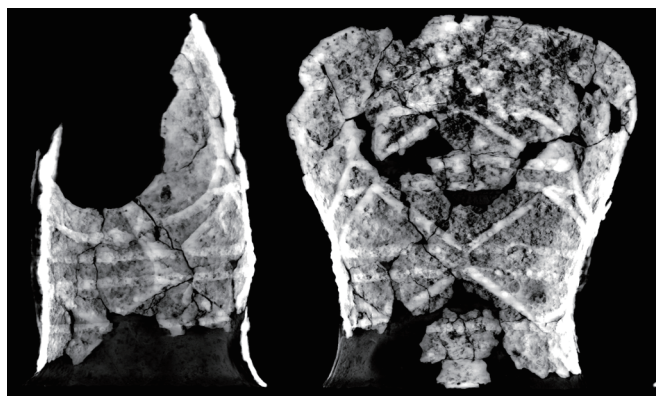
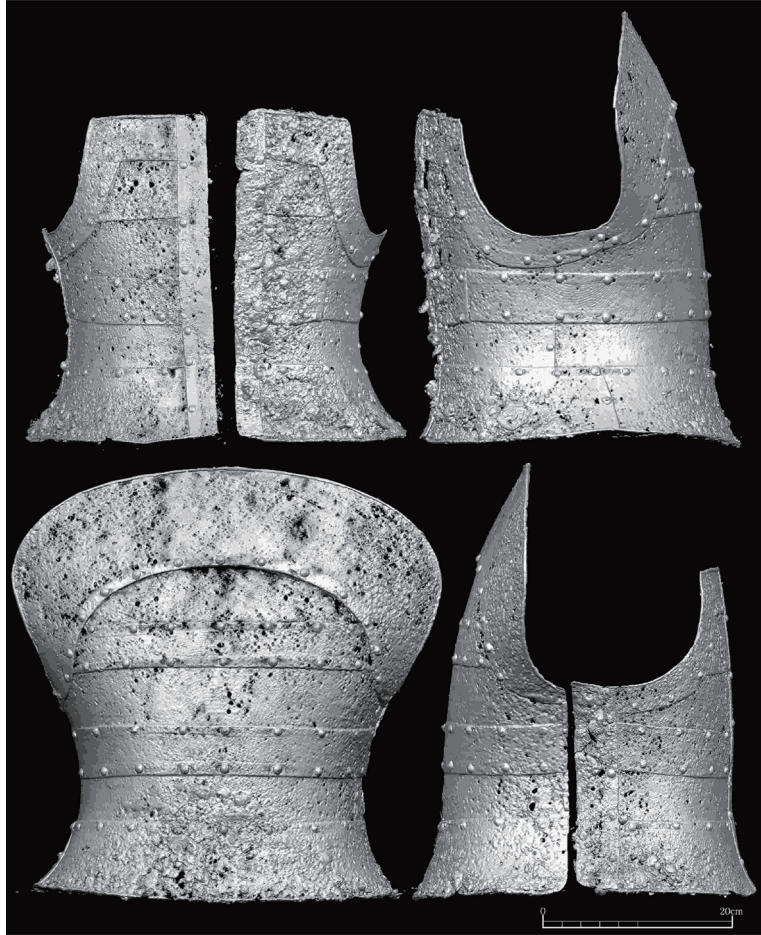
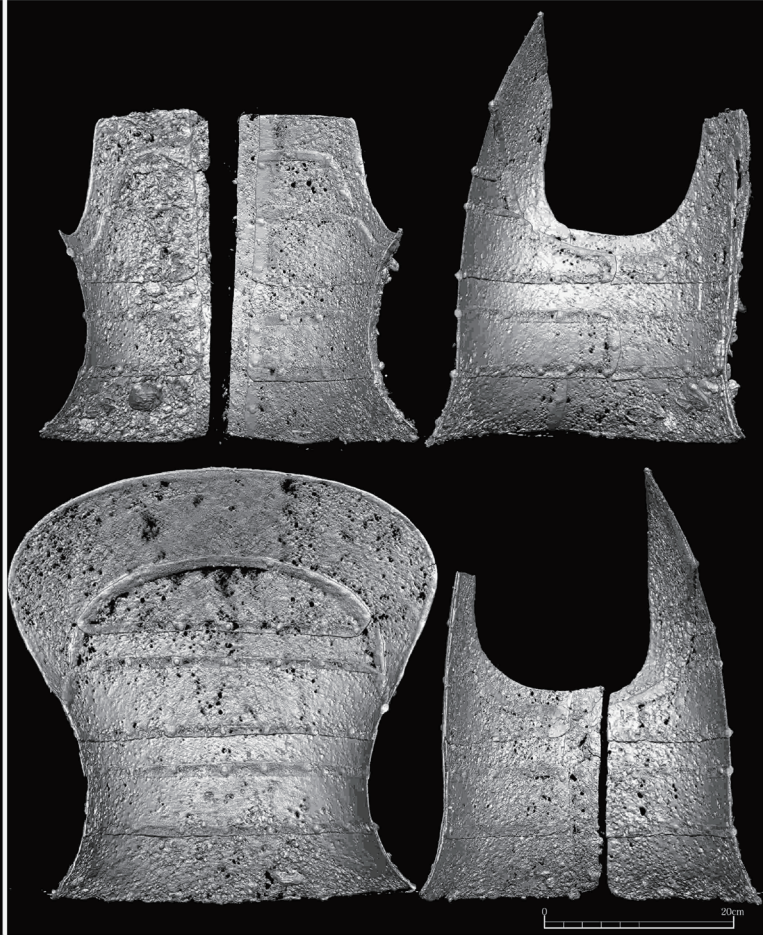


図6 短甲状態の観察(黒姫山古墳7号短甲)

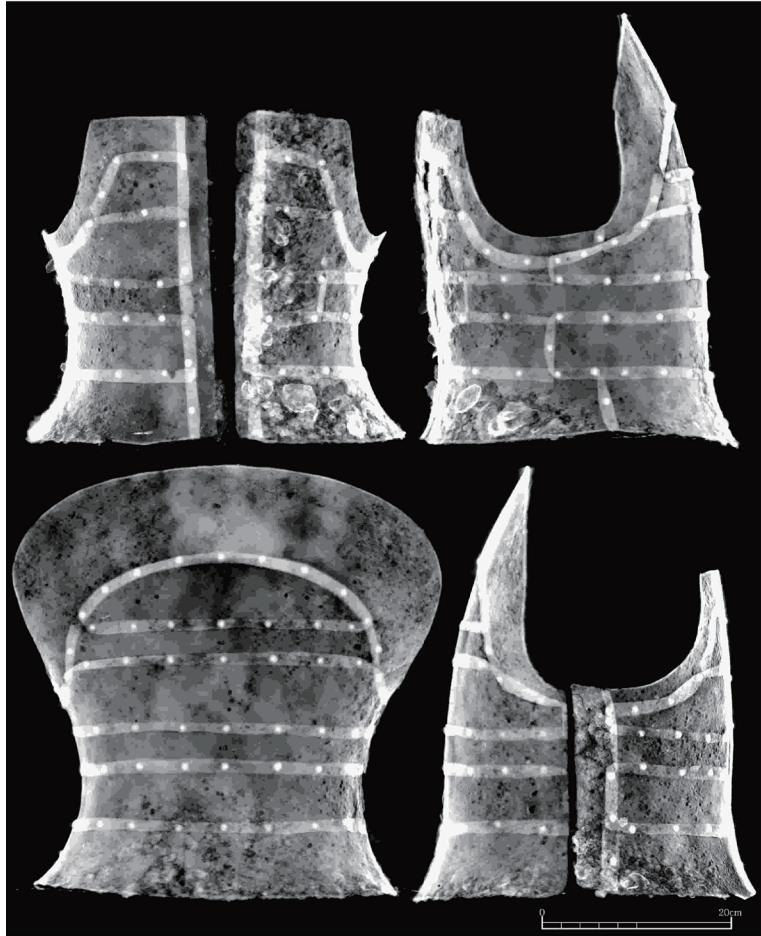
島内139号地下式横穴墓 横切板鉾留短甲 外面



島内139号地下式横穴墓 横切板鉾留短甲 内面



島内139号地下式横穴墓 横切板鉾留短甲 透過



島内139号地下式横穴墓 横切板鉾留短甲 上面・断面



図7 X線CTを用いた島内139号地下式横穴墓短甲 三次元・X線画像 (資料編掲載図の1/2)

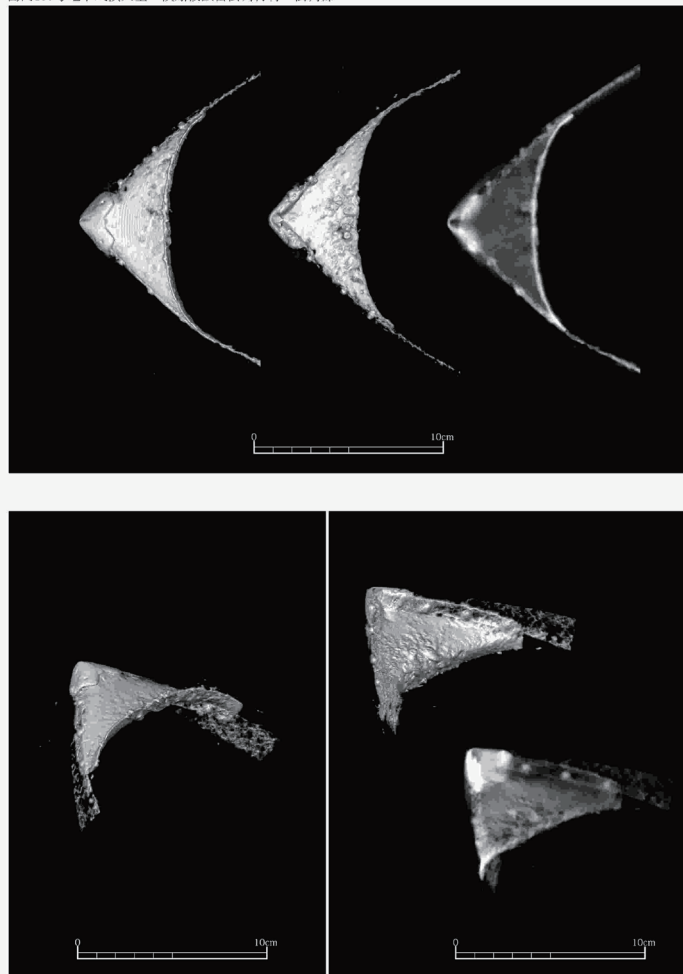
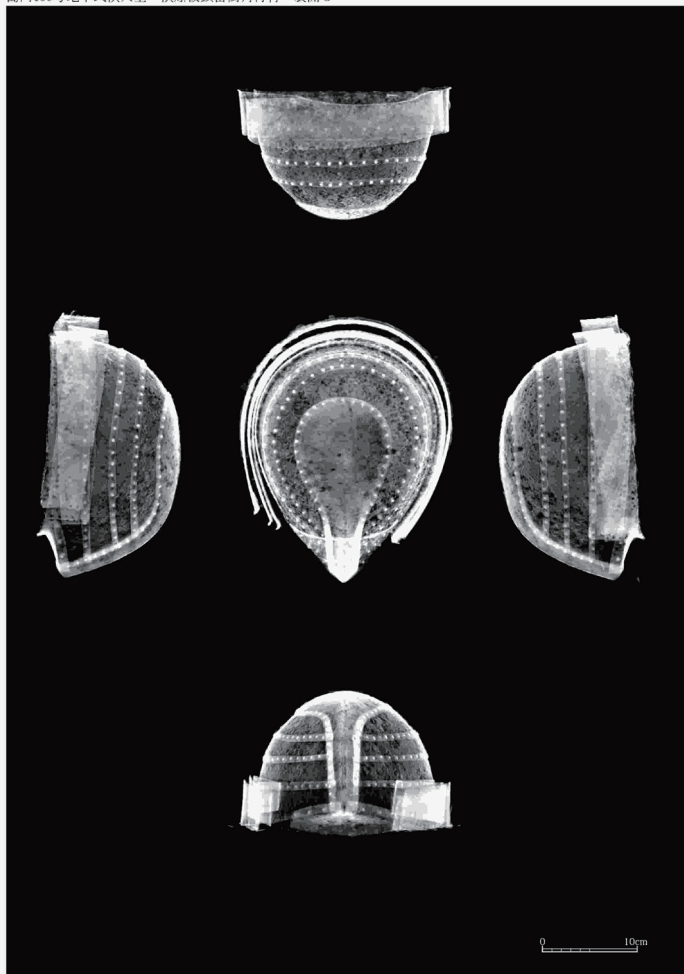
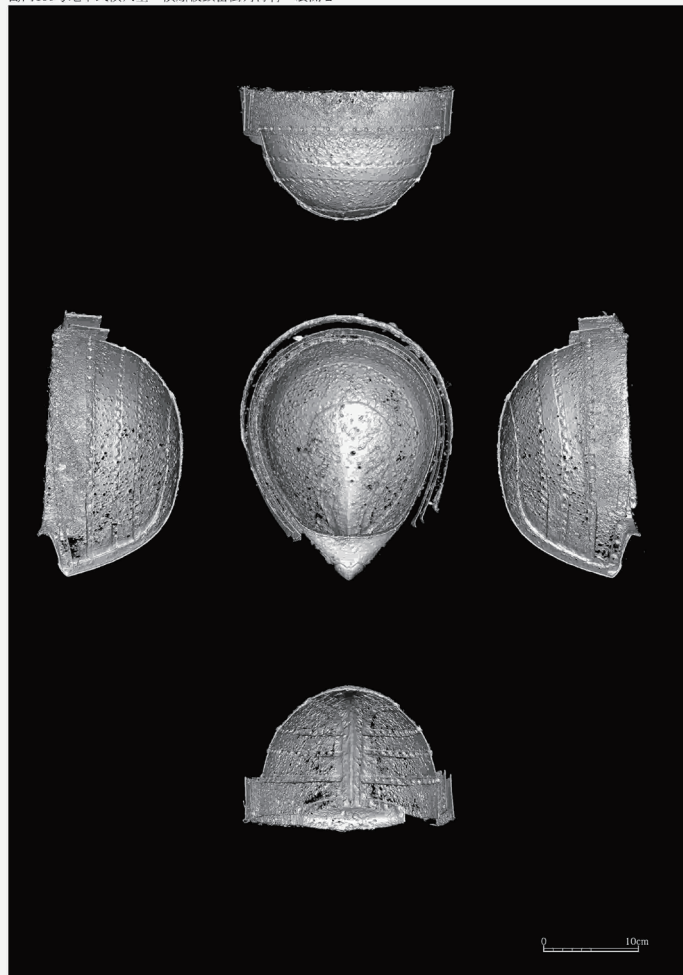
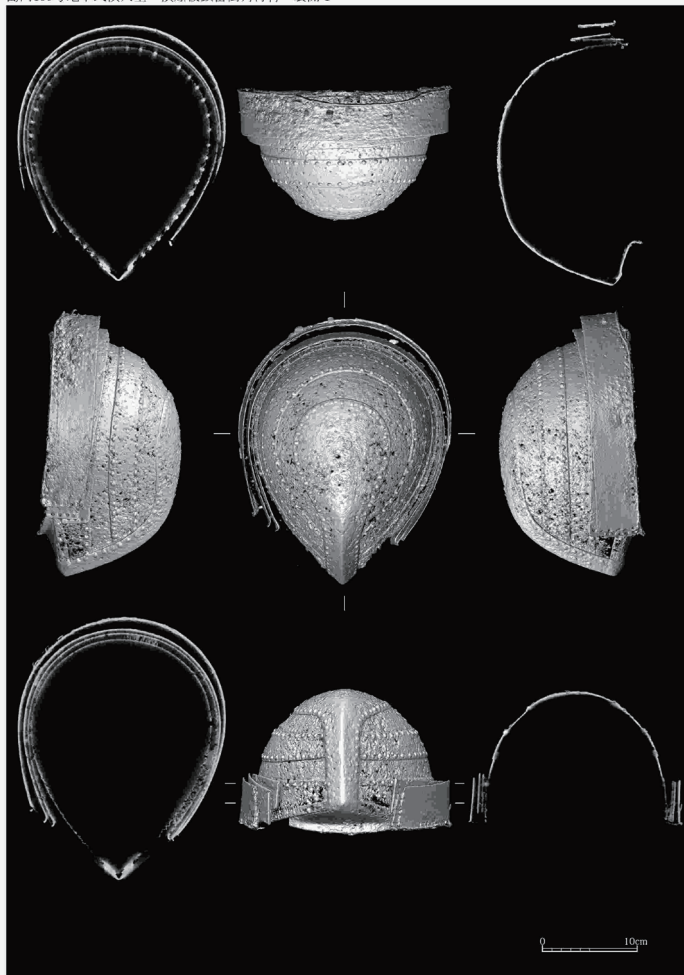


図8 X線CTを用いた島内139号地下式横穴墓衝角付冑 三次元・X線画像 (資料編掲載図の1/2)

基本的には3D画像であっても、情報の共有にあたっては、モニター上や紙上での2次元での表現が主体となるわけであるから、従来の考古学で採用されてきた正投影展開図の作成との比較が第一の基本作業となる。そのため、本研究では古墳時代甲冑を題材として、X線CTを用いて考古学研究上に必要とされる画像はいかなるものかを追究し、基本的なフォーマットの提示を一つの目的とした(図7・8)。

第二に、X線CTスキャナは本来、各種の製品検査などで利用されることが多い。そのためデータ・画像自体を記録資料として長期安定的に保存することや、報告書に印刷するという工程は現状の解析ソフトでは十分考慮されていない。CTデータの解像度をあげると、大容量になり過ぎ、扱いが困難になるという側面はあるが、一般にソフトから画像を描き出すだけでは、印刷に適した解像度を備えていない。安定的に記録を残すという点では、印刷に適した調子や解像度にPhotoshopなどのソフトで調整した画像を作成すべきであるが、現状で画像解析技術者や文化財科学研究者の作成画像では、その点が十分考慮されたものは少ないように思う。これは今後、コンピュータ、ソフトの改善によってデータの高精度化とともに改善可能な課題であろう。

第三に、改善の困難な課題であるが、X線CTスキャナが大型で高額であるためデータ取得可能な場所がごく限定されていることである。そのため、X線CTスキャナを利用した研究を行うためには、資料をその設置機関へ運搬しなければならない。この点は、実測・写真撮影・三次元計測が道具に可搬性があり、資料所蔵機関・現地で実施可能であることと大きく異なる。甲冑のような大型資料の場合はとくに運搬に、経費もリスクも伴うので、この点からも借用～CTデータの取得が簡単ではない。また、X線CT設置機関以外の研究者が研究協力を得るかたちで大量の資料データの取得、解析を行うことも一般的にはかなり難しい。そのため研究の方向性としても、特別、稀少といった肩書きのつく資料が中心となり、考古資料全般への展開・応用は相当に困難である。

3. 本研究の方法と対象資料

(1) 研究方法

本研究で実施した具体的内容について記す。

借 用 本研究では、まずは古墳時代甲冑を九州国立博物館に運ぶことから始まる。九州国立博物館は文化交流展示室において、古墳時代資料の展示も積極的に取り組んでいることから、展示と連携して活用するに相応しい資料を選択した。九州国立博物館への借用手続き・搬入・展示・X線CT撮影・返却は、河野一隆氏・岸本圭氏・小嶋篤氏に担当いただいた。その上で、各所蔵機関には展示にあわせて本研究への協力も依頼した。

X線CTデータ取得 九州国立博物館のX線CTスキャナを用いてデータ取得を行った。作業は基本的に赤田昌倫氏に担当していただいた(図10左)。詳細は第2章論文を参照いただきたい。

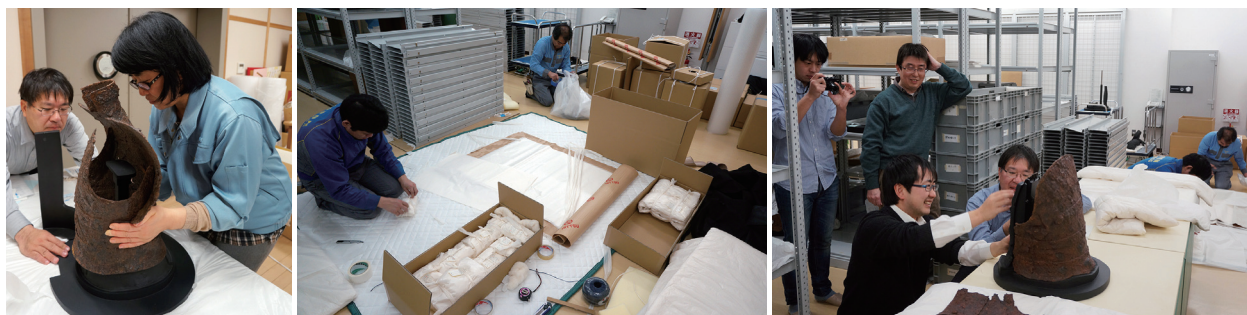


図9 借用(資料梱包・運搬作業)

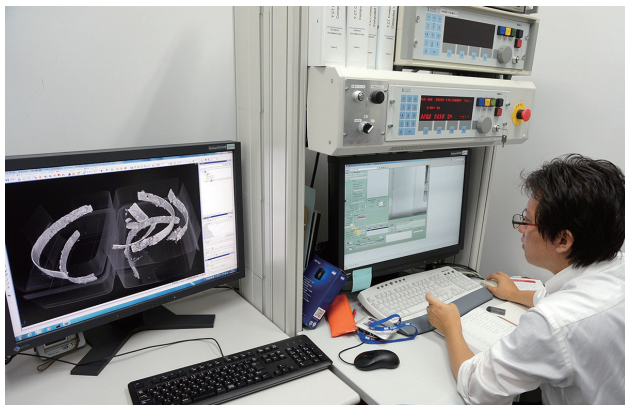


図10 X線CTデータ取得（左）・解析作業（右）



図11 検討会



図12 資料検討



図13 成果公開研究会

X線CT解析 九州国立博物館で取得したデータを橋本が受け取り、その後、鹿児島大学総合研究博物館において解析作業を行い、画像の作成をおこなった（図 10 右）。作業は主として星野三香（研究支援者）が担当した。作成画像のフォーマットは次章に述べる。

検討会 年度内に一度、作業内容を検証し、X線CTの活用にあたって必要とされる情報のあり方や提示方法などを検討、意見交換を行うために九州国立博物館において検討会を開催した。2014 年度から 2016 年度まで毎年 12 月に実施した。（図 11）

また、2017 年には、X線CT撮影・解析の成果と実物資料の対照を目的として、資料検討も行っている（図 12）。

成果公開研究会 本研究成果を取りまとめ、成果を公開する機会として、2017 年 9 月 9 日に、福岡大学人文学考古学研究室の協力のもと、同大学で会場を借りて研究会を開催した（図 13）。当日は、関西、関東、韓国など各地から約 40 名の参加者があり、活発な議論が行われた。そして、本書の刊行をもって、最終的な成果報告とする。

なお、成果公開研究会は下記のとおり実施した。

『X線CT×島内 139 号地下式横穴墓 —X線CT 調査による古墳時代甲冑の研究—』

2017 年 9 月 9 日（土） 会場：福岡大学 中央図書館 1F 多目的ホール

13:00~13:40 橋本達也「X線CT 調査による古墳時代甲冑の研究と島内 139 号地下式横穴墓の調査」

13:40~14:05 河野一隆「X線CTの活用と次世代の博物館」

14:05~14:30 阪口英毅「X線CT 調査による短甲の研究」

14:40~15:05 鈴木一有「X線CT 調査による衝角付冑の研究」

15:05~15:30 塚本敏夫「古墳時代甲冑の科学分析におけるX線CTの位置と展望」

15:30~15:55 古谷 毅「三次元計測・X線CT 調査と古墳時代甲冑研究の課題」

(2) 対象資料

九州の良好な甲冑資料 古墳時代甲冑が最も多く作られた古墳時代中期に、九州では他地域より早くに横穴系墓制が導入されている。九州北部の横穴式石室や九州南部の地下式横穴墓では、その内部が空洞で維持され、副葬品が土に触れずに金属製品もきわめて良好な状態で遺存することが多い。また、熊本や大分地域を中心に、石棺が採用される事例も多く、これも埋葬施設内が空洞を保たれることで、副葬品の状態が良好であることが多い。なおかつ、九州は近畿に次いで甲冑分布の主要地域であり、出土数も多い。地の利もあり、九州出土の古墳時代甲冑の中から、良好でかつ協力を得られる資料を選び調査を進めることとした。

近畿中央政権の基準資料 古墳時代甲冑の分布の中心は、古市・百舌鳥古墳群とその周辺の近畿中央部である。そのなかでも重要であるのは最多 24 セットの甲冑出土を数える大阪府堺市黒姫山古墳とそれに次ぐ 11 セット出土の大阪府藤井寺市野中古墳である。

まず、黒姫山古墳出土の甲冑はこれまで十分な資料情報も提示されていないので、この機会になるべく多くのデータを取り、情報を明らかにできるように努めた。野中古墳は近年、大阪大学で再整理が進められており、この動きと連携して代表的な資料のX線CTデータの取得を目指すこととした。

島内 139 号地下式横穴墓の調査 上述したように、宮崎県えびの市で 2014 年 10 月下旬に島内 139 号地下式横穴墓の発掘調査が行われ、橋本はこれに協力することとなった。甲冑を中心として、他に類をみないきわめて良好な状態の武器・武具・馬具が大量に出土したことから、これら資料の調査研究も本研究内容に組み込むこととした（橋本・中野 2016）。

その他参考資料 古墳時代の鉄製甲冑以外に、関連する資料として、武器、馬具、中世の大鎧、肩庇付冑をかぶった盾持人埴輪といった関連資料の調査もあわせて行った。また発掘調査現場から土の中に埋もれたまま切り取った甲冑資料に関して土の中から取り出す前に内部調査を試みた。その成果は本書資料編を参照いただきたい。

4. 本研究の成果概要 ―X線CT解析・画像作成―

(1) X線CT解析 ―画像フォーマット―

1) 画像作成

本研究では、九州国立博物館に設置されているX線CTスキャナを用いて取得したデータを、ポリウムグラフィックス株式会社 VGSTUDIO MAX 2.0 を用いて解析し、そこから表面形状三次元画像（フォン形式）とX線透過画像（スキャター形式）の2種の作成を基本とした。

X線CTスキャナによって得られるデータは、本来三次元データであるが、それを共有し、比較研究するためには、現状では二次元化して、紙上やモニター上で観察する方法が現実的である。三次元データそのものを比較するには高い技術、コンピュータのスペック、ハード・ソフトともに高額な経費を要するなどさまざまなハードルがある。また従来の研究で蓄積されてきた実測図、写真は今後とも基本情報であることは変わらないので、それとの広汎な比較検討を可能とする対照性が保たれる必要がある。

2) 考古学的画像作成法

画像調整 今回、作成した三次元画像、X線透過画像は、モノクロで表現される画像であるが、いずれも濃淡、明暗など適正な画像の調整は、どういう情報が必要かにあわせて表現することになる。対象物の厚みや堅さなどによって、X線の透過度は異なるので、何を目的として画像調整するか、どのように表現するか、最適な画像はどのようなものかは繰り返し試行した。最適画像は自動的に得られるわけではないので、個々の資料の何を観ようとするか、目的意識が必要である。

正位置の設定 画像の作成にあたって、資料は、そのものの観察に基づいて正位置を定め、そこから正投影の展開を基本としている。具体的に言うと、短甲では裾板上端を水平の基準とし、縦軸方向の中央は後胴上段地板中央を基準とした。冑では腰巻板上端を水平の基準とした。冑の正面・後頭部中央は構造的に定まっているので縦軸は必然的にその中央を通るラインとなる。当然ながら、個体ごとに歪みは生じているので、資料観察の蓄積に基づく知見を踏まえて、左右上下のバランスをみながら傾きを調整し、正位置を定めることとなる。

なお、少々の歪みではなく、サビ・ワレ・復原・変形といった遺存状態の差も資料ごとに存在することが一般的であるから、資料状態の見極めと情報の抽出には経験の蓄積が必要である。

展開図の作成 考古学的な資料の比較研究のためには、基本は正投影から内外面、上下前後左右へ90度を基本として展開させる作図を行う。作図の際には基準となる線、面への認識が必要であり、CTソフトを扱える画像解析技術者や文化財科学の担当者任せではなく、考古学側からの求めるものを明示する必要がある。

また同時に、資料の構造的特徴を良く表すところを選んで断面図や部分拡大図の作成が必要である。とくに、断面図ではどの位置でカットしたものであるかが非常に重要であるため、単純なことではあるが、その場所を明示すること（トンボを付す）といった考古学的な作図法への配慮が必要である。

縮尺の統一 全体図、部分拡大図ともに縮尺の統一、明示が必要である。考古資料の提示の場合、報告書掲載サイズを1/2・1/3・1/4などの切りの良い整数にあわせる必要がある。多くの資料

を拡大・縮小し同一サイズで比較しやすくするためである。

図の要件 以上の、傾きの調整、正位置の設定、正位置からの展開、断面位置の明示、縮尺の統一、これらは考古学的作図法の基本であるが、文化財科学や画像解析を専門としてCT解析を行う担当者では、十分に意識されていない事例もみられる。X線CTデータは数値情報をもっているのであるから、単にX線を通した三次元画像が作出できれば良いわけではなく、これらを整えた画像を提示すべきである。そのためには当然手間がかかるが、基本情報に必要なことである。

実際に本研究では、考古学の基礎的な知識をもった星野が画像作成を行い、それを橋本がチェックする形で作業を進めた。

3) データ保存

X線CTデータの解析は製品検査など、モニター上での表示・利用といった主に一過的な目的に即して設計されており、データを保存して、印刷物での利用や、データを文化財情報として長期的に保存・利用することにはあまり意図されていない。

本研究では、画像の保存と利用の面から、資料の1/2サイズ画像をtiff形式とjpeg形式の2種で保存し、さらに1/4サイズの画像をtiff形式で作成して印刷用にレイアウトすることを基本とした。いずれも解像度は350dpiに設定し、Adobe社のPhotoshopを用いて加工を行っている。

(2) X線CTデータ・画像の課題

今回の調査では、X線CTを用いて画像を作成するまでの間に、さまざまな課題が見つかった。以下に代表的なものを挙げておく。

ブレ X線CTデータ取得を行う際には資料を回転台に乗せて、回転させることになるが、安全性を確保するために、梱包状態で撮影を行った。この際、とくに短甲などの大型の資料では、

美術梱包によって固定されていても、振動によって内部でごくわずかな動きの生じることがある。これが画像にブレとなって表れる(図14-1)。資料の設置方法、梱包方法の課題であるが、脆弱な遺物の場合、厳重な固定は難しく、多少のブレを含む画像が生じる可能性を完全には排除することは難しい。

ズレ 大きい資料を分割撮影したデータを統合する際に、機器-ソフト間での不具合によって分割部分で画像がズレるという現象が本研究開始当初には発生した(図14-1)。この点に関しては、その後のメンテナンスを経て改善されている。無論、今後の機械、ソフトの技術進歩によって、さらに改善も進むと考えられるが、本研究期間中にはソフト上のトラブルはよく発生した。分割部分の位置合わせを手動で行い、濃淡差調整を必要とした事例などもあり、本研究で作成した画像も試行の過程を経ており、すべてが均質な仕上がりになっていない。トラブルの発生というリスク、その際の高額な修理経費と

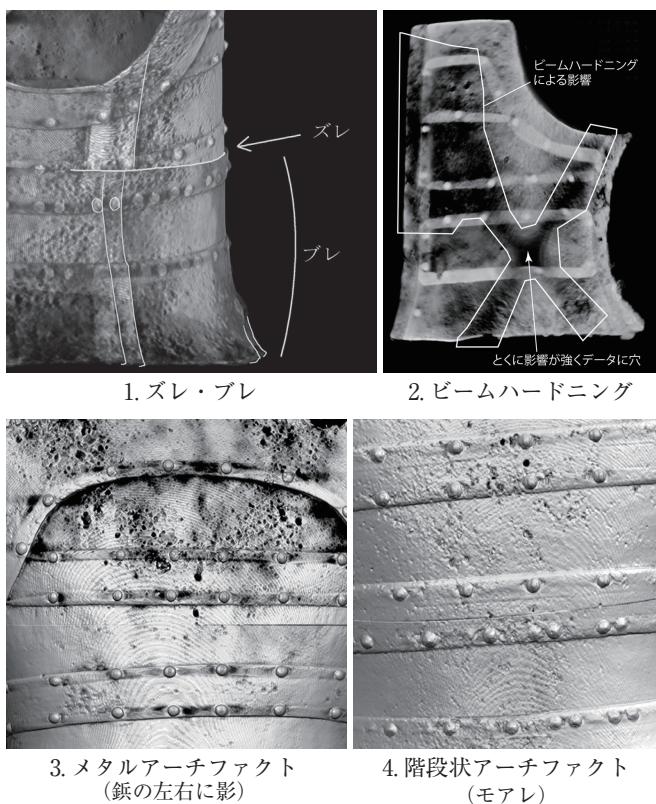


図14 X線の諸現象

いった課題もX線CTでは考慮の必要な点である。

X線に特有の現象 散乱線・ビームハードニング・メタルアーチファクト（図14-2～4）といった、物質（資料）とX線との間で起こる諸現象がある。これは、X線そのものの物理的特性として改善の研究はされているが、現状では完全な解消はできない。

資料の置き方と資料の厚み（X線吸収率）がデータ・画像に大きく影響を与えるもので、実際には、光線状（フレア状）の筋が画像上に現れる、部分的画像に抜け（欠失）が生じる、断面の表層部分がかすむようなボケ画像になる、資料の表面画像にモアレが表れるなどの現象が生じる。

データ取得時の資料の置き方などにも工夫が必要で、とくに平らなものを平面において撮ることは問題が大きい。例えば短甲の本体から外してある右前胴は平らにおいて梱包されることが基本であるが、それをそのまま撮影すると、これらの現象が明瞭に現れる（図14-2）。刀剣類なども立てて撮る必要があり、撮影条件と資料状態を熟知した上での安全かつ安定的な設置への配慮が必要である。

5. まとめ ―X線CTと古墳時代甲冑研究の課題・展望―

(1) さらなる有効性・可能性

今後、X線CTが考古学研究においても非常に有益な情報を提供してくれることは疑いない。とくに、複雑な形態、構造をもつ資料、内部構造、断面構造など、X線CT以外では取得できない情報も多く、その分析、比較に大きな役割を果たすであろう。

今回は甲冑の研究を軸に据え、これまで不可能であった甲冑全体の正投影X線画像を得たことがもっとも大きな成果である。今後の方向性として、さまざまな素材を複雑に組み合わせて作る装飾付大刀や馬具研究での有効性も高いと考えている。

また、現状では二次元画像での利用法を取らざるを得ないが、今後は3Dデータどうしの比較により、同型品研究や系統の抽出などにおいてより効果を発揮するものと考えられる。

さらに、アニメーションや3Dプリンタの利用による視覚や触覚に訴える展示・解説などさまざまな活用方法が考えられる。

(2) 当面の課題

今回、幸いにして2014年度からX線CTを用いた共同研究を実施することができたが、これを発展させるには、いまだ課題も多い。

まず、徐々に文化財調査にX線CTデータの利用が進んできているが、機器の設置および維持にきわめて高額予算が必要となるので、現状でそのデータ取得の可能な場所はかなり限られている。かつ共同研究などでの利用が広く普及できるようなにはなっていない。

その上、大学のような研究機関ではアカデミックプライスであっても解析ソフトの購入、維持がかなり高額で難しい。アップデートへの対応も含めて、将来的な安定・継続性といった面でもいまだ課題がある。ソフトほど高額ではないが、ハード面でもハイスpekコンピュータの維持、更新はかなりの負担になる。

技術面でも、解析ソフトの習熟には相当時間の経験が必要であり、多くのデータを作成するためには相当の手間、時間を要するため専属的なスタッフの配置が必要となるであろう。

さらに、CTデータはきわめて巨大なデータになるが、その保存・維持更新をどうするかも大きな問題である。例えば、短甲1点に対するCTデータは10～30GBにもなり、4年間の本研究で取得したデータだけで約6～7TBにのぼる。今後、さまざまな資料にX線CTを展開させるには

分解能をあげて高精細化も必要となるが、そうするとさらなるデータの大規模化も必定である。これを文化財情報として安定的に保存し、将来に遺せるか。あるいは将来にわたって有効な活用法を構築できるかはまだ未確定なことが多い。

(3) 本研究からの展望

さいごに、本研究をふまえて今後への展望を記しておきたい。

従来もっとも基本情報であった実測図の認識を描き込み表現するということ自体は今後とも有効性の高い、より洗練される必要がある手法であると思う。ただ、実測にあたって数値情報を探る際に、定規を組み立てて、手測りする方法は時間がかかる上に、誤差を大きく含んで正確性に弱点がある。これは今後、X線CTをはじめ三次元データの取得手法の簡便化によって、より効率的に行うことを目指すべきである。定規を片手に持ち、メモリを読む作業が、モノの形状・構造・特性を体感的に理解する上で無駄とは思わないが、それよりはより観察に時間を掛けるべきであろう。X線CTによって得た画像は実測図の下図としても使えるようになる。従来の実測図・写真を軸とした研究に、X線CTによる新たな情報そのものを加えることで、甲冑研究に新たな展開がもたらされれると思う。

そして新たな研究のためには、文化財科学や解析技術者の側ではなく考古学の側から、必要な三次元・X線CTデータとはどのようなものか、を問うていく必要がある。そのためには従来の研究蓄積、研究史に通じた上で各資料（器種・型式）ごとに考古学研究のためのフォーマットの作成が必要となるであろう。さらに研究に有益な質の高い、画像を得るには、撮影条件の検討～解析内容まで、実際の作業担当者とのコミュニケーションが重要である。単に機械に乗せて、解析すれば誰でもが常に同じような成果を得られるというものではない。

X線CT画像は多くの情報を持ち、多くの分析に有用ではあるが実測図や写真など従来の情報とは別のものであり、それに替わるものではない。例えば、地図に多数の測量法にもとづく、各種の作図・表現方法があり、それぞれが洗練されてきているように、今後の考古学において資料の観察・記録・表現・共有の経過のなかで、実測図・写真・X線CT画像・三次元データを適切かつより有効に利用する方法を追究し続けることが必要であろう。

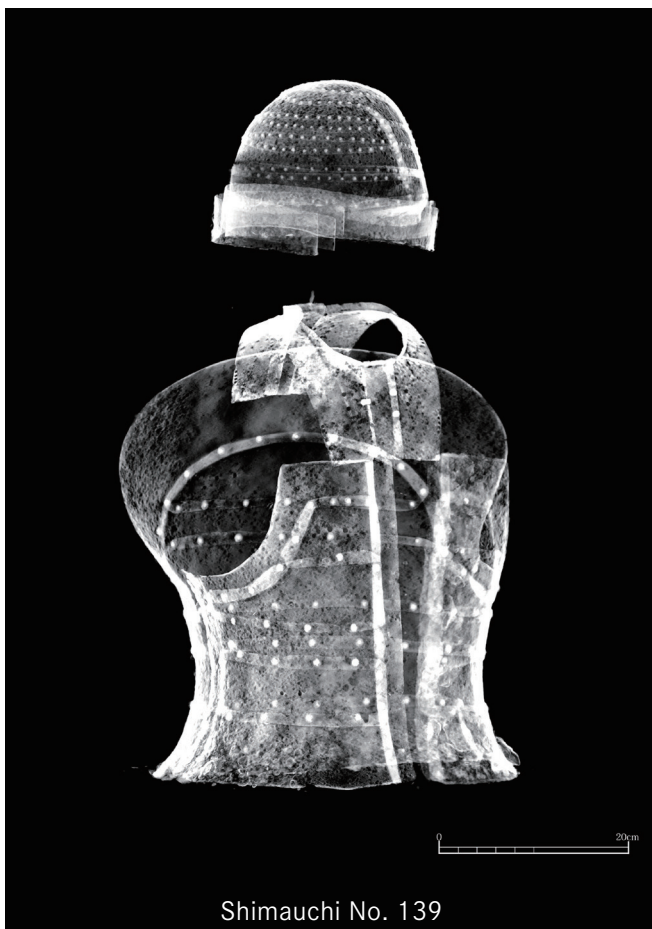
【註】

- (1) これより先、明治5年に柏木政矩による「大仙陵石郭中ヨリ出シ甲冑之図」がある。これは寸法を記入した正投影展開図であり、まさに実測図といって良いものである。ただ、この図は天皇陵の出土品という経緯から当初は公開されていなかった。1889年にはじめて引用がなされるようになるが(落合 1889)、1934年の『日本上代の甲冑』で写真が掲載されるまでに公開されたこの図の写しは、原図の精度よりはるかに劣るものばかりであった。すなわち、この図の傑出した出来も『日本上代の甲冑』刊行までは明らかになっていなかった。
なお、幕府の大工棟梁の家系に生まれた柏木は本来、建築家であることから建築図面の手法を資料の記録に取り入れることで、海外からの輸入でない実測図を先駆的に生み出していたとみなされる。一方で、その作図の手法、出来映えは同時代においてあまりも超越しており、逆に他への影響を及ぼした形跡がない点も興味深い。
- (2) 『日本上代の甲冑』刊行と同年の1934年には、滋賀県供養塚古墳の報告書で円照寺墓山1号墳出土甲冑実測図を参照した実測図もある。

【参考文献】

- 浅羽町教育委員会（鈴木一有編） 1999『五ヶ山B2号墳』
甘木市教育委員会（松尾宏編） 2000『堤当正寺古墳』甘木市文化財調査報告第49集

- 大阪府教育委員会（末永雅雄・森浩一）1953『河内黒姫山古墳の研究』大阪府文化財調査報告第1輯
 落合直澄 1889「仁徳天皇御陵器物図解」『国光』第1巻第4号 国光社
 金山順雄・津野仁・佐野良平 2016「鎌倉下馬周辺遺跡出土鎧の検証と時代考察」『甲冑武具研究』194号 日本
 甲冑武具研究保存会
 北野耕平 1976『河内野中古墳の研究』大阪大学文学部国史研究室研究報告第2冊
 熊本県（梅原末治）1925「玉名市繁根木の古墳」『熊本県史蹟名勝天然記念物調査報告』第2冊
 阪口英毅 2001「認識」と「表現」—甲冑実測図の変遷とその背景—『古代武器研究』Vol. 2 古代武器研究会
 滋賀県教育委員会（西田弘・鈴木博司・金関恕）1961「新開古墳」『滋賀県史蹟調査報告』第12冊
 末永雅雄 1934『日本上代の甲冑』岡書院
 杉井健・上野祥史編 2012『マロ塚古墳を中心とした古墳時代中期武器武具の研究』国立歴史民俗博物館研究報
 告第173集 国立歴史民俗博物館
 朝鮮総督府古蹟調査委員会 1920『大正6年度古蹟調査報告』朝鮮総督府
 朝鮮総督府古蹟調査委員会 1922『大正7年度古蹟調査報告』朝鮮総督府
 帝室博物館（後藤守一）1937「上野国碓氷郡八幡村大字剣崎字長瀬西古墳」『古墳発掘品調査報告』
 豊中市教育委員会（柳本照男編）1987『摂津豊中大塚古墳』豊中市文化財調査報告第20集
 奈良県（佐藤小吉・末永雅雄）1930「円照寺墓山第1号古墳」『奈良県史蹟名勝天然記念物調査報告』第11冊
 橋本達也 2015「X線CT調査による古墳時代甲冑研究の試行」『X線CTを用いた文化財の研究と活用』九州国
 立博物館10周年記念シンポジウム 九州国立博物館
 橋本達也・今津節生・河野一隆・赤田昌倫・岸本圭・小嶋篤 2016「X線CT調査による古墳時代甲冑の分析」『日
 本文化財科学会第33回大会研究発表要旨集』日本文化財科学会第33回大会実行委員会
 橋本達也・中野和浩 2016「宮崎県えびの市島内139号地下式横穴墓の発掘調査概要」『日本考古学』第42号
 日本考古学協会
 浜田耕作ほか編 1918「河内国府石器時代遺跡発掘報告等」『京都帝国大學文科大学考古學研究報告』第2冊
 浜田耕作・梅原末治編 1923「近江高島郡水尾村の古墳」『京都帝国大學文學部考古學研究室報告』第8冊
 兵庫県（梅原末治）1939「在田村亀山古墳と其の遺物」『兵庫県史蹟名勝天然記念物調査報告』第14輯
 兵庫県教育委員会（長濱誠司編）2002『年ノ神古墳群』兵庫県文化財調査報告第234集
 袋井市教育委員会・（財）元興寺文化財研究所（永井義博ほか）1994『団子塚九号墳』出土遺物保存処理報告書
 —平成3・4・5年度国庫補助事業—
 釜山大学校博物館（鄭澄元・申敬澈編）1983『東萊福泉洞古墳群Ⅰ』釜山大学校博物館遺蹟調査報告第5集
 三重県埋蔵文化財センター（伊藤裕偉・大川操ほか）2005『天花寺丘陵内遺跡群発掘調査報告Ⅵ 天花寺城跡・
 小谷赤坂遺跡・小谷古墳群（第6・7次調査）』三重県埋蔵文化財調査報告259
 行橋市教育委員会（山中英彦ほか）2005『稲童古墳群—福岡県行橋市稲童所在の稲童古墳群調査報告—』行橋市
 文化財調査報告書32
 吉村和明 2014a『三次元レーザー計測を利用した古墳時代甲冑製作の復元的研究』奈良県立橿原考古学研究所（科
 研報告）
 吉村和明 2014b『古墳時代中期甲冑製作における「型紙」存在の確認—三次元計測技術を用いた分析成果—』『考
 古學論攷』橿原考古学研究所紀要第37冊 奈良県立橿原考古学研究所
 吉村和明編 2018『古墳時代中期における甲冑生産組織の研究—「型紙」と製作工程の分析を中心として—』奈
 良県立橿原考古学研究所
 若林勝邦 1898「肥後国玉名郡繁根木村の古墳及び発見品」『考古学雑誌』第2編第4号 考古學會後藤 1937



Shimauchi No. 139

X線CTの考古学への利用の現状・課題・展望

今津節生（奈良大学文学部文化財学科）

1. はじめに

今世紀に入って、世界に先駆けて日本をはじめ中国・韓国など東アジア各国の博物館にX-ray CT スキャナ（CT）が導入されるようになった。CTを使った文化財調査に関する研究は、欧米でも少ない状況なので、いまや日本をはじめ東アジア各国の博物館は多くの研究成果を世界に向けて発信できる絶好の機会を得ている。CTを使った研究の可能性は、考古・工芸・美術など立体的な文化財のすべてが対象となる。九州国立博物館では2005年の開館直後から文化財の科学的調査に文化財用大型X線CTスキャナ（CT）・高精細三次元デジタイザー（3DD）などの非接触・非破壊の三次元デジタル計測機器を導入して文化財の構造や技法、修復履歴、真贋判定などを非破壊で調査してきた。私達は約10年間でCTスキャナ約2400点、3Dデジタイザ850点に及ぶ文化財の三次元データを蓄積している。CTスキャナを核にしたこの新しい調査方法によって、写真や手実測などの二次元的な記録方法からでは導き出すことができない製作技術の解明や修理の履歴・材料の違いが記録できるようになった。私達はこれらの三次元情報を様々な分野の研究者が共有し繰り返し観察することによって、新しい議論が生まれ、議論と考察の結果が市民への研究の還元と文化財の活用につながると思っている。こうして蓄積した三次元データを美術史・工芸史・考古学・保存・文化財科学・修復技術など多分野の研究者が解析し活用することによって、これまでにない新しい研究基盤を創設することができる。具体的には、文化財の構造・技法や材質の解析、保存・修復に関する情報の蓄積、博物館展示や学校教育への活用の可能性がある。特に考古学では客観的で精密な情報を基礎に議論することが重要であり、今後さらにCTを含む3次元計測の必要性は高まると予想される。本稿では、遺跡・遺物などの考古学的な調査研究におけるX線CT、3Dデジタイザ、3Dプリンタなどの3次元計測技術を使った調査事例を紹介することによって、3D計測とデータ利用の今後の展望と可能性を探りたい。

2. 機器と研究の方向性

X線CTスキャナ（図1） 九州・東京・京都・奈良の国立博物館や奈良文化財研究所、福岡の九州歴史資料館、元興寺文化財研究所に導入され成果を上げている。計測可能な資料の大きさや機器の性能が異なるので、九州国立博物館の装置の概要を述べる。本装置の特徴は、320 kVpのX線源によって青銅器まで透過することができ、高さ180 cmまでの文化財を安全に短時間で調査できることにある。従来のX線CT装置はラインセンサを使って1ラインずつ測定するので撮像時間が数時間から十数時間かった。しかし本機はフラットパネル検出器を用いて2000ラインのデータを一挙に測定できるので撮影時間が数分間から数十分に短縮された。フラットパネル検出器で捉えた膨大なデータの中から、目的部分のX線減弱計数値をコンピュータで計算して三次元の画



図1 X線CTスキャナ

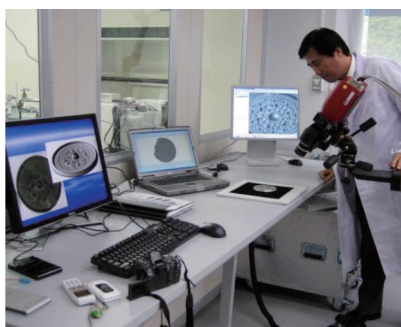


図2 3D デジタイザ



図3 3D プリンタ

素単位にボクセルデータを構成する。この解像度の高い膨大なボクセルデータを VG Studio MX などの三次元レンダリングソフトを用いて陰影や遠近感を表現することで、人間が直感的に把握できる三次元グラフィックスとして認識することができる。

3D デジタイザ(図2) 九州国立博物館に設置した3D デジタイザ(ATOS III Model400 GOM)は、左右のカメラで凹凸をとらえ非接触で0.02 mmの精度で細かく計測することができる。計測後はどの方向からも文化財を見ることができ、拡大、縮小、断面計測など、文化財を詳細に調査計測する。特に青銅器などの铸造品は複雑で詳細な文様をもつので有効である。

3D プリンタ (図3) 九州国立博物館では、X 線 CT スキャナ・3D デジタイザの出力装置として2006年にはABS樹脂の加熱溶解型の装置、2009年には粉体硬化型の装置を導入している。この装置は石膏を使い0.1 mmの精度でフルカラー印刷できる。これらの3D プリンタを使って断面や拡大・縮小した複製品を作成し、“本物を理解するための複製品”作りが可能である。本物を見ながら、複製品を手にとって観察することによって、新しいハンズオン展示の可能性も考えられる。

CT スキャナ、3D デジタイザ、3D プリンタなど文化財の3D データを蓄積し解析して活用する研究の方向性は、3つの方向に集約できる。まず、①文化財の内部構造や制作技法に関する研究を飛躍的に進展することが期待できる。また、CT データの最小単位となるボクセルは位置情報と透過度情報をもつので、輝度解析やパターン解析を行うことによって文化財の材質を推定することが可能になる。次に、②“健康診断”として、保存・修復必要な基礎情報を得ると共に、文化財の予防的保存に役立てることが可能になる。また、③3D データを使って博物館の展示や学校教育への活用が可能になる。3D プリンタで作成したデジタル複製品は、本物を理解するための最適なハンズオン資料として、市民や学生が文化財を理解するために広く役立てることが期待できる。

3. 調査研究の事例

以下に、遺跡・遺物などの考古学的な調査研究にCT・3D デジタイザ・3D プリンタなどの3次元計測技術を使った調査事例を紹介する。

(1) 朽ち果てた有機遺物を記録する ―岡山県・勝負砂1号墳の調査(図4)

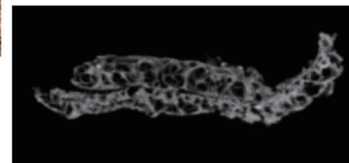
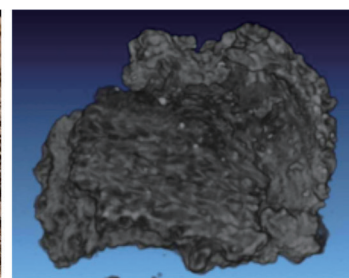
岡山県倉敷市の勝負砂古墳では、埋葬当時の空間がそのままの形で残されていた。副葬品の配置だけではなく本来伴っていた有機質など、通常は朽ち果てて残らない品物や情報が良好な状態で保たれている可能性があった。そこで、遺物を土が付いている状態で医療用ギブスを使ってそのまま取り上げ、CT 調査することによって遺物および周辺の部品と有機物の位置関係を維持した状態を三次元情報として把握した。遺構全体の三次元計測とCT 調査を組み合わせることによって、遺物の出土状況の復元、特に金属遺物と朽ち果てた有機遺物の関係を把握しようと試みた。その結果、馬具を繋ぐ帯に組紐が使われているなど従来の発掘調査では把握不可能な詳細な情報を得ることができた。この新しい調査方法は福岡県古賀市で発見された船原古墳でも応用され、成果を上げている。

(2) 内部構造を探る ―住友コレクション に見る中国古代青銅器の調査(図5)

中国古代青銅器は、東アジアの金属文化の原点である。とくに殷周時代(紀元前17世紀～紀元前3世紀)に製作された青銅器は、後世の美術工芸に多大な影響を与えた。青銅器の大きな特徴は、複雑な造形をとりながら極めて精緻に鑄造されている点にある。その製作技術の大部分は伝承されることなく、現在も不明な点が数多くのこされている。このため、青銅器の製作技法研究は古くからおこなわれてきたが、器の表面観察や断片的な鑄型の分析が中心であった。これは、青銅器を非破壊で内部構造を調査することが困難だったことによる。泉屋博古館がこれまでに系統的に収集してきた180点におよぶ中国古代青銅器(住友コレクション)についてCTスキャナを活用して、非接触・非破壊で青銅器内部の三次元情報を解析した。特に、青銅器の様々な装飾、持ち手、釣り手などの立体造形をどのように器本体に付けたのかを説明することを主眼において観察を進めた。たとえば、西周初頭(紀元前11世紀後半)と考えられる饗餮文簋(盛食器)の持ち手と器本体との接続部分をみると、両者を接合したような痕跡は無く、完全に一体で鑄造したと考えられる。ところが、同時代に製作された日癸罍(酒甕)には器本体から出ホゾのような突起があり、さらに出ホゾと持ち手との間にごくわずかな隙間が存在することが確認できた。日癸罍の持ち手は一体鑄造でなく、あらかじめ製作しておいた持ち手を本体の鑄型にはめ込んで全体を鑄造した分鑄と呼ばれる技法であることが証明された。CTを用いた非破壊構造調査によって、持ち手の製作に2種類の方法が存在することが明らかになった。このうち日癸罍のような、あらかじめ製作しておいた持ち手を本体の鑄型にはめ込んで全体を鑄造する分鑄技法は、これまで戦国前期に製作された鼎で知られるのみであったので、さらに5百年ほど遡る西周初頭の段階で、すでに採用されていたことが確認できた。



馬具(くつわ)と周辺の有機物



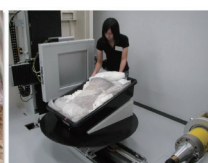
馬具(杏葉)に付着した組紐の発見



三次元(3D)測量



ギブスを使った取り上げ



X線CTスキャナによる調査

1. 遺物の位置関係を精細に記録 (三次元測量)
2. 遺物の周辺を壊さずに取り上げ (医療用ギブス)
3. 遺物の位置と構造を三次元で記録 (X線CTスキャナ)
4. この情報を元に室内で解体作業と分析調査を実施

埋葬主体など、密集した遺物群の調査法として有効

図4 勝負砂古墳で実施した新しい調査方法

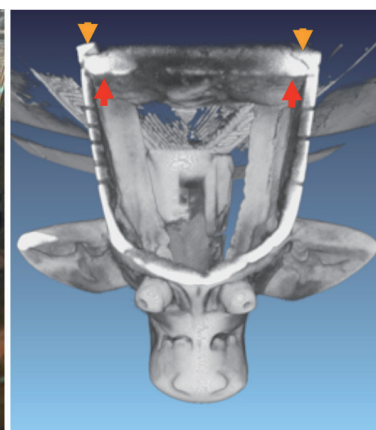
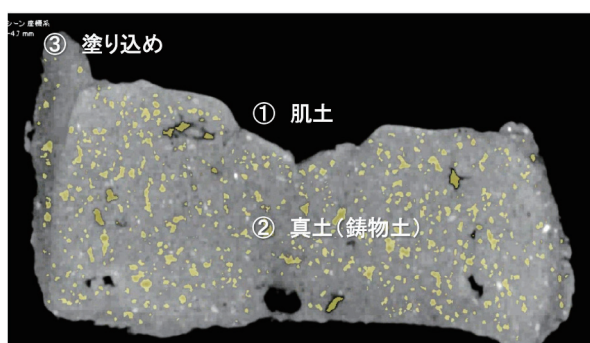


図5 日癸罍の持ち手部分の断面構造



- ① 細かな粒子の土を用いて肌の写りを良くする。
- ② 粘土質の鑄物土、空隙が多く、鑄造時に発生するガスを抜く。
- ③ 二枚の鑄型を合わせて固定、隙間から溶湯が漏れるのを防ぐ。

図6 タカウタ遺跡土製鑄型の断面構図

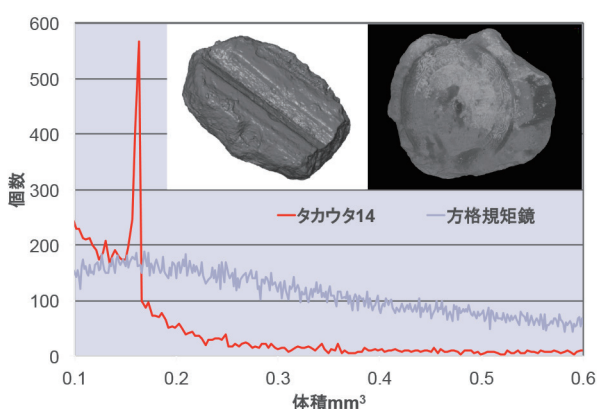


図7 タカウタと中国鏡鑄型の空隙比較

(3) 遺物内部の空間の可視化 —福岡県・須玖 タカウタ遺跡土製鑄型の調査(図6・図7)

空間形状を解析した例として土製鑄型のガス抜き構造解析を紹介する。福岡県春日市須玖タカウタ遺跡から発見された土製鑄型から内部に存在する空間を抽出して可視化した。この空間解析によって土製鑄型の製作時に混合した有機物が焼けて空洞化した空間の形状を認識することができた。この空間は鑄造時のガス抜きに効果を発揮すると考えられる。さらにこの空間の形状を詳細に観察すると、多くは断片化しているが、一部にストロー状の形態(直径2.2 mm、長さ9.6 mm)を確認した。これは粉碎されずに残った植物の茎の可能性がある。真土に籾殻を混入して制作した再現実験の土製鑄型と須玖タカウタ遺跡の土製鑄型について、閉鎖空間の体積ヒストグラムを算出した。その結果、須玖タカウタ遺跡出土土製鑄型の閉鎖空間の体積分布は $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}^3$ の間に強く現れ、一方で籾殻混入再現実験鑄型では、 $0.5 \sim 0.6 \text{ mm}^3$ に籾殻由来の閉鎖空間の体積分布を確認することができた。この調査結果から、須玖タカウタ遺跡出土土製鑄型の閉鎖空間は籾殻を混入した再現実験品よりも体積が小さく高密度に存在すると

考えられた。また、同様に中国漢代の鏡(方格規矩鏡)の鑄型を解析したところ、様々な粒状の有機物を真土に混入していることが判明した。このように、文化財の調査にX線CTを用いることによって、非接触・非破壊で構造調査を行うと共に、空間を可視化して定量化することによって制作技術の解明にも寄与することができる。

(4) 材質と技法の調査 —埼玉稲荷山古墳と元岡G6号墳の金象嵌大刀の調査(図8)

埼玉県行田市埼玉稲荷山古墳出土の国宝・金錯銘鉄剣の調査は、115字の金象嵌文字と鉄地金の接合状況を克明に把握した。金象嵌文字は錆びの膨張によって変形しているものの処理後の変化はなく、保存処理後30数年を経過した金象嵌大刀の健康状態を把握することができた。さらに、従来のX線透過撮影では不可能であった金象嵌文字の三次元計測を行い、表裏の金象嵌文字を分離して視覚化することに成功した。これによって、金象嵌の順序や形を明確に記録できた。また、福岡県福岡市元岡G6号墳出土金錯銘大刀の金象嵌摘出作業では、錆びた刀から鉄と金象嵌の情報を取り出して3Dプリンタで複製品を作成し、実際の金象嵌摘出作業の際のガイドとして役立てることができた。

(5) 博物館展示や学校教育への活用 —3Dプリンタとデジタル複製の活用(図9)

CTスキャナや3Dデジタイザから取得した三次元情報を3Dプリンタで造形したデジタル複製品は、従来のような“本物の代用”ではなく“本物を理解するための道具”として活用できる。また、拡大・縮小・断面などを自由に製作でき、従来のシリコンの型取りでは不可能な複製品を安価

で精巧かつ短時間に製作できるという特徴がある。これまでに何度か展示にデジタル複製品を活用する試みを行い、その展示効果を検証した。観覧者はデジタル複製品を手に取りながら本物の文化財を観察することで、文化財の複雑な図像や制作技法を楽しく学び、作品を手取るように理解することができた（『進化する博物館Ⅱ』2010、『美の国日本』2015）。

このように文化財の基準作品のデジタル複製品を用いて学生や社会人に対して実践的な教育研究を行うことができる。デジタル技術を文化財科学や考古学・美術史を学ぶ学生教育のために活用する。具体的には、実物を調査した研究者のみが知りえた情報を三次元グラフィックスで表示し、実物と同じように観察できる教育システムを構築することが期待される。

4. 展望と課題 一まとめにかえて

1978年に医療用CTを使って開始されたわが国の文化財の研究は、CT スキャナを核とする三次元計測機器（CT, 3D デジタイザ、3D プリンタなど）の発達によって文化財の科学的調査研究にとって不可欠な存在になりつつある。今後、CT スキャナを核とする三次元計測は非接触・非破壊調査を基本とする文化財の科学調査の中心となることが期待される。特に、発掘調査や遺物の実測などの客観的な情報を研究の基礎として発展してきた考古学的研究には大きな力になることが期待できる。いくつかの実例を紹介したように、CT を考古学研究に用いることで、土に隠れた発掘直後の土の塊から遺物の埋蔵状態を記録し、目には見えない遺物の形状や内部情報を三次元で記録して多くの人が情報を共有することができるようになった。しかも、計測した三次元データを繰り返して何度も再現し、時には3D プリンタで出力したデジタル模型を手元に置いて多くの研究者が検討することもできるような環境が生まれてきた。

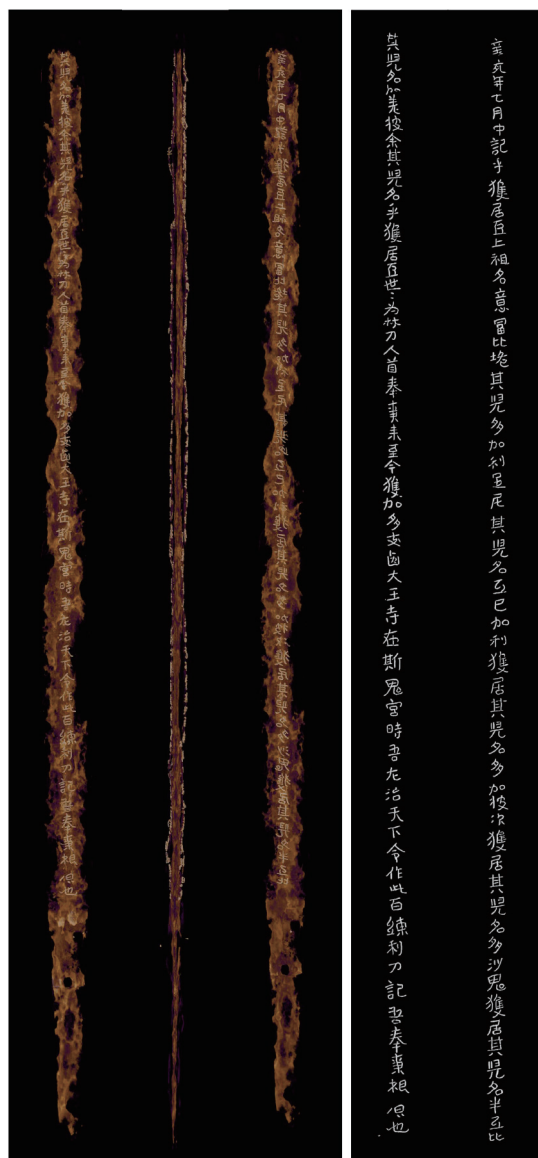


図8 国宝・辛亥銘鉄剣の健康診断調査



図9 トピック展 進化する博物館Ⅱ（九州国立博物館）

今世紀に入って、世界に先駆けて文化財専用のCTが日本各地の主要博物館や中国・韓国の博物館に整備されつつある。欧米でもまた例が無いような客観的な高精度の3次元情報を基盤にした新しい考古学の研究基盤を蓄積できる絶好の機会が東アジアに到来している。日本の研究者はこの機会を逃さず、東アジア各国とも連携を取りながら、新しい研究成果を世界に向けて発信していくことが期待される。また、CTスキャナや3Dデジタイザを保有する博物館等の研究機関は、今後展示会など外部から文化財が搬入される機会を活用して3D計測の機会を最大限に増やして3Dデータを蓄積し、文化財データバンクとしての機能をどのように高めることができるかが課題となる。研究の中核となる博物館は所蔵する文化財の数だけでなく、蓄積して活用するデジタルデータの数と内外の研究機関との共同研究の質が問われる時代に入ると考えるからである。

参考文献 —X線CT・3Dデジタイザ・3Dプリンタを用いた考古学に関連する調査研究—

- (1) Clarification of the Conservation and Restoration History of Cultural Property Using X-ray CT, Setsuo IMAZU, Symposium of Conservation of Cultural Heritage in East Asia in Shanghai, 2017.7.24
- (2) X線CTを用いた土製鋳型の構造解析、『駒沢考古』第42号 pp.33-42, 2017
- (3) Condition diagnosis and 3D-data analysis of cultural property using X-ray CT at a Japanese museum, 2016 ICOM MILANO, 24th GENERAL CONFERENCE MUSEUMS AND CULTURAL LANDSCAPES, 2016
- (4) X線CT扫描与3D数据在文物的调查、研究、展示中的应用、今津節生・鳥越俊行・輪田慧、『泉屋透賞—泉屋博古館蔵青銅器投射掃描解析—』、2014 中国科学出版社
- (5) Novel approach for wood identification by image recognition, Kayoko Kobayashi, Masanori Akada, Setsuo Imazu, Junji Sugiyama, 2014
- (6) X線CTスキャナを活用した出土木製品の構造解析に係る基礎研究Ⅱ—保存処理後の木製品内部における処理薬剤及び水分の分布について—、小林啓・伊藤幸司・今津節生、『日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集』、2014
- (7) 福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土資料のX線CTスキャナによる調査、小林啓・加藤和歳・山崎悠郁子・森下靖士・甲斐孝司・横田義章・今津節生・輪田慧、『日本文化財科学会第31回大会研究発表要旨集』、2014
- (8) X線CT(3D-CT)を用いた文化財の状態調査、東アジア文化遺産学会、今津節生・鳥越俊行・輪田慧・楠井隆志、2013
- (9) X線CTを活用した勝負砂古墳出土有機質製品の調査、松木武彦・鳥越俊行・輪田慧・今津節生、『日本文化財科学会第30回大会研究発表要旨集』、日本文化財科学会、2013
- (10) 「X線CTを利用した殷周時代青銅鼎の内部構造解析」、廣川守・今津節生・鳥越俊行・輪田慧、『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』、日本文化財科学会、2012
- (11) 「勝負砂古墳におけるX線CTスキャナを活用した出土遺物の調査」、松木武彦・鳥越俊行・輪田慧・今津節生、『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』、日本文化財科学会、2012
- (12) 「X線CTスキャナ・3Dデジタイザを応用した文化財の調査研究と三次元データの活用」、今津節生、中国考古学会、2012
- (13) 『X線CTスキャナによる中国古代青銅器の鑄造技法解析』、今津節生、九州国立博物館、2012、pp.1-144
- (14) 「X線CTスキャナを利用した殷時代青銅罍の構造解析」、今津節生・鳥越俊行・河野一隆・市元壘・廣川守・樋口隆康、FUSUS Vol.3、アジア鑄造史学会誌、2011、pp.7-14
- (15) 「青銅罍の構造解析」、今津節生・鳥越俊行・河野一隆・市元壘・廣川守・樋口隆康、FUSUS Vol.3、アジア鑄造史学会誌、2011、pp.7-14
- (16) 「X線CTを利用した殷周青銅器の構造解析(Ⅱ)—館蔵鼎・簋の調査—」、今津節生・鳥越俊行・河野一隆・廣川守『泉屋博古館紀要、第27号』、pp.41-79、2011年
- (17) “Study with structural dissection on the bronze works of Yin and Zhou Dynasty of China using the large-scale X-ray CT scanner”, Setsuo Imazu, Toshiyuki Torigoe, Kei Wada, Mamoru Hirokawa, “The 2011 International Symposium on Conservation of Cultural Heritage in East Asia—The second

- Annual Symposium of the Society for Conservation of Cultural Heritage in East Asia”, 2011
- (18) 「中国古代青銅器における分鋳技法の検討」、廣川守・今津節生・鳥越俊行・輪田慧・新郷英弘・樋口陽介、日本文化財科学会研究発表要旨 2011
 - (19) X 線 CT を利用した殷周青銅器の構造解析 (I) 今津節生・鳥越俊行・河野一隆・市元壘・樋口隆康・廣川守、泉屋博古館紀要、第 26 号 pp.25-69、2010
 - (20) c 長崎県松浦市鷹島海底遺跡出土品の X 線 CT 調査、今津節生・鳥越俊行・輪田慧・町田章太郎、『長崎県松浦市鷹島海底遺跡発掘調査報告書』2011 年 3 月
 - (21) 「殷周青銅器の CT スキャナ調査」 廣川守・今津節生・鳥越俊行・輪田慧、『日本文化財科学会第 27 回大会研究発表要旨集』 pp.408-409, 日本文化財科学会、2010
 - (22) 「CT スキャン装置による埴仏の調査」 米田文孝・今津節生・鳥越俊行・市元壘・西光慎治、『日本文化財科学会第 27 回大会研究発表要旨集』 pp.422-423, 日本文化財科学会、2010
 - (23) 「国宝辛亥銘（稲荷山）鉄剣の X 線 CT 調査」 今津節生・鳥越俊行・輪田慧・中野仁『日本文化財科学会第 27 回大会研究発表要旨集』 pp.190-191, 日本文化財科学会、2010
 - (24) 中国古代青銅器の鑄造技術解明 X 線 CT スキャナを利用した殷時代青銅器の構造解析 今津節生・鳥越俊行・廣川守、アジア鑄造技術史学会 2010 島根県歴史博物館
 - (25) X 線 CT スキャナを利用した殷代青銅兕觥の内部構造解析、廣川守・今津節生・鳥越俊行・輪田慧、『中国考古科学』日本中国考古学会の学会誌、2010
 - (26) 「X 線 CT スキャナを利用した中国殷周青銅器の内部構造解析」 廣川守・今津節生・鳥越俊行・輪田慧、アジア鑄造技術史学会、島根県立古代出雲歴史博物館、2010
 - (27) 「X 線 CT スキャナを活用した勝負砂古墳の科学的調査」 今津節生『勝負砂古墳発掘調査概報』 pp.56-58、岡山大学考古学研究室、2009 年
 - (28) The structure analysis of the Chinese ancient bronze religious service container with the X-rays CT, Mamoru Hirokawa, Takayasu Higuchi, Setsuo Imazu, Toshiyuki Torigoe, Kazutaka Kawano, Rui Ichimoto, “Second Notice of the 2009 International Symposium on Conservation of Cultural Heritage in East Asia—The First Annual Symposium of the Society for Conservation of Cultural Heritage in East Asia” pp.106-109, 2009
 - (29) 「X 線 CT スキャナを活用した中国古代青銅彝器の構造解析」 廣川守・樋口隆康・今津節生・鳥越俊行・河野一隆・市元壘 『日本文化財科学会第 26 回研究発表要旨集』, pp.50-51、2009
 - (30) 「原町遺跡出土銅戈における同範の検証と鑄造技術」 小林公治、河野一隆・鳥越俊行・輪田慧・今津節生 『日本文化財科学会第 26 回研究発表要旨集』, pp.110-111, 2009,
 - (31) 三次元デジタル情報の博物館展示への活用 一線刻のある銅製経筒のデータ化と展示— 輪田慧、森井啓次、鳥越俊行、今津節生、『日本文化財科学会第 26 回研究発表要旨集』, pp.410-411, 2009
 - (32) 今津節生：大型 X 線 CT スキャナを活用した考古遺物の構造・技法調査 生産の考古学Ⅱ 倉田芳郎先生追悼論文集編集委員会、同成社、2008, pp.595-604
 - (33) 横隈狐塚遺跡出土銅剣嵌入人骨の科学的調査、小郡市埋蔵文化財調査センター・比佐陽一郎・鳥越俊行・今津節生、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
 - (34) 未盗掘の堅穴石室、勝負砂古墳の科学的調査、松木武彦・今津節生、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
 - (35) 原町遺跡出土銅戈の三次元構造解析、今津節生・小林公治・河野一隆・輪田慧・境靖紀、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
 - (36) 鷹島海底遺跡出土武具の分析調査、塚本敏夫・橋本英将・植田直見・鳥越俊行・今津節生・中田敦之・松尾昭子、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
 - (37) X 線 CT スキャナを活用した千歳市梅川 4A 遺跡フレイク集中 1 の解析、田口尚・鈴木信・今津節生・鳥越俊行、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
 - (38) X 線 CT スキャナを活用した赤色漆塗櫛の構造と制作技法の調査、田口尚・鈴木信・土肥研晶・今津節生・鳥越俊行・小林幸雄、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
 - (39) X 線 CT スキャナを活用した中国古代青銅彝器の構造解析、廣川守・樋口隆康・今津節生・鳥越俊行・河野一隆・

市元、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008

- (40) 原町遺跡出土銅戈の三次元計測および X 線 CT スキャニング解析、小林公治・今津節生・河野一隆・輪田慧・境靖紀、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
- (41) 三次元プリンタを用いた実体模型の展示・研究における活用、今津節生・鳥越俊行・輪田啓、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
- (42) X 線 CT スキャナによる今和泉島津家墓地出土品の科学的調査、中摩浩太郎・荒木祐一郎・鳥越俊行・今津節生、日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集、2008
- (43) 「大型 X 線スキャンを用いた陶磁器の調査報告 ―鹿兒島神宮奉納陶磁器について―」、遠藤啓介、鳥越俊行、今津節生、『東風西声』九州国立博物館紀要第 3 号、pp.60-67、2007 年 10 月
- (44) 『三次元デジタルアーカイブ 古鏡総覧』樋口隆康・今津節生 他、奈良県立橿原考古学研究所、2006

X線 CT の活用と次世代の博物館

河野一隆（東京国立博物館）

1. はじめに

「デジタルミュージアム」は、最近では珍しい言葉ではなくなったが、本来は情報工学技術を博物館資料の保存、整理、展示公開に活用することでオープンな博物館を実現することを基本コンセプトとしていた。これは、「誰にでもオープン」、「時間や場所からオープン」、「鑑賞方法にオープン」の3本柱から構成され、2000年3月1日から4月28日まで東京大学総合研究博物館で開催された「デジタルミュージアム2000」でその全体像が示された。さらに動産文化財のみならず不動産文化財についてもデジタル化する入力システムを構築し、インターネットを介したデジタルアーカイブへの分散型アクセスが構想された。ここでは、デジタルミュージアムとリアルミュージアムの協業が明確にうたわれ、博物館資料の取り扱いに大きな転機を迎えることとなったが、この段階では実現のための基幹技術に重きが置かれており、活用の視点から多彩な展開を目論むためには、リアルミュージアムの側がこの技術とどう向き合うかに懸かっていた。現在では、この基幹技術の延長線上に、聴覚や触覚など五感で味わう展示、身体的ハンディキャップのある来館者でも健常者同様に楽しめるユニバーサルミュージアム、劣化しない特性を活かしたデジタルアーカイブなどの分野が発展している。

平成17年秋、福岡県太宰府市に開館した九州国立博物館も、この流れを踏まえつつ、最新技術の活用を博物館活動の柱の一つに掲げ、高精度・高精細で文化財を記録し、展示や調査研究、保存へと応用する方法を模索している。文化財と社会との接点が求められる博物館にとって、「保存と活用」の両立は避けて通ることの出来ない課題である。新設の博物館では実物資料の公開自体が文化財へのストレスを削減する視点から自主規制され、展示室にレプリカばかりが並び、そのことが博物館の魅力を低減させるというジレンマに陥っている。実物と寸分違わぬ模型が、模型ならではの展示方法を展開することで実物以上の魅力を発揮することは、2016～2017年に巡回して日本で40万人以上を動員した特別展「世界遺産ラスコー展」が示したところである（図1）。要するに、実物と同価値を有する「デジタル文化資産」の戦略的な活用が求められている。本稿では、九州国立博物館で導入・稼働中の、文化財の入力デバイスのうち立体物に対応するX線CTと光学的三次元計測器、平面物に対応する大型平面スキャナ、出力デバイスである三次元プリンタと8Kスーパーハイビジョンを紹介しつつ、文化財の保存と活用のモデルケースを提示する。さらに不動産文化財では、地域研究としての装飾古墳のデジタルアーカイブ・プロジェクトに言及する。最後に、以上のような



図1 ラスコー展会場風景（九州国立博物館）

文化財のデジタルデータの権利問題についても触れつつ、リアルミュージアムの立場から見た三次元計測技術と実践例とを紹介し、将来展望と課題について提言したい。

2. 三次元文化財データの入力と出力

X線 CT 分析（図2） 非破壊による立体文化財の構造分析は、工業用や医療用のX線 CT が先行し、文化財分野では試験的な段階に止まっていた。文化財専用機は2005年の九州国立博物館による稼働開始が嚆矢である。これは、非破壊・非接触で内部構造を解析し、画像処理によって比重の差を表示・非表示する性能をもつ。形状によっては透過能力を超えていたり、反射のため精密な構造を描画できない金（Au）のような材質もあるが、この方法によって表面では分からない後補部分を明らかにしたり、劣化の進んだ部分が事前に把握することができる。要するに「(立体的な)文化財の健康診断」に最適なツールである。調査研究事例の一つとして、長崎県・伊万里湾の鷹島沖沈船から引き揚げられた元寇の「てつほう」分析が挙げられる。「てつほう」は『蒙古襲来絵詞』に登場する鎌倉武士を苦しめた兵器で、絵詞には火花が描かれたにすぎず、いかなる武器なのか実態が分からなかった。しかも海揚げりのため海生生物等に覆われており、外見から構造が判読できないため、X線 CT 画像解析を行わざるを得なかった。その結果、「てつほう」は密度の高い破片（鋳物鉄）と低い破片（陶器）とを火薬と共に陶製容器に充填したきわめて殺傷能力の高い武器と判明した。また、鹿児島県霧島市の鹿児島神宮には、薩摩藩主であった島津斉彬が奉納した陶磁器の中に、



図2 X線 CT 分析装置

殖産興業を目的として中国やタイ産の陶磁を模造したものが含まれている。外見では日本産か外国産か、ほとんど見分けがつかないが、X線 CT 画像解析の結果、製作技法が全く異なることが判明した。さらにまた、京都・泉屋博古館と共同で行った住友コレクションの中国古代青銅器調査では、器本体と把手の鋳造の先後関係が判明し、目視で鋳型の真土の残存から推定された結果を裏付けた。さらに埋め殺された中子には分割鋳型の合印が残されており、立体的な位置関係を表現することができた。このように、X線 CT は、文化財の健康診断や調査研究に新視角を提供するものとして、近年では俄然注目を浴びている。



図3 非接触三次元計測器

非接触三次元計測（図3） 立体物の表面に光を反射させて返って来たデータを集め、微細で精緻な文様や刻まれた銘文などを記録し、比較対照に力を発揮する。計測方法には、レーザーの反射を利用するものと両眼視差を応用した光学的なものがある。調査研究事例としてよく知られた成果の一つが、奈良県立橿原考古学研究所をはじめとする研究チームによる鋳型の同じ鏡(同型鏡)の製造系列の解明である。九州国立博物館でも、一括埋納された武器形青銅器(福岡県春日市原町遺跡出土 銅戈)を対象とする3Dデータの近似

性を自動的に求めるプログラムを開発して、同じ鋳型から製作された青銅器が一括埋納青銅器中に含まれる割合を検証した。

3Dモデルの構築 以上2つの計測データを複合すると、理論的には3Dデジタルモデルを構築できる。たとえば古墳時代の短甲を取り上げると、立体物全体の比較と鉄板表面に遺存した革の綴じ方や組み方を記録する場合とでは、入力精度に自ずと差が生じる。つまり、短甲内面や厚さのデータはX線CTの方が適しているし、微細な表層データ（テクスチャ）は、非接触三次元計測器の方がX線CTよりも高精細のデータの取得が可能である（X線CTでも不可能ではないが、データ量が大きくなり過ぎる場合もある）。そこでは、資料の形状と目的に応じたデータ生成が不可欠となり、不整合だと後々の分析や活用成果の作業効率にも大きな影響を及ぼす。こうして作出した3Dモデルのままでは、モニタ上での回転や、任意の面で切断するぐらいで（それも今までに比べたら飛躍的な前進であるが）、研究者以外にも文化財のデジタルデータの活用を拡げようと目論むならば、デジタルデータを再度アナログに戻した方が、はるかに使いやすい。その方途として、画像データとデジタルレプリカとを紹介したい。

画像データの展示活用 精緻に表された文様は作品の魅力の一つだが、実際に展示で細部を見せるには結界やガラス越しなどの物理的制約がその大きな障害となる。そこでケースに表面テクスチャの画像を拡大し、展示グラフィックとして掲出したり、外からは分からない内部構造を解説パネルとして添える方法が取られている。もちろん、これらは鑑賞を阻害するものであってはならないが、新たに作品の魅力に気づかせ、関心を寄せるきっかけとなるなら、積極的に評価すべきである。特に、超絶技巧と称えられる工芸品や細部にまで描きこまれた絵画作品では、このような情報を与えるか否かが鑑賞者の姿勢を大きく左右する。

デジタルレプリカ(図4) 3Dデータを出力する最適な方法が3Dプリンタである。高精細データの出力によって、実物と寸分違わぬレプリカを触って確認でき、出力に係る材料等も安価なので破損への対応も容易である。たとえば、作品の厚みや切断することではじめて分かる内部構造などは、説明パネルよりも模型を展示ケースに添えて、触ってもらった方が理解を深め易い。もちろん材質によっては、手触りの質感まで再現できないため却って誤解を招きかねない危険性もあるが、それを補って余りある展示効果を見込めるのも事実である。このような実物展示の代用ではなく、作品鑑賞の理解を促進するための造形品が「デジタルレプリカ」と呼ばれている。このようなデジタルレプリカは、「触れる展示」自体を目的とするため、来館者個々の距離感で作品鑑賞が出来ることになる。たとえば、博物館展示における作品ラベルは、往々にして難解で、特に子供にとって漢字の羅列以上の意味を持ち得ない。しかし、デジタルレプリカならば、たとえ2000年以上前の中国古代青銅器でさえ、小学生の興味の対象になる(図5)。つまり、「触る」という体験を通して、鑑賞者個々の距離感で展示を楽しむことが出来る。

近代博物館はその登場以来、視角偏重の世界であり、その制約内で鑑賞者に理解を強いる場でもあった。デ



図4 デジタルレプリカの作成



図5 デジタルレプリカを展示に活かす

デジタルミュージアムのコンセプトでは、その縛りから鑑賞行為を自由（オープン）にする。さらに触れる展示の活用は、視角障がい者にとっても、口述描写以上に具体的なイメージを伝えるものだろう。計測データを反転させて鋳型を作り、耐久性に優れた陶板原料を流し込めば、屋外の作品展示も可能である。従来まで屋外にはおもちゃのような造形品しか展示出来なかったが、デジタルレプリカで、屋外（フィールド）ミュージアムの可能性は大きく広がる。これも、デジタルミュージアムの特性である「場所からの開放」を実現するための方法論の一つと言えよう。

超高精細画像の導入 さて、二次元出力であるがデジタルミュージアムの基幹技術として述べておかねばならないのは、超高精細画像である。人間の眼とは不思議なもので、画像の解像度を上げ細部まで見えるようになればなるほど、三次元でなくても立体的に感じられるようになる。つまり、「二次元でも高精細ならば立体的に見える」。当館の8Kスーパーハイビジョンシステムは、320インチの大画面で現行ハイビジョンの16倍の解像度を持つ投影装置である。超高精細映像は迫力・没入観ともに通常映像を凌駕するため、立体ではないからと言って過小評価はできない。将来は、これを映像だけでなく調査研究のプレゼンテーションツールとしても活用し、多言語対応や教育普及にも供するような、多彩な活用が求められよう。

3. 九州装飾古墳プロジェクト

(1) 記録と公開の方法

九州国立博物館では、北・中部九州の古墳文化を特徴付ける考古資料として装飾古墳を位置付け、情報集積、調査研究、公開活用の拠点的な役割を果たすべく、多彩な活動を展開しつつある。特に不動産文化財をデジタル化するに当たって、下記の3つの方法を試みてきた。

レーザー3次元計測 第1は、東京大学池内研究室・凸版印刷株式会社・朽津信明氏（東京文化財研究所）によって進めたレーザー3D計測で、石室全体の形状データを取得し、テクスチャマッピングとして色彩情報を重ねてゆく方法である。北・中部九州の装飾古墳では、福岡県桂川王塚古墳や日岡古墳をはじめとした10基の古墳が計測され、展示室内のシアターで映像展示を上映中である（図6）。しかし、1度計測機を立てて全体形状を計測できることは稀であり、複室構造の石室や羨道部分は立て直さねばならず、個別データの位置合わせも必要になる（もちろん画像補正を自動化するプログラムもあるが、機器の性能や測定対象に応じてカスタマイズせねばならず、専門家以外には扱いが難しい）。さらに計測作業には熟達した機器操作が欠かせず、経費も安価ではない。



図6 装飾古墳バーチャル映像
（福岡県珍敷塚古墳）

（協力：東京大学池内研究室・凸版印刷株式会社
・朽津信明氏）

しかし、取得された形状は考古学的検討に耐えうる精密さを保持し、補正した色彩情報を重ねることで、最も実態に近い3Dデータが構築できる。先述したフランス・ラスコー洞窟の計測プロジェクトもこの方法によっており、実物大の模型を出力するに耐えるデータを取得することができた。

写真測量を応用した立体画像 第2は、写真測量の技法を活用するもので、60%程度オーバーラップしつつ標点を写し込んだ部分写真を統合し、3Dデータを構成する。現在では、SFM（Structure From Motion）と呼ばれる標点を打たずに、モデルデータを作成できるようになった。計測精度はレーザーには及ばないが、データが軽量なため、PCでも扱える利



図7 石室実測図とデジタル画像の重ね合わせ（福岡県中原狐塚古墳）
（協力：久留米市教育委員会）

点がある。この必要性が痛感されたきっかけは、2016年に発生した熊本地震であった。前震・本震の2度の被災で県内の多くの装飾古墳が被災した。石室内に崩落した石を元に戻そうとしても、正射投影の石室実測図だけでは3次元的な位置関係を再現できない。被災した装飾古墳の中で、3Dデータが取られていた古墳はわずか1基みであった。また、発掘調査で作成される通常の石室実測図と3Dデータを正射投影図に加工した画像とを重ね合わせると、実際の石室は屈曲しているのに手取りの実測図ではまっすぐに表現しがちな傾向が判明し、従来の実測方法の限界が明らかになった(図7)。また、このデジタルデータはペーパークラフトに加工したり、デジタルレプリカとして出力した低コストの模型も作ることができる。映像だけでなく、さまざまな活用事例が簡便かつ安価に展開できるのもこの方法の魅力である。

パノラマVR 第3は、パノラマ作成ソフトウェアを利用する方法である。これだと、球体内面に画像を貼り付けるため形状情報は失われるが、石室内の撮影時間も短くて済み、データも軽量である。したがって、インターネット配信に最適で、VRゴーグルのようなHMDに対応させれば、没入感の高いコンテンツを簡便に作出できる。

装飾古墳データベース 装飾古墳データベースとは、九州歴史資料館、福岡県、熊本県が所蔵する装飾古墳フィルム原版をデジタル化し、国土地理院が整備・発信する電子国土上にドットした画像データベースである(図8)。地図から検索できるだけでなく、描かれた文様や古墳名からの検索も可能である。また、現地景観や遺跡案内看板などを収録し、装飾古墳のポータルサイトとしてデータの拡充と更新を重ねている。近年では、日本や東アジアにとどまらず、日本ではなかなか知られない世界文化遺産に登録された装飾墓についても紹介する。トップページのURLは、<http://s-kofun.kyuhaku.jp/> (平成30年11月現在)。

九州国立博物館が目論み実践する装飾古墳のデジタルデータを活用した普及事業は、公開と保存の相克に苦闘する、他の文化財の活用にも新たな光を当てるモデルケースになるだろう。

(2) 立体の視点からの装飾古墳研究

3Dデータの活用で、装飾古墳の研究も平面から立体へと大きくシフトしている。

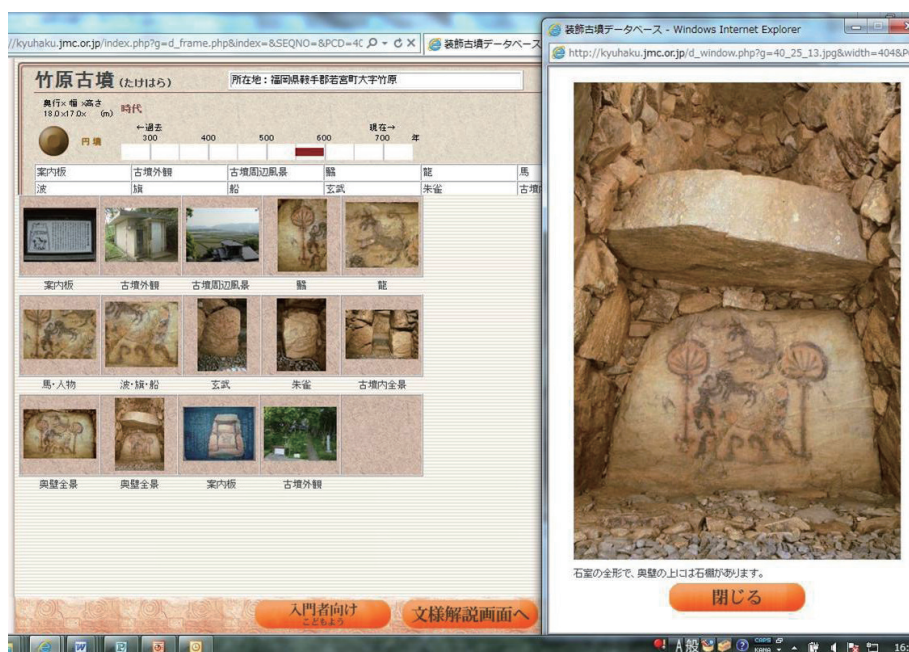


図8 装飾古墳データベース

装飾古墳の文様は誰のために描かれたのか福岡県桂川王塚古墳や日岡古墳のような石室全面に装飾のある古墳を除くと、施文位置には明確な傾向が認められる。福岡県下馬場古墳や寺徳古墳は、奥壁と玄門立柱石にコンパスを使ったような精巧な同心円文、それ以外の部分はフリーハンドの円文が描かれる。また、前者はベンガラの円に沿って茶色で縁取り、赤の珠点を加える



図9 竹原古墳 入口から奥壁をのぞむ（装飾古墳データベースより）

といった手の込んだ施文がなされる。他方、玄室（後室）前壁にはほとんど装飾が認められない。ここから文様は死者の鎮魂のために描かれたのではなく、会葬者が文様と一体化した被葬者を見るために描かれたという仮説が導かれる。また、福岡県竹原古墳では、前室の玄門立柱石の死角となる部分を避けて奥壁の壁画が描かれ、玄門両側の玄武と朱雀とされる動物文様を介して、奥壁の物語風の壁画を覗き見る構造である（図9）。つまり、横穴式石室で行われた葬送儀礼では、前室の玄門立柱の装飾と装飾された奥壁、およびそれに並行に置かれた被葬者を会葬者が目にすることになる。このことから、北・中部九州では、黄泉国が忌み嫌われるのではなく、他界とは色鮮やかに飾られていたという死生観が根付いたことが分かる。装飾古墳とは、飾られた被葬者を演出し、会葬者に見せるための舞台なのだ。

装飾古墳の文様はいつ描かれたのか？ 福岡県桂川王塚古墳には赤・緑・青（灰）・黄・白・黒の装飾古墳では最も色数の多い彩色があり、東京大学池内研究室・凸版印刷・朽津信明氏の共同研究では、ストロボ光・太陽光・松明光という波長の違う光源による見え方の違いを3Dモデルによるシミュレーションで比較した。その結果、松明光では赤と緑の区別は付かず、太陽光の下でないとこれらの描き分けは出来ないと判明した。文様は、天井石が架けられる前に大部分が完成したことになる。ただし、装飾古墳の中には天井石の下面に装飾を持つものもあるから、天井石架構後の施文行為を全て否定する訳にはいかない。

4. デジタルデータの権利問題

デジタルデータの活用の場合に避けて通れないのは、権利処理の問題である。取得した文化財のデジタルデータを著作物と捉えるならば、そこには著作権と著作隣接権がある。デジタルデータに

も写真同様の著作権を主張するとしたら、機器を操作したオペレータに一義的には著作権が与えられるようにも思われる。だが、それでは文化財を所蔵あるいは管理する者の権利をどう考えるべきなのか、さらに、2次利用の問題としては、デジタルデータを加工して論文等に掲載した場合の著作権は、オリジナルから3Dデータを作り出した側にあるのか、それとも加工した側なのか。そもそも3Dデータに著作権があるのか、という問題が次々に浮上する。

照明の当てかたや画角によって、ある任意の資料の表現手法が多彩に変わる写真撮影と違って、3Dデータの著作権を主張することはできない、なぜなら機器にかければ誰でも同じ結果が得られるからだ、といった意見もある。しかし3Dデータの作成にも計測や処理の数をこなすことで培われたノウハウがあり、誰もが同じ成果にたどり着く訳ではない。さらに、3Dデータに著作権は無いけれど、加工した人間には著作権が与えられると整理されると、ややこしいことになる。

このような著作権にまつわる観念的な議論を展開した理由は、営利行為と関連するからである。これが実物資料であれば、製作者が著作権を主張することは古美術を対象とする限りにおいてあり得なかった。しかし、3Dデータの作成は、作成時点から著作権の期限が切れる50年を越えないものがほとんどである。多彩なテクニックを駆使して寸分違わぬものを作り出しても、コピーを繰り返すことでどれがマスターデータかが不詳になったり、商用利用の場合の所蔵者とデータ著作者の権利についての問題などはまだ整備されていない。これらの問題を克服するために、従来から、メタデータの重要性に注意が払われているが、データ記述のカテゴリーが多岐にわたり過ぎていて、統一的なものを創り出せるかは未だ未知数である。デジタル文化資源の場合にもこの問題は気付かれているから、今後は関連省庁と一体となった法整備も含めて、将来的な課題になるに違いない。

5. 「進化する博物館」をめざして

博物館資料をデジタル化したデータは、資料保全の観点から実物では適わない活用ツールである。したがって、資料の高精度・高精細に入出力で作出される三次元データは、博物館には欠かせないものであり、万一実物が失われた場合でも、そのデジタル資料に基づいて研究対象となされねばならない。また、博物館展示も劇的に変わるだろう。デジタルレプリカの活用で、来館者ひとりひとりに作品を愛する機会が開かれ、文化財への興味関心を呼び覚まし、愛護する心を育むきっかけとなることを願ってやまない。

博物館は文化財情報が行き交う拠点である。現代に息づき、日々成長していく「生きている博物館」こそが、現代の博物館を再生するための「進化する博物館」なのである。

【謝辞】

成稿にあたっては、下記の個人・機関にお世話になりました。記して謝意を表します。

東京大学池内研究室・凸版印刷株式会社・日本地図センター・株式会社とっぺん・熊本県立装飾古墳館
・久留米市教育委員会・桂川町教育委員会・池内克史・大橋成一郎・朽津信明・小堀昇（順不同・敬称略）

X線 CT スキャナを用いた短甲、小札の調査について

赤田昌倫（国立アイヌ民族博物館設立準備室）

1. はじめに

X線 CT スキャナは文化財の調査に有効であり、多くの研究者によって活用されているが、研究体制や解析を含めた具体的なデータ処理の方法を含めて報告した例は少ない。そこで本項では最初に X線 CT スキャナの原理と文化財への応用を解説し、次に九州国立博物館の X線 CT スキャナの運用例と外部研究者への開放について紹介する。最後に X線 CT スキャナを用いた短甲と小札に関する調査方法と、小札に関する解析方法について報告する。特に短甲の調査方法については X線 CT スキャナの基本的な進め方と今回の調査からの改善点を中心に、小札については錆着した小札群を層位的に分離する作業の一例を中心に今回の調査の改善点について報告する。

2. X線 CT スキャナの原理と文化財分野への応用

X線とは波長が 0.01 ～数百 Å の電磁波である。この電磁波の特性としては波長が短くエネルギーが大きいほど大きな透過能力がある。X線は物質に吸収または反射しながら透過していくが、物質の密度や質量などに応じて吸収される量は変化する特性がある。この特性を利用したのがレントゲンや CT である。CT とは Computed Tomography を略したものであり、コンピュータ断層撮影とも呼ばれる。X線を物質に照射する時、物質を乗せたステージが 360 ° 回転し、あらゆる角度から透過した断層画像をフラットパネル検出器で集積する。得られた断層画像は電気信号に変換され、コンピュータを用いてこれらの画像を三次元立体データ（CT データ）として再構成処理される。断層画像は物質内部の X線吸収量に応じて X線の強度差が現れ、その差はソフトウェア上でコントラストの差として表現される。非破壊非接触で表面からでは見ることができない内部構造調査が可能となるため様々な分野への応用性が高く、医療や工業分野のみならず文化財分野でも多く使用されている。九州国立博物館は徳川美術館所蔵と共同で「初音の調度」の CT 調査を実施し、漆工芸品の製作技法に対する報告を行うなど多くの成果を上げている。

漆工芸品意外にも幅広い文化財の調査で活用されているが、近年は金属質の埋蔵文化財の資料調査への応用例が増加している。腐食によって本来形状や用途が不明な資料に対して CT 調査を行うと、地金と腐食部とを区別して認識し本来形状を立体的に現すことができる。形状のデジタルデータを抽出し可視化することで、その用途などをより正確に知ることが可能となる。埋蔵文化財の調査報告の増加はこのような調査方法への関心と理解が様々な文化財機関に浸透してきたことが背景にあると考えられる。

3. 九州国立博物館における X線 CT スキャナの利用

九州国立博物館では 2006 年から X線 CT スキャナによる文化財の調査を行っており、著者が博物館在職時も年間 250 点から 300 点前後の文化財の調査を実施した。この数は国内外の文化財機関では特に多く、CT が稼働して以来のデータの蓄積数は 2000 を超えている。これらの内訳をみる

と九州国立博物館の展示に関わる資料調査、外部依頼の資料調査に大別される。

具体的には、

- ①博物館館蔵品（寄贈・寄託・購入品など）に関する資料調査
- ②展示のために借用され館内に持ち込まれた資料の資料調査
- ③大学等の外部研究者や地方自治体の文化財担当者など他機関から依頼される資料調査

この中で②と③の項目については資料の所蔵者と九州国立博物館との共同研究であり、調査対象も独立行政法人国立文化財機構中期計画や、九州国立博物館の各年度の業務運営に関する計画に沿うものであることが条件となっている。また調査結果やCT データについては基本的に資料調査の申請者や資料の所蔵者との共同保有という形式をとっている。今回の科学研究費に関連する資料調査については上記の②と③の両方で実施しており、展示借用品の資料調査については九州国立博物館の担当者に調査希望の申請書と資料の所蔵者への承諾書の提出を求めた。なお、展示借用品のCT データについては、データ解析と研究を進める目的があることから、所蔵者の承諾があったものについては橋本氏にもデータの保有を認めた。次に展示借用品以外の調査については、研究代表者である橋本氏に調査希望の申請書と所蔵者の承諾書の提出を求めた。このように体制を整備したことで外部機関や外部研究者からの調査依頼についても対応できるようになった。著者在職時には外部機関からの調査依頼が全体の3割以上を占めており、X 線 CT スキャナを用いた文化財調査の有効性の認知度が博物館だけでなく他機関まで広がってきていると言える。

4. X 線 CT スキャナを用いた短甲の調査

(1) 調査条件と調査例

X 線 CT スキャナを用いて短甲の構造調査を行った。ここでは調査方法について述べる。装置は九州国立博物館所蔵 YXLON International 社製 Y.CT Modular 320FPD を使用した。調査条件は管電圧 320~225 kV、管電流 2.5~1.3 mA であった。短甲の大きさによって 0.12~0.5 mm の解像度とした。また積分時間は 400 ミリ秒、プロジェクション数は 900~1080 であった。フラットパネル

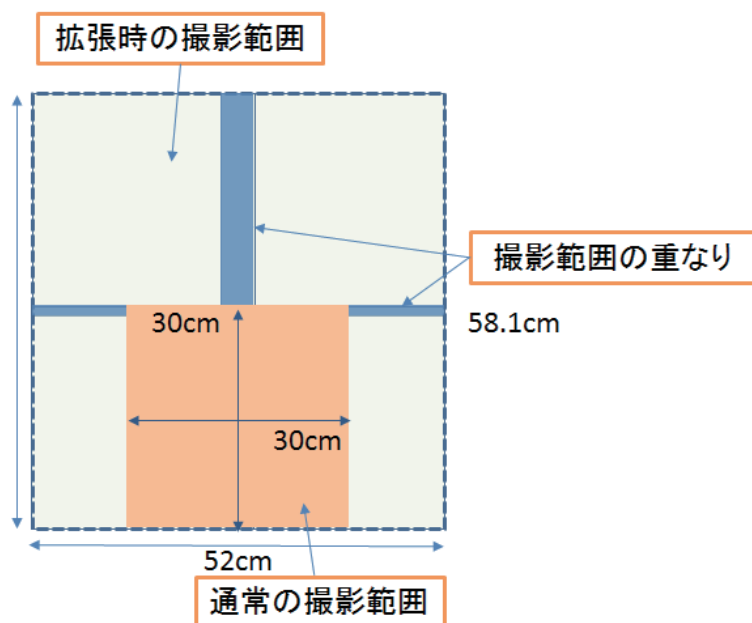


図1 フラットパネルの通常の撮影範囲と拡張時の撮影範囲



図2 野中古墳出土の襟付短甲の撮影風景

検出器の撮影可能領域は最大で 30 cm であるため、資料の高さか幅が 30 cm を超える場合、フラットパネルを中心位置から縦方向と横方向に稼働させ分割して撮影し合成する必要がある。図 1 にフラットパネルが中心にある時の撮影範囲とエキスパンションモードを使った時の撮影範囲を示す。資料台がフラットパネルに一番近い位置にある時、エキスパンションモードを使用すると、横方向（左右）で最大 52 cm の幅まで、縦方向（上下）では 28.1 cm ずつ延長させ最大で 150 cm まで撮影することができる。

図 2 は野中古墳出土の襟付短甲の撮影風景である。短甲はそれぞれ大きさが異なるため解像度とエキスパンションなどの撮影方法も資料によって変化させた。襟付短甲の調査については資料の安定性を考慮し展示用の固定治具に乗せたまま CT 撮影を行った。

(2) データ不良の発生とその対策

本科研の CT 調査において端部のデータの欠落、CT データのブレやデータ合成の不具合、X 線の透過不良などが見られた。これらの発生の原因と対策についてまとめた。

(3) 端部のデータの欠落

端部のデータの欠落（カケ）については資料の中心が資料台の中心からずれたことでステージの回転位置によっては端部が撮影範囲外になったことが考えられた。資料の撮影前に 360 度回転させ、資料全体が撮影範囲に収まっているかどうか確認を行う必要があった。

(4) CT データにおけるブレの発生

CT データにおけるブレの発生については、資料の固定が不十分であることが考えられた。未梱包状態の資料について撮影する場合、資料台よりも一回り小さい円筒形の亚克力製の筒の中に資料と綿布団を詰め込み回転による資料の揺れが発生しないことを確認してから撮影を行う。今回の短甲調査の場合、底部の覆輪などの破損する危険性を考慮し硬質ウレタンの台座よりもクッション性があるウレタンの台座を選択したが、クッション性が強く撮影中に揺れが発生したのではないかと考えられた。また、養生し梱包したダンボールごと撮影した場合でも発生していることから、ダンボールを固定している紐などが動いたことで微振動の原因になっていることが考えられた。これについては資料の固定方法の検討と撮影後の CT データの確認を行う必要があった。

(5) CT データにおける合成不良

縦方向のエキスパンションモード（vertical）による撮影を行った CT データについて、わずかなではあるが合成不良が発生し、合成部で像のズレが発生した。詳細な原因は明確ではないが、装置の躯体のわずかな経年変化（歪み）などが考えられた。現在は歪み等を補正した各種パラメータを調整し入力したことで解決している。またズレが発生したデータについても一部は各 CT データにおける XYZ 座標の位置を確認し手動で移動し結合することで解決した（平成 30 年 12 月 10 日現在）。

(6) X 線の透過不良

一部の前胴についてはバツ状に X 線の透過不良が発生し、詳細な観察ができないものがあった。これは資料の状態が悪く、撮影には輸送の十分な梱包が必要でありダンボールに収納しなければ撮影が難しいためである。また梱包についても複数の資料が同梱された状態では X 線が最も通る資料の向きが調整できなかった。今後はこのような資料について文化財をより安全に調査するためには梱包や治具などを準備する必要がある。

これらの問題がある一部資料のデータについては再撮影が必要であった。一方で博物館における展示期間と借用期間との兼ね合いもあり、1日または2日で調査を完了しなければならないのがほとんどである。この場合、CTのオペレーション担当者が全てのデータを即時に見ることは難しく、データ処理を担当する人材との協力体制の構築が必要である。

5. X線CTスキャナを用いた小札の調査

小札の調査方法とデータ解析については「X線CTスキャナを用いた錆化有機質の検討」の項目で詳細に述べる。本項では各小札の輪郭を立体的にトレースし、小札群から一つの小札を分離する作業について説明する。

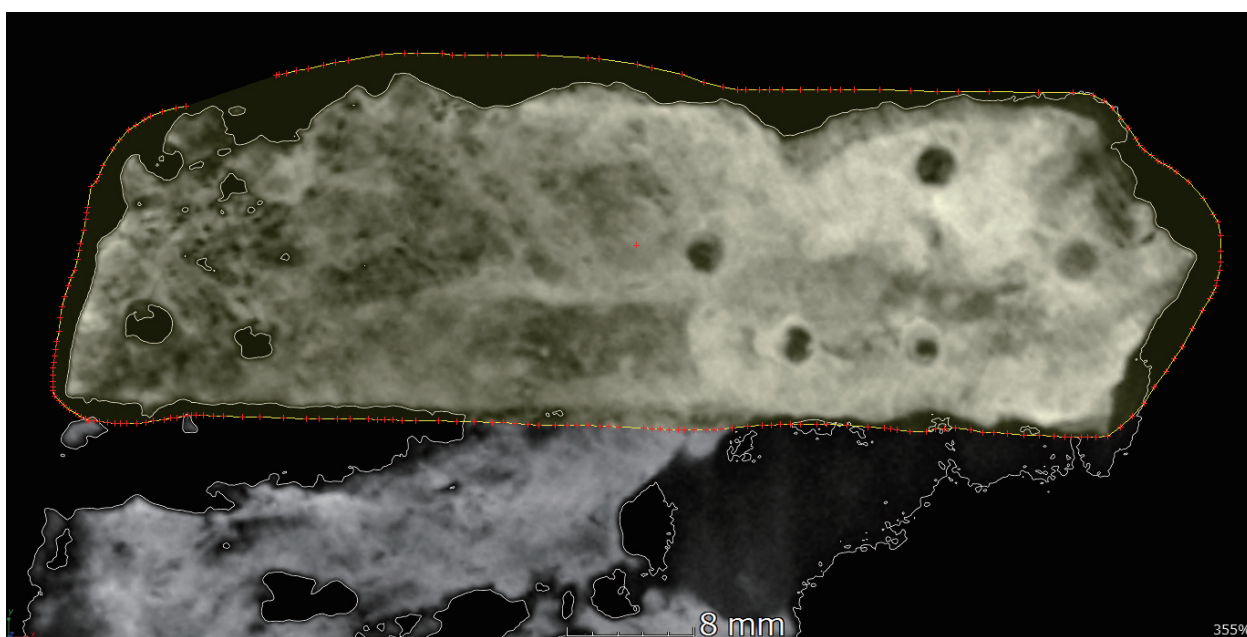


図3 小札の範囲を指定

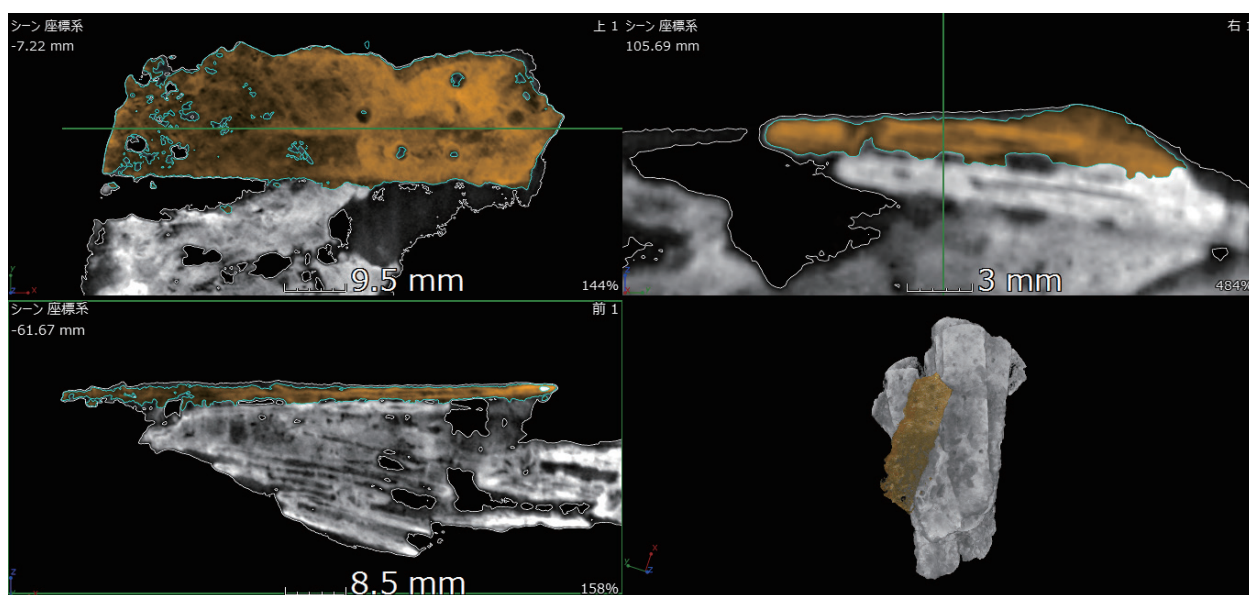


図4 XYZの3方向の断面を確認し、範囲を拡張する

- ① CTデータにおいて2次元データのモードを選択し対象となる小札の範囲を指定する。2次元モードは小札の0.2 mm 分の断面を示しており、資料の輪郭を立体的にトレースするには次の0.2 mm 分の断面に移動し範囲を選択する必要がある。(図3)
- ② 0.2 mm ずつ断面を移動し、範囲を選択する。他の小札との輪郭線がわかりにくい時は前後の輪郭線から判断する。

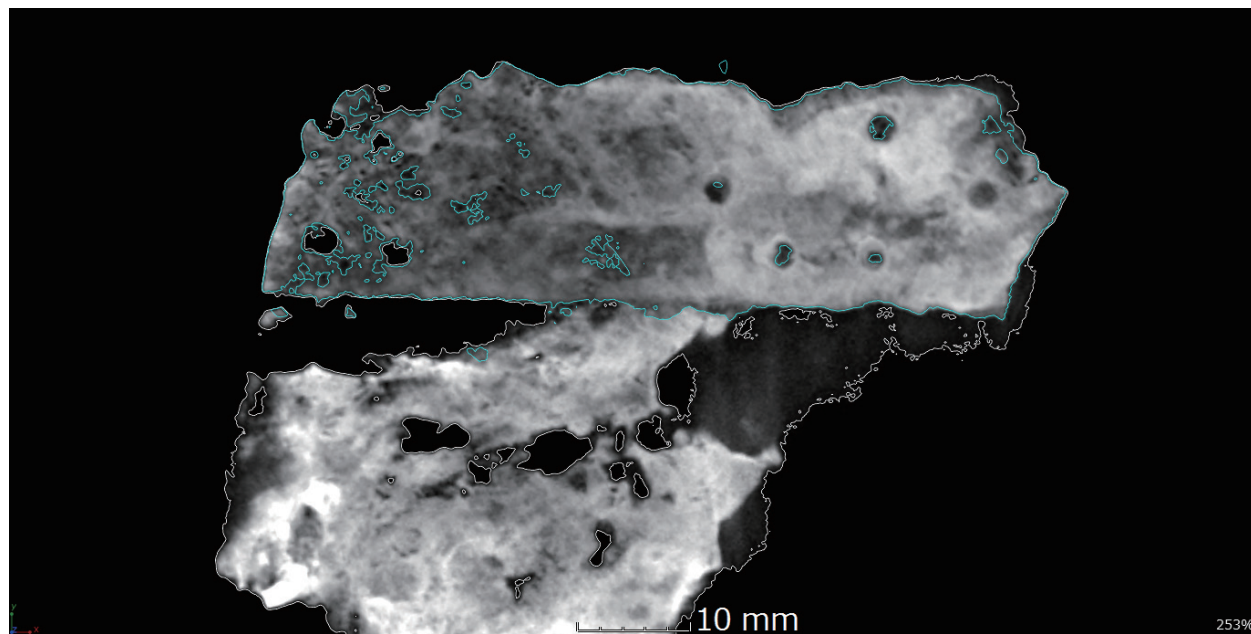


図5 小札周辺の空隙を閾値でもって除去し、小札の輪郭をトレースする

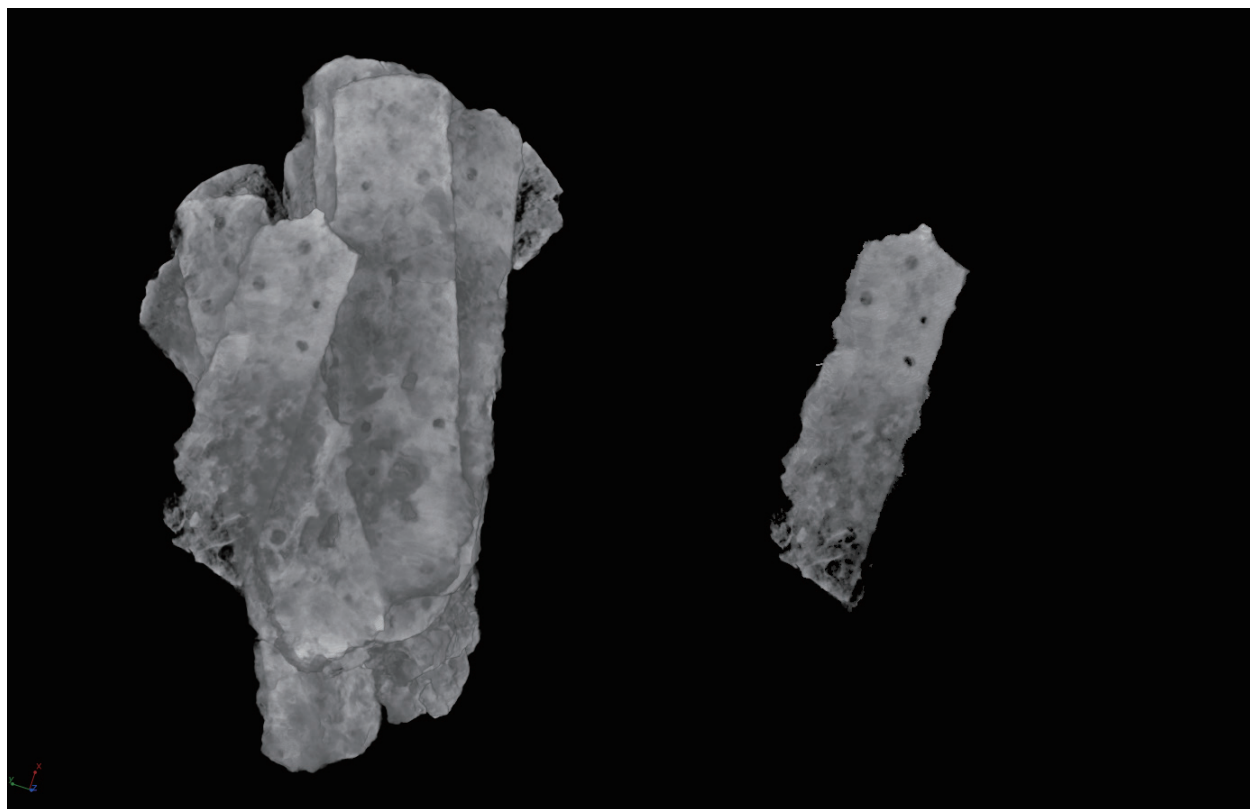


図6 各レイヤーで範囲を選択し空隙を除去する作業を繰り返す

- ③ XYZ の 3 方向の断面を確認し、範囲を拡張しリンクする。(図 4)
- ④ 小札周辺の空隙を閾値でもって除去し、小札の輪郭をトレースする。(図 5)
- ⑤ トレースした部位に間違いがないかデータを抽出して確認を行う。この作業は緘紐と綴紐でも同様であり、抽出したデータを組み合わせて小札と緘紐と綴紐との関係性についての検討を行った。その結果、小札は全部で 14 枚あることを確認することができた。この手法は極めて一般的であり特別な方法ではないが、文化財のような複雑な形状を対象とする場合、非常に有効であることがわかった。なお、ソフトウェア付属の半自動の範囲選択機能を用いて同様のことを行ったが、小札の正確な輪郭線のトレースはできなかった。

6. まとめ

X 線 CT スキャナで良好なデータを取るためには撮影前撮影後のデータの確認が不可欠であるが、今回の短甲の CT 調査では確認作業が欠けているところがあったため一部データに修正できないデータの不備が発生した。研究成果に直結するミスであったことから反省点としたい。また小札の CT 調査については各小札の分離はできたが、ビームハードニングやアーチファクトの影響で一部の小札の輪郭線のトレースが困難な部位があった。小札と紐の分離と解析を正確に行うため X 線の焦点寸法が細かい 225 kV・1.3 mA の条件で撮影を行ったが、320 kV・2.5 mA まで出力を上げて撮影しビームハードニング等の影響を含めてデータを比較して解析しやすいデータを選択することが望ましいと感じた。

今回の科学研究費の研究は調査点数が多く、各 CT データについては膨大な情報量を持っているため、それらのデータを十分に活用するためには必要なデータを抽出するためのデータ処理に関して習熟したスタッフが必要であった。特に文化財資料は形状や状態で二つと同じものがなくソフトウェア付属のデータ処理の方法では十分な対応ができないため、データ処理と解析に関して自動化が入る要素が少なかった。X 線 CT スキャナの有用性は広まってきたが、データ処理やデータ解析に対する費用については認識されていないことがほとんどである。そのため文化財の所蔵者や資料担当者に生データを渡しても活用できずに持て余してしまうケースが多いが、今回の調査ではデータ処理・データ解析に関するスタッフを準備しており、膨大なデータから必要となる情報を抽出することができた。今後、CT を用いた研究例はさらに増加傾向になると思われるが、今回のような調査体制の準備と研究方針は参考にすべきであると考えている。

X線 CT 調査による短甲の研究

阪口 英毅（京都大学大学院文学研究科）

はじめに

短甲は、古墳時代においてもっとも大型かつもっとも複雑な立体構造をもつ鉄製品である。また、鉄製品に一般的な特徴として、出土時には銹化による変形や劣化が進行していることが多い。このような研究資料としての短甲の特性は、精緻な型式学的分析を促す一方で、その二次資料化（実測図作成）にとっては負荷となり、しばしば報告の停滞を惹起する原因ともなってきた。

近年、積極的に考古学や文化財科学への導入が進められているX線CT調査は、短甲の形状を高精細なデジタル・データとして三次元的に記録しうるのみならず、その内部構造までも把握しうることから、上記のような資料的特性を備える短甲に対して、調査技術としてきわめて有効性が高いものと想定しうる。

本稿では、効率的な記録方法としての側面はさておき、短甲の考古学的研究にX線CT調査をいかに活用しうるかという論点について考えたい。ただし、筆者のバックグラウンドは考古学にあり、デジタル技術やX線技術についての専門的な知識はない。あくまでも、一般的な考古学研究者の視点に基づくものであることを明確にしておきたい。

1. 短甲と三次元データ

X線CT調査をいかに短甲の研究に活用しうるかを考えるための前提として、得られたデータの特性に共通点の多い、三次元計測による表面情報のデジタル・データが短甲の研究にどのように活用されているかを確認しておきたい。

(1) 三次元データの特性

三次元データの特性について筆者がもつイメージを端的に表現するならば、「圧倒的な情報量と精確性」となる。三次元データは全方位的であることから、実測図や写真のような二次元データと比較して膨大な情報量があることは当然であろうが、それでも考古学や文化財科学への導入が試みられ始めた頃の三次元計測では、得られたデータは一見して粗いと感じられるものであった。しかしながら、現在の水準では、三次元データはきわめて高精細で圧倒的な情報量をもっており、また人の手で計測して作成する実測図とは比較にならない精確性を備えている。さらに、三次元データをディスプレイ上で表示するにあたっては、その表現方法の自由性にたいへん驚かされる。視点を全方位的に動かすことはもちろん、任意の線に沿って断面を表示することも自在である。

(2) 三次元データ活用以前の三次元的研究

短甲の研究史において、その立体構造物としての特性に着目し、三次元的な研究視点によって分析を加えようとした事例はほとんどない。実測図や写真といった二次元データに立脚するほかなかった研究環境においては、必然的な傾向といえよう。

そうした中であっては希少な事例として、小林謙一氏による鋳留短甲の押付板の形状比較がある

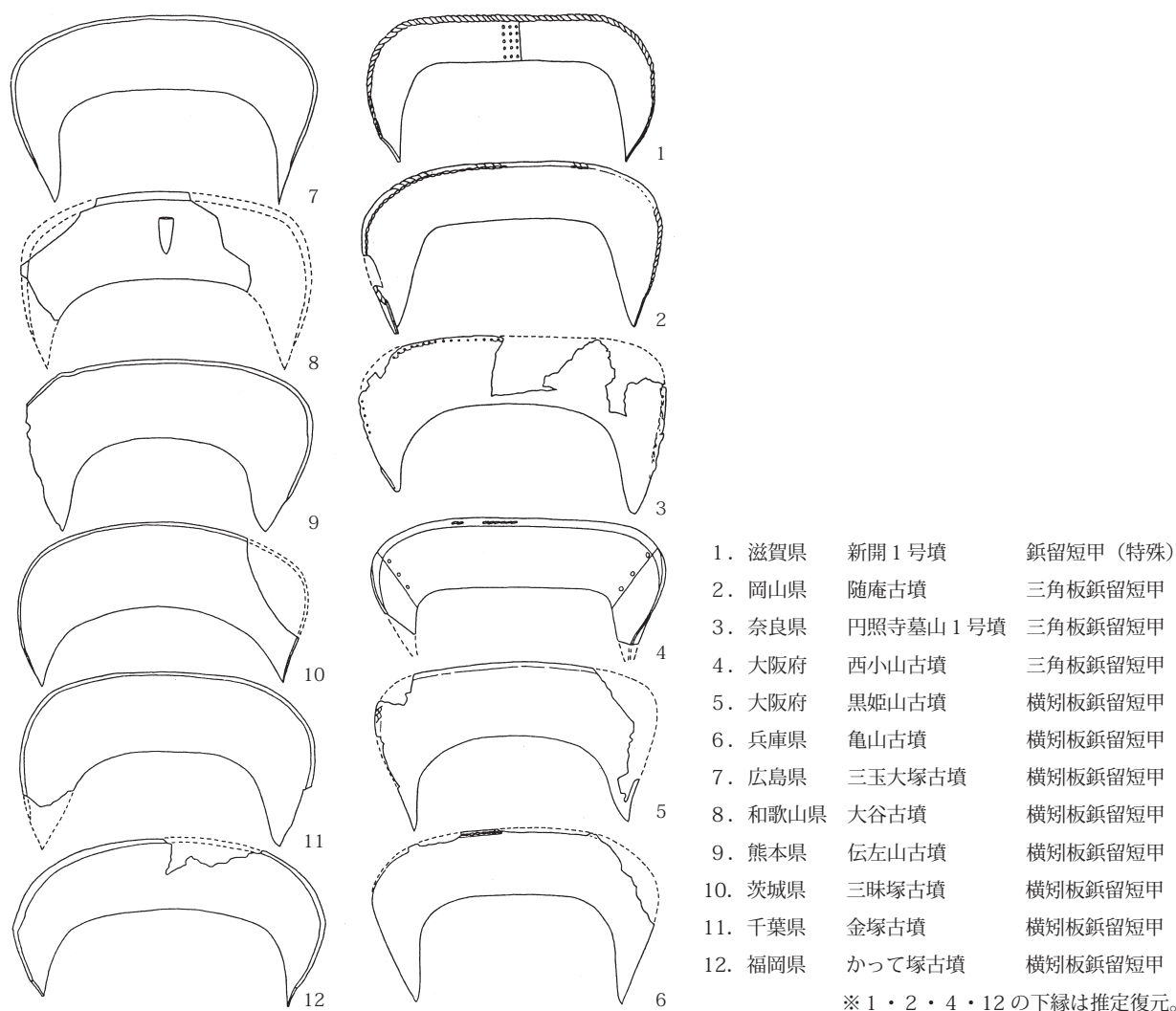


図1 鉾留短甲における押付板の形状比較図(小林1974改変)

(小林1974 pp.55-56)。「三角板鉾留短甲、横矧板鉾留短甲を通観して、後胴における押付板上縁の形状を比較すると、三角板鉾留短甲では、比較的水平に近い例が多いが、横矧板鉾留短甲になると円弧状を示すような例が多くなる」ことを指摘し、形状比較のための図を提示した(図1)。小林氏は、これを「鉄覆輪を用いることと関係するであろう」と説明している。小林氏による観察とそこから導かれた傾向、そしてその解釈の当否はさておき、その根拠となるべき図は、短甲の背面実測図から押付板の部分を抽出してレイアウトしたものであり、押付板の形状を一定の基準のもとに比較検討しうるものとは残念ながらいえない。視点をどこに置くかによって押付板上縁の形状の印象はかなり異なるものとなるため、そこに一定の基準を設けた上で資料をデータ化する必要がある。しかしながら、人の手による実測図作成ではそれはきわめて困難な作業である。ひるがえって、こうした比較検討にあたっては、三次元データの利用が有効であろうことは容易に予想されよう。

(3) 吉村和昭氏による研究

実際に三次元データを短甲の研究に活用した先駆的な研究事例として、吉村和昭氏による一連の業績がある(吉村2014・2018)。吉村氏は、甲冑の製作工人集団を抽出し、生産組織を明らかにすることを目的に、製作工程における設計段階や成形段階にかかわる属性として、「平面的な設計図」、「型

紙⁽¹⁾」存在」(吉村 2014 p.2)に着目し、その確認と検討を進めている。また、その過程では、三次元計測技術やデータ加工技術を活用することにより、短甲の復元的研究に多大な成果を上げている。以下に、それら一連の成果の概要を紹介する。

①三次元計測技術およびデータ加工技術による成果

破片資料の復元 破損している短甲の復元にあたり、接点がわずかである、接合後の安定性に懸念があるなどの理由により、破片を実際に接合するのが困難な場合がある。こうした場合に、三次元データ上で破片を接合することができる(図2)。

また、過去の復元作業によって石膏や樹脂が補填されている部分に、新たに破片が接合することが判明した場合、補填部分を取り外して接合しなおすことは困難である。こうした場合にも、三次元データ上で補填部分に破片を組み込み、接合した状態を表示することが可能である。

革綴製品の構造復元 革綴短甲は、副葬後に綴革の腐朽によって部材どうしの接続が外れ、出土時にはばらばらに崩壊してしまっていることが多い。こうした場合に、三次元データ上で部材の組み上げ復元をおこなうことが可能である(図3)。また、部材の一部しか遺存していないために現実的に組み上げることが不可能な場合、三次元データ上で部材を確からしい位置に配置することで、本来に近い形状を復元的に示すこともできる。

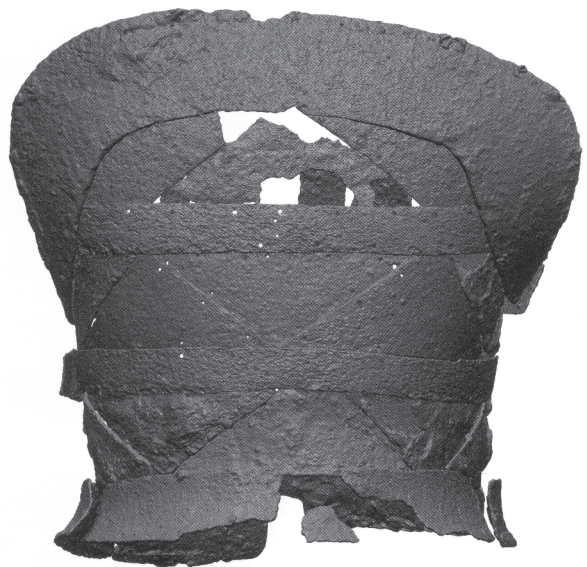
革綴短甲には部材の内面にも観察すべき情報が多いが、組み上げ復元をすると、内面の情報を観察しづらくなるほか、部材どうしを重ね合わせる接続部分の観察が不可能になる。一方で、革綴短甲を博物館展示などの普及・啓発事業で活用しようとする場合、もっとも観覧者にとってわかりやすいのは、組み上げ復元をして展示する方法であろう。こうしたジレンマについても、三次元データを3Dプリンタで出力したレプリカの部材を組み上げたり、三次元データ上で組み上げた復元短甲のレプリカを3Dプリンタで出力することによって、解決することができよう。

変形補正 短甲には、出土前に土圧や埋葬施設を構成する石材の落下などにより、あるいは出土時に重機に引っかけられるなどして、二次的に変形してしまった事例がある。そうした場合、三次元データ上で形状の補正をすることが可能である(図4)。



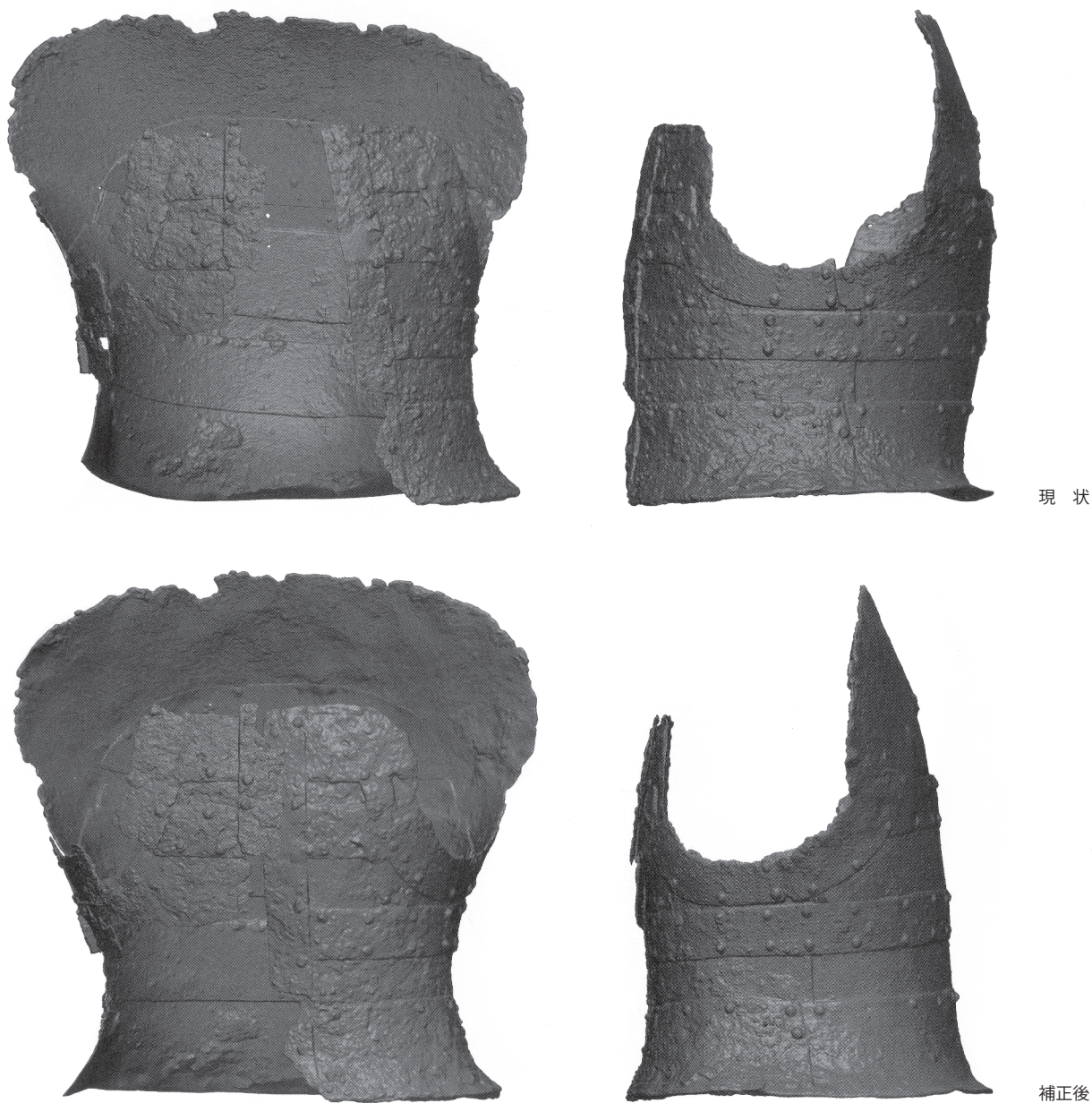
宮崎県 六野原1号地下式横穴墓例(背面)

図2 破片資料の復元(1/6)(吉村 2014 改変)



宮崎県 六野原8号地下式横穴墓例(背面)

図3 革綴製品の構造復元(1/6)(吉村 2014 改変)



宮崎県 小木原1号地下式横穴墓例（正面・左側面）

図4 変形補正（1/6）（吉村2014改変）

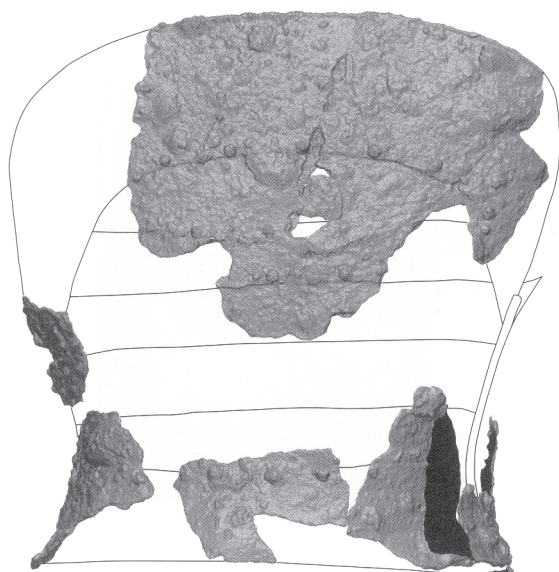
②全体構造の復元

破片の遺存率が低く、全体の復元が困難な場合、類似した事例の三次元データをベースとして、各破片の三次元データを確からしい位置に配置することができる（図5）。

③「型紙」存在の確認

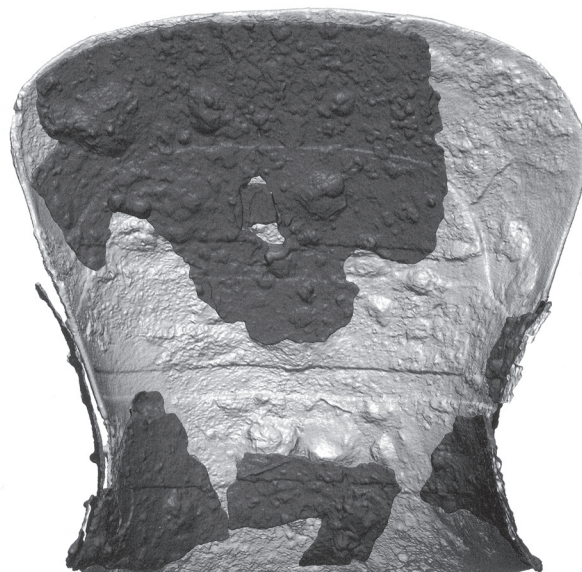
三次元計測事例の多い横矧板鋳留短甲の後胴の三次元データを比較したところ、「2領ずつ3組の短甲において、それぞれ鉄板の形状・法量、連接位置などに一致あるいはごく近似するものが認められた」（吉村2014 p.5）（図6）。吉村氏は、「型紙」A～Cとする「これら3組の短甲同士は、それぞれ同じ平面的設計図「型紙」が使用された可能性が高いものとする」（吉村2014 p.7）とした。

その後、さらに計測事例を蓄積し、新たに横矧板鋳留短甲の押付板に第1群・第2群とする「型



宮崎県 西都市石貫出土例（背面）

図5 全体構造の復元（1/6）（吉村 2014 改変）



濃灰色：宮崎県 西都市石貫出土例

淡灰色：宮崎県 六野原古墳群出土？例（背面【内面】）

図6 「型紙」B存在の確認（1/6）（吉村 2014 改変）

紙」の存在を確認している（吉村 2018）。

（4）小 結

本章では、短甲研究史における三次元的な研究視点の事例をふまえつつ、短甲研究への三次元データの活用事例を参照した。この分野の研究に先鞭をつけた吉村和昭氏により、筆者が考えうるようなアプローチは、すでにほぼ実践されているといえる。こうした状況をふまえ、次章ではX線CT調査を短甲研究にどのように活用しうるかについて考えていきたい。

2. X線CT 調査による短甲研究の展望と課題

前章において、短甲の研究ツールとしての三次元データの有用性は先行研究によって十分に示されてきていることを確認した。X線CT 調査によって得られるデータの場合には、三次元データとしての特性に加え、X線により内部構造までも把握することが可能という特性が加わる⁽²⁾。

上記のようなX線CT 調査ならではの特性を、いかに短甲研究に活用するかが問われている。本章では、このような認識に基づき、現段階における展望と課題について述べる。

（1）展 望

短甲研究にX線CT 調査を活用していこうとすると、大別すれば二つのアプローチがあると考えている。一つは既往の研究視点の検証、もう一つは新規の研究視点の模索である。

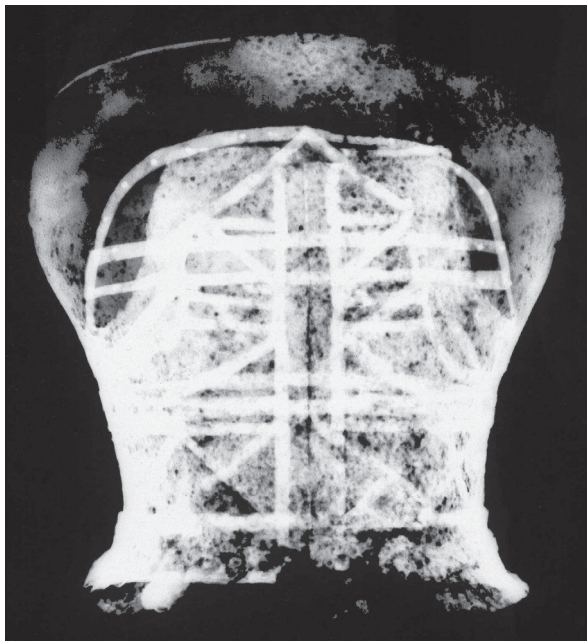
①既往の研究視点の検証—外面から観察しづらい部位

研究史上で取り上げられてきた研究視点のうち、構造上あるいは錆化などの問題のために外面から観察しづらい部位にかかわるものには、X線CT 調査を活用することによって、さらに厳密に検証することが可能となったり、視覚的に把握しやすくなったりするものがありそうである。

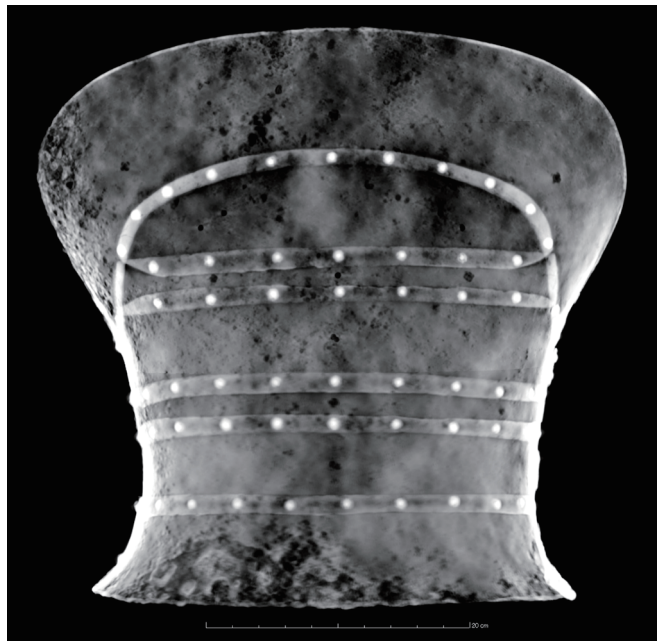
前者の例として、鉾規格の識別をあげたい。鉾留短甲に使用された鉾は型打鉾（塚本 1993 pp.23-

25) であることが指摘されているが、X線CT調査によって鋳頭の「型」を識別することが可能であれば、製作工人集団や生産体制の復元に寄与することができよう。塚本敏夫氏が、遺存状況の良い宮崎県島内3号地下式横穴墓例に実施したような観察を、通常の遺存状況の事例にも敷衍することが可能かもしれない。

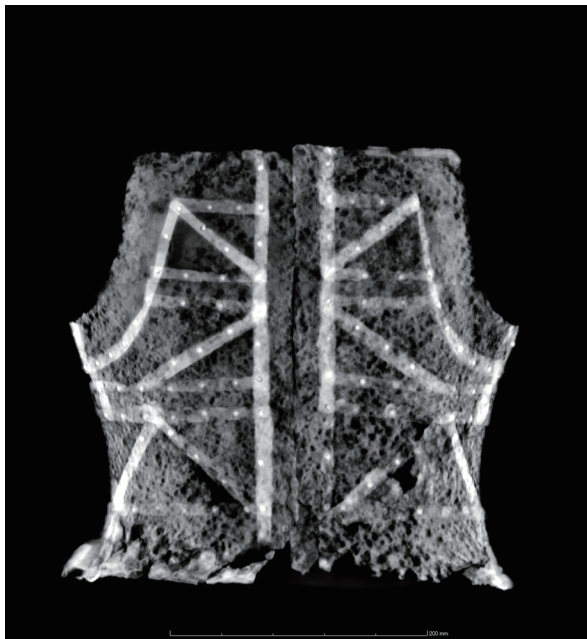
後者の例として、地板の接続部分の表示をあげたい。革綴短甲の場合には、綴第1技法（末永1934 pp.83-84）による制約を受け、接続部分は地板の形状にそって一定の幅を保持する（塚本1993 p.23）。一方、鋳留短甲の場合には、そうした制約がないために、鋳留技法導入以後、次第に地板の形状が不整形になることが指摘されており（田中1978 p.29）、近年ではこの属性の分類案を提示



X線画像：福岡県 稲童 21 号墳例



X線CT画像：宮崎県 島内 21 号地下式横穴墓例



X線CT画像：福岡県 稲童 21 号墳例

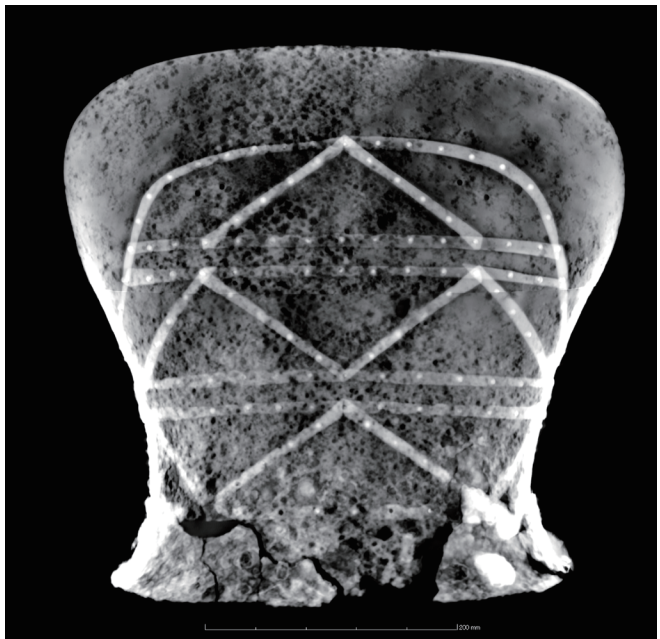


図7 接続部分の表示（左上：山中編 2005 改変）

した研究も進められている（滝沢 2008 pp.16-18・2015 pp.61-62, 川畑 2015 pp.196-198・2016 p.16）。X線 CT 調査を実施することによって、組み上げ復元がなされた革綴短甲や完形の鉾留短甲についても、必要な部位のみを抽出し、地板の接続部分を視覚的にわかりやすく表示することが容易になる（図 7）。各地板ごとに外面に露出する部分の面積と接続部分の面積を算出し、その比率を比較検討することも可能かもしれない。

②新規の研究視点の模索—外面から観察できない部位

外面から観察できない部位であるために、これまで研究史上で取り上げられてこなかった研究視点にこそ、X線 CT 調査を活用する余地があると考えられる。ここでは、鉾脚の断面や孔の断面の比較検討という研究視点をあげたい。

短甲に使用された「かしめ鉾」の鉾脚は四角柱であり、その横断面は四角形である（塚本 1993 p.22）。同一個体に使用されている鉾の鉾頭径がほぼ一致していても、鉾脚横断面の形状や径に多様性が認められるならば、製作工人集団や生産体制を復元する糸口となる可能性がある。また、鉾頭の「型」が一致していながら、鉾脚横断面の形状や径に多様性が認められる場合もあるかもしれない。

革綴短甲の綴孔や鉾留短甲の鉾孔にかかる部位で鉄板の断面をみると、孔の縦断面の観察が可能であり、外面の孔径と内面の孔径を比較することによって、どちらの面から穿孔したかを判断することができる。観察事例の蓄積により、何らかの傾向を看取することができるかもしれない。

(2) 課 題

X線 CT 調査を活用しうる短甲の研究視点について考えてきたが、三次元データとX線データを同時に取得するという、調査技術としての「万能性」を十分に活用し尽くすような研究視点をみいだすにはいたっていない。データの記録方法としての有用性は明らかであるが、そのデータを活用することによってどのような研究を進めるかとなると、なかなか難しい。

これまで実測図や写真などの二次元データに立脚して構築されてきた研究体系の中にあっても、まずは三次元データの特性を理解した上で研究に活用することが第一の課題であり、さらに固有の特性を備えるX線 CT データまでも射程に入れた研究視点をもつためには、しばらくの時間が必要であると感じる。その時間をいかに少なくするかを第二の課題ととらえたい。

先述した第一の課題は、研究者の意識の問題として認識しているものであり、X線 CT データを含む三次元データを蓄積し、扱っていく過程で、研究者自らが克服していかなければならない性質の課題である。一方で、この課題を克服することの難しさは、研究者の意識ばかりではなく、研究環境に起因する側面もある。それは、現状においてはX線 CT データを「二次元的」に検討せざるをえないジレンマとでもいうべきであろうか。

本研究において、筆者は連携研究者としてX線 CT 調査に接する機会を得たが、その撮影やデータの解析を経験したわけではなく、調査成果としてのデータを享受したのみである。そのデータにしても、撮影機関である九州国立博物館で開催された会議においてはディスプレイ上でのさまざまな操作を見学し、その有効性に感銘を受けたものの、そこを離れて日常的に接するデータとなるとX線 CT データを二次元的に出力したPDFや紙資料であった。これは、研究者が個人として保有・活用するには、現状においてはX線 CT データのサイズが巨大に過ぎることによる。換言すれば、個人で所有可能な機器のスペックが、X線 CT データを「三次元的」に検討することが可能な水準に到達していない。こうした研究環境がさらに高度に整備されることも、X線 CT 調査を短甲研究に活用していくためには必要な条件であろう。個人による撮影の一般化までは難しいとしても、個人によるアクセスと処理が可能なデータとしてX線 CT データが蓄積される段階にいたれば、「二

次元的」な研究体系から脱却した研究視点が醸成されていくのではないだろうか。

おわりに

本稿では、短甲の考古学的研究を専門とする立場から、X線CT調査を研究にいかに関活用するかを考えた。現状においては、筆者は画像として表示されるX線CTデータの自由性に驚嘆し、その情報量に圧倒されるばかりで、ただちにそれらのデータを活用した研究を展開するような柔軟な発想をもつにはいたっていない。いかに「二次元的」なデータに慣れ、それらによって構築された研究体系に無意識のうちにとらわれているかを痛感している。

今後、X線CT調査は、考古学や文化財科学の分野に不可欠な調査技術として、さらに一般化していくと思われる。短甲のX線CTデータの蓄積も進んでいくことであろう。自身の研究目的の達成のために選択しうる、数ある調査技術の一つとして、X線CT調査を十分に活用できるよう、研鑽を重ねていきたい。

【註】

- (1) 「型紙」という用語について、吉村和昭氏は註で以下のように述べている。
「洋裁などにおける同様の平面的設計図である型紙に倣い呼称する。しかし、それ自体の材質は（木、金属、皮革など何であるかは不明であるが）紙である可能性は低いと考えられる。より適切な呼称が必要かもしれない。材質の違いも含意して、カギ括弧付きで「型紙」と表記する。」（吉村 2014 p.25 註1）
- (2) このことは、X線CT調査が三次元計測の上位互換であるということの意味しない。2017年9月9日に福岡大学で開催されたシンポジウムにおいても言及されていたが、両者は原理や特性を異にする技術であり、それぞれが得意とする分野も異なるとのことである。

【参考文献】

- 川畑 純 2015『武器が語る古代史 古墳時代社会の構造転換』プリミエ・コレクション 60 京都大学学術出版会
- 川畑 純 2016『甲冑編年の再構築に基づくモノの履歴と扱いの研究』平成24～27年度科学研究費（学術研究助成基金助成金（若手研究（B））研究成果報告書 奈良文化財研究所
- 小林謙一 1974「甲冑製作技術の変遷と工人の系統（上）」『考古学研究』第20巻第4号 考古学研究会 pp.48-68
- 末永雅雄 1934『日本上代の甲冑』岡書院
- 滝沢 誠 2008『古墳時代中期における短甲の同工品に関する基礎的研究』平成17年度～平成19年度科学研究費補助金（基盤研究（C））研究成果報告書 静岡大学人文学部
- 滝沢 誠 2015『古墳時代の軍事組織と政治構造』同成社
- 田中新史 1978「御嶽山古墳出土の短甲」『考古学雑誌』第64巻第1号 日本考古学会 pp.28-44
- 塚本敏夫 1993「鋳留甲冑の技術」『月刊考古学ジャーナル』No.366 ニュー・サイエンス社 pp.22-26
- 山中英彦（編） 2005『稲童古墳群—福岡県行橋市稲童所在の稲童古墳群調査報告—』行橋市文化財調査報告書第32集 行橋市教育委員会
- 吉村和昭 2014『三次元レーザー計測を利用した古墳時代甲冑製作の復元的研究』平成23年度～25年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）基盤研究（C）研究成果報告書 奈良県立橿原考古学研究所
- 吉村和昭（編） 2018『古墳時代中期における甲冑生産組織の研究—「型紙」と製作工程の分析を中心として—』平成26年度～29年度科学研究費助成事業基盤研究（B）研究成果報告書 奈良県立橿原考古学研究所

【図出典】

- | | | |
|--------------------------|-------------------|-----------------|
| 図1 (小林 1974) p.55 第1図 改変 | 図2 (吉村 2014) p.8 | 図3 改変 |
| 図3 (吉村 2014) p.34 図26 改変 | 図4 (吉村 2014) p.21 | 図18・p.22 図19 改変 |
| 図5 (吉村 2014) p.11 図6 改変 | 図6 (吉村 2014) p.13 | 図8 改変 |
| 図7 左上：(山中編 2005) 図版54 改変 | | |

X線CT調査による衝角付冑の研究と課題

鈴木 一有（浜松市文化財課）

1. はじめに

衝角付冑は古墳時代中期から後期にかけて日本列島内で用いられた冑の一形態である。古墳時代中期初頭に出現した革綴式から、中期中葉には鋳留式に移行し、中期末に至るまで数多くの製品が製作された。本研究では、古墳時代中期後半の鋳留衝角付冑について集中的にX線CT画像を取得し、考古学的な研究に寄与する利点を探った。

衝角付冑は製作された時期の移り変わりによって、鉄板の連結技法、地板形状、鍛などの諸属性が変化する。こうした外見上の違いに加え、製作技法の細かな差異が製作時期を検討する上で大きな指標となる。中でも、衝角部の特徴は、衝角底板の連結技法や伏板先端の処理方法を含め、型式設定をする最も重要な属性と評価しうる。考古学的手法を通じた研究では、こうした諸属性に注目した編年の検討が深められ（図1）、歴史的な意義が明らかにされてきた（鈴木2009、川畑2015）。

冑にかかわる詳細な検討は、遺存状態が良好な指標的資料を中心に深められてきた。しかしながら、出土品として知られる衝角付冑は、埋没環境によってさまざまな遺存状態を示しており、製品本来の状態を観察できない事例も多い。実際の資料は、錆に覆われていることが一般的で、冑本体とは異なる別の製品が付着していることもある。表面的な観察だけでは、研究を進める上で制約が大きかったといえるだろう。勿論、従来の研究法においても平面的なX線透過画像の観察によって、内部の特徴をある程度はつかむことができていた。しかし、近年、急速に発達している三次元計測技術の進展によって、考古学研究の手法も新しい段階に突入している。三次元計測によって取得した画像は、任意の角度で表示でき、詳細な寸法が正確に把握できる点において、立体構造物である甲冑研究に寄与するところが大きい。さらに、本研究で実施した三次元データを基にするX線CT画像は、断面構造や形状が把握できる点において、従来の実測図を基図にした資料化と同種の情報が高精度で提示できる点で、有用性が高い。本稿では、三次元計測を用いた研究成果と本研究で試みた具体例を紹介しておきたい。

2. 既往の研究

三次元計測にかかわる甲冑研究は、2010年代になって本格化した。吉村和明氏は、主に鋳留短甲を中心に三次元の表面データを取得し、短甲を構成する鉄板の規格性について検討を加えた（吉村2014）。衝角付冑については、宮崎県六野原6号墳出土の三角板革綴衝角付冑と宮崎県木脇塚原A号地下式横穴墓出土の長方板革綴衝角付冑が三次元計測された。今後、衝角付冑の計測資料数が増加すれば、伏板の形状や寸法などが、短甲の押付板のように三次元計測データをもとに比較されるようになると予想できる。

吉村氏は、部材が破片化している資料についても、それぞれの破片の本来の位置を検討し、想定できる位置にデータをはめ込むことによって立体構造物としての製品の復元を行った。この手法は、明確に接合できない破片についても適応可能であるばかりでなく、各部材が遊離した革綴甲冑の全体像がデータ上で復元できる点で、今後の応用が大いに期待される。衝角付冑については、現状で

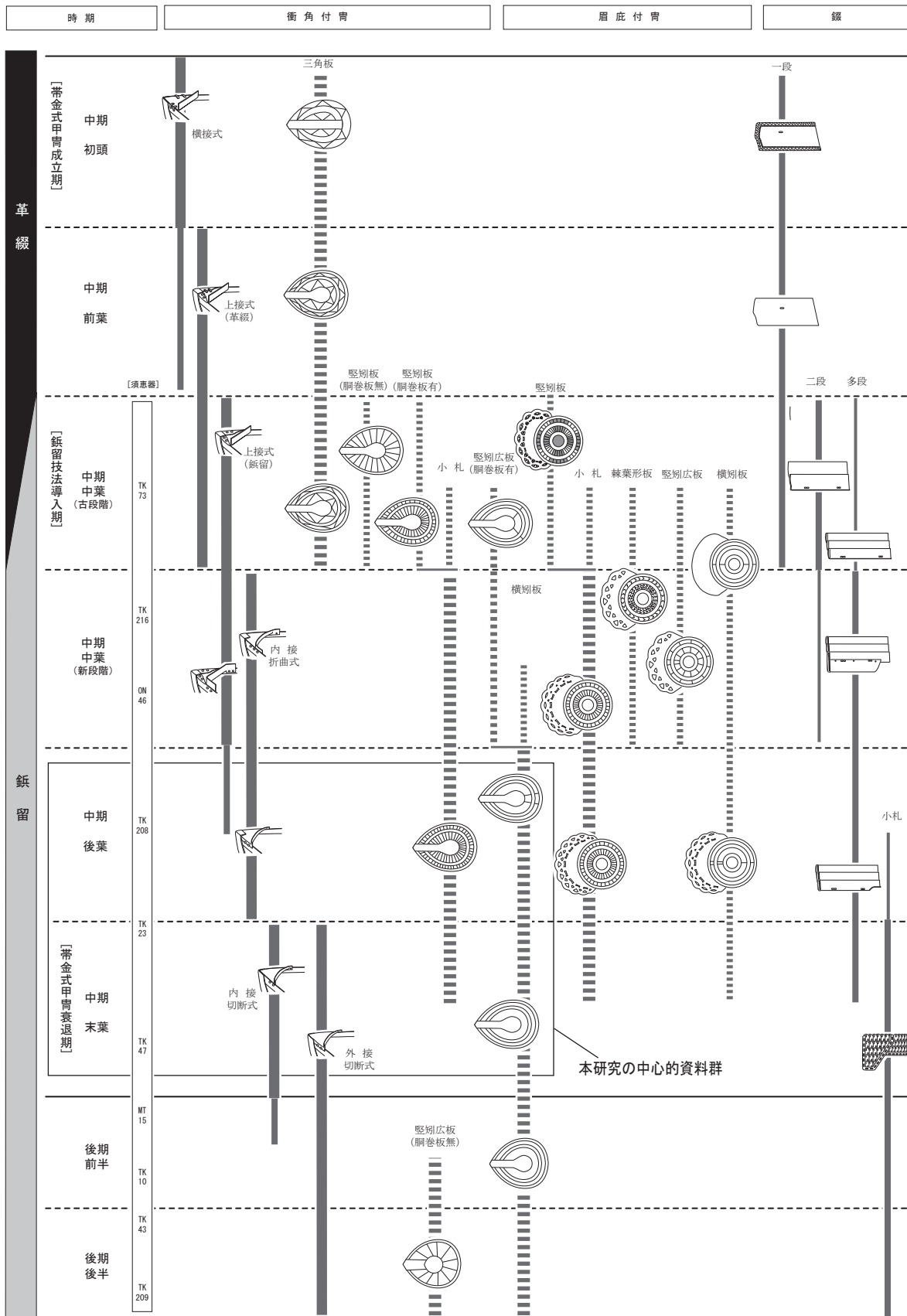


図1 古墳時代における鉄製胃の変遷

個別の部材の状態で保存されている木脇塚原A号地下式横穴墓出土の長方板革綴衝角付冑がデータ上で復元された。

革綴甲冑は、少数の冑の事例を除き、綴じ革が腐食して部材ごとに分かれて出土することが多い。各部材には綴じ革をはじめとする有機物の情報が残ることから、部材ごとを接合して立体復元することに対して、その後の研究や検証に必要な情報を十分に伝えられないことが問題視されるようになっている。また、一度、立体的に復元してしまうと、特定の部材をそれぞれ個別直接的に比較することも困難になる。甲冑の形状復元を目的にするあまり、部材どうしの位置関係の検討が不十分なまま任意の位置にはめ込められる復元例も見受けられる。革綴甲冑の立体復元は、こうした多くの課題を抱えていることから、近年は控えられる傾向が強まり、各部材を平面的に置き並べる事例が多くなった。

一方、革綴甲冑の各部材を組み上げず、平らな台に並べ置く処置は、製品の立体構造物としての形状把握を困難にさせている。部材を組み上げることによって甲冑の全体像がはじめて認識できるのであり、立体構造の復元は活用の視点においても資するところが多い。現在においても革綴甲冑の部材を組み上げ立体形状を復元する手法の有効性は大きいと捉えてよいだろう⁽¹⁾。各部材を組み上げない処置方法についても、復元品を製作したり、内型を用いて立体的に部材を配置したりする手法が試行され、全体形状がうかがえるように配慮がなされているが、いずれも完全なものとはいえない。三次元計測データをもとに革綴甲冑の部材をデータ上で立体復元する手法は、第3の方法ともいえる資料提示や活用への新たな端緒を開くものといえる。今後、新出資料の資料提示においても、三次元計測データの活用が図られるものと期待できるだろう。

衝角付冑の資料報告にX線CT画像を導入した事例もみられるようになっている。群馬県金井東裏遺跡では、5世紀末から6世紀初頭頃に降下した榛名山火山灰(Hr-FA)に覆われた状態で小札甲を装着した状態の人骨が出土したが、この遺跡からの出土遺物については随所にX線CT画像を用いた検討が試みられている。同遺跡から出土した甲装着人骨は衝角付冑を手にした状態がX線CT画像の分析により確認できており、本来は冑と甲を身に着けていた可能性が高い。甲を身にまとった人骨は、遺存状態が脆弱であることから、現地から土ごとに取り上げられ、室内において詳細な観察や検討が加えられた。人骨とともに甲冑もX線CT画像が取得され、その詳細な構造が把握されている。甲冑については錆で膨張している状況や表面の遺存物の保存を考慮して、外面を覆う錆の除去が必要最低限にとどめられている。衝角付冑についても、鉢本体に加え、小札綴や小札頬当が埋没時の状態を保って遺存しており、資料的な重要性は極めて高い。冑についても、内面のみが目視できる状態にとどめられたが、X線CT画像の分析によって、外面の展開図や復元模式図が作成された(図2、大木2017)。多角的な図面の提示によって、今後の考古学的な検討に耐えうる資料

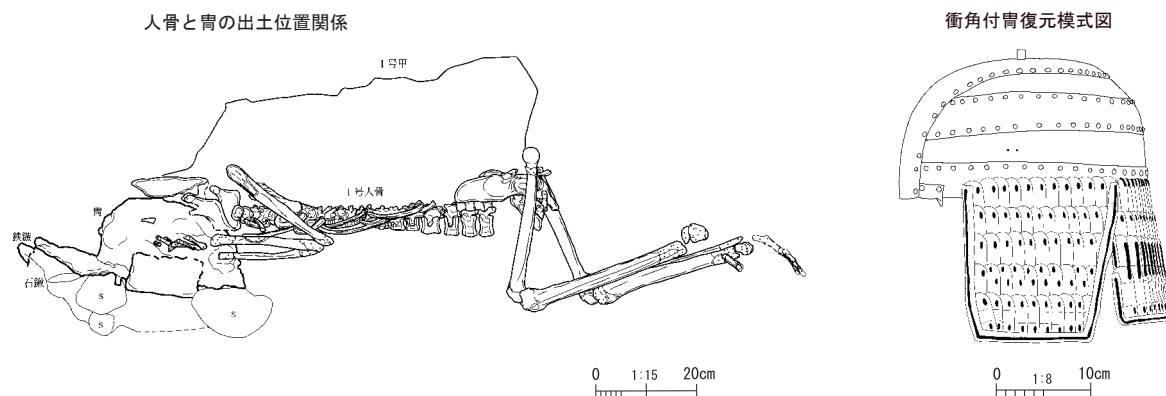


図2 金井東裏遺跡における甲冑の出土状態と衝角付冑模式図

化がなされた事例として注目できるだろう。

3. X線CT画像の活用成果

本研究が対象にしたX線CT画像は、資料表面の三次元データだけでなく、同時にX線透過データが取得できる点が特徴である。その有用性は、研究代表によって紹介されているので（本書第1部）、本稿では、衝角付冑の研究に絞ってその成果を紹介したい⁽²⁾。

正投影画像　本研究では、外面、内面について正投影した三次元画像を作成した（図3）。こ

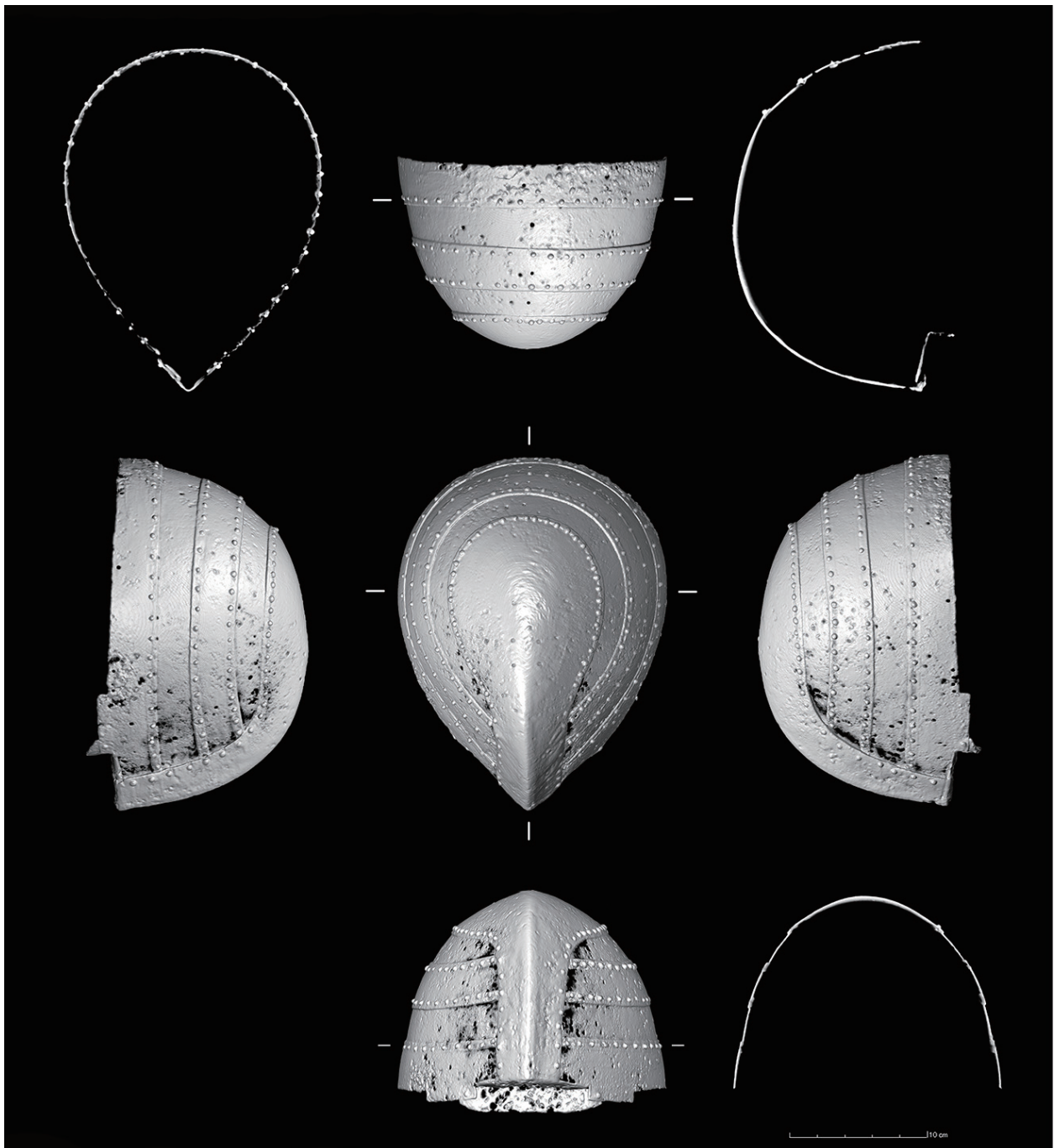


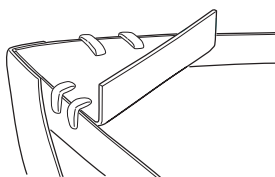
図3 正投影配置した画像（島内21号地下式横穴墓例）

これらの画像は、実測図と併用して各種分析の資料として使用できる高精度のものである。研究に資する一次的な資料化については、X線CT画像による提示によって、その速度が格段に上がったといえるだろう。手作業で実測図を作成する際には、資料をどの角度で据えて図面を作成するか、悩むことが多い。苦勞して作成した図面も、実測した角度が適切でなければ、不十分な情報に成り下がる。X線CT画像の精度は手測りの図面と比べ信頼度が高く、取得したデータの表示角度を調整することによって、標準的な展開位置を示すことができる。また、表面の形状を計測する一般的な三次元データにはない、断面の情報が得られる点でも有効性が極めて高いといえるだろう。

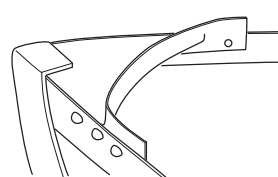
衝角底板連結手法への注目 衝角付冑の製作技法の変遷をたどる上で、衝角底板の形状と冑本体への連結技法は最も注目すべき属性であり、古くから注目されてきた。その詳細は、図4に示すとおり、衝角底板の形状と、腰巻板先端の形状、伏板先端の処理方法といった複数の要素がかかわっている。

しかしながら、実物の資料を観察すると、資料認識の上で困難を伴う事例に出くわすことがある。まず、衝角部は内面からの観察できないことから、外側から部材が覆う型式については衝角底板の正確な形状を把握することができなかった。また、内接式と呼ぶ型式では、冑本体と結合する糊代的な部位が作り出されるが、その部位は衝角部内面に至ることから、正確な形態を認識することが難しかった。さらに、伏板先端の処理方法についても、両側から折り曲げているのか、片方は切り落としてもう一方の側面のみを折り曲げているのか、俄かには判断できない事例もあった。

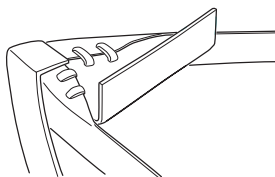
I 式 革綴 横接式



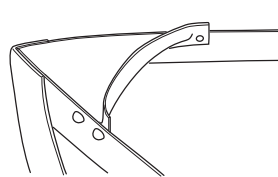
IVa 式 鉄留 内接折曲式



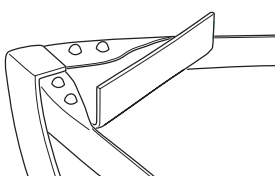
II 式 革綴 上接式



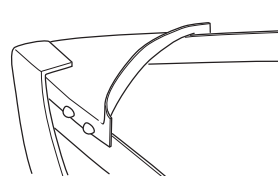
IVb 式 鉄留 内接切断式



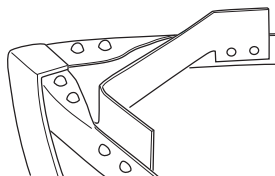
III 式 鉄留 上接式 (古相)



Va 式 鉄留 外接折曲式



III 式 鉄留 上接式 (新相)



Vb 式 鉄留 外接切断式

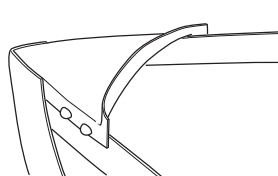


図4 衝角底板連結技法の諸例

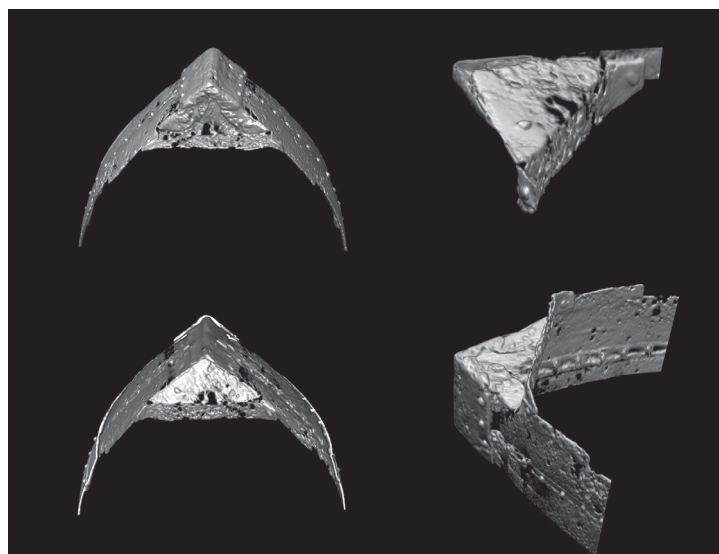


図5 衝角部の詳細 (島内21号地下式横穴墓例)

こうした資料そのものの制約に加え、構造把握の認識を助けるX線画像においても、衝角先端部においては画像そのものが不鮮明になる宿命を負っていた。衝角先端部には多くの鉄板が集まっており、透過画像の重なりが顕著であることがその理由である。

X線CT画像は、こうした従来の制約を乗り越える衝角部の鮮明な情報を提供する（図5）。衝角底板を内面から観察することは、破損している冑でなければできないことであったが、X線CT画像のデータ処理によって、完形品においても可能にした。こうした事例を加えることによって、衝角底板の詳細な形状認識に即した分類や分析が今後可能になるといえるだろう。

銹着物の除去 別部材が表面を覆っていることによって、詳細な観察を妨げている資料がある。鍛など冑を構成する部材が銹着している事例では、冑本体の表面の情報が得られない。こうした制約がある資料についても、X線CT画像ではデータ処理をすることで、あたかも別部材を切り離し、冑単体を抽出したような状態が提示できる。

特徴的な資料として、鳥取県倭文6号墳の事例をあげておこう。この古墳では、短甲の中に冑や鉄鏃を入れて副葬していた。出土時から短甲内面に冑や鉄鏃が銹着しており、保存処理の過程においてもこれらを短甲から切り離すことが困難であった（山田 2004）。現状においても短甲の中に衝角付冑がはまり込んでおり、詳細な観察が困難であったが、X線CT画像のデータ処理によって、

図6のように単体の資料として示すことができた。冑は土圧によって変形しているが、胴巻板や腰巻板、伏板の形状、寸法は正確に示すことができる。この資料については、再整理事業が企画され、詳細なX線CT画像が提示され、この画像を元にした観察結果と内外面の図面が掲載された（図7、鈴木 2018）。

銹着物があるため、現在まで

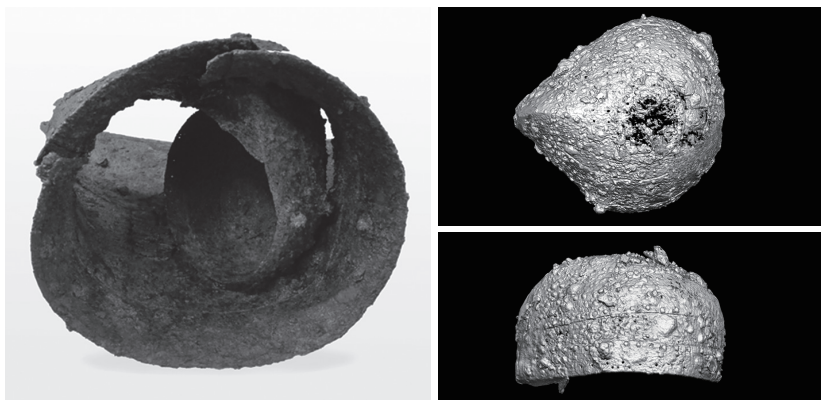


図6 銹着物の除去事例（倭文6号墳例）

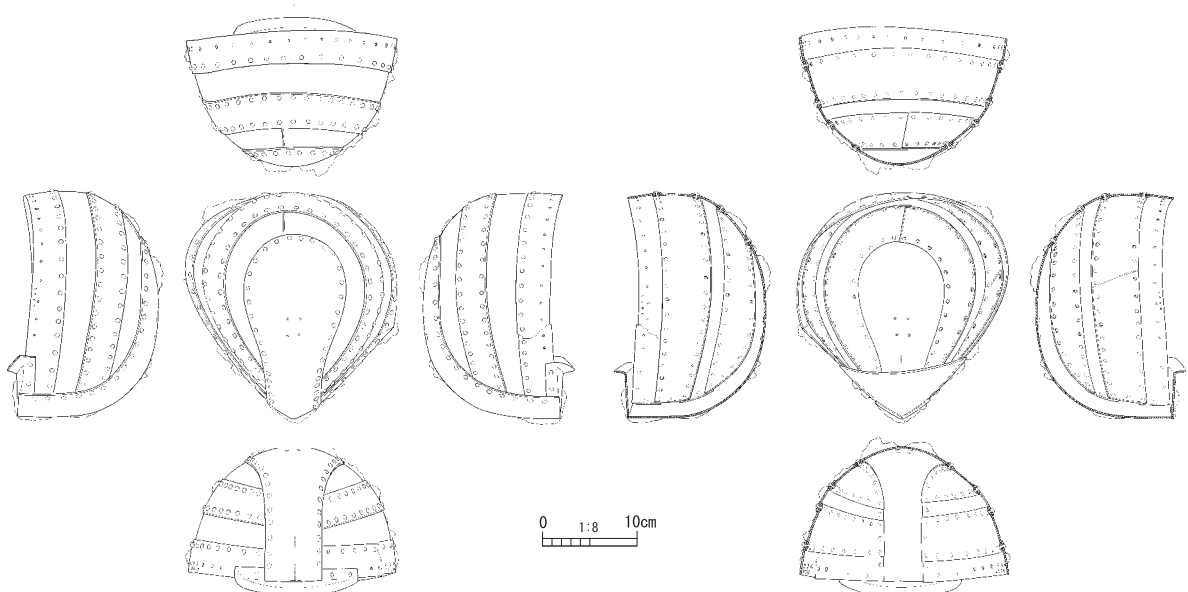


図7 X線CT画像を活用して作成した衝角付冑実測図の事例（倭文6号墳例）

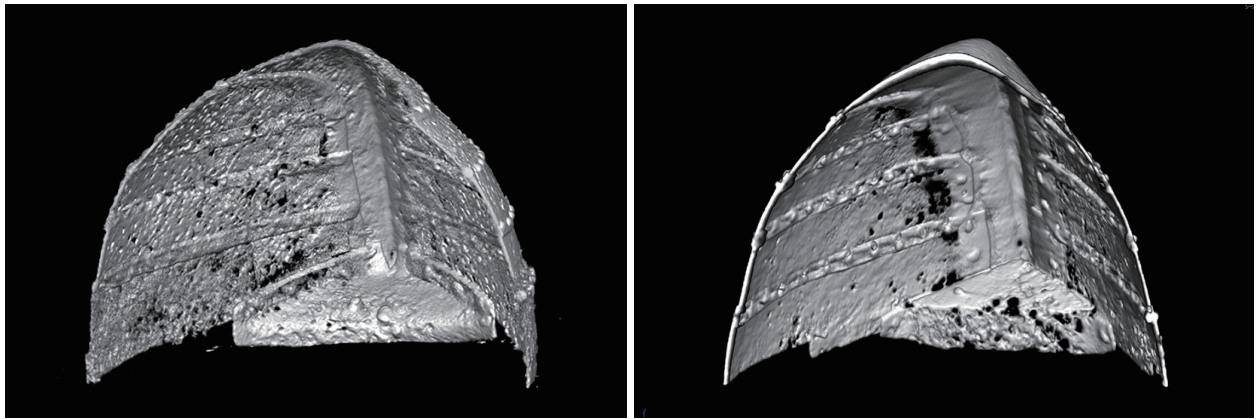


図8 任意視点による切断俯瞰
(左：島内139号地下式横穴墓例、右：島内21号地下式横穴墓例)

に十分な図化がなされなかった資料も多い。内面の観察が困難なことから、外面のみの実測図の提示に留まっている資料もある。こうした制約がある資料についても、X線CT画像の取得とデータ処理によって細かな分析ができる展望が開けたといえる。

任意の視点からの画像 X線CT画像は、観察の視点が任意に設定できる点でも意義深い。先に紹介したとおり、衝角先端部内面は衝角底板の形状や連結技法をうかがう上で重要な部位であるが、内面から直接目視できないことから、その詳細把握には大きな制約があった。今回の研究では、図8に示すような画像を作成することを試みた。斜め方向に切り取った三次元画像であるが、画像を切断する位置や、斜方向で俯瞰する角度を標準化することによって、多くの資料を同一の基準で比較提示することが可能になる。

衝角付冑に限らず、甲冑の細かな部位の違いは時期差を示す指標として注目されてきたが、近年はより細かな属性分析が進み、工人集団の違いや、工人個人の癖の差に迫るような議論が交わされている。こうした細かい議論は遺存状態が良好な限られた資料を用いて認識が深められていたが(杉井・上野編2012)、X線CT画像の活用によって、より多くの資料を用いて検討しうる道が開けたといえるだろう。

4. おわりに

X線CT画像の利点を中心に紹介してきたが、問題点も多くはらんでいることは留意しておく必要がある。その第一にあげられるのは、X線CT画像を研究者の誰もがデータ上で扱うことができないことである。三次元画像を自在に操るソフトウェアや巨大なデータを扱うハイスペックのPCは個人で導入するには高価すぎ、画像データを将来にわたって安定的に扱うことは難しい。現状では、標準化した二次元の画像を観察し、検討を加える手法をとらざるを得ない。折角の三次元データが二次元に加工された画像の観察に限定されるのはもどかしい限りである。将来的には三次元データをより簡易に扱う方向に発展することが望まれよう。

三次元データを二次元の情報に置き換えて提示するなら、実測図の作成が必須であろう。実物の詳細な観察をふまえて作成された実測図は、研究者の観察眼を通じて有益な情報が集約化されたものであり、その学術的な意義は依然として高いものといえる。

X線CT画像は、甲冑のような複雑な三次元構造物の資料化に適しているが、画像の集積のみでは考古学研究は進まない。X線CTをはじめとした三次元画像は、写真や図面に代わるものではなく、新たな情報提示手法として捉えることが肝要であろう。主張すべき内容に適した情報提示方法

を適切に選択し、従来の研究に厚みを加えていく姿勢が求められる。

【註】

- (1) 2015年に重要文化財に指定された大阪府野中古墳出土の三角板革綴襟付短甲は2点が新たに立体復元された。
- (2) 本研究において計測した衝角付冑は、以下の通りである。大阪府黒姫山古墳出土例4点（いずれも横矧板鉾留衝角付冑、S1、S4、S7、S8）鳥取県倭文6号墳出土例（横矧板鉾留衝角付冑）、福岡県山の神古墳出土例（横矧板鉾留衝角付冑）、宮崎県島内21号地下式横穴墓出土例（横矧板鉾留衝角付冑）、宮崎県島内139号地下式横穴墓出土例（横矧板鉾留衝角付冑）、宮崎県小木原1号地下式横穴墓出土例（横矧板鉾留衝角付冑）。

【参考文献】

- 大木紳一郎 2017「冑」『金井東浦遺跡 甲着装人骨等詳細調査報告書』群馬県教育委員会
- 川畑 純 2015『武具が語る古代史』京都大学学術出版会
- 杉井健・上野祥史（編）2012『マロ塚古墳出土品を中心にした古墳時代中期武具の研究』国立歴史民俗博物館研究報告第173集
- 鈴木一有 2009「中期型冑の系譜と変遷」『考古学ジャーナル』No.581 ニューサイエンス社
- 鈴木一有 2018「横矧板鉾留衝角付冑」高田健一編『鳥取市倭文6号墳出土遺物の研究』鳥取市教育委員会
- 橋本達也 2017「X線CT調査による古墳時代甲冑の研究と島内139号地下式横穴墓の調査」『X線CT×島内139号地下式横穴墓—X線CT調査による古墳時代甲冑の研究—』鹿児島大学総合研究博物館
- 山田真宏 2004『鳥取市 倭文所在城跡・倭文古墳群』（財）鳥取市文化財団
- 吉村和昭 2014『三次元レーザー計測を利用した古墳時代甲冑製作の復元的研究』平成23年度～25年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）基盤研究（C）研究成果報告書 奈良県立橿原考古学研究所

X線CT調査による眉庇付胃の研究

橋本達也（鹿児島大学総合研究博物館）

1. はじめに一眉庇付胃とX線CT

眉庇付胃は古墳時代甲冑の一形式として、古墳時代中期中葉の鋳留技法や金工技術といった新たな渡来系技術の導入時に在来の倭系技術との融合によって生み出され、中期末までの比較的短い期間に製作・使用・埋納されたことが知られている。また、衝角付胃とも技術的に多くの共通性を有し、両系統の胃がきわめて緊密な関係をもちつつ製作されたことは間違いなく、同一の工房でも製作されたと考えられる。ここでは眉庇付胃に対して実施したX線CT撮影・解析をもとに、いくつかの所見を記しておきたい。

眉庇付胃は古墳時代甲冑のなかでも多彩な技術を用いて、複雑な形状をつくり、高い装飾性をもつが、一般的に甲冑はサビで覆われる、変形する、破損していることが多い。そのため、表面観察のみでは本来の形状・技術などの理解が十分でないことも多い。この胃のさらなる検討を進めるにはこれまで主流であった肉眼観察と手測りによる実測図の提示では必ずしも十分とはいえず、より多面的な資料情報の充実が求められるところである。なかでもX線CTはもっとも有効な情報取得法の一つであると考えられる。

2. 形態比較

実測図では正投影展開図の提示が基本となり、多いものでは内外面10面展開図の報告事例があるが、実際に研究で使用されているのは、上面図と側面図が中心となっている。より少ない図面で多くの情報を提示することを目指すからであるが、実際のこの胃の特徴、有意な分類・系統を見出すには、さらに、さまざまな切り口の検討方法を模索する余地がある。

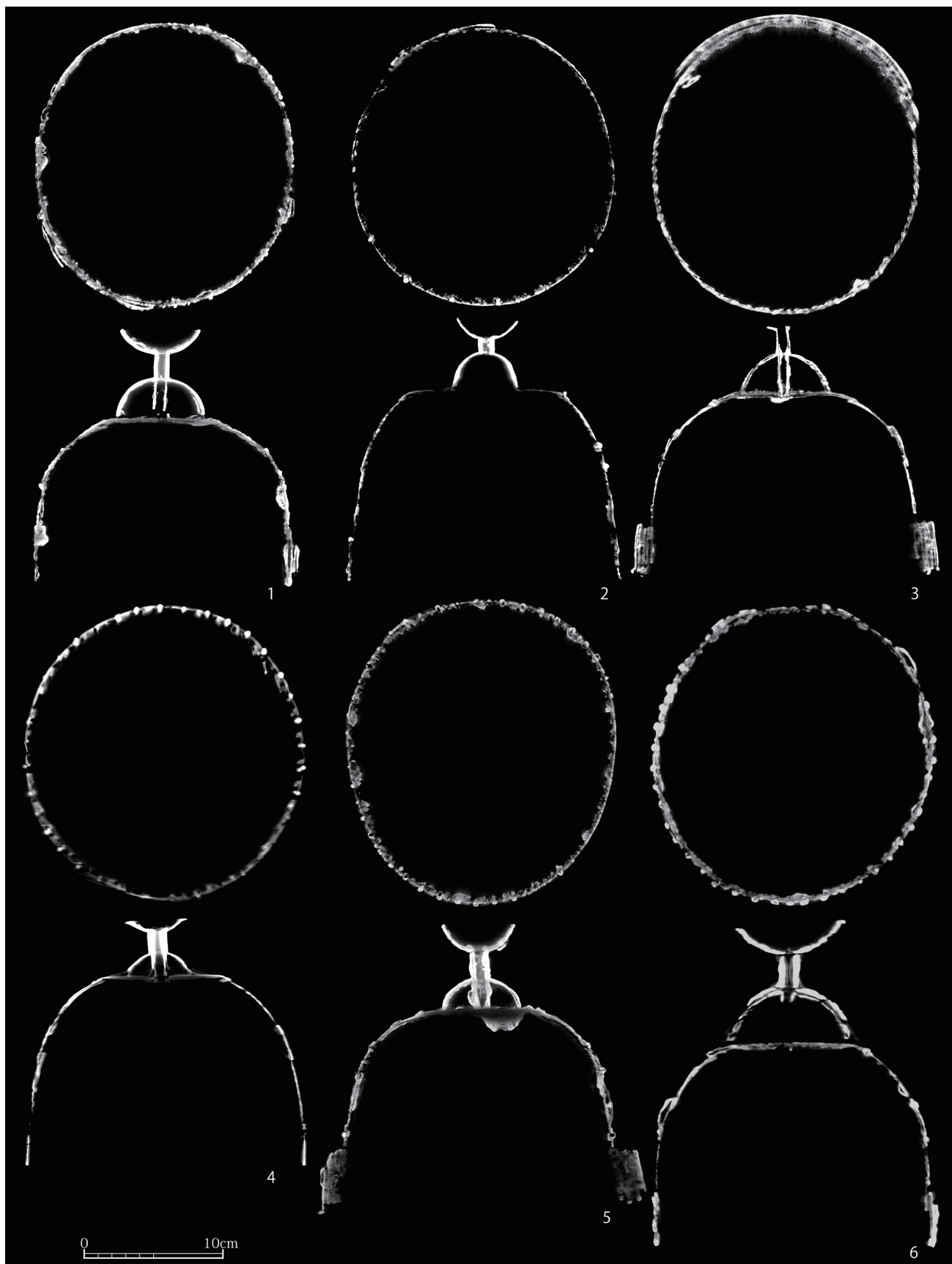
例えば図1では、今回CTデータを取得した眉庇付胃の縦横断面を提示してみた。単に平面長幅・高さといった単純な数値では表されない平面形態・高さ・カーブといった形状のバリエーションをみることができる。これらを生み出している技術的背景や工人系統などに基づく分類はまだ検討できていない課題であるが、他にもX線CT画像の検討を進めれば、現状で十分認識されていない新たな視点を見出し得る余地はあるだろう。

3. 頂部装飾

(1) 構造と比較

眉庇付胃のなかでも、受鉢・管・伏鉢からなる頂部装飾は、他の甲冑などで共通要素を見出すことのできない特異な構造物である。防御の機能のない装飾であり、そのデザインの淵源は東アジアの冠にある（橋本2012）。この部分は鍛造による鉢構造、鉄管といった独特の部材を使用しており、かつ、きわめて複雑な鍛接技法を駆使している。なかでも、伏鉢はその内部が観察できないので、その構造を知る上で、X線CTは重要である。

具体的な事例をみよう。図2-2~6は一般的な頂部装飾である。管を受鉢から伏鉢・伏板ま貫通させ、



1. 稲童 21 号墳 2. 永浦 4 号墳 3. 下北方 5 号地下式横穴墓 4. マロ塚古墳 5. 野中古墳 7 号冑 6. 黒姫山古墳 M9 号冑

図 1 眉庇付冑の縦横断面

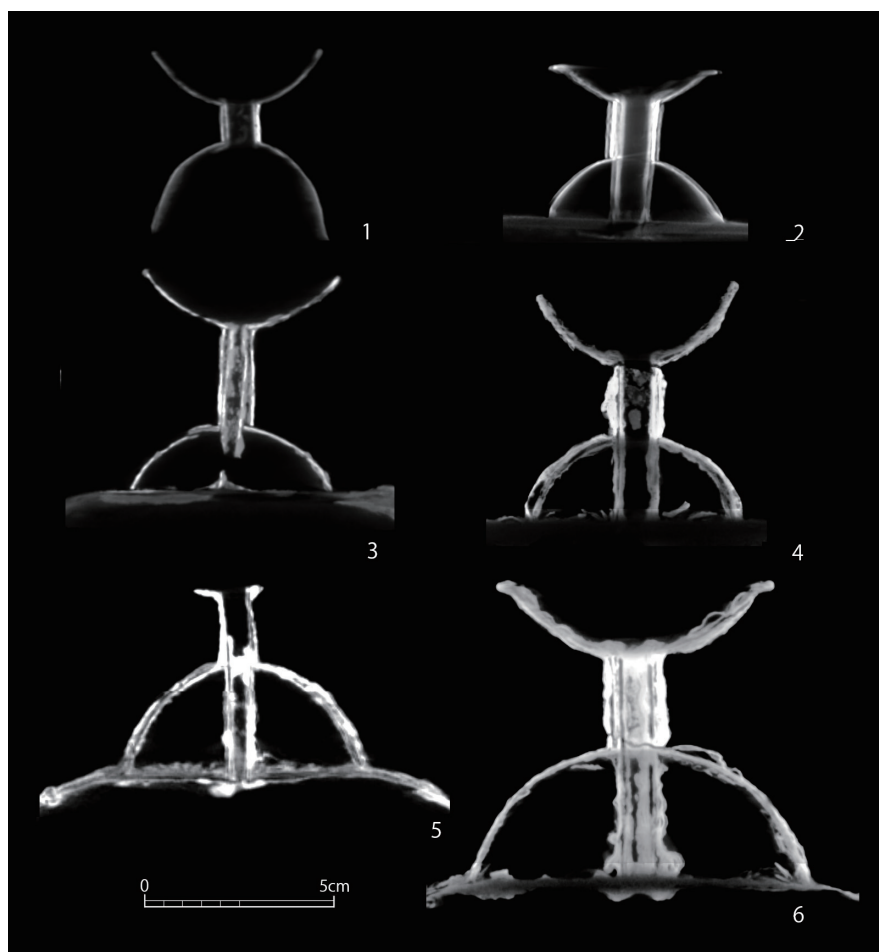
管の端部に切れ目を入れて
割き、上端では受鉢内面、
下端では伏鉢内面に鍛接す
る。また、受鉢～伏鉢間の
管には、さらに鉄板を巻き
付けて二重構造として、受
鉢を下から、伏鉢を上から、
挟み込んで押さえつける構
造になっていることが明瞭
にみえる。

図2-1は福岡県永浦4号
墳で確認された特徴的な技
法である。管上端を受鉢に
鍛接すること、受鉢－伏鉢
間を二重に巻くことは同じ
であるが、伏鉢は伏板から
敲き出して、両者が一体
でつくられている（橋本
2004）。また、管下端は伏
鉢上端部内面に鍛接されて
いる。類似する伏鉢・伏板
の一体づくりは滋賀県新開
1号墳1号冑にもみられる
が、シワを出さずに半球形
を均質に敲き出す、きわめ
て高度な技術によっている。

頂部装飾は肉眼観察でも基本的な構造はおおむね認識できるが、かつて筆者は管が二重構造になっていることを見逃していた。このことは遺存状態のきわめて良好なマロ塚古墳資料の観察によって確証を得ることができたものの（杉井・上野編 2012）、通常のサビで覆われた資料では、閉じた構造の鉄板一枚分の厚みまで観察するのは難しい。上下に貫通する芯の管も、二重目の管も合わせ目はうっすらとみえるか、ほとんどみえないことが多く、サビがあればなおさら認識が難しい。今回、X線CT画像によって、あらためて、すべての管が二重構造になり、受鉢は管端部との鍛接だけでなく、管が下から支える構造となること、伏鉢は管が伏板に押さえつけて固定する、きわめて合理的な構造でつくられていることが再認識できた。

(2) 稲童21号墳の眉庇付冑

この冑は頂部装飾を鉄地金銅としている装飾性の高いものである（図3）。さらに、眉庇付冑に隣接して樹状の立飾が出土しており、受鉢の頂部に付属するものとみなされてきたが、実際には受



1. 永浦4号墳 2. マロ塚古墳 3. 六野原8号地下式横穴墓
4. 野中古墳7号冑 5. 下北方5号地下式横穴墓 6. 黒姫山古墳 M13号冑

図2 頂部装飾各種

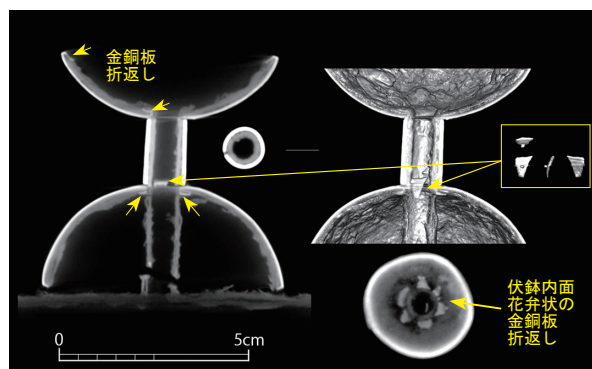


図3 稲童21号墳眉庇付冑の頂部装飾

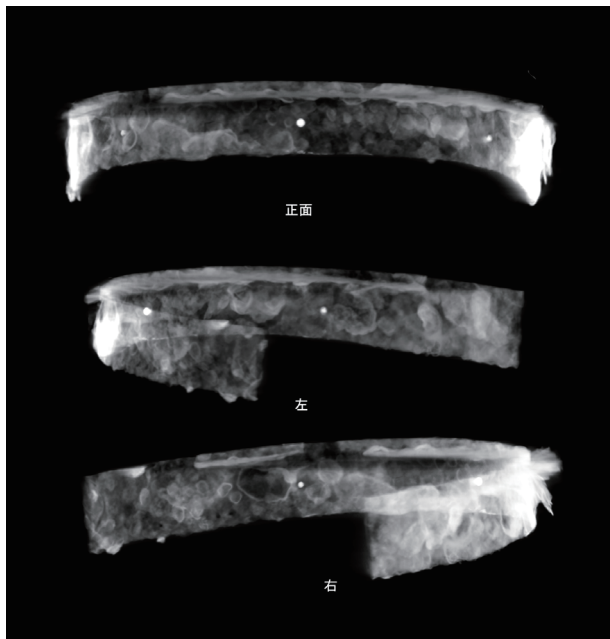


図4 稲童21号墳底部下の金銅板装飾の鉚留

鉢側にその痕跡が確認できず、受鉢内に立てられたことの確証があったわけではなかった。

今回、X線CT調査によって管内部をみると、伏鉢の上端部付近に金銅製とみられる小片の存在が確認できた。この古墳の立飾は出土している二点とも下端部を欠損していることと考え合わせると、この小片が立飾の破片である可能性は考えてよい。

また、この胃の管は受鉢から伏板まで貫通するのが鉄製で、受鉢－伏鉢間の二重目は金銅製であること、受鉢・伏鉢とも金銅板の端部を折り返して鉄板に留めていることなど、断面構造からその技法がよく観察できる。加えて、受鉢・伏鉢の金銅板は外面から孔を通して折返し、内面で花卉状に開いて留めていることもX線CTのみで観察できる情報である。

加えて、この胃では底部下の前額部に金銅板の装飾があるが、この金銅板は金銅鉚により3ヶ所留めていることがX線CTによって確認できた(図4)。X線画像の撮影しにくい部位であり、サビでも覆われているので観察しにくく、報告書(行橋市2005)では記録されていない点である。

4. まとめ

これまで、資料観察によって概ね理解出来ていても、細部までの観察が十分でなかったり、あるいは十分な表現のできていなかったことなどが存在した。X線CTは他の手法では得難い、表面上の観察では明らかし得ない情報を獲得できる特徴があり、新たな研究を進める可能性をもっている。今後、実測図・写真に加えて、新たな情報共有の手段としての活用がきわめて有効であることを確認しておきたい。

また、眉庇付胃の頂部装飾に類する鉢構造は、馬具にもみることができる。その他にも内部構造、断面構造の観察困難な器物は数多く存在する。武器・武具・馬具においても、さまざまな応用が可能で、研究の進展が期待される。

【参考文献】

- 橋本達也 2004「永浦4号墳出土副葬品の意義－甲冑・鉄鏃を中心として」『永浦遺跡－第1次・2次調査－』古賀市文化財調査報告書第35集 古賀市教育委員会
- 杉井健・上野祥史(編) 2012『マロ塚古墳出土品を中心とした古墳時代中期武具の研究』国立歴史民俗博物館研究報告第173集
- 橋本達也 2012「東アジアにおける眉庇付胃の系譜－マロ塚古墳出土眉庇付胃を中心として－」『国立歴史民俗博物館研究報告』173 国立歴史民俗博物館
- 行橋市教育委員会(山中英彦ほか編) 2005『稲童古墳群－福岡県行橋市稲童所在の稲童古墳群調査報告－』行橋市文化財調査報告書第32集

X線CTスキャナを用いた錆化有機質の検討 —大宰府政庁跡出土小札の威紐と綴紐—

小嶋 篤（九州国立博物館・福岡県立アジア文化交流センター）
赤田昌倫（国立アイヌ民族博物館設立準備室）

はじめに

西海道出土小札甲のうち最も遺存状態が良い資料が「大宰府政庁跡出土小札」である。この小札は1970年の大宰府史跡第6次調査において、整地層内から発見され、2002年に刊行された正式報告書『大宰府政庁跡』で事実報告がなされた（九歴2002）。その後、拙稿において層位的検討に根差した出土状況の整理とともに、小札表面に残る有機質についての注意喚起を行った（小嶋2011）。大宰府政庁跡出土小札がもつ情報を最大限に引き出すためには、小札本体に加えて、「錆化有機質」の資料化が必要不可欠と考える。

本研究では、以上の問題意識に基づいて、大宰府政庁跡出土小札を対象にX線CTスキャナを用いた錆化有機質の検討を行う。

1. 大宰府政庁跡出土小札の遺存状況

大宰府政庁跡出土小札は、政庁南西回廊と前面築地の間に敷かれた整地層から出土した。この整地層は「藤原純友の兵火（941年）」で焼失した政庁の再建時に敷設されたと把握されており、層位的検討および供伴資料等から埋没時期を絞り込める。

肉眼観察で把握できる小札表面の有機質は、いずれも錆化した状態で遺存している。肉眼観察による判別は、紐（威紐^①・綴紐）・布・藁の3種類である。また、断片的に漆状の付着物も確認できる。このうち、藁は同一層位で出土する他の鉄製品表面にも不規則に遺存するため、埋没時に二次的に付着したと判断できる。したがって、藁は埋没状況を探る有益な情報だが、小札甲の構造解明には用をなさない。小札甲の構造把握には、紐・布・漆状付着物の情報が求められる。以下では、小札甲の基本構造とも言える威紐・綴紐に焦点を当てることで、大宰府政庁跡出土小札の再報告に向けた着眼点の整理も図る。なお、本稿で具体的に検討した小札群は、『大宰府政庁跡』Fig.229 - 5の小札群である（図1）（九歴2002）。

2. 肉眼で観察した威紐と綴紐

X線CTスキャナによる検討に先立ち、改めて威紐と綴紐の肉眼観察を行った。2002年の報告書でも述べるように、小札表面での威紐と綴紐の遺存状態は極めて悪い（九歴2002）。明らかに綴じられた状態のまま錆着した小札群も、綴紐の痕跡は断片的にしか残らない。威紐もほぼ同様の遺存状態で、第1～3の威孔付近に断片的にしか確認できない。これらのわずかな威紐と綴紐痕跡を見る限り、その表面には小札表面に貼り付くように遺存する布と異なり、編み目は認められない。この点と他の甲冑出土品の類例から見て、威紐と綴紐には革紐を用いたと判断している。

このように、肉眼観察で確認できる威紐と綴紐の情報は限られる。その一方で、小札同士は綴じられた状態で錆着するため、埋没時には綴紐は遺存していたと推測できる。そこで、肉眼観察では確認できない部分、小札と小札の間に挟まれた部分（錆）を対象に、X線CTスキャナを用いて威

紐と綴紐の痕跡を探った。

3. X線CTスキャナで観察した威紐と綴紐

(1) X線CTスキャナによる調査過程

X線CTスキャナは九州国立博物館のYXLON International社製Y.CT Modular 320FPDを使用した。調査条件は、管電圧225kV、管電流1.3mAで、資料の調査時は0.20mmの解像度とした。また、積分時間は400ミリ秒、プロジェクション数は5040であった。データ解析には、VolumeGraphics社製VGStudioMAX 3.1を用いた。調査には小札に対して最もX線が透過する設置方法と安全性を考慮した。今回は資料が小さかったため、小札を綿布団で包んで布団の上部と下部を紐で縛り、小札の表面が線源とフラットパネルに平行になるよう縦向き（垂直）にしてCTスキャナで撮影した。

本研究では威紐と綴紐を小札から分離し、さらに錆化した各小札の形態・孔配置を確認することが求められる。そこで、CTデータの威紐と綴紐の輪郭を各方向から立体的にトレースし、小札と分離する作業を行った。目視で確認できない小札も、CTデータで輪郭をトレースし層位的に剥がす作業を行った。

威紐と綴紐は有機質であるため、小札とのコントラストの違いからトレースと分離ができるかと考えた。しかし、錆化して遺存した紐と小札から溶出した錆とではコントラストの違いはわずかであった。また小札間で押し潰され、紐の形状は不定形であった。ただし、小札の断面を見ると小札の孔から他の小札の孔へと繋がる特徴的な錆などが確認できたため、この輪郭線をトレースして威紐と綴紐の形状把握の道筋をつけることができた。

小札は「く」の字のように山形に折り曲がったものや、一つ目の小札の正面と二つ目の小札の側面が斜めに錆着したもの、破損した部位と他の小札が錆着し同化したものがあったため、ソフトウェア付属の半自動的なトレースでは小札の正しい形状での分離は不可能であった。そこで本研究では小札が正面になるように向きを変え、0.12mmずつ上から順番に輪郭を探すことで、ある程度正確な形状で小札をトレースし分離できた。ただし、小札の錆化が顕著な部位や、ビームハードニングや金属アーチファクトの影響が見られた部位では小札間の境界線が極めて不明瞭で、正確な輪郭をトレース出来なかった。そのような部位については、小札の上下の輪郭線から形状を把握した。

(2) 錆化した威紐と綴紐の検討

X線CTスキャナによる観察では、威紐と綴紐の遺存が予測できる「複数個体が錆着した小札群」を対象とした。観察では、上記の調査過程のように、CTデータ上で小札一枚一枚を層位的に剥がしていきながら、「各小札の形態・孔配置に焦点を当てた画像」と「小札間に残された威紐と綴紐の痕跡に焦点を当てた画像」を作成した（画像1～5）。また、対象とした小札の個体同定ができるように、「対象小札の位置判別のための画像」も作成した。

小札群は最上面の1枚を除き、他はすべて表裏面を揃えて錆着する。したがって、以下では便宜的に「小札群表面」と「小札群裏面」と呼ぶ。小札群には2種類の小札が含まれ、小札群表面に札幅2.0cmの小札12枚（最上面の1枚のみ裏返る）、小札群裏面に札幅2.3cmの小札2枚が錆着している。いずれも威孔一列配置の小札で、札幅2.0cmのものには第三威孔が確認できる。

威紐と綴紐の痕跡は、小札群表面に重なる札幅2.0cmの小札の間で確認できた。裏返った最上面の小札とその下の小札2枚には、明確な紐痕跡がなく、小札群表面から4枚目以降に紐痕跡が確認できる。

威紐は小札裏面から第1威孔を抜け、第1威孔と第2威孔の間で表出する。その後、表面から第2威孔を抜け、再び第3威孔から表出する。これらの情報を繋ぎ合わせると、いわゆる「通段威」の状態では威紐の痕跡が残されていると分かる。ただし、小札群の遺存状態からも分かるように、威紐は随所で切断され、切れた威紐は左右に流れるように各小札の表裏に貼り付く。したがって、小札甲に組み上げられた状態に近い位置で遺存している威紐は、「切断される頻度の少ない第1威孔と第2威孔の間」や、「各威孔内部」に限られる。切れた威紐の遺存状態は、小札群がどのように埋没したかを探る有益な情報と評価できる。

綴紐は上述した威紐と同一面で錆化しており、両者の峻別が必要となる。威紐と綴紐は切断もあり、相互に弛緩して小札の表裏に貼り付くため、一見しただけでは峻別が難しい箇所もある。峻別には、まず威孔と綴孔の配置を確認し、それらとの位置関係から確実に威紐や綴紐と認識できる部分を探る他ない。峻別の結果、綴紐は小札上段を中心に遺存し、下段は遺存状態が悪かった。上段の綴紐は表面で上下方向、裏面で斜め方向や横方向に伸びる状態で遺存する傾向にあり、やはり小札同士を綴じた状況がうかがえる。

4. 小札群の埋没状況

肉眼およびX線CTスキャナで観察した威紐と綴紐の状況をふまえ、改めて小札群（『大宰府政庁跡』Fig.229-5）の埋没状況を整理する。本小札群は小札群表面より、「①最上面の裏返った小札1枚、②下段小札列7枚、③上段小札列4枚、④軸を違える小札列2枚」の4つの構成で把握できる（図1・画像1～5）。

①最上面の裏返った小札1枚は、綴紐の状況のみでは錆着の様子を判別できない。札頭と札尻の位置が、直下の小札群（②下段小札7枚）と大差ないことを積極的に評価すれば、残存した綴紐を起点に裏返ったとも想定できるが、確証はない。

②下段小札列7枚は、小札甲に組み上げた際に下段に綴じられていた小札列である。綴じられた状態からズレて、相互に重複するように錆着することから、さらに下段の小札列を含んでいる可能性もある⁽²⁾。両者の峻別を図ったが、確証が得られなかったため、一括して下段小札列として把握した。下段小札列は埋没時の威紐の切断や弛緩も加わって、本来上段に位置する小札列（③上段小札列4枚）に覆いかぶさるように錆着しており、小札群表面の大部分を占める。

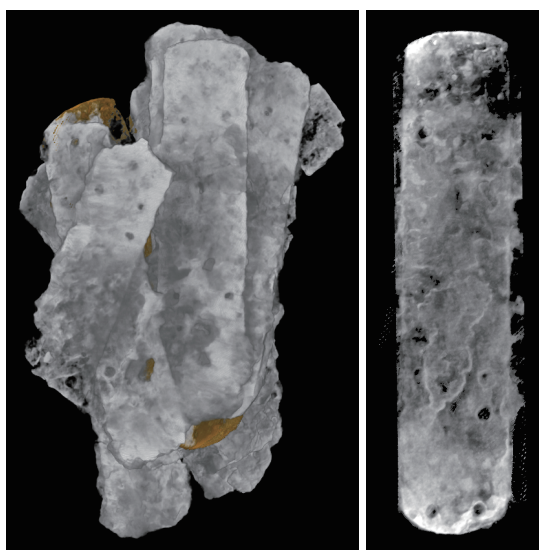
③上段小札列4枚は、小札甲に組み上げた際に上段に綴じられた小札列である。②下段小札列が上に堆積することから、肉眼観察では表面の大部分は観察できない。埋没する際に小札上段に存在した綴紐を基点に小札がズレたために、札尻側が扇形に広がって錆着する。

④軸を違える小札列2枚は、札幅2.3cmの小札で構成され、③上段小札列4枚の側面に札頭が接する状態で錆着する。同一個体の小札甲の部材であった場合、上段小札列よりも、さらに上方の小札列と考えられる。なお、小札裏面には布の痕跡が面的に広がり、革紐とは異なる有機質部材が存在する。

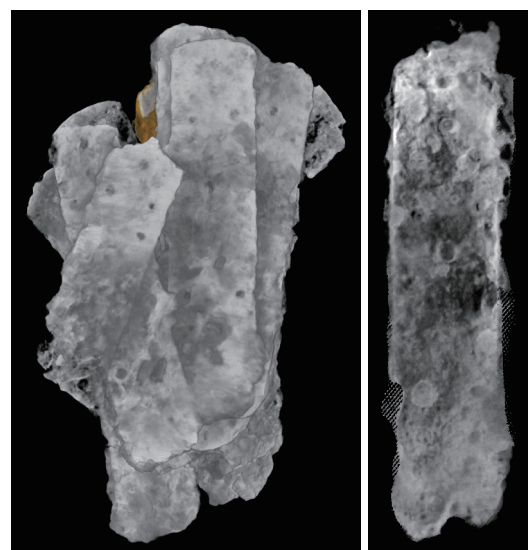
以上のように、本稿で取り扱った小札群（『大宰府政庁跡』Fig.229-5）の埋没状況は整理できる。次に、この遺物観察所見の成果を「遺跡での出土状況」に還元することで、さらに大宰府政庁跡出土小札の資料的価値の底上げを図る。大宰府政庁跡出土小札は、大宰府政庁Ⅲ期建物の造営時に整地層内で埋没した。調査日誌と出土状況の写真の検証から、小札は同一地業の整地層内、約6mの範囲に散在して埋没している（小嶋2011）。小札単体での散乱も多いが、今回の観察からも明らかに、綴じた小札列を通段威で威した状態での遺存例も複数確認できる。つまり、小札甲として組み上げられた小札群が、整地層内に埋没する前に、威紐や綴紐、下捌がある程度のブロックで



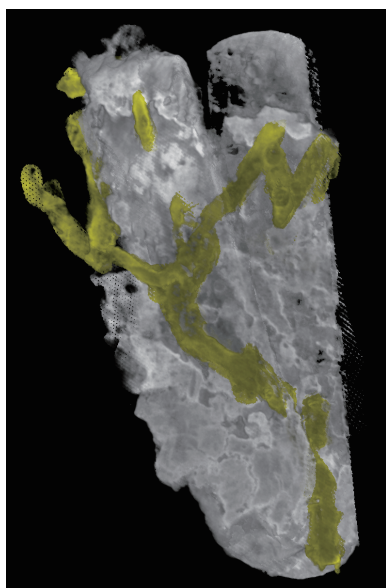
図1 大宰府政庁跡出土小札群（『大宰府政庁跡』Fig.229-5、実測図 S=1/3）



画像1 小札群表面から5枚目の小札



画像2 小札群表面から6枚目の小札

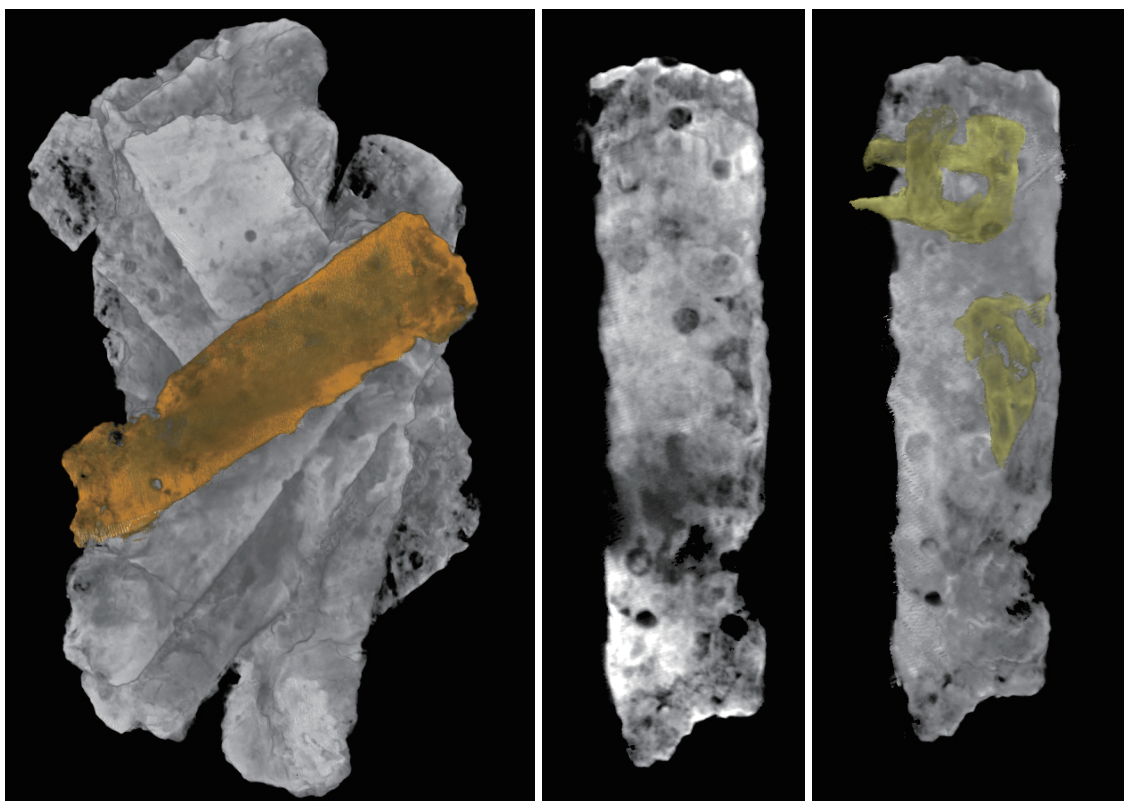


画像3 小札群表面から5枚目と6枚目の小札表面にのこる錆化有機質

5枚目の小札の札頭側、第1・2威孔の間では威紐が甲に組み上げられた状態のまま遺存している。札中央部では第3威孔から露出した威紐と、覆い被さるように錯着する2枚目の小札裏面にある威紐と綴紐が錯着しており、一見ただけでは峻別が難しい。

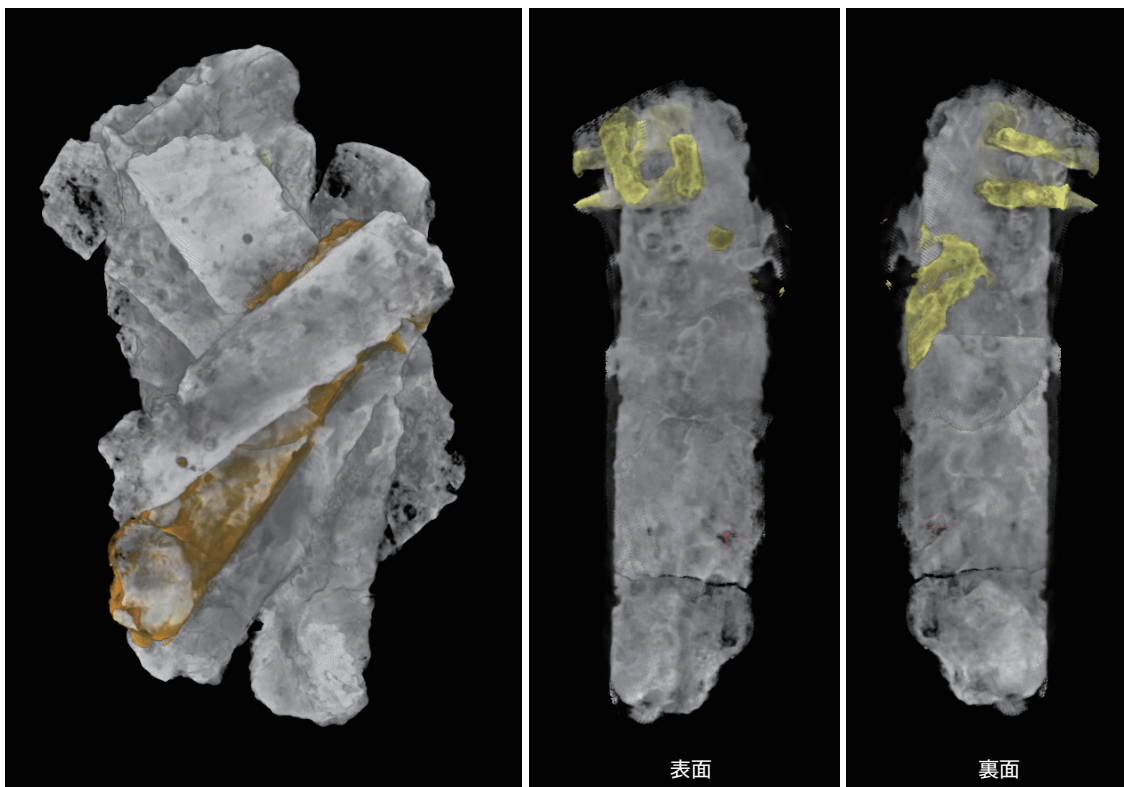
6枚目の小札は、一部が5枚目小札と重複するだけでなく、4枚目小札がほぼ全面に被さる。6枚目小札の札頭側、第1・2威孔の間には、やはり威紐が残る。この威紐に重なる斜め方向の紐は綴紐である。この綴紐は4枚目小札裏側で露出しているもので、6枚目小札には直接伴わない。

このように、重複する小札群の錆化有機質の理解には、小札同士の重なりと小札の表裏をふまえた空間把握がもとめられる。



第1・2威孔の間、第3威孔の下方に威紐が残る。横方向に重なる紐は、画像5の小札の威紐である。

画像4 小札群裏面から1枚目の小札



本来、第1威孔の上方向や第2威孔の下方向に伸びる威紐が、横方向で錯着している。

画像5 小札群裏面から2枚目の小札

切断されていたと判断できる。本稿の主要検討対象とした小札群にいたっては、小札下方の綴紐や下搦が外れ、上方綴紐を基点に扇状に広がった状態で埋没していた。

大宰府政庁跡出土小札は、埋納土坑のような遺構に納められたものではなく、また、古墳石室内のような空間で腐朽、その後の二次堆積の土圧等で散乱したものでもない。破損瓦や鉄釘等の建築部材、土器類等の廃棄品集積を経た「埋め殺し」のような整地で、同一地業内に不規則に埋没した小札群である。X線CTスキャナで観察された錆化した威紐や綴紐の乱れは、小札群の埋没時の状況を生々しく伝えている。

おわりに

X線CTスキャナを用いた錆化有機質の検討により、大宰府政庁跡出土小札の構造的理解を深められた。また、錆化有機質の残存状況から、埋没状況に関する情報もさらに積み上げることが出来た。近年、大宰府政庁跡出土小札の性格を、「鎮物」とする仮説も提示された（塚本 2017）。新旧型式の小札を用いた祭祀の存在は確実だが、新旧型式の小札の運用的備蓄も存在する（小嶋 2016・2018）。古代の小札甲がもつ「兵器」と「鎮物」の性格は、X線CTスキャナの利用も含めた複数手段の相互検証を経て、追究していかなければならない。

【註】

- (1) 小嶋は旧稿で「緘」という漢字表記を用いてきたが、同表記が中近世以降の和製漢字であることから、本稿より古代以前の小札甲については「威」の表記に改める。
- (2) 『大宰府政庁跡』Fig.230 - 19の腰札の重なり方からも分かるように、横方向に綴じられていた同じ小札列であっても、ほぼ重複した状態で錯着する事例も認められる。

【参考文献】

九州歴史資料館 2002『大宰府政庁跡』

小嶋 篤 2011「大宰府政庁跡出土小札の研究」『九州歴史資料館研究論集』35 九州歴史資料館

小嶋 篤 2016『大宰府の軍備に関する考古学的研究』平成 25～27 年度科学研究費助成 若手研究 (B) 研究成果報告書（課題番号：25770290）九州国立博物館・福岡県立アジア文化交流センター

小嶋 篤 2018「大宰府の兵器と工房」『大宰府の研究』高志書院

塚本敏夫 2017『鎮物としての武器・武具－武具埋納祭祀の展開－』平成 29 年度夏季企画展図録（公財）元興寺文化財研究所

古墳時代甲冑の科学分析における X 線 CT の位置と展望

塚本 敏夫 ((公財) 元興寺文化財研究所)

はじめに

X 線 CT が日本の文化財研究施設へ最初に導入されたのは 1988 年の国立歴史民俗博物館である。その後、1994 年に奈良国立文化財研究所に導入され先駆的な成果を上げた。しかし、当時は大容量のデータを扱うため、コンピューターの性能(メモリ)の関係で、高額で別次元の道具と位置付けられていた。

最近、2006 年の九州国立博物館での導入を機に、東京国立博物館、京都国立博物館などの国立文化財機構や国立民族学博物館、福岡県立九州歴史資料館などの先進的・先端的な博物館施設などへの導入が相次いでおり、画期的な報告がなされている。

2017 年、奈良国立博物館に大型 X 線 CT が導入され、2018 年 1 月には(公財)元興寺文化財研究所でもマイクロフォーカス型 X 線 CT の導入が予定され、文化財の調査・研究・修復に欠かせない分析機器の一つとなりつつある。

また、2017 年には古墳時代の甲冑研究に本格的に X 線 CT が利用された群馬県渋川市の金井東裏遺跡の報告書が刊行された意義は大きく、今後は甲冑研究に X 線 CT 調査が欠かせないものとなると思われる。

本論では古墳時代の甲冑研究に理化学的分析が利用された事例について、小札甲を中心に挙げながら、X 線 CT 調査を含めた今後の理化学的分析の限界性や展望について考えてみたい。

1. 甲冑研究における透過試験

ここでは、甲冑研究に透過試験が利用されてきたことを(公財)元興寺文化財研究所での事例を中心に紹介する。

(1) X 線透過試験による構造調査

文化財の調査や修復に欠かせない検査が非破壊の X 線透過試験である。

当研究所では、1971 年に出土金属製品の保存修理を初めて行った兵庫県姫路市宮山古墳の修理でいち早く X 線透過試験を導入した(図 1)。当初から遺物の保存修理に対して非破壊で内部構造や状態を知ることができる X 線透過試験を導入して、その有効性を実証した。とくに、文化財での X 線透過試験の普及は 1978 年の埼玉稲荷山古墳出土鉄剣の象嵌銘文の発見が重要な役割を担った。朽ち果てたザビの塊から 115 文字の金象嵌銘文が発見され(図 2)、

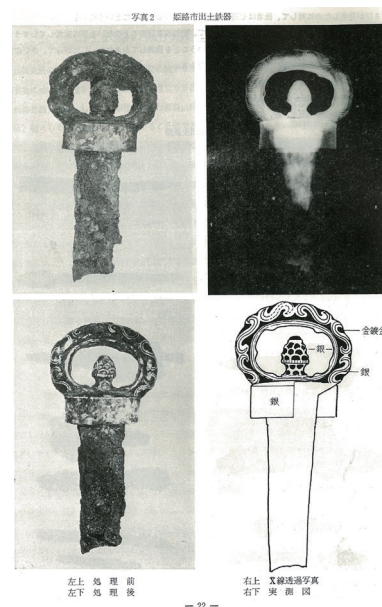


図1 宮山古墳出土品の保存処理
1971年『保存科学 昭和46年度研究報告』
より抜粋



図2 埼玉稲荷山古墳出土象嵌銘文大刀の X 線写真

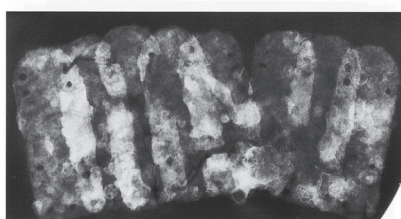


写真2 小札のX線透過試験および中性子ラジオグラフィ
 (1) (XRT) 65kVp 2mA 2min Fuji X-ray film 1x100
 増感紙 船増感紙 LP 0.05
 焦点フィルム間距離 100cm
 (2) (NRT) 照射時間 16min
 使用フィルム Kodak SR
 コンバーター ガドリニウム25μm

図3 小札の中性子ラジオグラフィ

(袋井市団子塚9号墳出土小札甲)

る鉄 (Fe) や銅 (Cu) とほぼ同じであり、X 線ラジオグラフィでは透過して見えない布や紐や革などの有機質情報が可視化できることから利用された。

甲冑研究では、袋井市団子塚9号墳から出土した小札甲で鉄小札の他に革小札が併用されていたという新発見の調査に、この中性子ラジオグラフィが利用され、大きな成果を得た (図3)。

(4) 錆化有機質情報の解読 (アナログの優位性とデジタルの限界性)

21 世紀になると、保存修理の方向性が変化してきた。それは遺物情報の抽出・保存という方向性である。金属器では錆の進行を止め、鉄器のラインを出し綺麗に仕上げることから、錆化した有機質情報から器物としての元の構造や埋蔵された状態を復元したりするように保存修理の方向性が

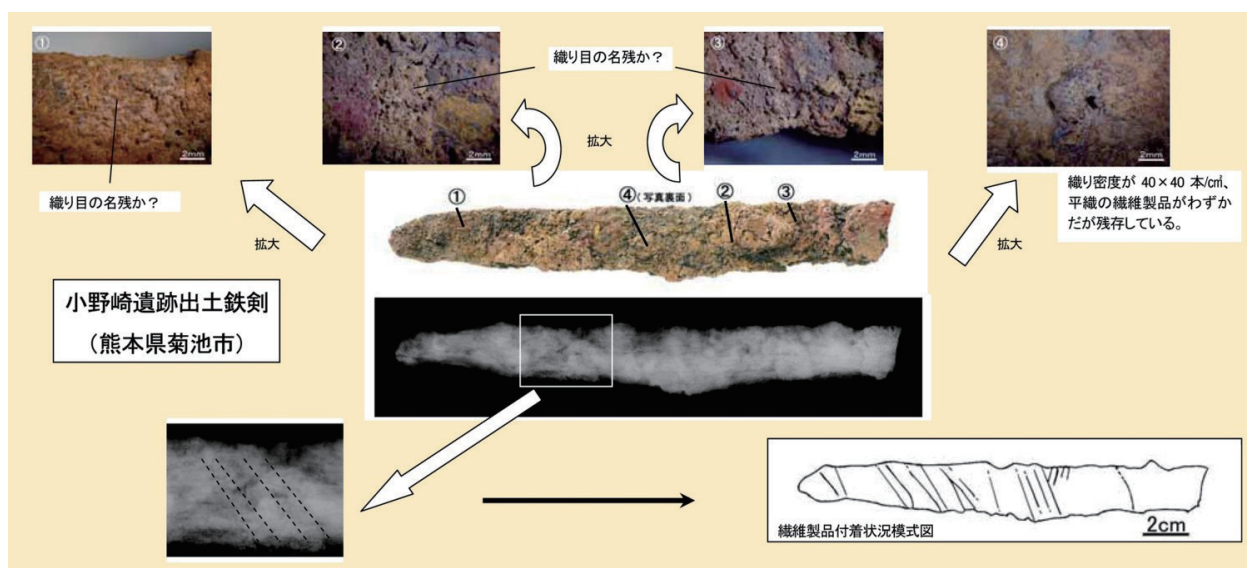


図4 出土鉄製品に付着する劣化有機質の情報事例

変化している。

とくに、錆化した有機質情報を見極め、残していくという作業にはX線ラジオグラフィの高度な読影技術と経験が必要される。当研究所では修理前の調査において、担当する研究員全員で検討会を行い、有機質が錆化した可能性が少しでも考えられる錆は落とさずに残していく修理方針で進めている。

そのような中で発見されたのが氷見市加納南9号墳出土の鉄革併用小札甲の発見であり(図5)、大室189号墳出土の鉄革併用小札甲の発見である。この錆化有機質情報の抽出には分解能の高いアナログフィルムでの読影が不可欠であり、近年のデジタル化によるアナログフィルムの使用が激減して、読影が難しくなっているという弊害もある。デジタルの画素数は日進月歩で大きくなっているが、まだまだアナログフィルムには及ばない。

(5) X線透過試験(2次元)の限界性

21世紀に入って大きく普及したのがX線CTである。特に、文化財での普及には2006年の九州国立博物館での導入を契機に各地の国立博物館や文化財研究所へ導入され、一気に普及した。この背景にはコンピューターの飛躍的な性能アップと価格のダウンが要因となっている。X線CTでは従来のX線ラジオグラフィが2次元のフィルムでしか可視化できなかったのに対して、3次元の遺物を3次元で可視化できるという大きなメリットがある。

X線CTの優位性を示す事例として、当研究所で2007年に調査・保存修理を行った鷹島海底遺跡出土の蒙古鉢形冑の調査がある。当初、冑は鉄鉢(ボール)にしか見えなかったが、X線ラジオグラフィの結果、その内部に本来の冑の地板の外形が見て取ることができ、A、B2種類の型式の違う冑があることが判明した。しかし、厚い錆に覆われているため、細部の製作技法を解明する情報は得ることができなかった。ここにX線ラジオグラフィの2次元での限界が見てとれた。

その後の九州国立博物館でのX線CT分析の結果、伏鉢の構造や取り付け方法、鍔部の取り付け方法や端部の折返しの様子を含む冑の細部の構造まである程度読み取ることができた(図6)。やはり、3次元の遺物は3次元で可視化できるX線CTの調査が必要であることを痛感した。

(6) 近年のX線CTによる小札甲の構造調査(金井東裏遺跡出土甲冑)

2017年には古墳時代の甲冑研究にX線CTが本格的に利用された群馬県渋川市の金井東裏遺跡(6世紀前半)の報告書が刊行された。ここでは組紐威による小札甲を着装した状態で、溝の中で火山灰に埋まった人骨が出土した(1号甲)。少し離れた場所からは、たたんで置かれていたもう

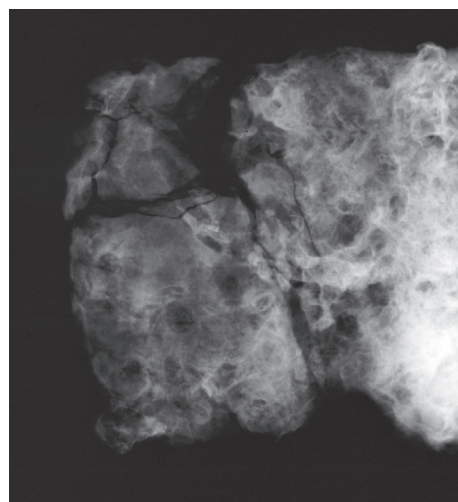


図5 加納南9号墳出土小札のX線
(有機質小札の名残)

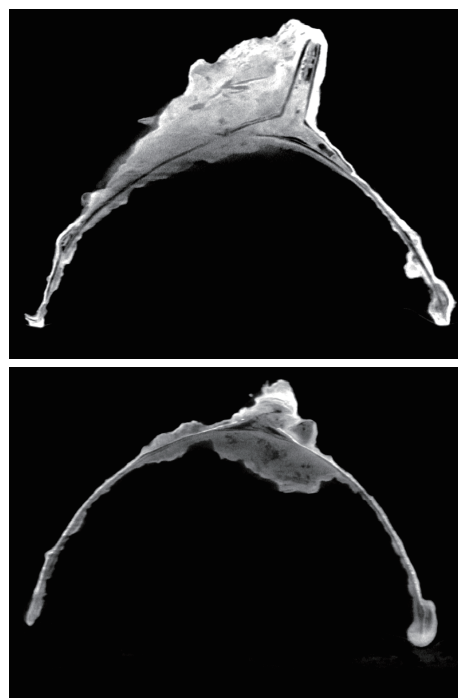


図6 鷹島海底遺跡出土冑の
X線CT分析
(上段：A種、下段：B種)

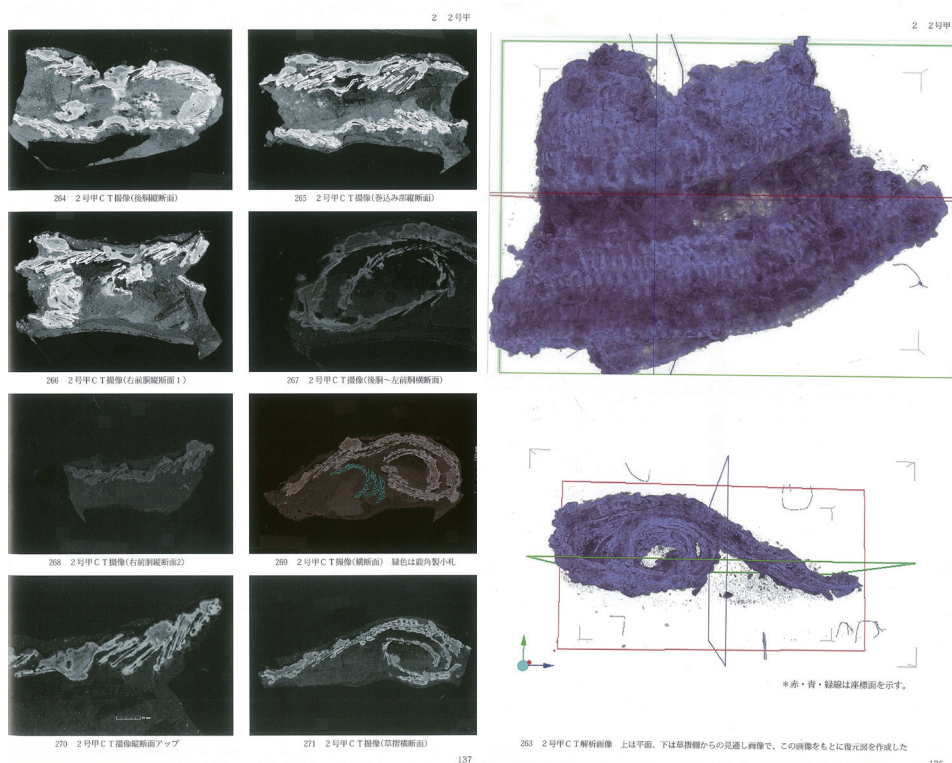


図7 金井東裏遺跡出土2号甲のX線CTによる構造調査
(公財)群馬県教育委員会編 2017『金井東裏遺跡より』

一領の鉄製小札甲と骨製小札前垂が出土した(2号甲)。火山噴火に対する鎮めの目的での奉納の可能性が高く、武器・武具・馬具・鏡・赤玉や多数の鉄器や石器・土器が出土しており、大変注目された遺跡である。

この報告書で、1号甲では出土時の小札甲の後胴縦上部のX線CT画像(俯瞰)が掲載され、各段の構成や錆化した綴・威の状況が可視化されている。さらに、任意断面でのX線CT画像が数カット

掲載され、各段での小札の重なりや綴・威の残存状況が可視化されている。また、X線CT解析画像の展開図として小札甲の段構成図(威・綴情報のない)が掲載されている。

1号冑(横矧板鋌留衝角付冑)と小札綴では、X線CT画像の真上からの平面図的画像と側面図的画像が掲載されており、X線CT解析画像を基にした1号冑の側面模式図と任意の断面図が掲載されている。

2号甲では縦断面と横断面のX線CT画像が8カット掲載されており、たたんで置かれていた状況がよくわかる。また、X線CT画像をオルソ画像として平面図と下からの側面図に利用して掲載している(図7)。特に、2号甲では材質の違う骨札製の前垂状の付属具がどのような状態で埋納されたかがよくわかり、X線CTの利点がよく出ている。従来の小札甲の調査では、まとめて出土した小札を解体して展開展示を試みて成功している例も多少あるが、一度綴・威を外して小札単体に分離してしまうとその構造を再現することは至難の業であり、段構成も正確に再現できない事例がほとんどであった。この報告書では小札甲が出土した状況でX線CTを取り、その解析画像から、小札甲の構造や埋納状況の姿が正確に復元でき、可視化できた意義が限りなく大きい。これからの小札甲の発掘調査後の調査方法の方向性を決定付ける画期的な調査事例の報告書となっており、その意義は大きい。

しかし、この報告書でも課題は多く、最大の問題点は報告に使用したX線CTの撮影条件等何も記載がないことである。やはり、理化学的分析を行った場合、使用した機器や解析ソフトの名称、撮影条件、解析条件を明記することを最低限のモラルとして記載願いたい。

ハード的な課題はやはり、分解能であろう。金井東裏遺跡ではある程度のボリュームのある小札の重なりを断面表示できているが、綴や威の認識判別はできないのが現状での課題であろう。肉眼観察では組紐威であることが判明しているが、X線CT画像ではしっかり認識できていないように

見て取れる。

この課題は当科研で使用している九州国立博物館のX線CT装置でもいえることであるが小札甲の場合、重なりがある分、短甲より厚みがあり、塊として出土するため、ある程度の透過力（X線出力）と有機質情報の調査には高分解能が必要とされる。今後の機器の性能アップが待たれよう。

2. 甲冑研究における材質調査

ここでは透過試験以外の甲冑研究に用いられた材質調査について、（公財）元興寺文化財研究所で行った事例を中心に簡潔に述べる。

（1）鉄分析（母材）

小札甲の鉄分析による調査視点は二つに分けられる、一つは堅固性の調査であり、もう一つは始発原料による産地推定である。ここでは袋井市団子塚9号墳出土の調査事例を紹介する。

①鉄分析による堅固性（硬度）調査

小札甲が武具の機能としての堅固性を持っているのか、また使用部位によって使い分けを行っているのかを研究視点として鉄分析を4点行った（図8）。

分析結果は錆化して正確な硬度は得られなかったが、母材の鉄は低炭素の軟鋼が使用されていることが判明した。ただし、他の遺跡の分析例では浸炭層の痕跡を持つ小札もあり、時代や部位により、熱処理を施し、堅固性を増している可能性もある。今後の分析事例の蓄積に期待したい。

②鉄分析による始発原料の同定と産地推定

始発原料の同定では、団子塚9号墳出土小札の分析結果では非金属介在物で鉄鋼石由来の成分が出ており、同定はできないが国内産の鉄素材ではとの評価を得た。

③放射化分析による産地推定の試みと問題点

その他、鉄の分析手法では放射化分析による産地推定の試みがなされているが、韓国や中国の分析事例が少なく、比較資料がないため産地推定には至っていない。また、東日本大震災以降、原子炉の停止が相次ぎ分析も進展していないのが現状である。

（2）有機質（母材、連結材、塗膜）の分析

小札甲では母材、連結材、塗膜と構成材料のほとんどに有機質が使用されている。有機質分析の進展は著しく、分析機器としては赤外線分光分析（FT-IR）による漆、紐、布、革の同定があげられる。

①赤外線分光分析による同定

団子塚9号墳出土の有機質小札では赤外線分光分析の結果、動物種の同定はできないが動物性の素材であることが判明している。また、加納南9号墳、大室189号墳出土有機質小札は母材はなくなっているが塗膜としての漆膜が残存しており、赤外線分光

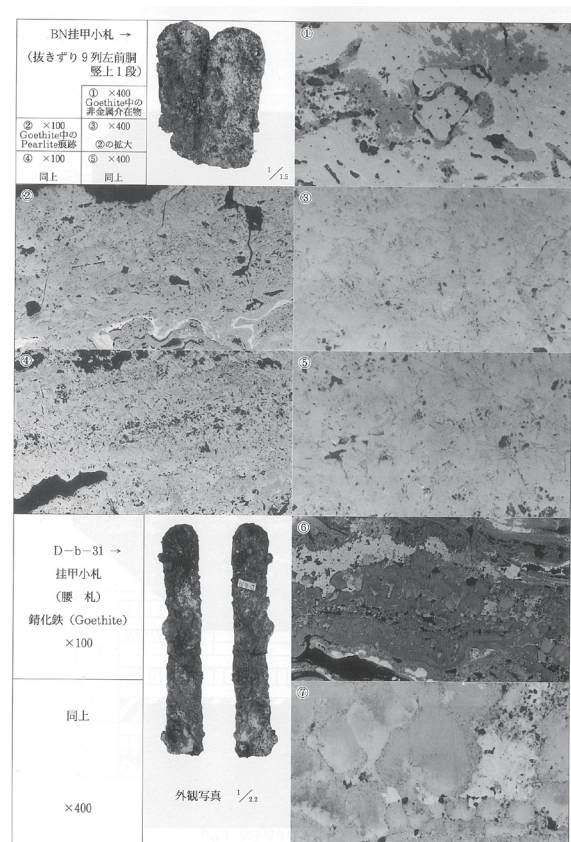


Photo. 2 挂甲小札の顕微鏡組織

図8 小札の鉄分析事例
（袋井市団子塚9号墳出土小札甲）

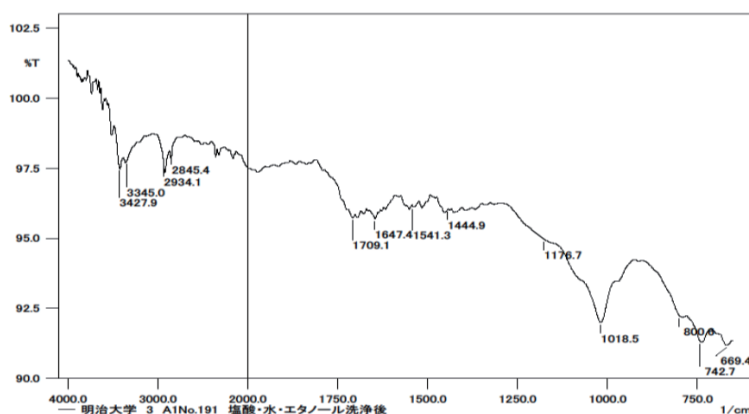


図9 大室189号墳出土有機質小札の塗料のFT-IR分析結果

分析の結果、漆と同定された（図9）。

②脂肪酸分析による動物種の同定の試みと問題点

団子塚9号墳では有機質小札の分析に当時流行りの分析手法として脚光を浴びていた脂肪酸分析による動物種の同定を試みた。分析結果は高等動物の革の可能性が指摘されたが動物種の同定には至らなかった。残存脂肪酸分析は、遺物に残っている残存脂質の脂肪酸

の種類と量（＝組成）を測定し、その組成から本来の脂質の起源を推定する方法である。当然ながら、脂肪酸が変化していない状態で、残存していることが前提になる。しかし、“脂肪酸不変”は化学的な立場からの推論では成立困難であり、モデル実験及び現実の遺物でも、成立していないことが明らかになり。現在ではこの分析手法は使われていない。

3. 甲冑研究における年代測定

甲冑の製作年代を知るための年代測定法の一つとして放射性炭素年代測定が用いられる。ここでは（公財）元興寺文化財研究所で行った事例について報告する。

放射性炭素年代測定 徳丹城跡のSE1300井戸跡（9世紀）から樋に転用された木製の冑が出土している。木製冑は木地と漆膜のAMS法による放射線炭素年代測定の結果、7世紀後半から8世紀前半に鉄製冑をモデルに製作された木製冑であることが判明した。

鷹島海底遺跡からは塗膜のみの有機質小札の残骸が大量に出土している。AMS法による放射性炭素年代測定を行った結果、弘安の役（1281年）の直前の較正年代を示し、元寇の歴史年代と一致している結果となった。また、鉄の放射線炭素年代測定の研究も行っており、鉄の製錬工程由来の燃料としてのマキの炭素が鉄内部の炭素（C）となることが解っており、甲冑の鉄素材にも応用できる。ただし、甲冑の鉄は鉄分析の結果、低炭素鋼からなっており、メタルの残っている資料も少なく、まだ、分析を行った事例はない。

表1 徳丹城出土木製冑のAMS法による放射線炭素年代測定結果

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代を暦年代に較正した年代範囲		暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)
			1 σ 暦年代範囲	2 σ 暦年代範囲	
PLD-7089	-27.22 \pm 0.14	1355 \pm 20	650AD(68.2%)670AD	640AD(95.4%)690AD	1353 \pm 21
PLD-7090	-26.86 \pm 0.17	1445 \pm 20	600AD(68.2%)640AD	570AD(95.4%)650AD	1443 \pm 21

おわりに

甲冑の調査研究について、（公財）元興寺文化財研究所で行ってきた事例を中心に報告した。分析機器の進展は著しく、材質分析では無機物の分析に加えて有機物の分析が可能になってきている。また、非破壊透過試験でX線CTの利用が活発になりつつあり、本科研のような研究成果が今後

も期待されている。

X線CTは甲冑のような立体的な構造調査に抜群の成果が得られる。また、レプリカ製作や図化も容易である。特に、小札甲のような厚み情報があり、立体的に組上げられた遺物に有効であるが、通常のX線CTでは透過力が足りない（高出力が必要）。有機質製甲冑や塗膜構造の解明には高分解能が必要であり、高出力のマイクロフォーカス型X線CTが有効であろう。しかし、錆化有機質情報の可視化にはデジタルではまだまだ検出器の画素数が少なく、解像度が厳しい。今後の機器の発展に期待したい。

X線CTは文化財調査には欠かせない調査法となっており、今後はただ透過画像を撮るだけでなく、CTデータを如何に研究へ応用できるかを積極的に考えていきたい。

【参考文献】

- 袋井市教育委員会・（財）元興寺文化財研究所編 1994『団子塚九号墳 出土遺物保存処理報告書』袋井市教育委員会
- 塚本敏夫 2006「IV 徳丹城跡 S E 1300 井戸跡出土木製品について」『徳丹城跡 第65次発掘調査』矢巾町教育委員会
- 塚本敏夫他 2008「鷹島海底遺跡出土武具の分析調査」『日本文化財科学会第25回大会要旨集』日本文化財科学会
- 塚本敏夫 2010「金属器保存処理の実践と方向性」『坪井清足先生卒寿記念論集－埋文行政と研究のはざままで－』坪井清足先生の卒寿をお祝いする会
- （公財）富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所編 2014『加納南古墳群・稲積オオヤチ古墳群発掘調査報告書』（公財）富山県文化振興財団埋蔵文化財調査事務所
- 塚本敏夫・山田卓司 2015「大室第186号墳出土小札甲の理化学的分析とその構造」『信濃大室積石塚古墳群の研究Ⅳ』明治大学文学部考古学研究室
- （公財）元興寺文化財研究所編 2015『国宝 東大寺金堂鎮壇具 保存修理調査報告書』東大寺
- （公財）群馬県埋蔵文化財調査事業団編 2017『金井東裏遺跡』群馬県教育委員会



Shimauchi No. 139

三次元計測・X線CT調査と古墳時代甲冑研究の課題

古谷 毅（京都国立博物館）

1. 計測法と古墳時代甲冑研究

(1) 日本における文化財計測史抄

日本における近代以前の文化財の計測・模造の歴史は、鎌倉時代の模造のための仏像計測が嚆矢とされる。源師時（1077～1136）の日記『長秋記』には、1134（長承3）年6月10日、仏師院朝が定朝仏の模造を製作する際に、院覚とともに当時の貴族社会において高い評価を得ていた京都西院の邦恒朝臣堂の「丈六仏」（阿弥陀如来坐像）の計測を行ったことが見えている⁽¹⁾。具体的な方法等は判然としないが、終日で約70ヵ所の計測を行った様子が窺われ、計測を用いて様式の詳細を把握しようとして正確な形状の転写を試みている姿勢が注目される（源1982）（図1）⁽²⁾。

その後、中世・近世に明確な記録は知られていないが、明治年間には帝室技芸員制度の下で、盛んに模造品製作が行われた。1887（明治20）年に日本美術協会が設立され、翌年帝室技芸員前身である宮内省工芸員を認定し、1890（明治23）年2月に制度が発足した⁽³⁾。しかし、発足の背景には、伝統絵画を護る旧派龍池会と1887（明治20）年創立の東京美術学校につながる新派鑑画会の対立があり、正確な模造品の作成というよりは製作姿勢や技術の保存・維持に主眼をおく性格が強く、必ずしも計測技術の正確さが重視された訳ではなかった。一方、明治時代初期には、絵画界の歴史画運動の高揚などによってリアリティの追求が盛んとなり、明治20年代には埴輪や武器武具そのものの観察による絵画制作が始まっていた（安田1933）⁽⁴⁾。

第2次世界大戦の敗戦後、1949（昭和24）年に起きた奈良県法隆寺金堂壁画の焼失は、戦災の復興から立ち上がりつつあった国民に大きなショックを与える事件であった。翌1950年には、異例の議員立法によって文化財保護法が制定され、翌年の同法施行と文化財保護委員会（現文化庁）の設置によって文化財の保護行政が本格化し、1953年には同委員会による主要文化財の模写・模造事業が開始された。ここでは、やがて計測・精密計測の導入が行われるようになり、1960年代には文化財分野における計測・測量の研究が開始され、現在の文化財計測の基礎が形成された。

最初に試行された計測事例は仏像の写真測量で、現存最古の仏像である奈良県飛鳥寺本尊の釈迦如来坐像や法隆寺釈迦三尊像などの計測が進められた（長谷川1970、



図1 平安時代・阿弥陀如来像
法量計測想定図（源1982）



図2 飛鳥寺釈迦如来像 計測図
（奈良国立文化財研究所 1974）

奈良国立文化財研究所 1974) (図 2)。その後は、仏像の計測をはじめ、遺跡遺構や建築物・石造物など、幅広く応用が進んでいる (金田他 2010 他)。

(2) 現代の文化財計測技術と考古資料

三次元計測と X 線 CT 調査を用いた文化財計測技術は、対象となる資料 (文化財) の安全性、および計測値精度とデータ安定性の確保において、いずれも非接触による立体物の形状・形態情報を対象とした優れたデータ (資料) 化手法である。しかし、資料自体のもつ構造上の特性 (I) と計測方法に備わる物理的特性 (II) により、性能を発揮できる場合と両者の相関関係から計測に大きく制限が生じる場合がある。

まず、前者 (I) としては、考古資料 (文化財) を大別した場合、主に A: 多面体 (中実) と B: 回転体 (筒状等)、および C: 構成体 (組合等) とも呼ぶべき構造があり、それぞれは次のような構造的な特性をもつ。石器や石造物などのいわゆる中実の多面体 (A) は、外面 (表面) 情報のみが計測対象である。これに対して、土器・円筒埴輪などの筒状または中空状の構造をもつ回転体 (B) や、甲冑・形象埴輪などの複数の部材や異素材を組み合わせて形成される構成体 (C) は、外面 (表面) に加えて内面 (裏面) 情報を有する。考古学研究の場合、後述するようにしばしば内面 (裏面) に重要な情報がある。しかも、回転体 (B) の場合は、内外面が基本的にはほぼ規則性を有する曲面からなる資料であるのに対して、構成体 (C) の内外面形状は千差万別で、個々に複雑な平面・曲面から構成されている。当然、このような資料性の違いに基づく計測対象と計測方法の間には、それぞれ計測方法の適性や運用上の可否においてさまざまな差が生じることとなる。したがって、計測対象によって相応しい手法と対応不能な計測方法があり、この点に関して事前に計測対象ごとに計測手法の適合性に関する検討と選択が必要である。

次に、後者 (II) の特性としては、三次元計測・CT 調査などの測定に使用するスポット光・パターン光などの構造化光や X 線・中性子線などの透過光などにそれぞれ特長がある。三次元計測は構造化光計測利用技術で、計測器で反射光を捉える必要があるため、基本的に光が届かない個所の計測は不可能である。また、同様に計測対象の表面に光沢があったり濡れているような場合にも、しばしば計測欠陥とも呼ぶべき計測値に欠落個所を生じる場合がある。このように、構造化光の照射 (計測) 範囲には限界性が存在するほか、しばしば計測欠陥を生じる⁽⁵⁾。

一方、CT 調査は放射線透過画像 (ラジオグラフィ) 技術の一つで、X 線透過光などを用いるため、対象の厚み等が透過困難でない限り計測は可能である。しかし、解像度において問題があり、とくに内外面形状なども面的情報に関しては三次元計測データ画像に比べて著しく差がある。ほかにも、X 線の干渉性が原因と考えられるノイズによる画像の乱れや形状の変形等が見られる。前者は弯曲した凹面等でしばしば生じることが多く、画像処理で補正は可能であるが、後者は鋳留製品の鋳頭が水滴状に表現されるなど、画像処理では修正が難しい点が存在する。

以上のように三次元計測と X 線 CT 調査では、計測対象の資料性と計測手法の特性によって、対象資料の内外面情報および断面情報の取得にはそれぞれ優位性と構造的な限界が存在する。このような特性を踏まえれば、まず、断面情報に関しては三次元計測では計測不能であるが、X 線 CT 調査では短甲前胴部における水平方向の横断面や引合板鋳留接合部などの経断面情報なども任意の位置で自在に得ることが可能である (図 3・4)。次に、面的情報に関しては、圧倒的に三次元計測データの精度が大きく上まわるが、資料の内面が開放されていない B: 回転体・C: 構成体である細頸形土器や埴輪・土偶などの内面には、構造化光が及ばないため計測は不可能である。これに対し、X 線 CT 調査では閉鎖された C: 構成体の内面情報も得ることができる。

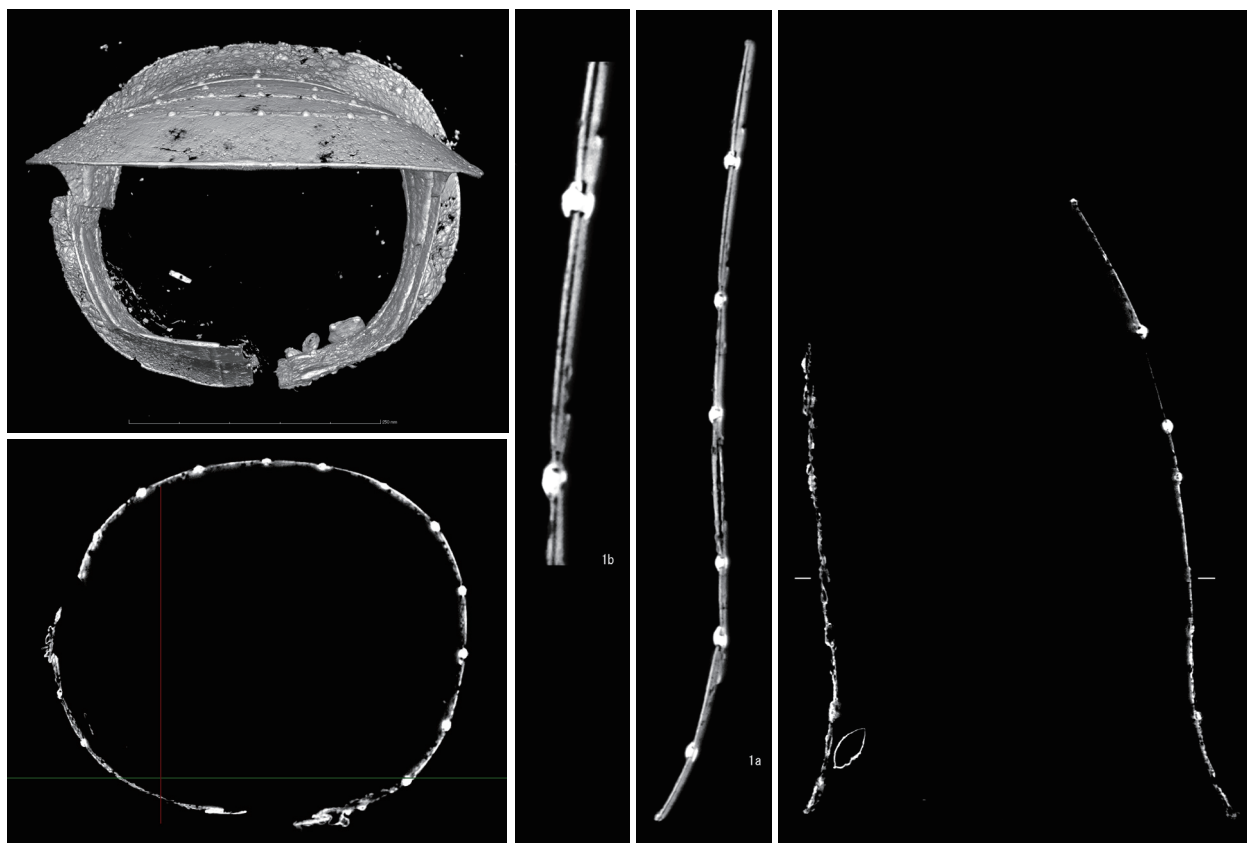


図3 CT画像 横矧板鉾留短甲 [宮崎県島内139号地下式横穴墓出土]
(左上:上面、左下:胴部横断面、中・右:引合部・胴部縦断面)

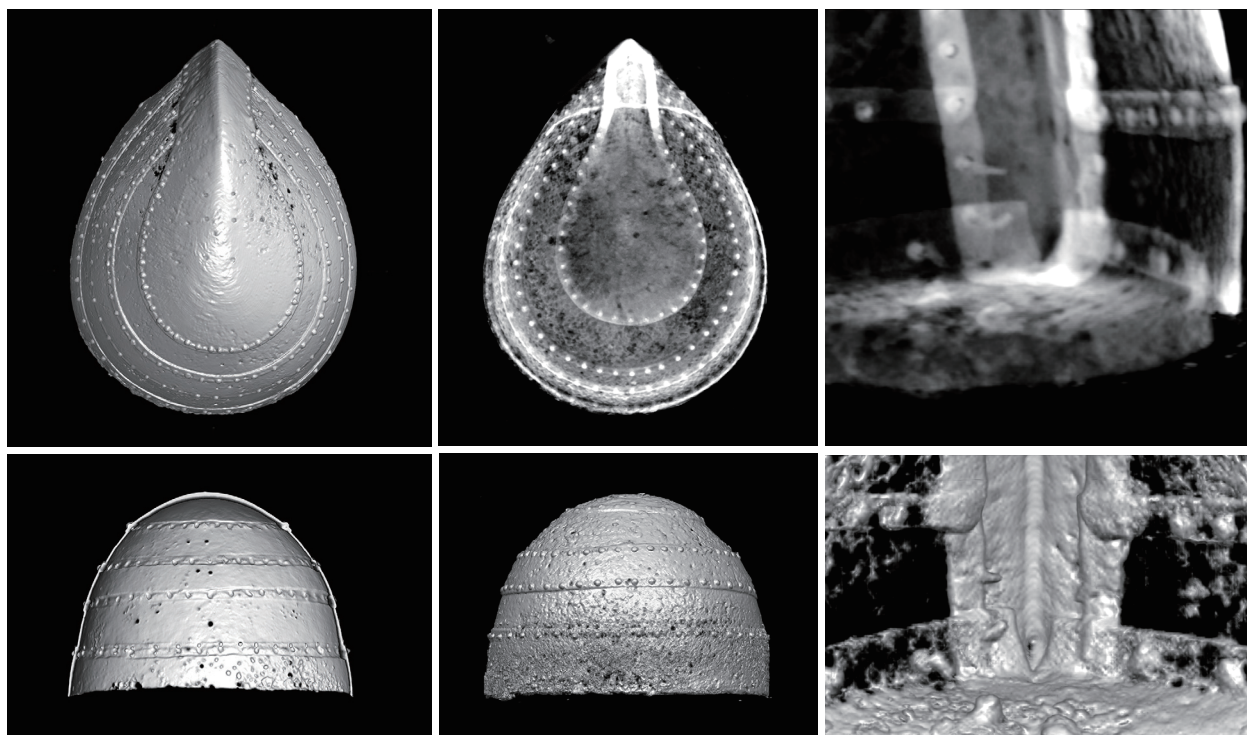


図4 CT画像 横矧板鉾留衝角付胃 [左:宮崎県島内21号、右:同139号地下式横穴墓出土]
(左・中:内外表面・断面・透過、右:衝角部内面・透過)

2. 考古資料の分析・研究

(1) 資料化

考古資料に限られるものではないが、一般に文化財（資料）を研究の俎上に挙げるための資料化技術として、明治時代から実測図・写真・記述などのさまざまな記録方法が試みられてきた。このような中で、考古学における近代的な研究方法の中心は型式学的研究方法であるといえる（濱田 1922・濱田 1932）。その具体的な研究対象は、資料の形態（内外面形状・断面・装飾等）や材料・技法などの諸特徴で実に多岐に及ぶが、その中心は資料の形態的属性の研究にある。その諸属性の分析・比較などを通して把握した型式（type）の比較研究によって、型式間の相互関連や時代的変遷を探究し、その背景にある文化的特徴や伝統性を明らかにするものである。

このような研究方法において、精度を確保しつつ分析を進めるためには、資料の属性を分析可能で有効な情報に、また正確に置換することが重要な課題となる。これは資料（原状情報）の記録および復原に関する技術と呼ぶこともでき、型式学的研究方法の分析および比較研究の基盤をなすものである。なかでも、日本考古学における研究の特色は、資料の諸属性が正確に表現された実測図にあるといえることができる。このように考えれば、計測技術の選択・適用の適否は、測定誤差の低減はもちろん前提であるが、実測図に表現されるべき諸情報を正確に捉え表示する記録性と再現性に、もっとも重要なポイントがあるといえることができる。そこで、このような視点から実測図に表現されるべき諸情報の整理が重要である（図 5）。

(2) 属性と属性群

本研究の課題である古墳時代鉄製甲冑の研究において、分析項目として捉えるべき属性を整理・抽出するにあたって重要な点は、考古資料の中で比較的複雑な構造をもつ甲冑における諸属性の整理である。ほかの考古資料にも共通する課題ではあるが、そのためには製作技術の視点による製作

工程の復原から製作技術および技術群に関する施工順位の分析が重要で、このような分析によって属性を整理し、属性群として認識する方法が有効である（表 1）。もちろん、製作工程の諸段階にはそれぞれ異なる技術が使用されており、簡単には再現することはできないが、それぞれの技術に特有な工具等の痕跡（工具痕）が資料に遺されていることがしばしばある（図 6）⁽⁶⁾。これを手掛かりに製作技術を想定・復原することによって、製品の構造・設計および設計思想（モデルなど）を分析し、解明することも可能であると考えられる。

その項目は、加工・接合・被覆・加飾・塗装などに大別されるが、これを仮に技術痕跡と呼ぶとその項目は施工順位によって体系的に投下された技術の技術群として捉えることができる。その大要を

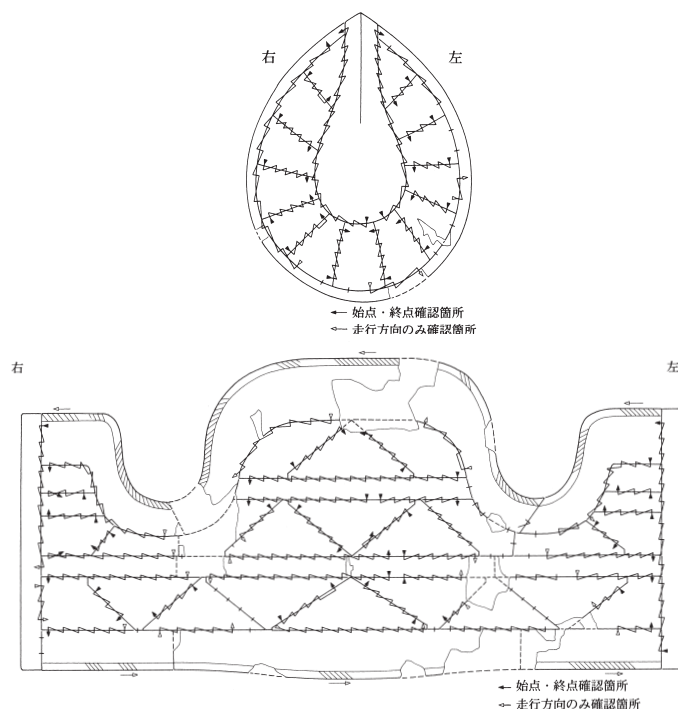


図 5 鉄製帯金革綴式甲冑の内面模式図
(鈴木 2004)

示せば、当該資料の製作に使用された諸技術（表1）を製作工程で整理すると図7のようになる⁽⁷⁾。

3. デジタル計測と古墳時代甲冑研究の課題

(1) 古墳時代金属加工技術の復原

これまで見てきたように、古墳時代金属製品の研究は型式学的方法に基づいて進められてきた。戦後には、個別型式学的研究が著しく進展し、編年論・文化様式論等の多くの成果を生み出している。

このような中で、これまで述べてきたような加工技術の検討⁽⁸⁾は、個別型式学的研究に基づいた同一器種・製品等におけるいわば形態系譜論に技術系譜論を加える研究の地平を拓くものである。鉄製甲冑研究の場合、馬具・装身具研究などの材料や製

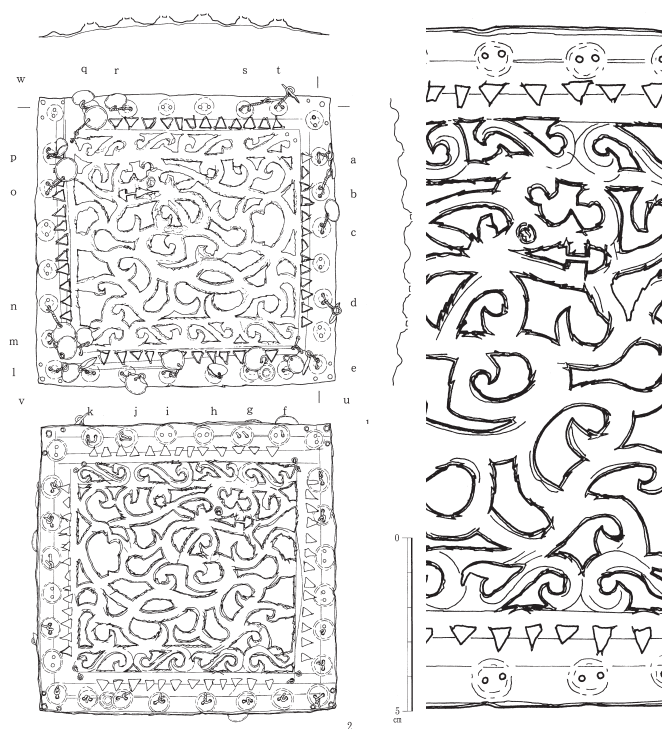
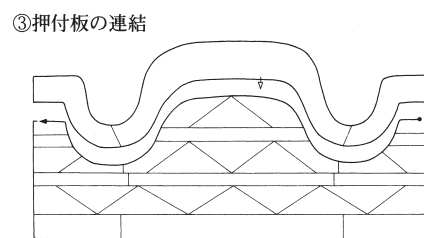
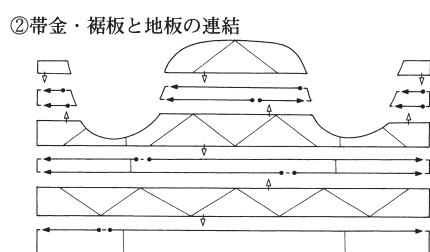
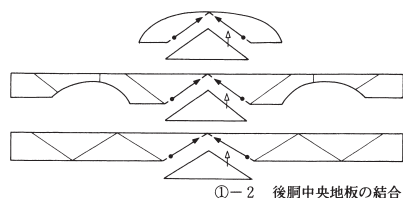
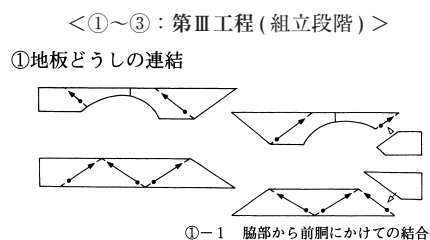


図6 新沢千塚126号墳 金製方形板実測図
〔右：部分（裏面拡大）〕（古谷他2002）

表1 古墳時代帯金式甲冑 製作技法と工具分類〔技術痕跡・遺存情報〕（古谷2012）

観察項目	①輪郭形状	②断面形状	③(裏)面形状	④立体形状	⑤縁部形状	⑥孔形状	⑦(表)面形状	⑧接合形態	⑨接着形態	⑩縁部処理	⑪表面処理	⑫装飾・装着
施工段階	成形段階				整形段階			組立段階		仕上段階		
技術群	技術群 A				技術群 B			技術群 C		技術群 D		
金属加工分類	塑性(変形)加工				機械加工			付加(接合)加工		－		
技術分類(大)	鍛冶・金工技術							連接(金工)技術		非金属工芸技術		
技術分類(小)	板金加工	曲げ加工			縁部加工(切削加工)	穴加工(穴あけ加工)	表面加工(研削加工)	機械的連接加工	接着(熱)的接合加工	覆輪技法	塗装・被覆技法	装飾・装着
技法	切断技法, 自由鍛造技法	型鍛造技法, 丸曲げ技法, 折曲げ技法			面取技法	穿孔技法, 透彫技法	研磨技法	革綴・鉚留・カシメ接合技法, 緘・蝶番連結技法	鉚接(接着)技法, 鍛接技法	革組・革包・鉄包・鉄折返技法	漆塗・焼付技法, 錫箔技法	金銅装技法, 彫金技法, 染織技術
痕跡・遺存物	切断工痕・切断痕跡	均一厚み, 不均等厚み	凹凸(鍛打痕)	亀裂・工具(当て具)痕, 歪み	面取り(切削痕)	円筒状孔・鼓状孔, カエリ(メクレ)	平滑(擦痕)	綴革, 鉄鉚(鉄釘), 鉚頭当具痕, 鉚脚打当痕	(金属鉚)	覆輪圧着痕	塗膜・金属箔他	蹴彫・列点他
想定工具・材料	タガネ・金槌・金床・金鋏	当て具・金槌・木槌, 做型			キサゲ・セン様工具	穿孔具(ドリル様, キリ様工具)・ヤスリ・キリ様工具	砥石・砥粒	ハンマー様工具, 打撃補助工具, 鉚頭受金具, 引合受金具	銀鉚等	革紐・鉄板他, (ヤットコ様工具)	漆他	アマルガム・タガネ・布紐他
備考		cf. 槌起技法	「花卉状打痕」			「用途不明孔・未使用孔」cf. 透彫技法, 糸ノコ様工具						cf. タガネ様工具

※下線はポジティブ痕跡（鉱物化した実物資料）、それ以外はネガティブ痕跡（工具痕等）



<④⑤：第Ⅳ工程（仕上げ段階）>

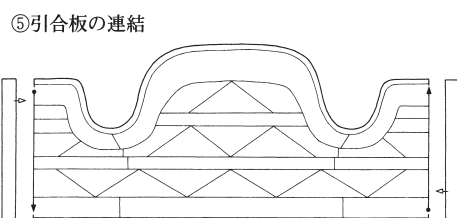
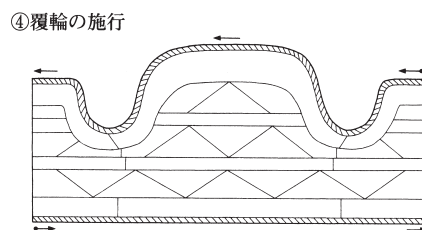


図8 鉄製帯金革綴式短甲 組上げ模式図
(鈴木 2004 改)

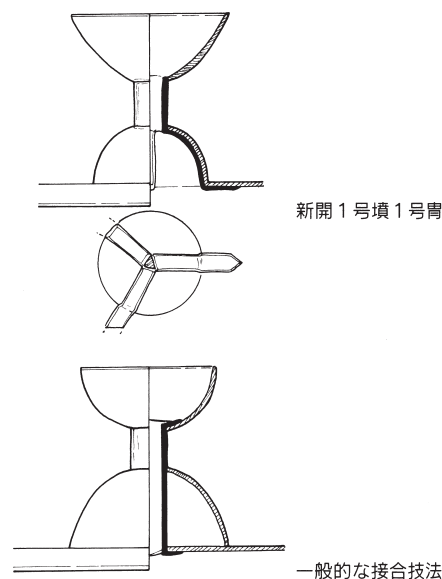


図9 鉄製眉庇付冑
頭頂部装飾接合技法（橋本 2004）

要であり、高度な計測値が求められ、また精度が確保されなければならない。こういった意味で、三次元計測で得られるデータは他に追従を許さない精度をもち、もちろんオーソドックスな曲面構成で構成される外形を分析する研究（構成・構造の比較・研究）にも極めて有効で、計測精度と時間・労力等の利便性を兼ね備えた記録性と再現性においてもっとも有効な調査方法であるといえる。

このように古墳時代甲冑研究におけるデジタル計測方法の利用は、両者の特性を活かすために併用して利用し、データの蓄積を図ってゆくことが望ましいと考えられる。

【註】

- (1) 源師時(1077～1136)は村上源氏嫡流の父・俊房の子で、長く皇后宮権大夫の職(1107～1136)にあった。『長秋記』は皇后宮の唐名長秋宮に由来して付けられた書名で、『権大夫記』『師時記』『水日記』とも呼ばれる。なお、藤原宗忠『中右記』(1087～1138年)には、永長元(1096)年、評判を聴いた白河上皇が西院邦恒朝臣堂の阿弥陀如来を訪れたことを記している。
- (2) 院朝は定朝様式の確立者とされ、その後定朝・院覚に続き、1139(保延5)年に院覚から法橋位を譲られ、1161(永暦2)年頃までに法眼・法印に昇進し、仏師の地位向上の端緒となった人物である。
- (3) 年給が支給される生涯勅任官の待遇で加納夏雄ら17名が認定され、1944(昭和19)年までに計79名が任命された。
- (4) これらの模写・模造において、どれほどの計測技術が用いられたかの詳細は不明であるが、少なくとも作業過程のスケッチ等に計測値などはみえない。また、これらの制作過程には

有職故実資料集などの利用が多いとして、実物を用いない姿勢に対する痛烈な批判もある（関 1936）。

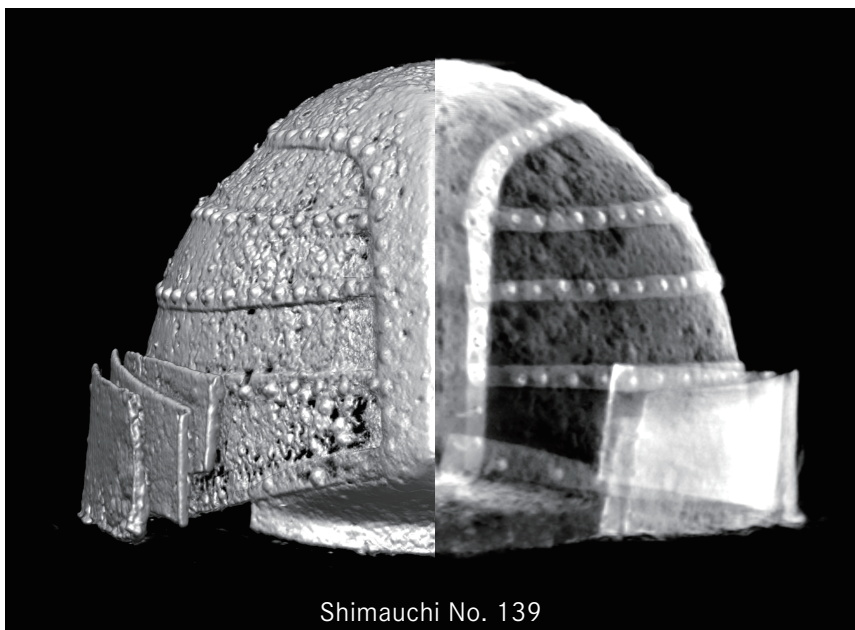
- (5) CT 調査とも、色彩をとらえることがむずかしい面をもつが、近年では色彩情報を加える技術も定着している。
- (6) 奈良県新沢千塚 126 号墳出土金製龍文透彫板は、円形金製歩揺を合計 32 個所に装着した縦 84mm、横 83mm、厚 0.18mm の金製板で、次の①～⑪の順位で製作工程・技術を復原することができる（表裏面は施工面を示す：古谷他 2002）。
 - ① 裏面：a)「輪郭線」（裏面第 1 条）をケガキで入れる。
b)「割付（決定）線」（裏面第 2・4 条）をケガキで入れる（以上、龍文範囲＋歩揺取付位置）
c)「アタリ線（裏面第 3 条）」をケガキで入れる。（以上、鋸歯文列位置）
 - ② 裏面：ケガキ線第 4 条（①）の範囲内に、龍文・横 S 字文の輪郭をケガキで入れる。
 - ③ 裏面：輪郭線（②）に沿って、龍文と横 S 字文を鑿で透し彫りする。
 - ④ 表面：透彫部外周に、鋸歯文を透し彫りするためのアタリ線を数条、ケガキで入れる。
 - ⑤ 表面：アタリ線（④）にしたがって、鋸歯文を鑿で透し彫りする。
 - ⑥ 裏面：裏面第 2 条のケガキ線（①）にしたがって、半球形状突起を打ち出す。
 - ⑦ 裏面：続いて、半球形状突起（⑥）の中央に 2 孔一組の穿孔を施す。
 - ⑧ 表面：方形板四隅と透彫部隅に 2 孔一組の穿孔を施す。
 - ⑨ 表面：方形板縁部の歪みを修正する。
 - ⑩ 表面：歩揺取付孔（⑧）に、金製針金を用いて歩揺を取り付ける。
 - ⑪ 表面：龍文眼部の穿孔に鑄掛けで金を補填する。
- (7) このような分析によって抽出された諸属性を検討することによって、製作工程の前提である計画（デザイン）や設計の分析も可能となると考えられる。
- (8) 考古資料の特質として埋蔵環境による変質・変形の問題があり、経年変化による原形の喪失という根本的な問題がある（古谷 2012b）。本稿の技術痕跡から製作技術に関する属性と属性群の整理とデジタルデータ化の課題には、これを踏まえて検討する必要があるが機会を改めたい。
- (9) 衝角付冑の衝角部内底面は肉眼・X 線透過撮影でも観察困難な例が多いが、本例は X 線 CT 調査で鋌脚処理に他箇所と異なる状況を捉えている。通有のプレス加工ではなく折曲加工による処理は、現代金工で使用される特殊な金床（図 10）の使用を想起させ、新たな技術組成を示すものとして注目される。



図 10 特殊な金床
（工作・工芸用当て金）
[東京家政大学金工・ジュエリー研究室]

【引用文献】

- 飛鳥資料館 1997『遺跡を測る』飛鳥資料館図録第30冊 奈良国立文化財研究所
- 金田明大・川口武彦・三井猛他 2010『文化財のための三次元計測』岩田書院
- 鈴木一有 2004「下開発茶臼山9号墳出土甲冑の検討」『下開発茶臼山古墳Ⅱ』石川県辰口町教育委員会
- 関保之助 1936「古実家の立場より見たる歴史画及び歴史画家」『塔影』第12巻第5号 塔影社
- 高橋 工 1995「東アジアにおける甲冑の系統と日本」『日本考古学』第2号 日本考古学協会
- 橋本達也 1995「古墳時代中期における金工技術の変革とその意義－眉庇付冑を中心として－」『考古学雑誌』第80巻第4号 日本考古学会
- 橋本達也 2004「永浦4号墳出土副葬品の意義－甲冑・鉄鏃を中心として」『永浦遺跡―第1次・2次調査―』古賀市文化財調査報告書第35集 古賀市教育委員会
- 長谷川誠 1970「仏像の写真測量について」『仏教芸術』第74号 仏教芸術学会編 毎日新聞社
- 濱田耕作 1922『通論考古学』大鐙閣
- 濱田耕作訳（O. モンテリウス）1932『考古学研究法』雄山閣出版
- 古谷 毅 1996「古墳時代甲冑研究の方法と課題」『考古学雑誌』第81巻第4号 日本考古学会
- 古谷 毅他 2002「Ⅲ製品の調査」『国指定重要文化財 新沢千塚126号墳出土 金属製品復元模造品製作図録』橿原市千塚資料館
- 古谷 毅 2012a「帯金式甲冑の製作技術」『国立歴史民俗博物館研究報告』第173集 国立歴史民俗博物館
- 古谷 毅 2012b「金属製品の保存状態」『国立歴史民俗博物館研究報告』第173集 国立歴史民俗博物館
- 源 豊宗 1982「定朝と長勢」『日本美術史論究』第4巻（源豊宗著作集）思文閣出版
- 奈良国立文化財研究所 1974「004 飛鳥寺本尊・山田寺仏頭の実測調査と推定復原」『奈良文化財研究所年報1973』
- 安田鞠彦 1933「服飾概説」『日本画新技法講座 人物画法』4 アトリエ社



Shimauchi No. 139

古墳時代中期甲冑および須恵器の集成

中久保辰夫（京都橋大学文学部歴史遺産学科）

はじめに

本論は、古墳時代中期の甲冑に関する編年研究を、須恵器編年によって検証することを目指して、現段階における資料集成を行い、その課題について述べたものである。この目的のため、甲冑および須恵器出土古墳を集成し、集成表と文献一覧を作成した。

集成について 集成は、科学研究費補助金・基盤研究 A「21 世紀初頭における古墳時代歴史像の総括的提示とその国際発信」（研究代表者：福永伸哉、2011～2014 年度、大阪大学大学院文学研究科）の研究成果の一環として作成された『古墳時代甲冑集成』（橋本・鈴木 2014）を基礎として、その後、発掘調査報告書や概報等が刊行された事例を追加した。この『古墳時代甲冑集成』は、『甲冑出土古墳にみる武器・武具の変遷』（埋蔵文化財研究会 1993）、およびそれをもととした文献（橋本 2012）をさらに加除・修正したものであり、ここでの甲冑形式・型式は橋本達也、鈴木一有両氏の認識によっている（橋本・鈴木 2014）。本論では、この集成表に「須恵器型式」と「出土土器」の項目を追加した。集成対象は、本科研が中期甲冑を主対象とするため、古墳時代中期に限定し、須恵器出土古墳を範囲としたが、必要と考えるものは土師器出土古墳も取り上げた。

須恵器の編年について 本論では、田辺昭三による須恵器編年（田辺 1966・1981）を採用し、その後、接ぎ木された初期須恵器の編年（植野 2002、田中 2002）を含めて、須恵器は次のように変遷すると捉える。すなわち、TG232 型式期、TK73 型式期、TK216 型式期、（ON46 段階）、TK208 型式期、TK23・47 型式期、MT15 型式期、さらに TK10 型式期と続いていくが、TK23・47 型式までを中期と捉え、MT15 型式より後期とする（以下では型式を省略する）。中期の開始期は、TG232 期に先行する布留 3 式期であり、津堂城山古墳はこの時期に築造されたという理解にたつ。TG232 期に後続して、ON231 段階を設けることも可能であるが、この段階は韓半島・洛東江流域の陶質土器の技術・意匠を色濃く反映する TG232 期と異なって、須恵器に百済・馬韓地域の陶質土器の影響がみえるために、同じ様相の TK73 型式期の前半段階と捉える。ON46 段階は、集落遺跡では良好な資料に恵まれないために設定が難しく、TK216 期でも新しい傾向がある資料を TK216～ON46 期とした。また、TK23・47 型式は杯身・杯蓋の端部調整は同一であるなど、区別が難しいところもあるため、本論では細分しない。TK208 型式と TK23・47 型式の弁別は、北山峰生による須恵器杯身・杯蓋の時期比定作業を参照した（北山 2007・2009）。

1. 甲冑および須恵器出土古墳の傾向

『古墳時代甲冑集成』では中期甲冑が 659 例集成された（橋本・鈴木 2014）。今回、集成を試みた結果、須恵器が出土した古墳は 129 基であり、甲冑出土 468 基の約 27% となる。この比率を読み解く上では、1) 甲冑出土例には埋葬施設のみ調査がなされたものが一定数存在し、墳丘の発掘調査によって須恵器の有無が確かめられていないこと、あるいは 2) 墳丘のみが調査され、埋葬施設の発掘がなされていないことに留意する必要がある。そして、古墳時代中期において埋葬施設内部に須恵器を埋納する行為が少ないこととも関連する。したがって、十分な実態を示すとはいえず、今回

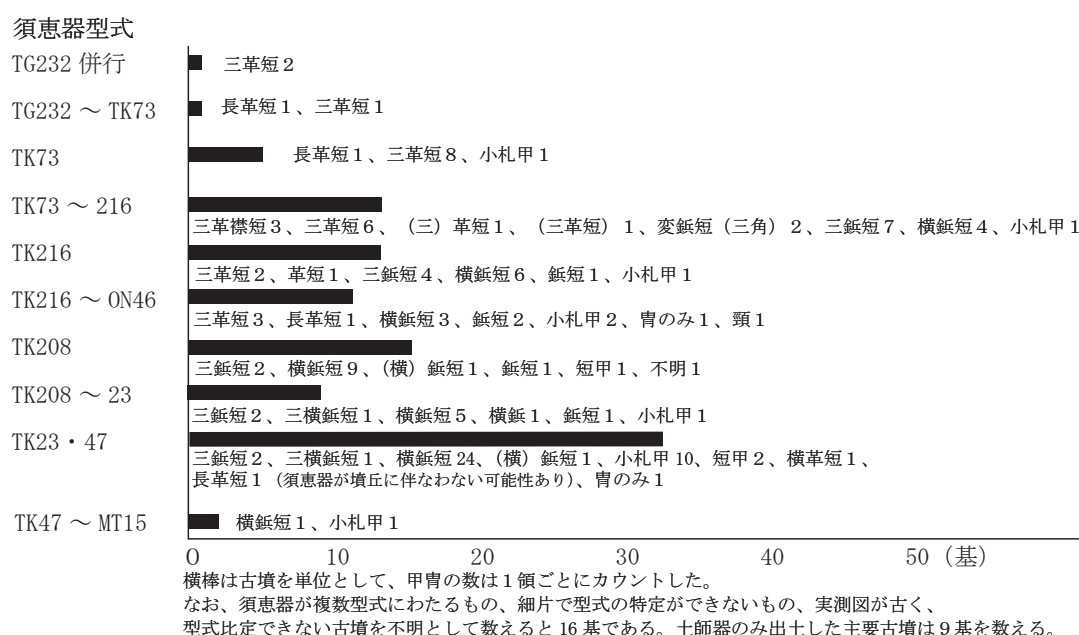


図1 甲冑・須恵器集成の時期的傾向

の集成作業をもとに墳丘形状との相関性や分布傾向を仔細に検討することは、ここでは控えておきたい。

時期的傾向 須恵器と甲冑出土例の時期的推移を図1のように示すと、須恵器型式が新しくなるにつれて、甲冑出土古墳が増加することを確認することができる。これは、1) 横矧板鋳留短甲などに代表されるように甲冑の量産化が進み、出土例が増加すること、2) 須恵器が定型化し、TK208～TK23・47期には地方窯も日本列島各地に広がり、須恵器の供献例が増えること、さらに、3) 初期群集墳の増加によって、それらに甲冑と須恵器が伴うことが背景にある。

甲冑の変遷観は須恵器型式の変化とおおむね対応すると考えるが、解釈に幅があると思われる例もある。甲冑と須恵器の時期が最も異なる事例は、奈良県・兵家12号墳であり、長方板革綴短甲と小札鋳留眉庇付冑が埋葬施設より、TK23・47期の須恵器が墳丘上より出土する。墳丘の変化が著しいことが報告されており、本来古墳に伴っていなかった可能性がある。このほか、福井県・向山1号墳は後円部石室より三角板革綴短甲、前方部埋納施設に長方板革綴短甲が検出されたが、墳丘出土須恵器はTK216期～ON46段階であり、甲冑は最新型式ではない。大阪府・亀井古墳も同様に甲冑型式がやや古く、須恵器型式が新しい傾向にある。

甲冑および須恵器出土古墳の初現 甲冑と陶質土器・須恵器を出土した例は、奈良県・室宮山古墳、東京・野毛大塚古墳が、現在判明している資料では初現例となる。奈良県・室宮山古墳から出土した金官加耶系の有蓋把手付壺は、時期的な特徴を示す口縁部や文様が失われており、詳細な時期比定は困難であるが、金海・大成洞1号墳や釜山・華明洞1号墳に類例がある。舟形土器も金官加耶系陶質土器であり、舟形土器という器種でいえば、TG232号窯に例がある。三角透窓をもつ高杯は、脚部片であり、須恵器と陶質土器の区別が難しいが、初期須恵器のなかでも最古相と捉えたい。野毛大塚古墳出土須恵器は周濠出土となるが、器台片にみる組紐文が連接技法によるものであり、分割技法に移行するTK73～216期より古くなるので、TG232～TK73期と比定した。

墳丘規模の特徴 現在の資料状況において、甲冑を副葬し、須恵器を供献する事例は、中期を通じて前方後円墳が認められるが、TK23・47期には小規模の円墳が顕著となる。しかし、その傾向は方墳を含めて、TK208期にはみえており、その萌芽はTK73期にある。TK73期の大阪府・

岡本山 A3 号墳、TK73 ～ 216 期の奈良県・新沢 139 号墳、兵庫県・年ノ神 6 号墳、TK216 期の奈良県・後出 7 号墳、佐賀県・汐井川 2 号墳、TK216 期～ ON46 段階の大阪府・亀井古墳、大阪府・長原 61 号墳は、その具体的な事例である。甲冑に関しては旧型式のものを副葬する例もあるが、須恵器を用いた儀礼をいち早く受容しており、新興勢力の勃興と関連しよう。

2. 須恵器編年の課題

甲冑編年と須恵器の時期的関係性を考える上で課題となる点は、当然ながら、甲冑と須恵器では、器物としてのライフサイクルが異なり、須恵器の場合には製作、流通、消費、維持、廃棄といった過程の中で、日常使用された製品と古墳供献のために生産されたものを区分する必要がある。また、1つの窯跡においても必ずしも単一型式によって製品が構成されず、複数型式が併存することがあり、構成比にも留意した時期比定の必要がある（三好 2016）。

問題を複雑にする点は、鋳留短甲が導入される時期において、須恵器では古墳供献のために須恵器生産がなされる場合があり、しばしばその製品が陶質土器と類似するために、型式の特定に注意が必要である。その代表例は大阪府・野中古墳であり、韓半島の陶工、日本列島の須恵器工人、土師器工人から成る野中古墳供献を目的とする特殊な土器生産の存在が想定できる（中久保 2014）。また、TK73 ～ 216 期は、杯身の本格生産がはじまる時期であるために個体差が大きく、土師器では椀形高杯の出現がこの時期の指標となるが地域差を含めた型式学的検討は進んでいない。したがって、現段階では土器資料から細やかな時期比定には、困難を伴う。解決策としては、例えば、須恵器・甕の器形や口頸部形状、高杯形器台の文様、甕の製作技法などが時期比定に有効な可能性があり、本論はこの点を考慮して、時期比定をおこなったが、須恵器の資料数や残存状況に恵まれない事例も多かった。現状における細分が難しく、今後の研究課題である点を指摘したい。

おわりに

以上、古墳時代中期における甲冑と須恵器出土古墳を集成し、その傾向と須恵器研究上の課題を簡潔にまとめた。須恵器に関しては TK73 ～ 216 型式の再検討をする段階にあるが、様々な手工業製品に画期が認められるこの時期をさらに深く検討するために、本稿が礎となれば、幸いである。

【参考文献】

- 植野浩三 2002「TK73 型式の再評価—高杯の消長を中心にして—」『田辺昭三先生古稀記念論文集』田辺昭三先生古稀記念の会
- 北山峰生 2007「四条シナノ古墳群の展開」『四条シナノ遺跡』奈良県立橿原考古学研究所
- 北山峰生 2009『松山遺跡』奈良県立橿原考古学研究所
- 鈴木一有 2014「野中古墳の築造時期と陪冢論」『野中古墳と「倭の五王」の時代』高橋照彦・中久保辰夫編 大阪大学大学院文学研究科
- 田中清美 2002「須恵器定型化への過程」『田辺昭三先生古稀記念論文集』田辺昭三先生古稀記念の会
- 田辺昭三 1966『陶邑古窯址群 I』平安学園考古学クラブ
- 田辺昭三 1981『須恵器大成』角川書店
- 中久保辰夫 2014「野中古墳出土土器とその意義」『野中古墳と「倭の五王」の時代』大阪大学大学院文学研究科
- 橋本達也 2012「古墳時代甲冑研究の現状」『国立歴史民俗博物館研究報告』第 173 集 国立歴史民俗博物館
- 橋本達也・鈴木一有 2014『古墳時代甲冑集成』大阪大学大学院文学研究科考古学研究室
- 埋蔵文化財研究会 1993『甲冑出土古墳にみる武器・武具の変遷』第 33 回埋蔵文化財研究会
- 三好 玄 2016「古墳時代須恵器編年にかんする方法論的検討—田辺編年の今日的な理解から—」『古代文化』第 68 巻第 1 号 古代学協会

表 1 - 1 甲冑および須恵器出土古墳の集成

No.	地域	古墳名	所在地	墳形・規模 (m)	甲	冑	頸	肩	付属具等／備考	須恵器型式	出土土器
1	茨城	武具八幡	土浦市下坂田	円・15	横鋌短 小札甲	小鋌衝 小鋌眉	1	1	篠籠手	TK216 ～ 23・ 47	須恵器：甕体部片、広口壺口縁部片、土師器：甕口縁部片
2	栃木	雀宮牛塚	宇都宮市新富町	帆立貝・57	三鋌短					TK208 ～ 47	須恵器：甕、無蓋高杯
3	群馬	本関 5 号	伊勢崎市本関町	円・22	横鋌短					不明	須恵器：甕片、土師器：杯
4	群馬	井出二子山	高崎市井出町	前方後円・109	小札甲	横鋌衝			頬当	TK23・ 47	須恵器：大甕、直口壺、杯身・杯蓋、無蓋高杯、高杯形器台、土師器：直口壺、中型壺
5	群馬	保渡田八幡塚	高崎市保渡田町	前方後円・96	小札甲				小札付属具 2 種		土師器：杯、無蓋高杯、碗、高杯、直口壺
6	埼玉	生野山	本庄市児玉町児玉	円・不明	横鋌短						土師器：大型有段高杯
7	埼玉	埼玉稲荷山 (第 1 主体部)	行田市埼玉	前方後円・120	小札甲					TK23・ 47	須恵器：甕片、甕、杯蓋、有蓋高杯、土師器：杯、甕
		埼玉稲荷山 (第 2 主体部)			小札甲						
8	埼玉	東耕地 3 号	東松山市加美町	円・19	横鋌短					TK208 ～ 47	須恵器：甕口縁・体部片、土師器：直口壺
9	千葉	鳥山 2 号	富里市日吉倉	円・26	横鋌短					TK23・ 47	須恵器：台付壺?、有蓋高杯、土師器：直口壺、碗、高杯
10	千葉	金塚	我孫子市根戸	円・約 20	横鋌短					TK208 ～ 23	須恵器：大甕、土師器：碗、杯
11	千葉	稲荷台 1 号	市原市山田橋字稲荷台	円・27.5	横鋌短					TK208	須恵器：甕、無蓋高杯、甕、杯身、土師器：直口壺、碗形高杯、碗
12	千葉	東間部多 1 号	市原市西広字蛇谷	円・28	横鋌短					TK208 ～ 47	須恵器：甕、土師器：杯、碗、高杯、甕
13	千葉	祇園大塚山	木更津市祇園	前方後円・100	小札甲 (金銅装)	縦細鋌眉 (金銅装)			襟甲・小札	TK216 ～ ON46	須恵器：大型甕
					小札甲						
14	千葉	大寺山洞穴 第 1 洞穴	館山市沼字和田東	洞穴墓	三草短 横鋌短	三草衝			小札 6		
										TK208	須恵器：広口壺、大型甕、有蓋高杯、土師器：短頸壺、杯、高杯
15	東京	野毛大塚 (第 1 主体)	世田谷区野毛	帆立貝・82.6	長草短	三草衝	1	1		TG232 ～ TK73	須恵器：壺、高杯形器台、土師器：壺 or 甕、小型丸底土器、甕、杯、高杯
		野毛大塚 (第 2 主体)			三草短	三草? 衝					
16	山梨	三珠大塚 (後円部)	西八代郡市川三郷町大塚	前方後円・70	短甲片 横鋌短 小札甲					TK23・ 47	須恵器：甕、甕、杯身・杯蓋、高杯
		三珠大塚 (前方部)									
17	長野	七瀬双子塚	中野市七瀬	前方後円・61	長草短					不明	須恵器：壺片、土師器：壺口縁、高杯
18	長野	大室 196 号	長野市松代町大室	円・19	横鋌短					TK23・ 47	須恵器：甕、土師器：細片
19	長野	新井原第 12 号	飯田市座光寺新井原	帆立貝・36	横鋌短					不明	須恵器：器種不明
20	長野	神送塚	飯田市駄科	円・18	三鋌短					不明	須恵器：平瓶?
21	長野	溝口の塚	飯田市上郷別府	前方後円・50	三鋌短 横鋌短	横鋌衝	1	1		TK208 ～ 23	須恵器：甕、甕、杯蓋、土師器：直口壺、碗、甕、高杯
22	長野	月の木 1 号 (1 号木棺)	飯田市川路	円・27	横鋌短					TK23・ 47	須恵器：広口壺、甕、無蓋高杯、有蓋高杯、土師器：二重口縁壺、直口壺?、碗、高杯 (碗形含む)、甕
		月の木 1 号 (3 号木棺)			横鋌短						

表1-2 甲冑および須恵器出土古墳の集成

No.	地域	古墳名	所在地	墳形・規模 (m)	甲	冑	頸	肩	付属具等 / 備考	須恵器型式	出土土器
23	富山	イヨダノヤマ3号	氷見市上田	円・25 × 21	横鋌短					TK208 ~ 23	須恵器：甕、甗、杯身・杯蓋
24	富山	加納南9号	氷見市加納	円・19	小札甲					TK23・47	須恵器：広口壺、甗、筒形器台、杯身・杯蓋
25	石川	和田山2号	能美市和田	円・20	横鋌短					TK23・47 ~ MT15	須恵器：杯身、蓋、有蓋高杯、土師器：破片（壺？）
26	石川	吸坂丸山5号	加賀市吸坂	円・15		横鋌衝	1	小		TK216 ~ ON46	須恵器：直口壺、不明口縁部・体部片
27	福井	向山1号（後円部石室）	三方上中郡若狭町下吉田	前方後円・49	三革短					TK216 ~ ON46	須恵器：壺、甗、高杯形器台、筒形器台、杯蓋、土師器：高杯
					三革短						
		向山1号（前方部埋納施設）			長革短						
28	福井	向出山1号（1号石室）	敦賀市吉河	円・60	小札甲	小鋌眉（金銅装）	1	1	（頸：金銅）	TK23・47	須恵器：杯蓋、有蓋高杯、壺口縁片、土師器：高杯
						小鋌眉（金銅装）					
		向出山1号（2号石室）			三鋌短	横鋌衝	1	1			
29	福井	饅頭山1号	福井市門前町	円・28	（三）革短	小鋌衝				TK73 ~ 216	陶質土器：高杯形器台片、裝飾土器口縁部
30	福井	二本松山（2号石棺）	吉田郡永平寺町松岡吉野塚	前方後円・90	三鋌短	小鋌眉（金銅装）	1		脇当		土師器：直口壺、高杯
31	福井	鳥越山	吉田郡永平寺町松岡吉野塚	前方後円・54					肩甲 or 篠状鉄札	TK208	須恵器：甕、甗、高杯形器台、杯身・杯蓋、無蓋高杯、有蓋高杯、土師器：高杯
32	福井	石舟山	吉田郡永平寺町松岡吉野塚	前方後円・79	（三革短）				篠状鉄札・小札	TK73 ~ 216	須恵器：甕、器台
33	岐阜	南青柳	関市下有知	造出付円・26	鋌短	眉？				TK208 ~ 23	須恵器：甕、杯蓋、無蓋高杯
34	静岡	多田大塚4号	伊豆の国市菰山多田	円・22	横鋌短					TK208	須恵器：四耳付壺、壺、筒形器台、高杯形器台、土師器：杯
35	静岡	文殊堂11号	周智郡森町円田	円・15	三革短						土師器：直口？壺、高杯
36	静岡	林2号	周智郡森町一宮	円・16	三横鋌短					TK208 ~ 23	須恵器：甕、土師器：直口壺、鉢、高杯
37	静岡	石ノ形	袋井市国本	造出付円・27+	横鋌短					TK23・47	須恵器：甕、甗
38	愛知	志段味大塚	名古屋守山区上志段味	帆立貝・51	小札甲			1	篠籠手	TK208 ~ 23	須恵器：甕、高杯形器台、甗、土師器（須恵器模倣）：直口壺、高杯形器台、杯身、有蓋高杯、無蓋高杯
39	愛知	経ヶ峰1号	岡崎市丸山町	帆立貝・35				1		TK216 ~ ON46	須恵器：甗、高杯形器台、杯身・杯蓋、高杯脚
40	三重	小谷赤坂13号	松阪市嬉野天花寺町	円・20	三鋌短					TK216	須恵器：広口壺、短頸壺、甗、樽形甗、杯身、把手付碗、無蓋高杯、土師器：直口壺、伊勢型二重口縁壺？、高杯片
41	三重	八重田16号	松阪市八重田町大谷口	方・16	三鋌短	小鋌眉	1			TK208	須恵器：広口壺、台付壺、高杯脚部片、杯身、無蓋高杯、裝飾高杯、不明口縁部
42	三重	近代	伊賀市上神戸近代	帆立貝・30	三鋌短	三革衝		1		TK208	須恵器：甗、杯身、高杯、土師器：杯、高杯

表 1-3 甲冑および須恵器出土古墳の集成

No.	地域	古墳名	所在地	墳形・規模 (m)	甲	冑	頸	肩	付属具等／備考	須恵器型式	出土土器
43	滋賀	黒田長山 4 号 (南棺)	長浜市余呉町坂口	円・17	横鋌短					TK208	須恵器：直口壺、口縁部片、土師器：高杯？
		黒田長山 5 号 (北棺)			横鋌短						
44	滋賀	供養塚	近江八幡市千僧供町	前方後円・50	横鋌短					TK216 ～ ON46	須恵器：壺口縁、器台脚部、杯身・杯蓋
45	京都	清瀆 7 号	京丹後市大宮町口大野	円・19	短甲					TK23・47	須恵器：壺口縁部片、大型甕、杯身・杯蓋、無蓋高杯
46	京都	荒神塚 (三宅 1 号)	綾部市豊里町三宅	円・20	横鋌短					不明	須恵器：短頸壺、有蓋高杯
47	京都	坊主塚	亀岡市馬路町池尻	方・34	横鋌短	横鋌衝	1	1	篠籠手	不明	須恵器：破片
48	京都	久津川車塚	城陽市平川車塚鍛冶塚	前方後円・183	三草短	竪細鋌衝	3	4+	篠籠手・手甲	TK73	須恵器：甕、土師器：小型丸底土器、高杯、笱形土器、食物形土製品
					三草短	三草衝					
					三草短	三草衝					
					三草短	小鋌衝					
					三草短	小鋌衝					
					小札甲						
49	京都	赤塚	城陽市平川室の木	円・22.5	小札甲					TK23・47	須恵器：杯身・杯蓋、有蓋高杯、土師器：甕
50	大阪	大仙陵 (前方部)	堺市大仙町	前方後円・486	横鋌短 (金銅装)	小鋌眉 (金銅装)				ON46	須恵器：大甕
51	大阪	城ノ山	堺市百舌鳥西之町	前方後円・77	短	眉	1	1	短甲 2 ? (不明)	不明	須恵器：器種不明
					小札甲	鋌衝			襟甲		
52	大阪	収塚	堺市百舌鳥夕雲町	帆立貝・65	短甲					TK208	須恵器：甕体部片、筒形？器台、無蓋高杯
53	大阪	風吹山	岸和田市池尻町	帆立貝・71	長草短	三草衝				不明	須恵器：椀？高杯形器台？
54	大阪	西小山	泉南郡岬町淡輪	円・40	変鋌短 (三角)	小鋌眉 (金銅装)				TK73 ～ 216	陶質土器：有蓋長頸壺、陶質土器／須恵器：甕片、高杯形器台
					三鋌短	革製衝	1	1	(一段鋳)		
					小札甲	革製衝			臍当		
55	大阪	堂山 1 号	大東市寺川	円・25	三草短	三草衝				TK73	須恵器：甕、直口壺、二重口縁壺、壺口縁、甕？、高杯形器台、把手付椀、蓋、有蓋高杯、土師器：高杯、甕
56	大阪	亀井	八尾市亀井	方・7	三草短	鋌衝？	1	1	革草摺	TK216 ～ ON46	須恵器：直口壺、壺口縁、樽形甕、杯身・杯蓋
57	大阪	長原 61 号	大阪市平野区長吉長原	方・9	鋌短					TK216 ～ ON46	須恵器：甕・壺体部片、壺、高杯形器台、把手付椀、高杯蓋、有蓋高杯

表 1 - 4 甲冑および須恵器出土古墳の集成

No.	地域	古墳名	所在地	墳形・規模 (m)	甲	冑	頸	肩	付属具等 / 備考	須恵器型式	出土土器
58	大阪	野中	藤井寺市野中	方・37	三鈎短	小鈎眉	8 ?	8	鉄草摺	TK73 ~ 216	陶質土器 / 須恵器：台付壺、有銕土器、外反口縁壺、二重口縁壺、器台・高杯脚部、小型蓋、小型把手付壺、高杯、大型蓋、須恵器：壺体部片、土師器：二重口縁壺、甕、蓋、有蓋高杯
					三鈎短	小鈎眉					
					三鈎短	小鈎眉					
					三鈎短	小鈎眉					
					横鈎短	小鈎眉					
					横鈎短	小鈎眉					
					横鈎短	小鈎眉					
					横鈎短	小鈎眉					
					三革襟短	革製衝			三尾鉄 (金銅装)		
					三革襟短	革製衝			三尾鉄 (金銅装)		
					三革襟短	革製衝			三尾鉄 (金銅装)		
59	大阪	高井田山	柏原市高井田	円・22	横鈎短 小札甲	横鈎衝	1	1		TK23・47	須恵器：台付壺、広口壺、甕、高杯形器台、有蓋高杯、無蓋高杯、土師器：直口壺、甕、製塩土器
60	大阪	太秦高塚	寝屋川市太秦高塚町	造出付円・37	鈎短				小札	TK208	須恵器：広口壺、高杯形器台、有蓋高杯
61	大阪	弁天山 D 4 号	高槻市奈佐原	前方後方・45	? 鈎	眉	1		臑当・小札	TK216 ~ ON46	須恵器：壺体部片、器台片、長頸壺?
62	大阪	岡本山 A 3 号	高槻市岡本	不明	長革短					TK73	須恵器：壺、高杯形器台、甕、無蓋高杯、土師器：直口壺、碗形高杯、有段高杯
63	大阪	御獅子塚 (第 1 主体)	豊中市南桜塚	前方後円・55	変鈎短 (三角)	小鈎衝	1	1	三尾鉄	TK73 ~ 216	須恵器：台付碗か
		御獅子塚 (第 2 主体)			三革短	小鈎眉 (金銅装)	1	1			
64	大阪	北天秤塚 (第 1 主体)	豊中市南桜塚	不明	短甲					不明	須恵器：甕体部片
					小札甲						
					短甲	衝	1				
		北天秤塚 (第 2 主体)			短甲	眉 (金銅装)					
					短甲						
					短甲						
65	兵庫	年ノ神 6 号	三木市鳥町	方・13 × 9.5	三革短		1	1		TK73 ~ 216	須恵器：大甕、甕、器台片
66	兵庫	池尻 2 号	加古川市平荘町	前方後円?	三鈎短	横鈎衝				TK216	須恵器：甕、異形甕、両耳付無蓋高杯
67	兵庫	カンス塚	加古川市平荘町池尻	帆立貝・32	横鈎短		1		小札 (草摺?)	TK216	須恵器：甕、両耳付無蓋高杯
68	兵庫	宮山 (第 2 主体)	姫路市四郷町坂元	円・30	小札甲		1	1	板籠手・臑当	TK216	須恵器：有蓋高杯、土師器：直口壺
		宮山 (第 3 主体)			三鈎短	横鈎衝	1	1	三尾鉄	TK73 ~ 216	須恵器：広口壺、甕、高杯形器台、双耳付無蓋高杯、無蓋高杯、黒色磨研土器：杯、土師器：直口壺
		宮山 (墳丘)								TK73 ~ 216	須恵器：甕片、壺片、甕、樽形甕、高杯形器台片、杯、杯蓋、脚台付浅鉢、高杯、無蓋高杯

表 1-5 甲冑および須恵器出土古墳の集成

No.	地域	古墳名	所在地	墳形・規模 (m)	甲	冑	頸	肩	付属具等／備考	須恵器型式	出土土器
69	兵庫	奥山 1 号	赤穂市有年原字奥山	円・5～6	横鋌短					TK23・47	須恵器：広口壺、杯身・杯蓋
70	奈良	ベンシヨ塚 (第 1 埋葬施設)	奈良市山町塚廻	前方後円・70	三草短					不明	須恵器：不明
		ベンシヨ塚 (第 2 埋葬施設)			三草短	小鋌眉					
71	奈良	新沢千塚 109 号 (前方部)	橿原市鳥屋町ほか	前方後方・約 28	横鋌短 小札甲 (襦褄)					不明	須恵器：破片
72	奈良	新沢千塚 139 号	橿原市鳥屋町ほか	方・23×20	三草短	方鋌眉	1	1		TK73～216	須恵器：二重口縁壺、直口壺、他に混入とみられる杯身・杯蓋
73	奈良	新沢千塚 173 号	橿原市鳥屋町ほか	円・約 14	横鋌短					不明	須恵器・土師器：詳細不明
74	奈良	新沢千塚 281 号	橿原市鳥屋町ほか	円・23×20	横鋌短	小鋌衝	1	1		TK23・47	須恵器：蓋付台付鉢、平底瓶、台付壺、広口壺、直口壺、短頸壺、甕、二重甕、高杯形器台、筒形器台、短頸壺蓋、杯身・杯蓋、有蓋高杯、無蓋高杯、高杯蓋、土師器：小型丸底土器
75	奈良	新沢千塚 510 号	橿原市鳥屋町ほか	円・約 12.5	横鋌短					TK23・47	須恵器：杯蓋
76	奈良	市尾今田 2 号	高市郡高取町市尾	円・約 22	三鋌短 三草短	小鋌？	1	1	革草摺？	TK216～ON46	須恵器：器台
77	奈良	薩摩 5 号	高市郡高取町薩摩	方・10	革短				鋳？	TK216	須恵器：甕片、直口壺、浅鉢、土師器：直口壺、有段高杯、甕
78	奈良	剣上塚	生駒郡平群町若井	円・23	三鋌短		1	1		不明	須恵器：甕片、高杯形器台片、杯蓋、土師器：短頸壺？
79	奈良	兵家 12 号	葛城市兵家	円？	長革短	小鋌眉	1	1		TK23・47	須恵器：台付壺、広口壺、甕、器台脚部、杯身・杯蓋
80	奈良	室宮山 (後円部南主体)	御所市室	前方後円・約 238	三草短	革衝			三尾鉄	TG232 併行	陶質土器：舟形土器、大型台付把手付壺
		室宮山 (張出部粘土槨)			三草短	(革製衝？)	1				
81	奈良	後出 2 号	宇陀市大字陀区守道	円・約 14	横鋌短					TK23・47	須恵器：広口壺、杯身・杯蓋、無蓋高杯、土師器：椀、椀形高杯、無稜高杯
					横鋌短						
					横鋌短						
82	奈良	後出 3 号	宇陀市大字陀区守道	円・約 13	横鋌短					TK23・47	須恵器：大甕、大型甕、土師器：直口壺、椀、杯、椀形高杯、小型甕
					三横鋌短						
83	奈良	後出 7 号	宇陀市大字陀区守道	円・約 12	三鋌短					TK216	須恵器：甕、土師器：椀形高杯、有段高杯
84	奈良	池殿奥 5 号	宇陀市榛原区澤	前方後円・約 22.5	横鋌短					TK23・47	須恵器：広口壺、甕、大型甕、杯身・杯蓋、土師器：椀
85	和歌山	陵山	橋本市古佐田	円・46	小札甲					TK216～ON46	須恵器：甕体部片、甕、無蓋高杯、把手付高杯、土師器：直口壺、椀形高杯
86	和歌山	寺内 63 号	和歌山市森小手穂北谷	円・20～21	三草短		？	？		TK73～216	須恵器：甕片、土師器：有段高杯
87	鳥取	湯山 6 号	鳥取市福部町湯山	円・13	三草短	小鋌眉					土師器：器台？
88	鳥取	古郡家 1 号	鳥取市古郡家	前方後円・90	長革短						土師器：無稜？高杯、甕
89	鳥取	倭文 6 号	鳥取市倭文	円・13	横鋌短	横鋌衝			小札鋳	TK23・47	須恵器：甕、土師器：椀形高杯、甕

表 1 - 6 甲冑および須恵器出土古墳の集成

No.	地域	古墳名	所在地	墳形・規模 (m)	甲	冑	頸	肩	付属具等 / 備考	須恵器型式	出土土器
90	岡山	我城山 6 号	瀬戸内市邑久町笠和	不明・7～8	横鋌短					TK208	須恵器：直口壺、広口壺、杯身・杯蓋、土師器：甕
91	岡山	牛文茶臼山	瀬戸内市長船町牛文	前方後円・55	小札甲	鋌冑？				不明	須恵器：不明
92	岡山	金蔵山（中央石室） 金蔵山（南石室）	岡山市中区沢田	前方後円・165	短甲片 短甲片						土師器：壺、小型有稜高杯、籠目土器
93	岡山	法蓮 40 号	総社市下林	円・10	横鋌短					TK216	須恵器：甕肩部、杯身
94	岡山	天狗山	倉敷市吉備町川辺	帆立貝・46	小札甲				筒籠手 2	TK23・47	須恵器 / 陶質土器：甕体部、杯身・杯蓋、無蓋高杯
95	岡山	勝負砂	倉敷市真備町下二万	帆立貝・42	横鋌短						土師器：小型壺形土器
96	広島	城ノ下第 1 号	広島市佐伯区五日市町	円・14～21	横鋌短					TK216～ON46	須恵器：甕
97	広島	曲第 2 号	庄原市口和町金田	円・12～16	三鋌短					TK23・47	須恵器：広口壺、有蓋高杯、無蓋高杯、杯身・杯蓋、土師器：直口壺、甕、有段高杯
98	広島	三玉大塚	三次市吉舎町三玉	帆立貝・41	横鋌短	冑 2				TK208	須恵器：子持壺？、広口壺、大型甕、
99	香川	相作馬塚	高松市鶴市町	帆立貝・20?	短	眉				TK23・47	須恵器：甕体部片、直口壺、甕、杯身・杯蓋、有蓋高杯、土師器：直口壺
100	香川	原間 6 号	東かがわ市川東原間	円・30	三革短		1	1		TK73	須恵器：甕、土師器：有段高杯、碗形高杯、無稜高杯
101	香川	大井七つ塚 4 号	さぬき市大川町富田西	円？・20	横鋌短	眉				TK23・47	須恵器：杯身・杯蓋、無蓋高杯
102	香川	川上	さぬき市昭和	円・22	横鋌短	横鋌衝	1	1		TK208	須恵器：台付壺、広口壺、甕、大型甕、高杯形器台、筒形器台、蓋、杯身・杯蓋、無蓋高杯
103	香川	津頭西（蛇塚）	綾歌郡綾川町小野	円・7	横鋌短 横鋌短 横鋌短	眉（金銅装） 衝	1			TK23・47	須恵器：杯身、有蓋高杯
104	香川	岡の御堂 1 号	綾歌郡綾川町滝宮	円・12	横鋌短		1			TK23・47	須恵器：甕、直口壺、広口壺、甕、把手付碗、杯身・杯蓋
105	福岡	老司（2 号石室） 老司（3 号石室）	福岡市南区老司	前方後円・約 75	三革短				三尾鉄・板状肩甲？・帯板状小手・鉄草摺	TK73～216	陶質土器 / 須恵器：両耳壺、須恵器：高杯形器台、土師器：直口壺
106	福岡	兜塚	福岡市西区飯氏	前方後円・43	横鋌					TK208～23・47	須恵器：甕片、杯蓋、有蓋高杯？脚部
107	福岡	小田茶臼塚	朝倉市小田	前方後円・55	横鋌短	横鋌衝		1		TK216	須恵器：大甕、甕、高杯形器台
108	福岡	欠塚	筑後市大字前津	前方後円・45	小札（甲）	鋌冑？				TK23・47	須恵器：有蓋高杯
109	福岡	津屋崎峯ノ畑（41 号）	福津市勝浦字峯ノ畑	前方後円・97	（横）鋌短					不明	須恵器：不明
110	福岡	新原奴山 1 号（17 号）	福津市勝浦字新原	前方後円・50	（横）鋌短	小鋌衝	1	1		TK23・47	須恵器：無蓋高杯
111	福岡	奴山正園（13 号）	福津市勝浦字正園	円・32	三革短					TK73～216	須恵器：長頸壺頸部、壺口縁部、高杯形器台、土師器：有稜高杯、甕

表 1-7 甲冑および須恵器出土古墳の集成

	地域	古墳名	所在地	墳形・規模 (m)	甲	冑	頸	肩	付属具等／備考	須恵器型式	出土土器
112	福岡	井出ノ上	福津市宮司	円・26	三革短					TK73	須恵器：甕
113	福岡	片山 14 号	遠賀郡岡垣町千野	円・12	不明 1					TK208	須恵器：甕、広口壺、無蓋高杯
114	福岡	セスドノ	田川市伊田	円・37	横鉾短					TK23・47	陶質土器／須恵器：両耳付壺、蓋
115	福岡	番塚	京都郡苅田町	前方後円・約 50	小札甲					TK47～MT15	陶質土器：鳥足文壺、須恵器：広口壺、鳥形甕、高杯形器台、杯身・杯蓋、無蓋高杯、土師器：長胴甕
116	福岡	稲童 8 号	行橋市稲童	円・18	横鉾短	横鉾衝	1	小	(頸→襟甲?)	TK208	須恵器：甕、広口壺、高杯形器台、無蓋高杯
117	福岡	稲童 21 号	行橋市稲童	円・22	三鉾短 横鉾短	横鉾眉 (金銅装)	1	小	臑当	TK216	須恵器：甕、甕
118	福岡	馬場代 2 号	行橋市馬場	円・25	横鉾短					TK216	須恵器：甕頸部?、土師器：高杯杯部
119	佐賀	汐井川 2 号	唐津市千々賀	円・8.8	三革短					TK216	須恵器：樽形甕、杯身、土師器：直口壺
120	佐賀	龍王崎 3 号	杵島郡白石町深浦	円・16	小札 3					TK23・47	須恵器：杯蓋、子持蓋
121	佐賀	塚山	神崎郡吉野ヶ里町豆田	前方後円・48	小札甲					不明	須恵器：短頸壺、高杯形器台、子持蓋、杯蓋?、高杯
122	佐賀	東尾大塚	三養基郡みやき町東野	円・27	横鉾短					TK216	須恵器：広口壺、杯身・杯蓋
123	熊本	江田船山	玉名郡和水町江田	前方後円・62	横鉾短 横革短	横鉾衝	1	1	鍔 3 組	TK23・47	陶質土器：杯身・杯蓋、提瓶、須恵器：甕、壺、短頸壺、甕、高杯形器台、有蓋高杯
124	熊本	カミノハナ 1 号	上天草市松島町合津	円・13.2		鉾冑			鍔	TK23・47	須恵器：甕片、甕、高杯形器台、杯身
125	熊本	鬼塚	人吉市願成寺町字鬼松	円・23	(横) 鉾短					TK208	須恵器：甕、樽形甕
126	大分	宝剣山	佐伯市向渡町	円・16～18	三鉾短					TK73～216	須恵器：甕片
127	宮崎	六野原 10 号地下式	東諸県郡国富町三名	地下式横穴墓	横鉾短	小鉾眉					土師器：直口壺、碗
128	宮崎	島内 76 号地下式	えびの市島内	地下式横穴墓	横鉾短	三革衝				不明	須恵器：短頸壺 (3 トレンチ出土)
129	鹿児島	神領 10 号	曽於郡大崎町	前方後円・55	三革短 鉾短	革衝 小鉾眉 (金銅装)	1	1	篠状鉄札	TK216	須恵器：大甕、台付壺、短頸壺、壺、甕、高杯形器台、筒形器台、杯身、有蓋高杯、蓋、把手付碗高杯、土師器：直口壺、二重口縁壺、小型丸底土器、杯、高杯、甕

1. 調査対象資料概要

調査対象 本研究ではX線CTを用いた甲冑研究に必要な画像のフォーマットを示すことを目的とした。本研究でのX線CT調査の対象資料としては、遺存状態の良い九州地域出土の甲冑、甲冑型式学研究の代表的事例である大阪府黒姫山古墳・野中古墳出土資料を軸に選定を行った。

九州では古墳時代中期から横穴式石室・竪穴系横口式石室・地下式横穴墓など横穴系埋葬施設が導入されている。また箱式石棺に甲冑を副葬した事例もあり、これら埋葬施設において空洞が保持された状態において出土した甲冑はサビが少なく遺存状態の良好な資料が多い。そのため曲面など立体的な形状も復原ではなく、本来の状態が維持されており三次元的研究に資する情報が得られると予測された。

大阪府の2古墳は近畿中央政権の中核にあって、甲冑生産・配布主体に直結するものと考えられる。黒姫山古墳は報告書の刊行が1953年と早く、今日的な研究における十分な報告ではなくなっており、また元々報告書に掲載されていない甲冑が多い。それらを補う上でも破片を含めて、なるべく多くの調査と画像掲載を目指した。野中古墳においても、報告書で十分な実測図は公開されておらず、それらを補う資料になるようには企図した。ただ、野中古墳出土資料の場合は作業量・時間との関係から調査対象は一部に限った。

今回の調査では、本来の形状をなるべく保つものを選定したので、必然的に鋳留甲冑が中心となった。革綴甲冑や小札系甲冑では、一般的に綴・威革がはずれ、出土時には部材が動き、本来の形状を保っていないためである。革綴甲冑に関しては、まったく調査が行えなかったが、小札甲に関しては、佐賀県石塚1号墳・福岡県山の神古墳資料を調査した。革綴甲冑や小札系甲冑でもX線CTは新たな情報を獲得する上で有効であり、対象甲冑形式の偏りは今後の課題である。

また、神奈川県下馬周辺遺跡の大鎧や甲冑以外の武器・馬具など本研究にあわせて関連する資料の調査も実施することができた。とくに、島内139号地下式横穴墓出土資料では発掘調査後、X線CTの利用を進めた。いずれも、肉眼観察では認識し得ない、内部構造を確認することができ、刀剣類や馬具などの研究にもX線CTがきわめて有効であることの一端を明らかにしたと考えている。今後、考古学において一層、X線CTを用いた研究の進展することを期待されるが、その際にも資料観察に基づく考古学側からの解明すべき課題提示や表現方法の工夫が必要である。

資料の提示方法 対象資料は資料編、図版編ともに共通させて、所在地の南から順に配列した。また甲冑では短甲・冑・付属具の順に列べている。

資料編の画像は、図版編第4部の画像を一覧できるように縮小配列したものである。縮小率は整数値になっていない。

図版編第4部では、短甲 = 1/4、冑・頸甲展開図 = 1/4、冑・頸甲個別図 = 1/2、鎧 = 1/3の配置を基本とした。その他の付属具なども1/4、1/2を基本とした。また、衝角底板や眉庇付冑頂部装飾などの細部は1/1も作成した。実際のサイズはスケールバーで確認いただきたい。

なお、資料各説の記載情報において、共伴遺物の出土点数に関しては埋葬施設の内外を区別せず総数で示している。鉄鏃形式・型式は細分せず総数で記している。副葬品実数の不明瞭な古墳もあり、あくまで参考値である。

謝 辞 本調査は、九州国立博物館の協力の上に実施が可能となり、取得したX線CTデータの利用許可をいただいた。また資料各説に記載した所蔵機関からは、X線CT調査および画像の掲載の許可をいただいた。あらためて謝意を表する次第である。

2. 調査対象資料リスト

(1) 古墳時代甲冑

宮崎

島内 21 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑・鍔
島内 62 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲
島内 139 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑 + 鍔・頸甲・肩甲
小木原 1 号地下式横穴墓	横矧板鉾留衝角付冑
下北方 5 号地下式横穴墓	横矧板鉾留短甲・三角板鉾留短甲・小札鉾留眉庇付冑 + 鍔
西都原 4 号地下式横穴墓	2 号横矧板鉾留短甲
六野原 8 号地下式横穴墓	小札鉾留眉庇付冑

熊本

マロ塚古墳	横矧板鉾留短甲・1 号小札鉾留眉庇付冑・3 号頸甲
高塚横穴墓	横矧板鉾留短甲

佐賀

石塚 1 号墳	小札甲（部分）
---------	---------

福岡

真浄寺 2 号墳	1 号横矧板鉾留短甲（釣壺蝶番）・2 号横矧板鉾留短甲（金銅装方形 4 鉾蝶番）
塚堂古墳	横矧板鉾留衝角付冑
永浦 4 号墳	変形板鉾留短甲・横矧板鉾留眉庇付冑・鍔・頸甲
稲童 21 号墳	三角板鉾留短甲・横矧板鉾留短甲・横矧板鉾留眉庇付冑・頸甲
馬場代 2 号墳	横矧板鉾留短甲
セスノ古墳	横矧板鉾留短甲
山の神古墳	横矧板鉾留衝角付冑・鍔・頬当・篠籠手・手甲

鳥取

倭文 6 号墳	三角板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑・小札鍔
---------	-----------------------

大阪

野中古墳	7 号三角板鉾留短甲・7 号小札鉾留眉庇付冑・7 号頸甲 + 肩甲 9 号三角板革綴襟付短甲 10 号革製衝角付冑・鍔・三尾鉄 2 号横矧板鉾留短甲 6 号小札鉾留眉庇付冑 2 号頸甲・肩甲 3 号草摺
------	---

黒姫山古墳	T1 号横矧板鉾留短甲・T2 号三角板鉾留短甲・T3 号横矧板鉾留短甲・T4 号三角板鉾留短甲・ T5 号三角板鉾留襟付短甲・T7 号三角板鉾留短甲・T12 号横矧板鉾留短甲・T18 号三角板鉾留短甲・ T19 号横矧板鉾留短甲・T20 号三角板鉾留短甲・T21 号横矧板鉾留短甲・T22 号横矧板鉾留短甲・ T23 号横矧板鉾留短甲・T24 号三角板鉾留短甲 S1 号横矧板鉾留衝角付冑・S3 号横矧板鉾留衝角付冑・S4 号横矧板鉾留衝角付冑・ S5 号横矧板鉾留衝角付冑・S7 号横矧板鉾留衝角付冑・S8 号横矧板鉾留衝角付冑・ S11 号横矧板鉾留衝角付冑 三尾鉄：S1・S8・S9 M1-a 号横矧板鉾留眉庇付冑・M1-b 号小札鉾留眉庇付冑・M3 号横矧板鉾留眉庇付冑・ M9 号小札鉾留眉庇付冑・M11 号方形板鉾留眉庇付冑・M13 号小札鉾留眉庇付冑 頸甲：A2 号・A1 号・A20 号・T6 号・T19 号・[1146-1148]・[66～69]、[1291～1221] 鍔：K4（M10 号の鍔か？）・60 草摺：2 号
-------	--

(2) 甲冑参考資料

香川

相作馬塚古墳 甲冑取り上げ状況（短甲・眉庇付冑・頸甲・肩甲）

神奈川

下馬周辺遺跡 大鎧（部分）

(3) 関連資料

鹿児島

神領 10 号墳 盾持人埴輪（頭部）

宮崎

島内 114 号地下式横穴墓 銀象嵌龍文大刀（部分）

島内 139 号地下式横穴墓 銀装円頭大刀・小刀群・象嵌鍛冶具・平胡籥・馬具

熊本

天水経塚古墳 鉄剣（部分）

鳥取

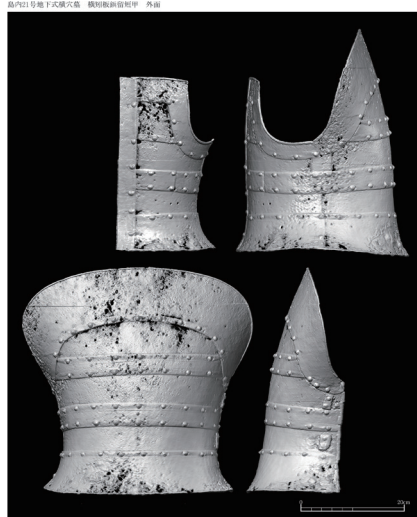
倭文 6 号墳 馬具・鉄鏃

3. 調査資料各説・一覧

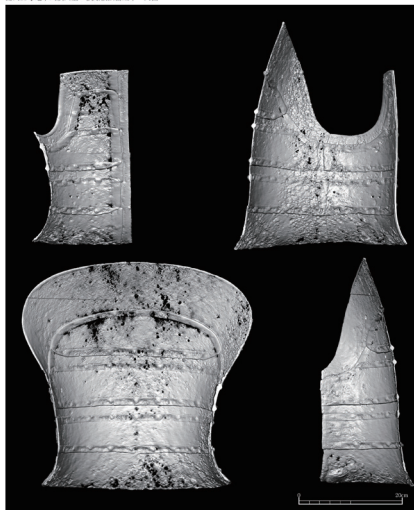
島内 21 号地下式横穴墓

所在地	宮崎県えびの市島内
埋葬施設	地下式横穴墓（玄室長 1.8 m・玄室幅 2.0~2.1 m）
被葬者	3 体（1 号人骨：壮年男、2 号人骨：壮年女、3 号人骨：壮年男）
甲冑	横矧板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑（鋳 3 段）
共伴遺物	圭頭鏃 2・長頸鏃 16・蛇行剣 3・鉄鉾 1・鉄斧 1・刀子 4・鉈 1
所蔵機関	えびの市教育委員会
X線CT	右前胴はデータ未取得。短甲後胴押付板にデータの継ぎ目。鉄の状態とくに良好。短甲左前胴上部、後胴中央部では銹化による劣化を反映。衝角付冑内面の鉾脚周辺はややメタルアーチファクト現象。衝角付冑、腰巻板の鉾孔は開け直しが顕著に観察できる。鋳は銹化がやや進行。

島内 21 号地下式横穴墓



島内21号地下式横穴墓 横矧板鉾留短甲 内面



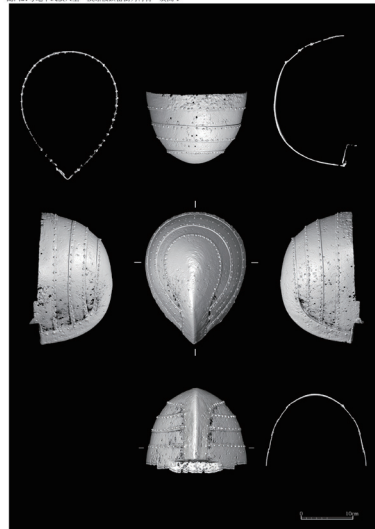
島内21号地下式横穴墓 横矧板鉾留短甲 上面・背面



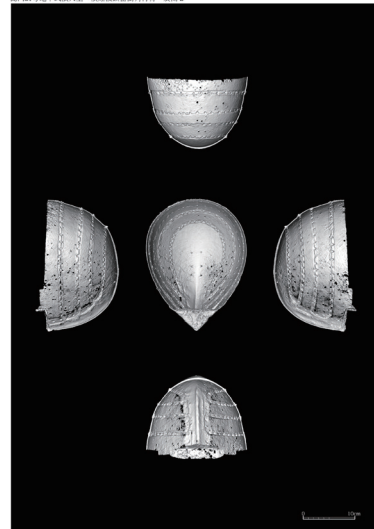
島内21号地下式横穴墓 横矧板鉾留短甲 透視



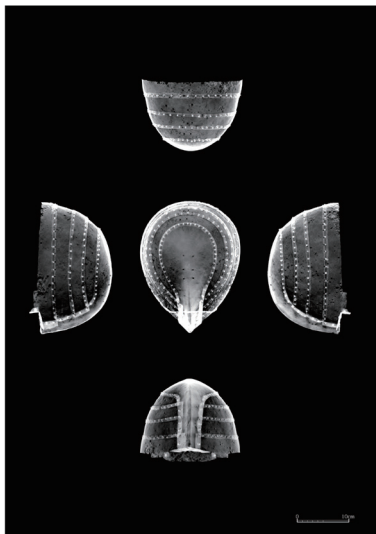
島内21号地下式横穴墓 横矧板鉾留衝角付冑 図解 1



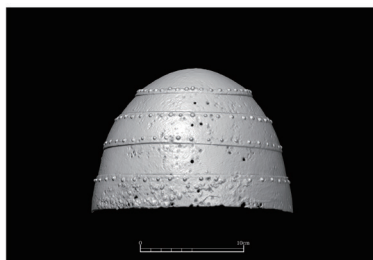
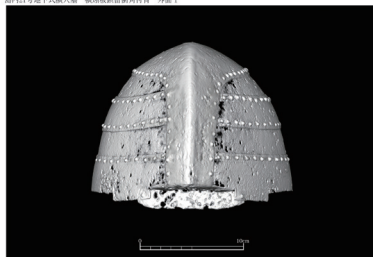
島内21号地下式横穴墓 横矧板鉾留衝角付冑 図解 2



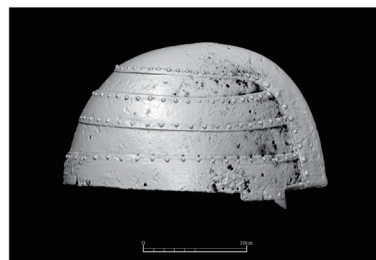
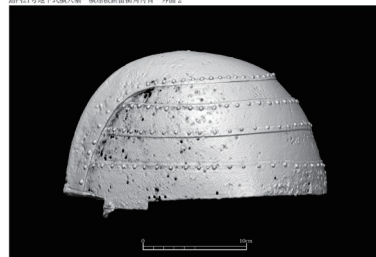
島内 21 号地下式横穴墓



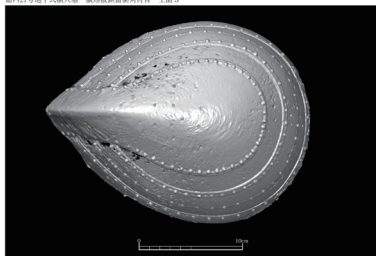
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 1



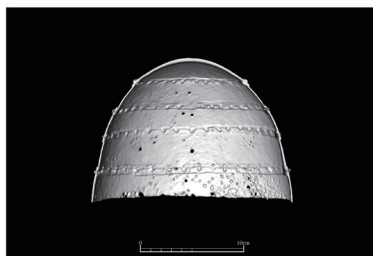
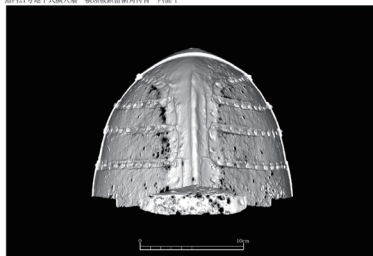
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 2



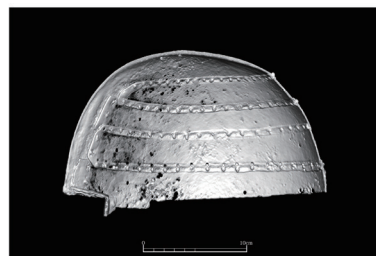
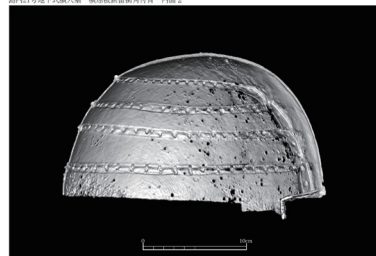
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 3



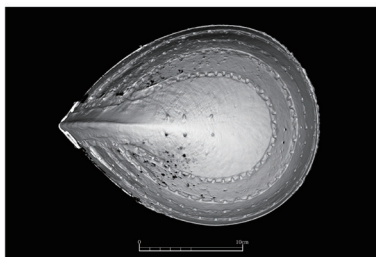
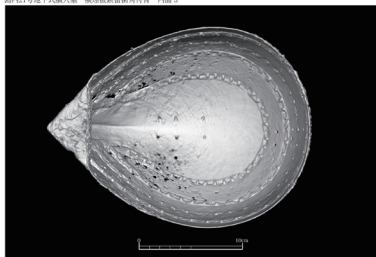
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 4



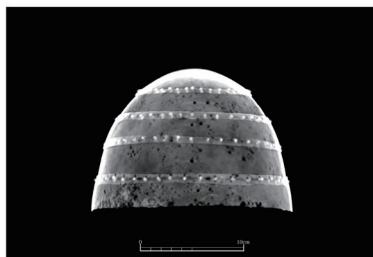
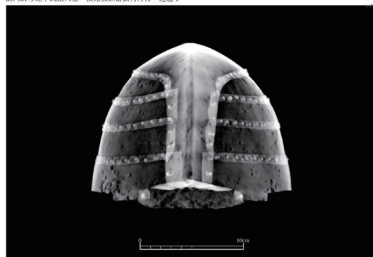
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 5



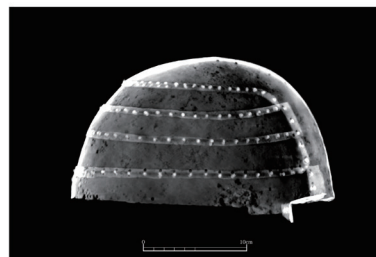
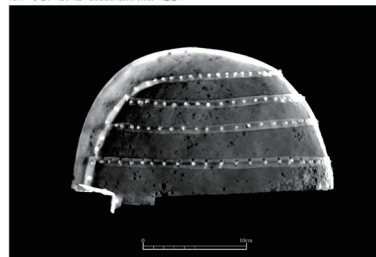
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 6



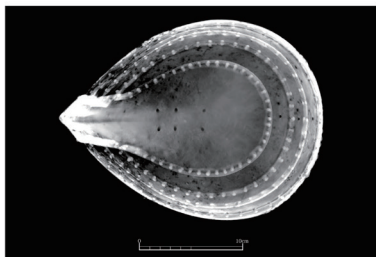
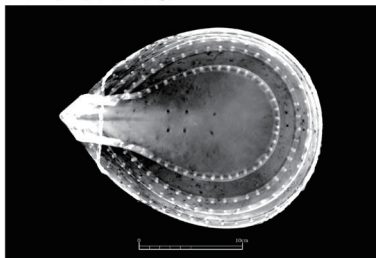
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 7



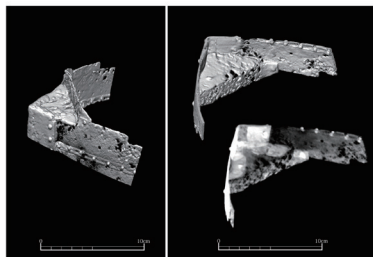
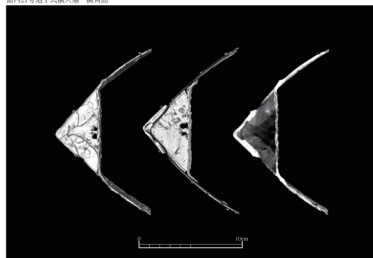
島内 21 号地下式横穴墓 横穴形新石器时代分骨 内面 8



島内 21 号地下式横穴墓



島内21号地下式横穴墓 銅鏡図



島内21号地下式横穴墓 銅鏡1



島内21号地下式横穴墓 銅鏡2



島内 62 号地下式横穴墓

所在地 宮崎県えびの市島内

埋葬施設 地下式横穴墓（玄室長 1.68 m・玄室幅 2.3 m）

被葬者 3 体（1 号人骨：壮年男、2 号人骨：熟年男、3 号人骨：壮年女）

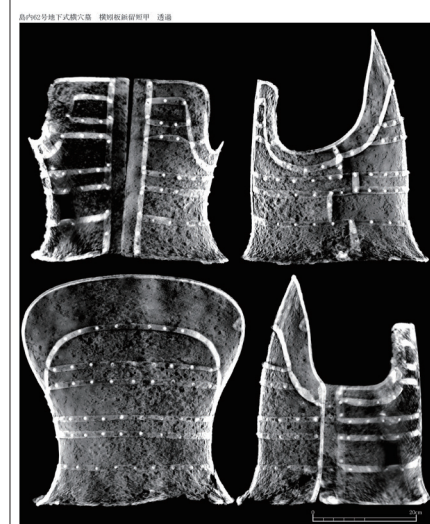
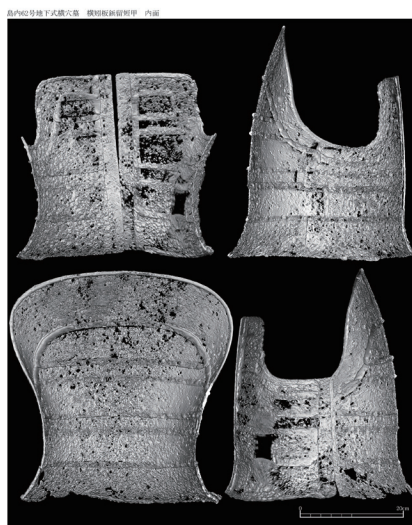
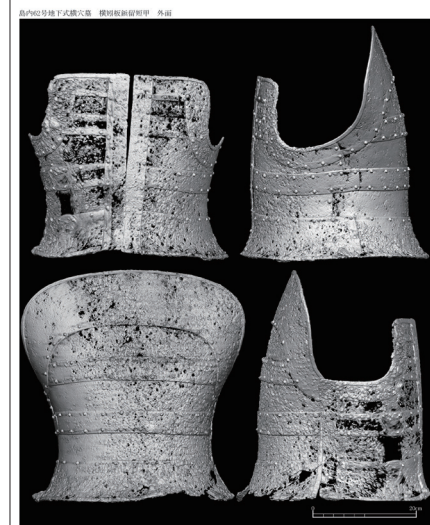
甲冑 横矧板鉾留短甲

共伴遺物 圭頭鏃 3・長頸鏃 3・蛇行剣 1

所蔵機関 えびの市教育委員会

X線CT 右前胴は平置きで撮影のためビームハードニングが生じる。X 線画像も不鮮明。左脇部には階段状アーチファクト。全体にやや錆化。

島内 62 号地下式横穴墓



島内 139 号地下式横穴墓

所在地 宮崎県えびの市島内

埋葬施設 地下式横穴墓（玄室長 2.25 m・玄室幅 3.1 m）

被葬者 2 体（1 号人骨：不明・推定男、2 号人骨：壮年女）

甲冑 横板鉾留短甲・横板鉾留衝角付冑・頸甲・肩甲・革製草摺

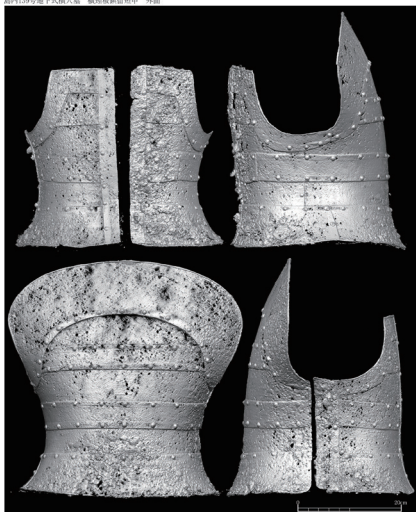
共伴遺物 倭製盤龍鏡 1・管玉 11・イモガイ製貝釧 3・銀装円頭大刀・木装長刀・鹿角装鉄剣・鹿角装大刀・ヤリ・鉄鏃 404 以上・骨鏃 15 程度・弓 5・平胡篋 1・弭 3・轡 2・鈴杏葉 3・環状雲珠 1・無脚雲珠 1・四脚辻金具 3・無脚辻金具 3・鈴 9・鉸具 3・小刀および刀子 12・鑿状工具 4・鉄鉗 1・ヘラ状鍛冶工具 1・平絹経錦その他有機質

所蔵機関 えびの市教育委員会

X線CT 肩甲は今回報告に含めず。全体に鉄状態良好であるが、短甲後胴上部、左前胴がやや銹化。衝角付冑・頸甲も良好であるが、わずかに銹化による凹みあり。

島内 139 号地下式横穴墓

島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲 外周



島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲 内周



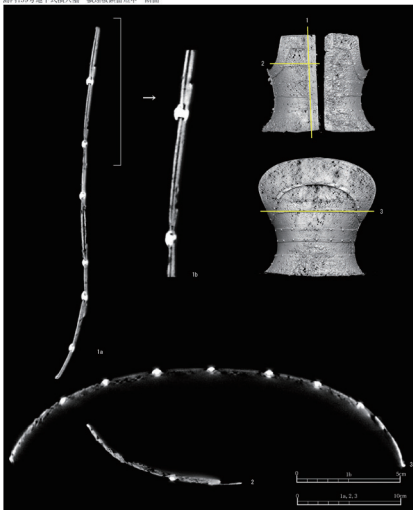
島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲 上面・断面



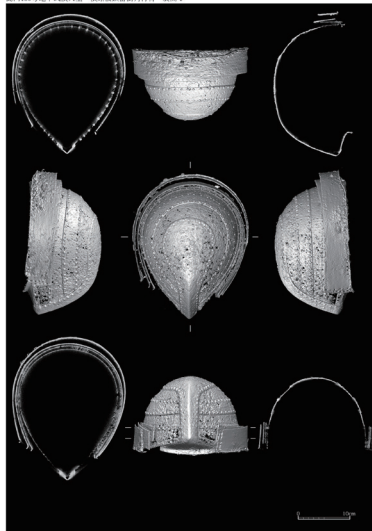
島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲 透視



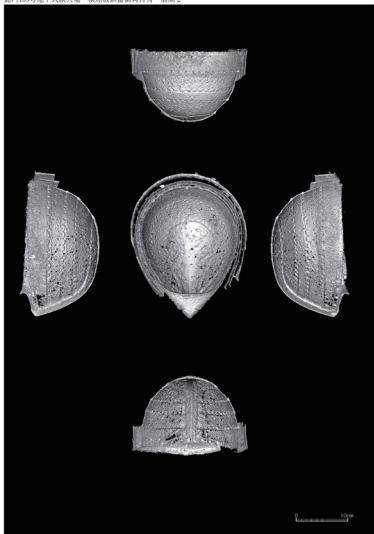
島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲 断面



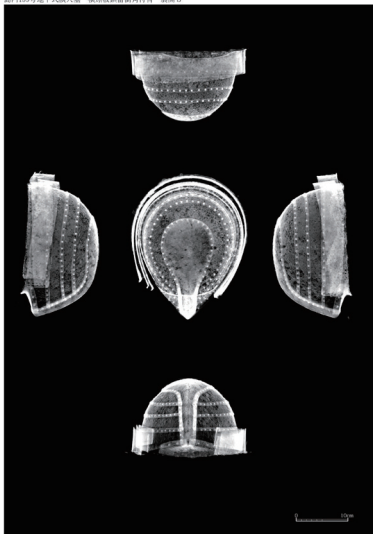
島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲付背 図解1



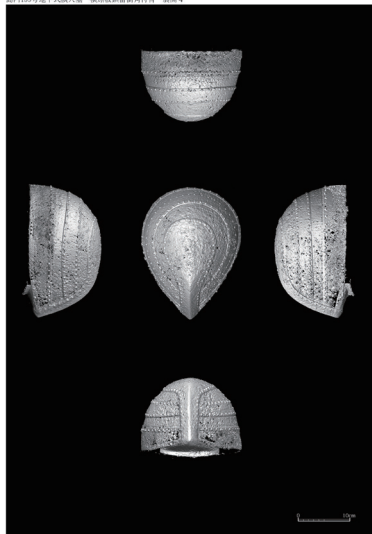
島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲付背 図解2



島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲付背 図解3

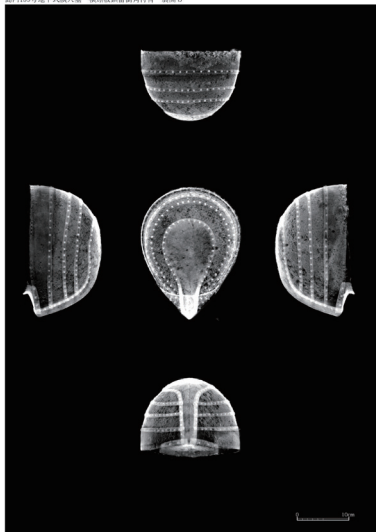


島内139号地下式横穴墓 横穴墓新出銅甲付背 図解4

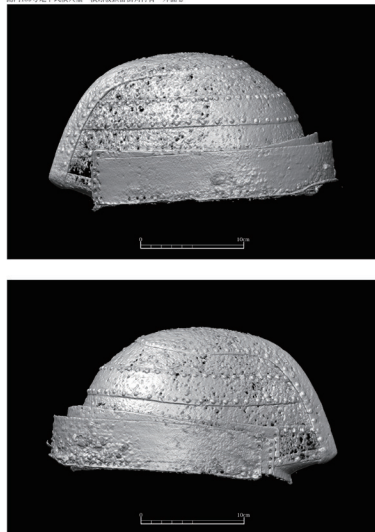


島内 139 号地下式横穴墓

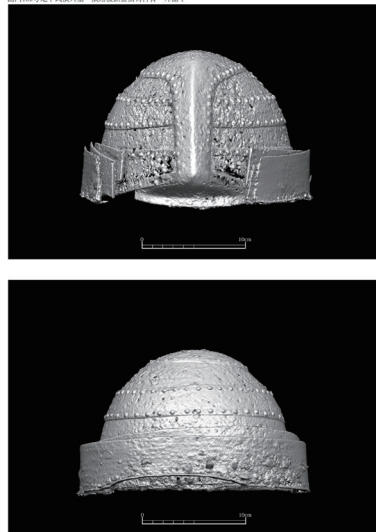
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 図版5



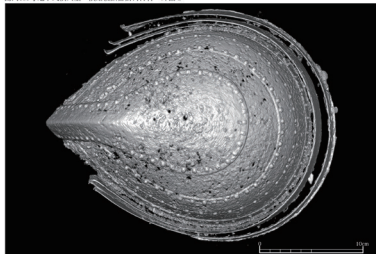
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 内面2



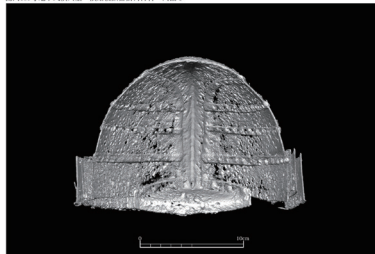
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 内面1



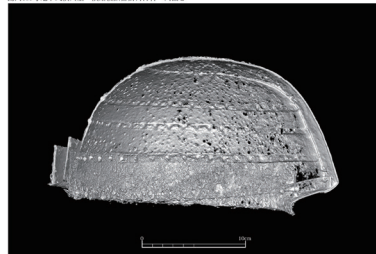
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 内面3



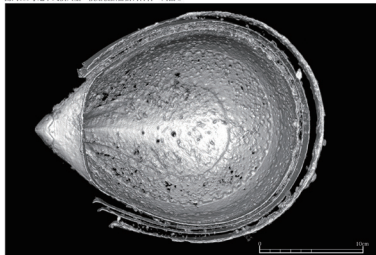
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 内面1



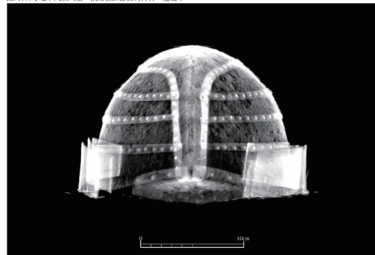
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 内面2



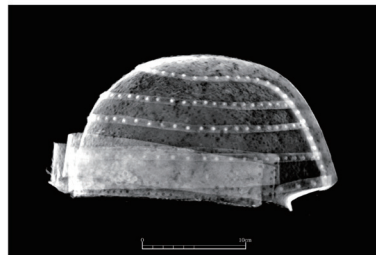
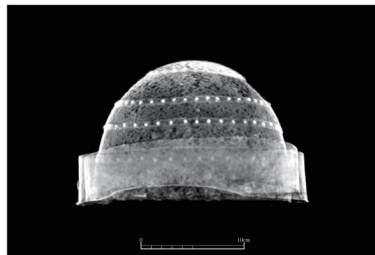
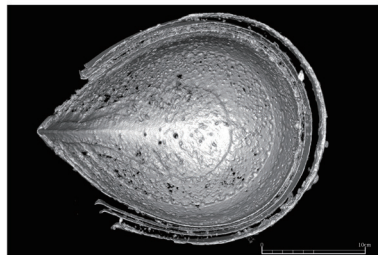
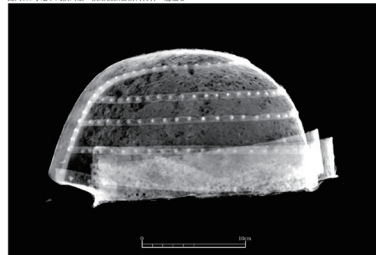
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 内面3



島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 透透1



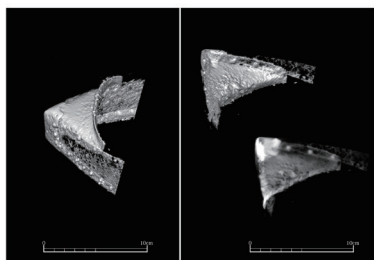
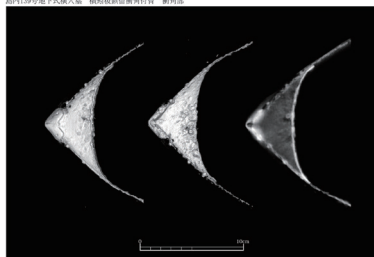
島内139号地下式横穴墓 横穴墓内部出土品 透透2



島内 139 号地下式横穴墓



島内139号地下式横穴墓 横穴部断面図(付葬 断面図)



島内139号地下式横穴墓 附葬 銅鏡 1



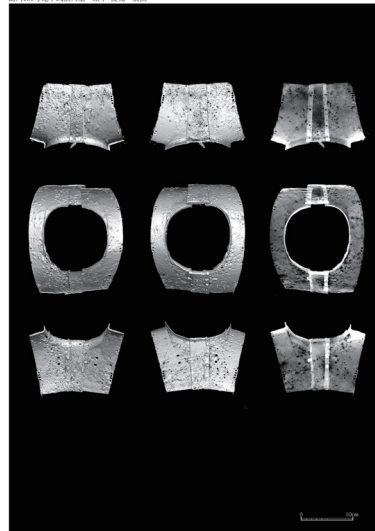
島内139号地下式横穴墓 附葬 銅鏡 2



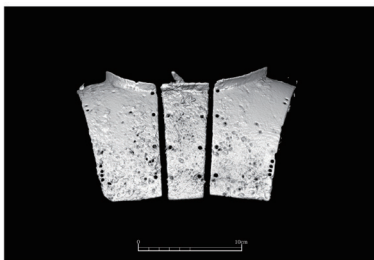
島内139号地下式横穴墓 附葬 銅鏡 3



島内139号地下式横穴墓 附葬 鍬形鏡 銅鏡



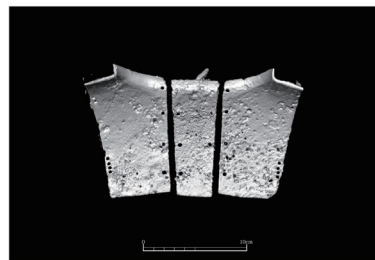
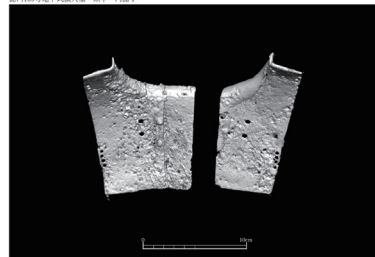
島内139号地下式横穴墓 附葬 鍬形鏡 1



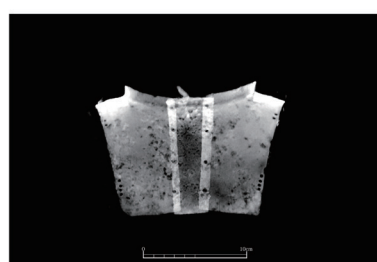
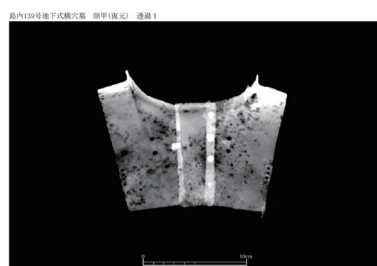
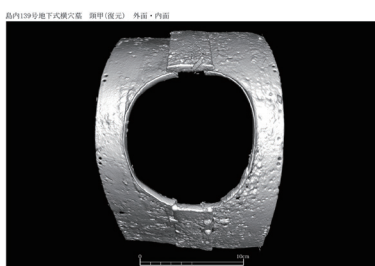
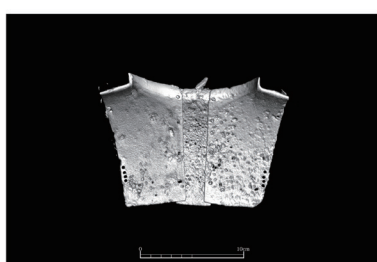
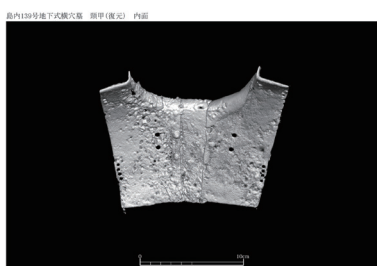
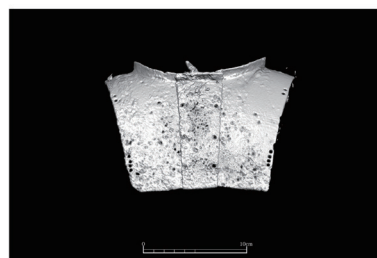
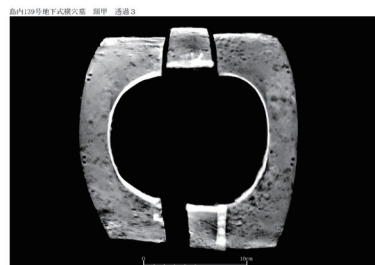
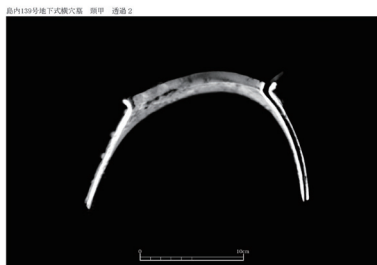
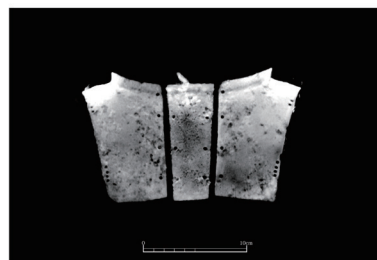
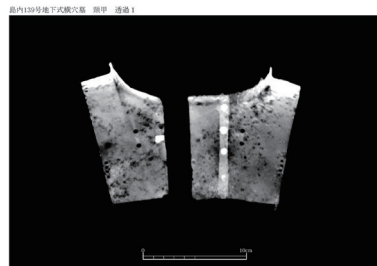
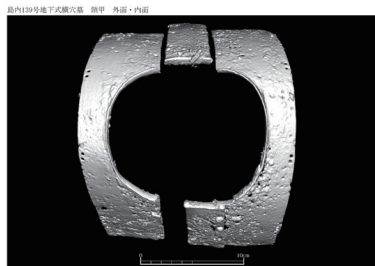
島内139号地下式横穴墓 附葬 鍬形鏡 2



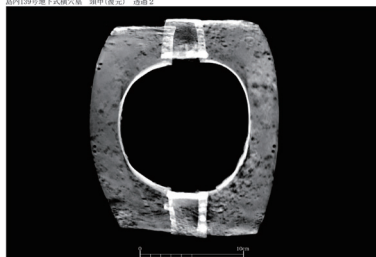
島内139号地下式横穴墓 附葬 内鏡 1



島内 139 号地下式横穴墓



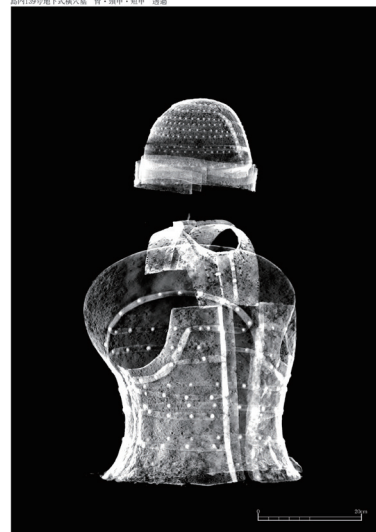
島内 139 号地下式横穴墓



島内139号地下式横穴墓 胄・面甲・短甲



島内139号地下式横穴墓 胄・面甲・短甲 透視



小木原 1 号地下式横穴墓

所在地 宮崎県えびの市小木原

埋葬施設 地下式横穴墓（規模不明）

被葬者 不明

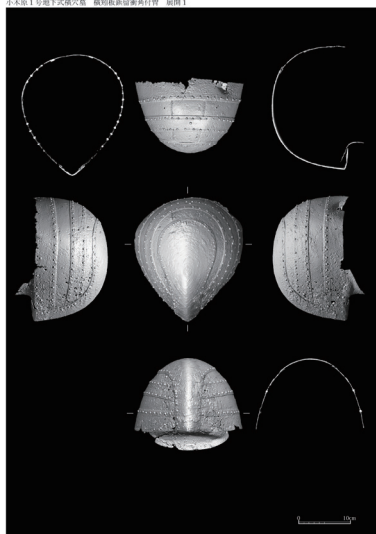
甲 冑 横矧板鉾留短甲・横矧板鉾留衝角付冑（鍛2段か）

共伴遺物 大刀2・剣1・鏃6

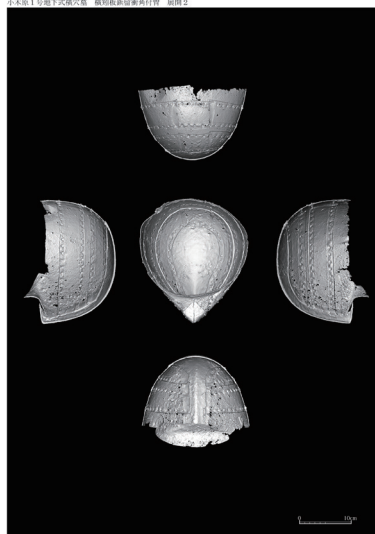
所蔵機関 宮崎県立西都原考古博物館

X線CT 衝角頂部には階段状アーチファクト。内面鉾脚付近にはわずかにメタルアーチファクト。前側衝角部付近にやや銹化がみられるが、鉄状態とくに良好。

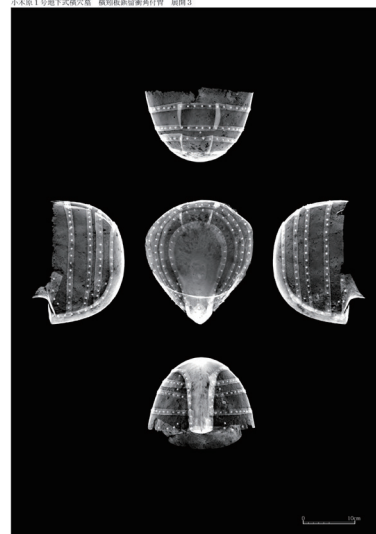
小木原 1 号地下式横穴墓



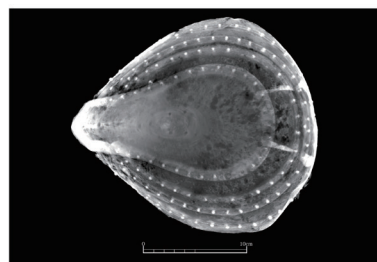
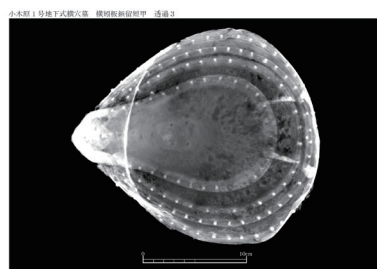
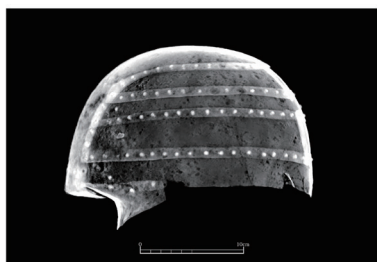
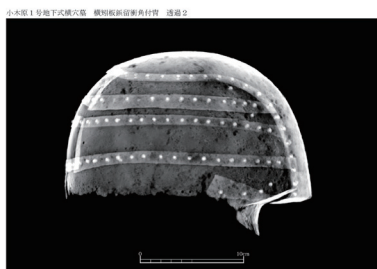
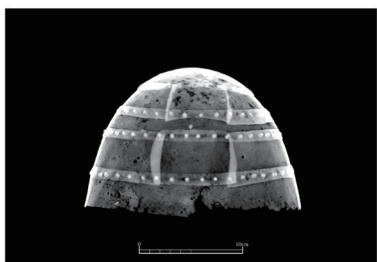
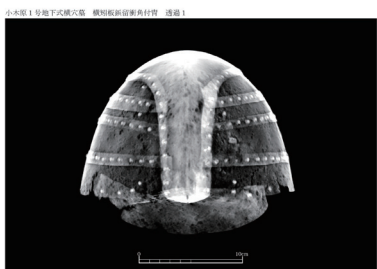
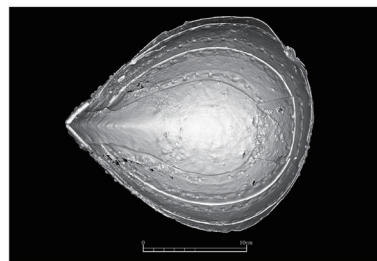
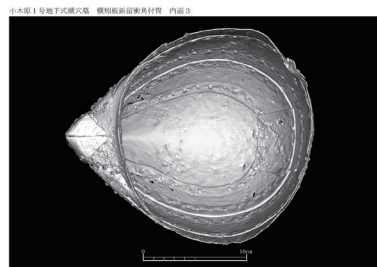
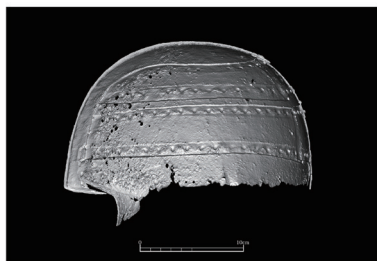
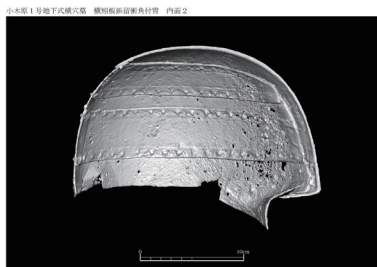
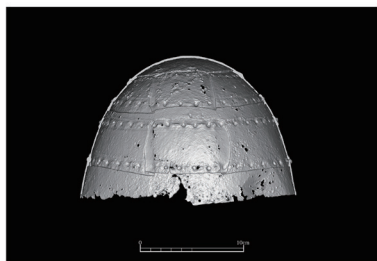
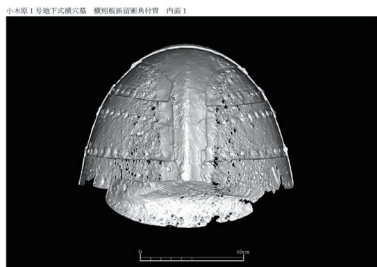
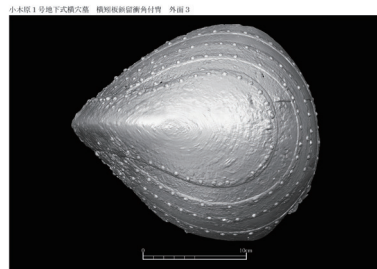
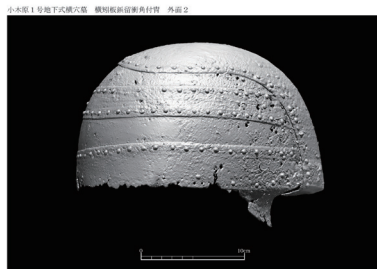
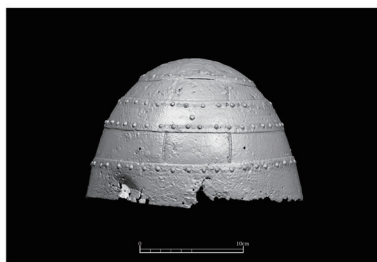
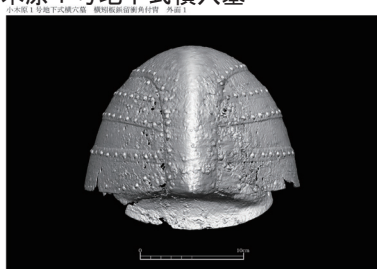
小木原1号地下式横穴墓 横矧板鉾留衝角付冑 縦図2



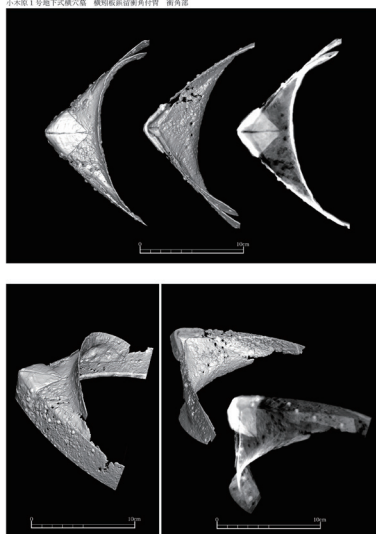
小木原1号地下式横穴墓 横矧板鉾留衝角付冑 縦図3



小木原 1 号地下式横穴墓



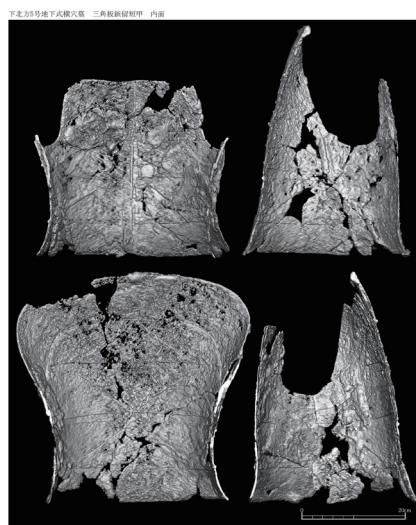
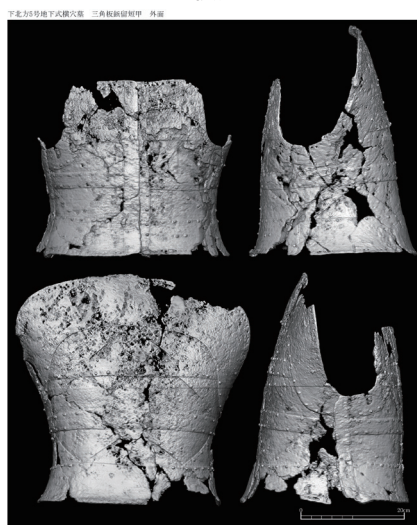
小木原 1 号地下式横穴墓



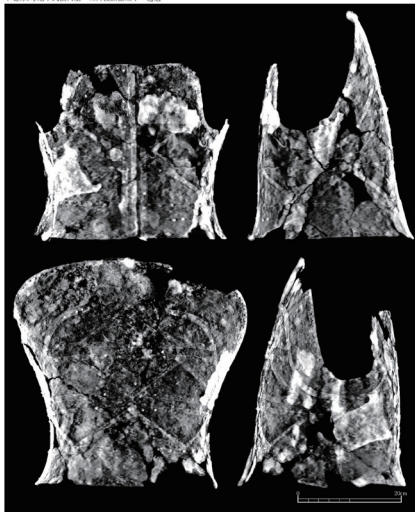
下北方 5 号地下式横穴墓

所在地	宮崎県宮崎市下北方町
埋葬施設	地下式横穴墓（玄室長 5.35 m・玄室幅 2.35~2.66 m）
被葬者	不明
甲冑	三角板鉾留短甲・横矧板鉾留短甲・小札鉾留眉庇付冑・頸甲・小札肩甲
共伴遺物	盤龍鏡 1・倭製獸形鏡 1・金製垂飾付耳飾 1 対・銀装大刀 1・大刀 1・剣 3・鉾 4・鉄鉾約 50・鐙轡・輪鐙・鞍・心葉形杏葉 2・環状雲珠・馬鐸 1・三環鈴 1・柄付手斧 1・有肩鉄斧 1・袋状鉄斧 6・鎌 3・鑿状鉄製品 1・鉤状鉄器（鏝）・勾玉 9・管玉 26・丸玉 597・半円玉 8
所蔵機関	宮崎市教育委員会
X線CT	三角板鉾留短甲は全体わずかにブレがある。中段地板にデータの継ぎ目。眉庇付冑も、わずかにブレ。横矧板鉾留短甲後胴中央、左脇部、左前胴では錆による劣化。眉庇付冑の庇部の状態が不良。

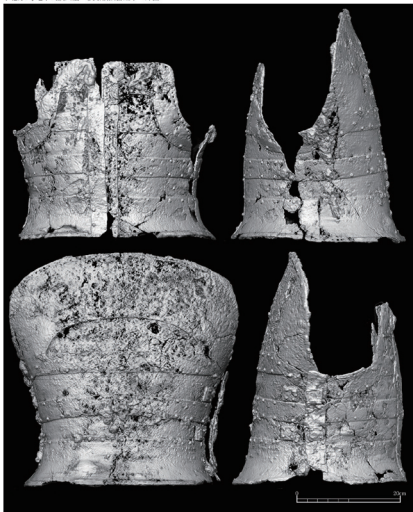
下北方 5 号地下式横穴墓



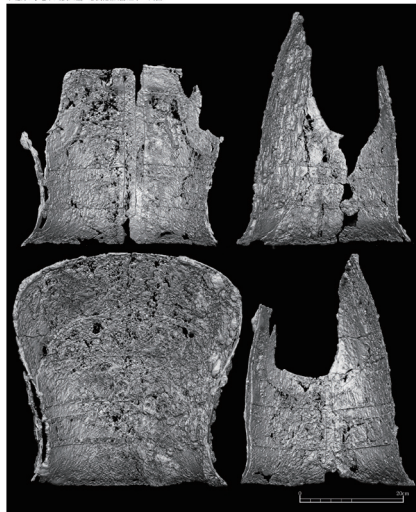
下北方5号地下式横穴墓 三角板新留和甲 透通



下北方5号地下式横穴墓 横板新留和甲 外面



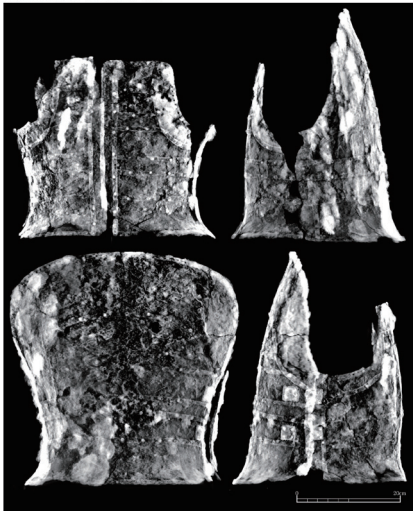
下北方5号地下式横穴墓 横板新留和甲 内面



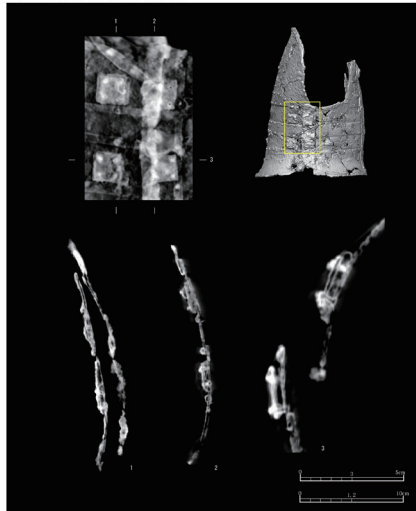
下北方5号地下式横穴墓 横板新留和甲 上面・断面



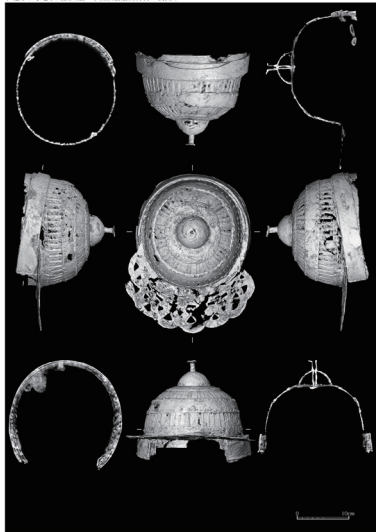
下北方5号地下式横穴墓 横板新留和甲 透通



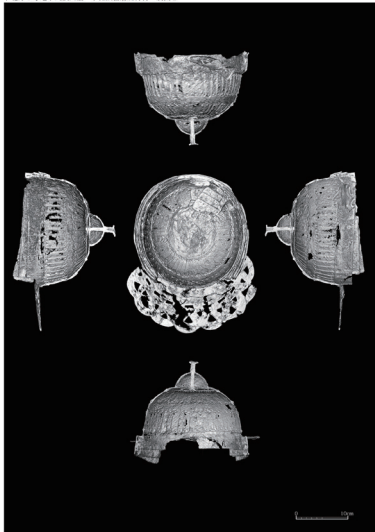
下北方5号地下式横穴墓 横板新留和甲 精密 断面



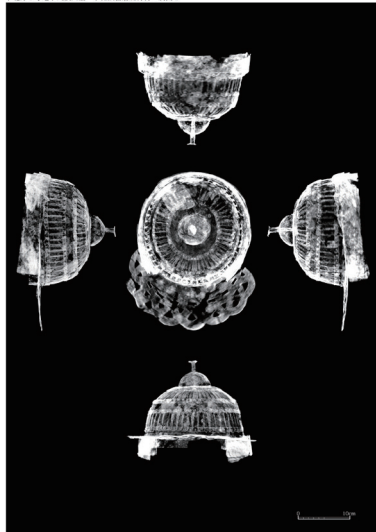
下北方5号地下式横穴墓 小丸新留和甲付骨 横图1



下北方5号地下式横穴墓 小丸新留和甲付骨 横图2



下北方5号地下式横穴墓 小丸新留和甲付骨 横图3

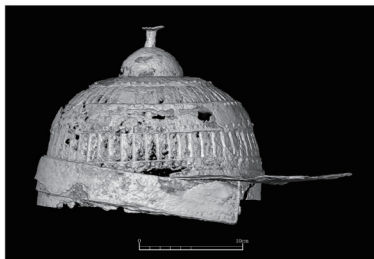
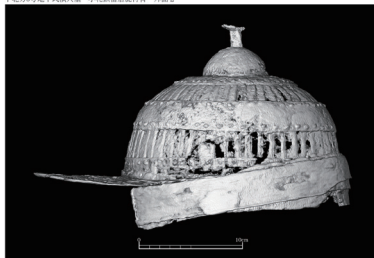


下北方 5 号地下式横穴墓

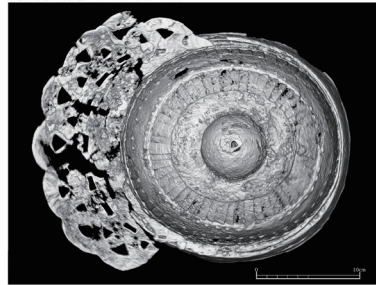
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 外面 1



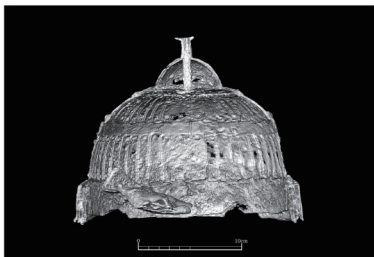
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 外面 2



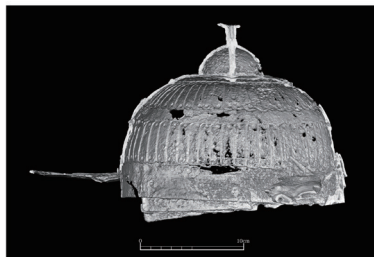
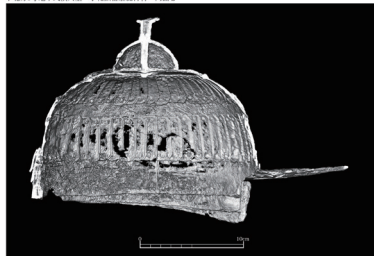
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 外面 3



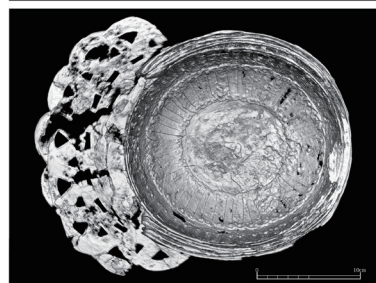
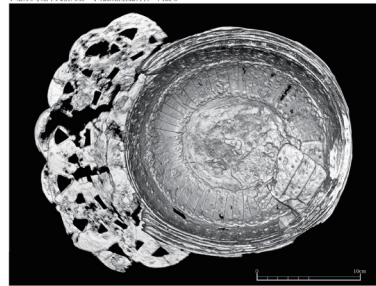
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 内面 1



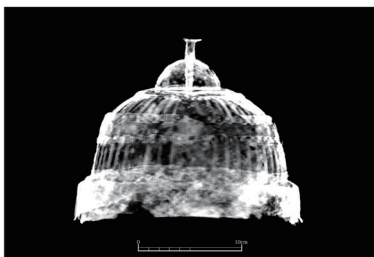
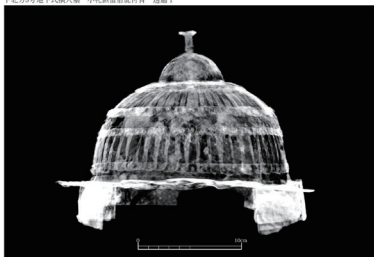
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 内面 2



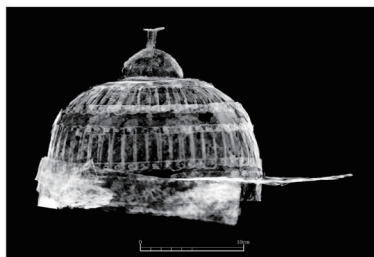
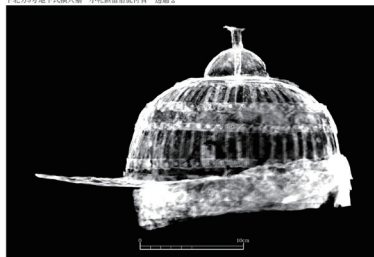
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 内面 3



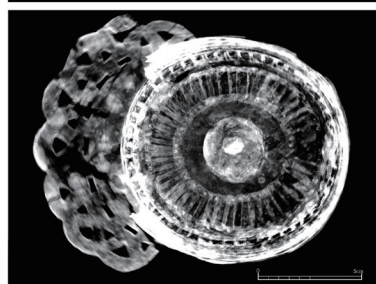
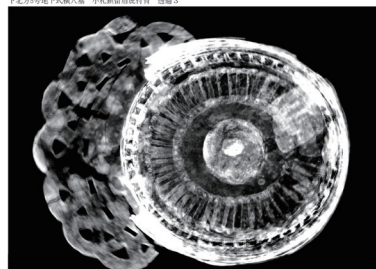
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 透視 1



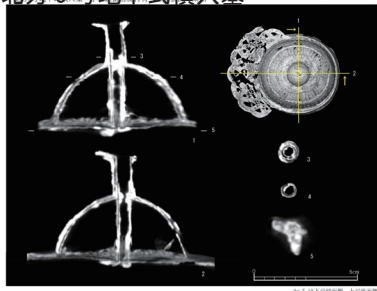
下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 透視 2



下北方 5 号地下式横穴墓 小孔新留置底付背 透視 3



下北方5号地下式横穴墓



下北方5号地下式横穴墓 小丸銅鏡背面付骨 付着小丸

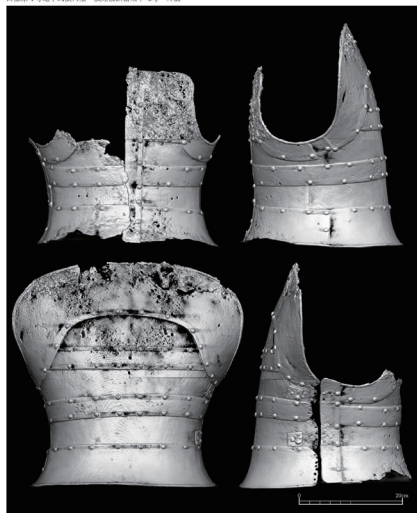


西都原4号地下式横穴墓

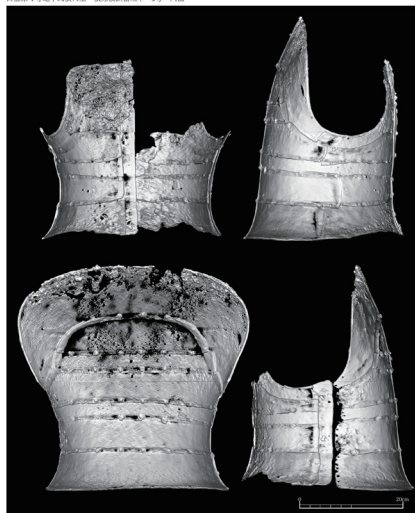
所在地	宮崎県西都市三宅
埋葬施設	地下式横穴墓（玄室長 5.45 m・玄室が場 2.1 ～ 2.2 m）
被葬者	不明
甲冑	横矧板鋳留短甲 2・横矧板革綴短甲 1
共伴遺物	珠文鏡 1・金銅製垂飾付耳飾・半筒形金銅製品・大刀 5・鉄鏃約 40・勾玉 1・管玉 27・丸玉 115・小玉 64
所蔵機関	宮崎県立西都原考古博物館
X線CT	前胴上段帯金、後胴中段地板を通るラインでデータの継ぎ目。継ぎ目から下半部にわずかなブレ。後胴板の周囲にはメタルアーチファクト。後胴および左右脇部に階段状アーチファクト。後胴上部中央、左前胴上部は錆化による劣化。それ以外の部分は鉄状態良好。

西都原4号地下式横穴墓

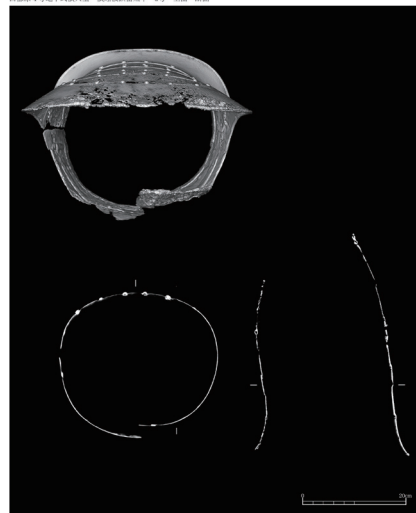
西都原4号地下式横穴墓 横矧板鋳留短甲 2号 外面



西都原4号地下式横穴墓 横矧板鋳留短甲 2号 内面



西都原4号地下式横穴墓 横矧板鋳留短甲 2号 上面・断面



西都原 4 号地下式横穴墓

西都原 4 号地下式横穴墓 横穴部出土短甲 2 号 透視



六野原 8 号地下式横穴墓

所在地	宮崎県東諸県郡本庄町六野原
埋葬施設	地下式横穴墓（玄室長 5.4 m・玄室幅 1.57~1.86 m）
被葬者	不明
甲冑	三角板革綴短甲・小札鋌留眉庇付冑（綴 2 段）
共伴遺物	珠文鏡・大刀 5・鹿角装剣 1・剣 3・鍬 60~70・斧 1・U 字形鍬鋤先・砥石 1
所蔵機関	宮崎県立西都原考古博物館
X 線 C T	全体にやや錆化。

六野原 8 号地下式横穴墓

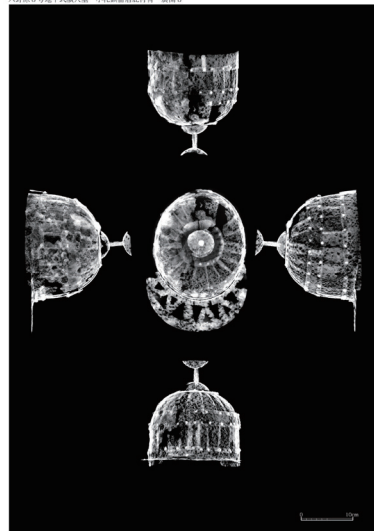
六野原 8 号地下式横穴墓 小札鋌留眉庇付冑 透視 1



六野原 8 号地下式横穴墓 小札鋌留眉庇付冑 透視 2

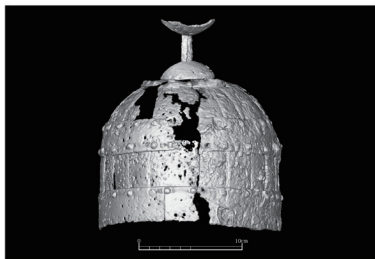
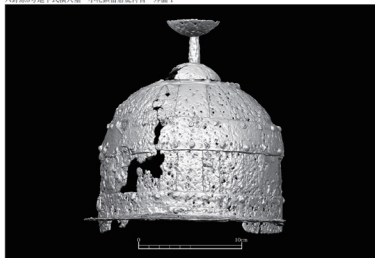


六野原 8 号地下式横穴墓 小札鋌留眉庇付冑 透視 3

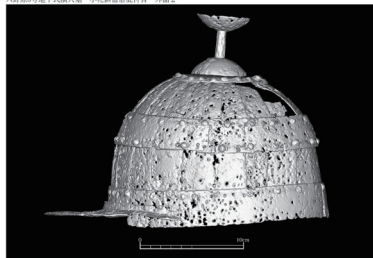


六野原 8 号地下式横穴墓

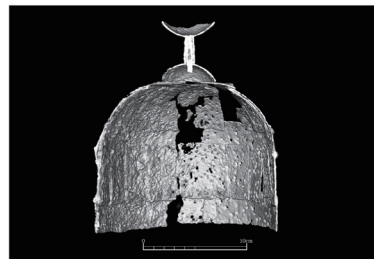
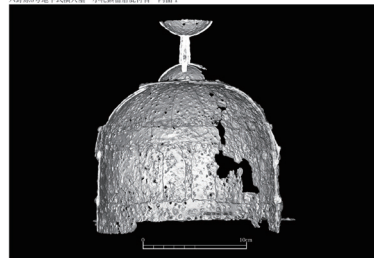
六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 内面1



六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 内面2



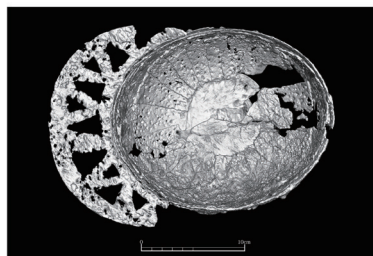
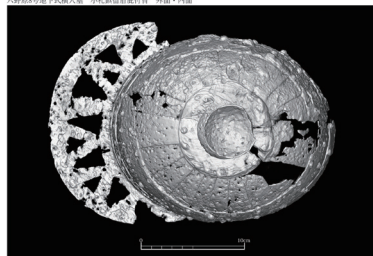
六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 内面1



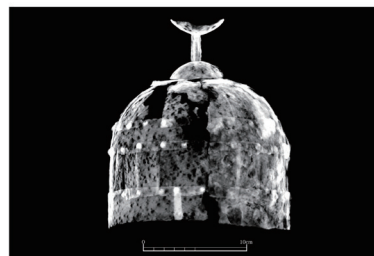
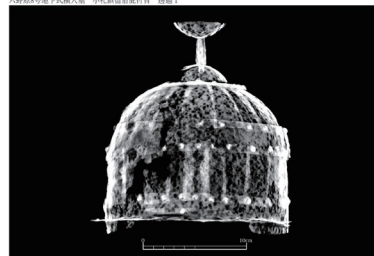
六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 内面2



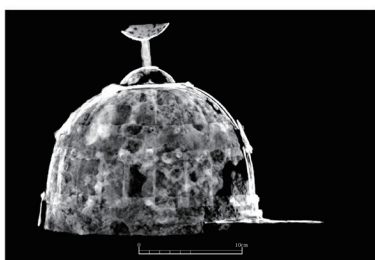
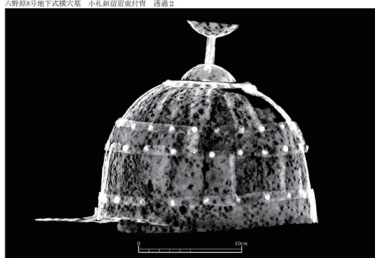
六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 内面・内面



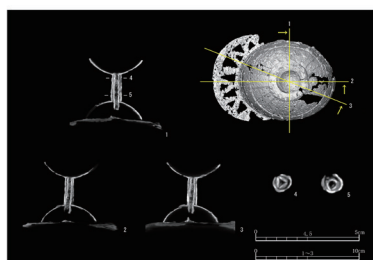
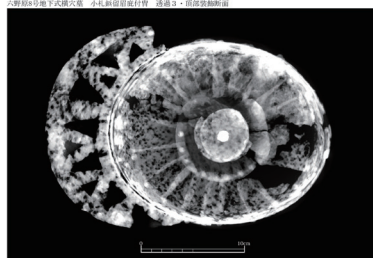
六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 透視1



六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 透視2



六野原8号地下式横穴墓 小孔銅鍍棺行臂 透視3・面状复原图



マロ塚古墳

所在地 熊本県（推定熊本市北区植木町付近）

墳丘 不明

埋葬施設 不明（推定横穴式石室あるいは石棺式石室）

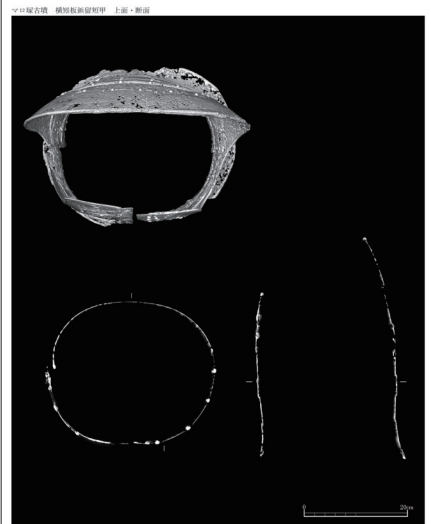
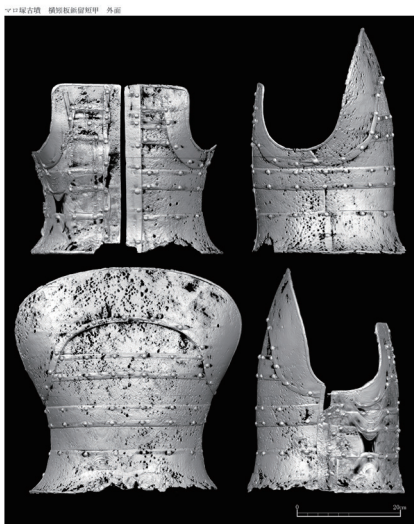
甲冑 横矧板鉾留短甲 1・小札鉾留眉庇付冑 2・小札鉾留衝角付冑 1・頸甲 3・肩甲片

共伴遺物 大刀 7・剣 1 以上・鉾 1・石突 1・鉄鏃 25 以上・月日貝 2

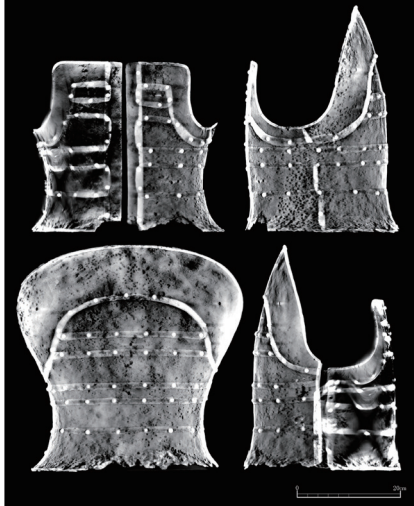
所蔵機関 国立歴史民俗博物館

X線CT 短甲・1号眉庇付冑・3号頸甲のデータを取得。それ以外は未取得。前胴中段地板でデータの継ぎ目が明瞭。右前胴は平置きでのビームハードニング。全体に鉾の周囲にはメタルアーチファクト（鉄状態のよいことが干渉）。後胴および左脇部に階段状アートファクト。後胴上部中央、前胴上部、裾板端部にやや銹化がみられるが、鉄状態とくに良好。眉庇付冑、わずかにブレ。伏板、鉾頭・鉾脚付近にはメタルアーチファクト。綴は下段側が状態悪い。頸甲、前面および鉾頭付近にメタルアーチファクト。前後部分的に銹化。

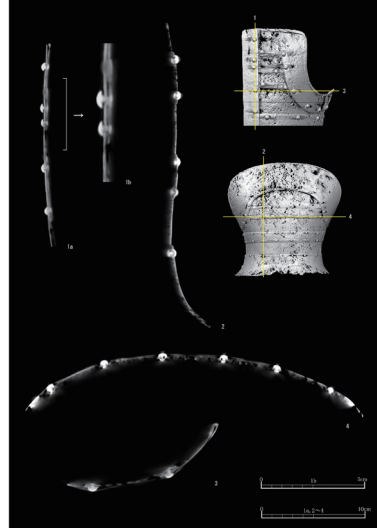
マロ塚古墳



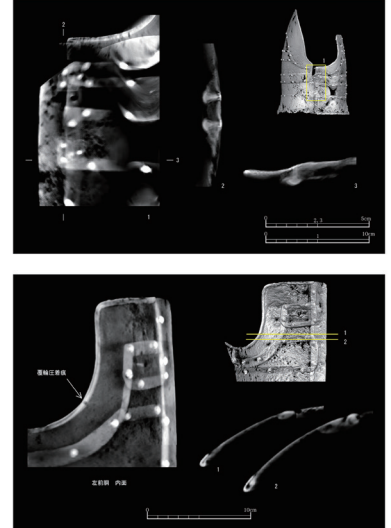
マロ塚古墳 横矧板鉾留短甲 透視



マロ塚古墳 横矧板鉾留短甲 前・側面

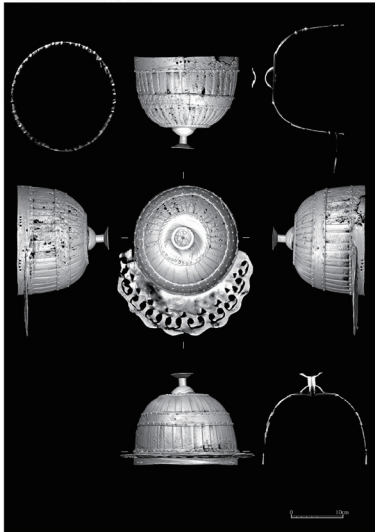


マロ塚古墳 横矧板鉾留短甲 横断・縦断

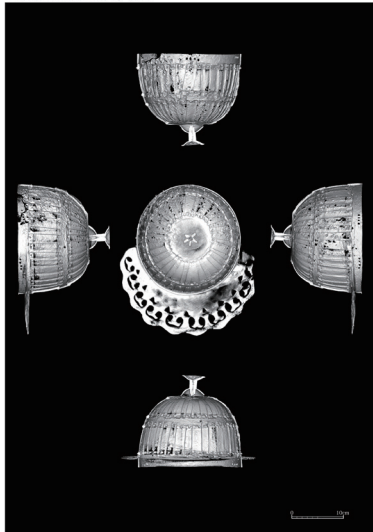


マロ塚古墳

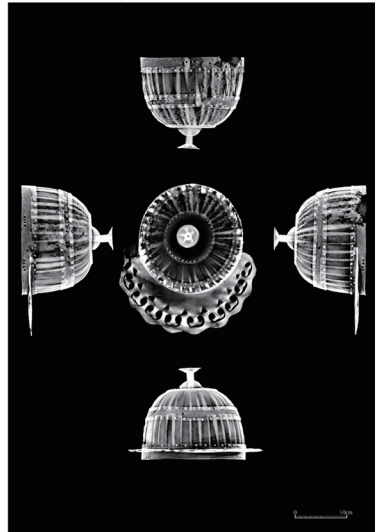
マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 図解1



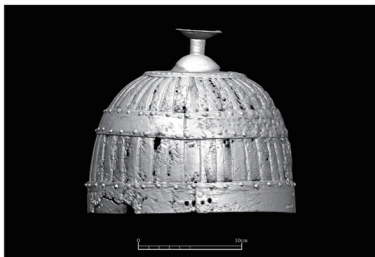
マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 図解2



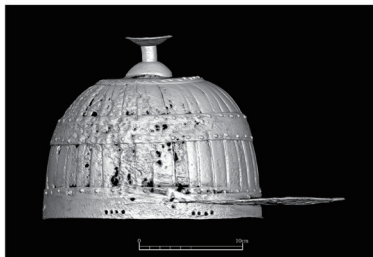
マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 図解3



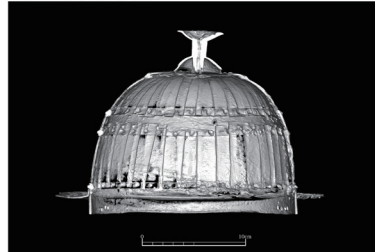
マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 外図1



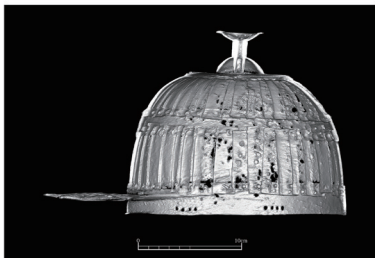
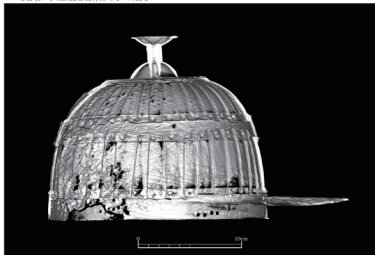
マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 外図2



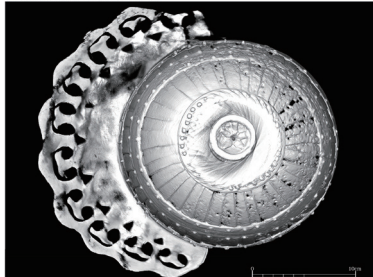
マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 内図1



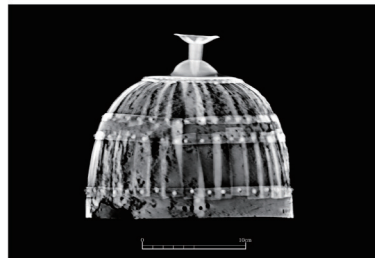
マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 内図2



マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 外図・内図

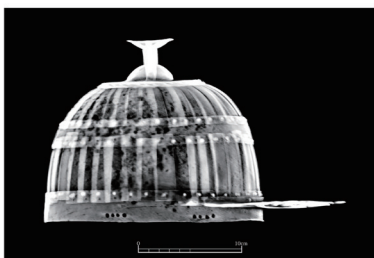
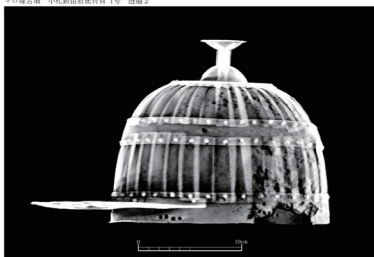


マロ塚古墳 小丸銅鍍棺底付背 1号 透視1

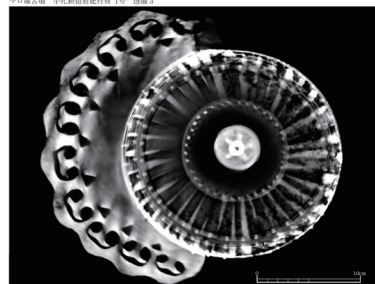


マロ塚古墳

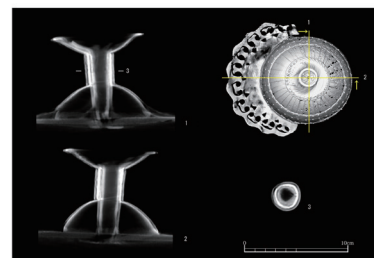
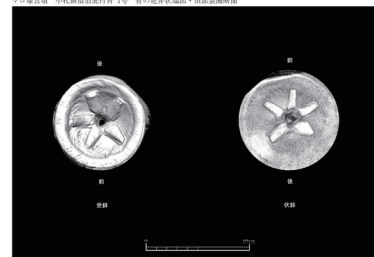
マロ塚古墳 小丸銅鍍金付簪 1号 透視図



マロ塚古墳 小丸銅鍍金付簪 1号 透視図



マロ塚古墳 小丸銅鍍金付簪 1号 簪の基座状銅鍍金・銅鍍金製飾品



マロ塚古墳 小丸銅鍍金付簪 1号 透視図

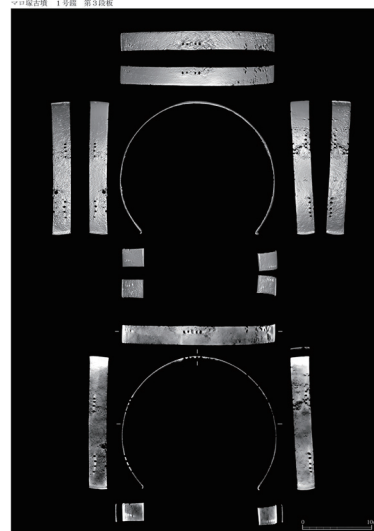
マロ塚古墳 1号銅 第1段板



マロ塚古墳 1号銅 第2段板



マロ塚古墳 1号銅 第3段板



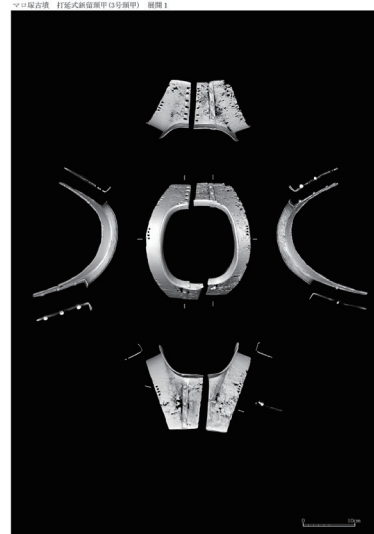
マロ塚古墳 1号銅 第4段板



マロ塚古墳 1号銅 第5段板

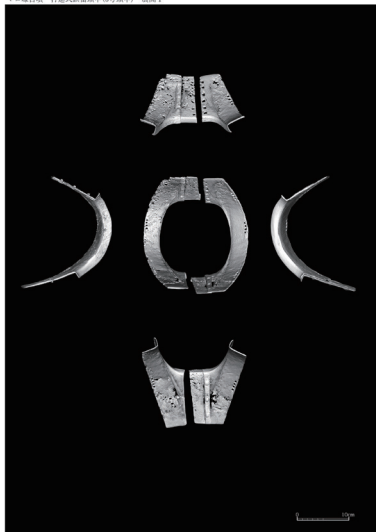


マロ塚古墳 打尾式銅鍍金甲(5号銅甲) 銅鍍金



マロ塚古墳

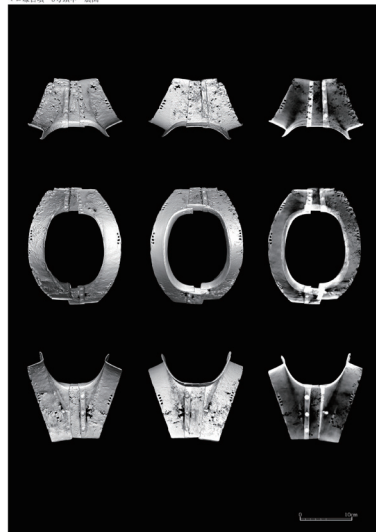
マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 総図1



マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 総図1



マロ塚古墳 3号銅甲 総図



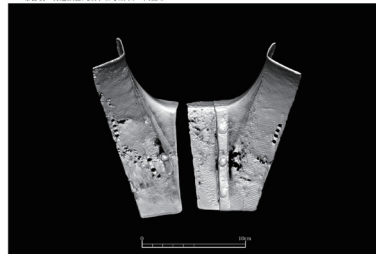
マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面1



マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面2



マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面1



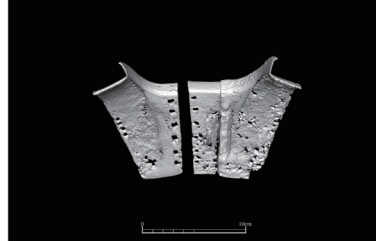
マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面2



マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面2



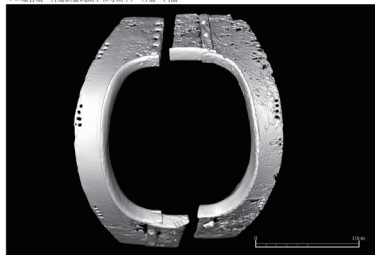
マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面1



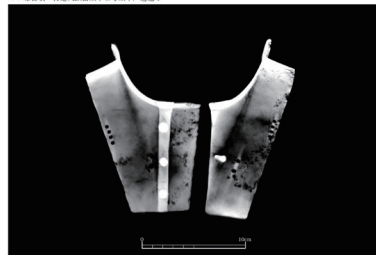
マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面2



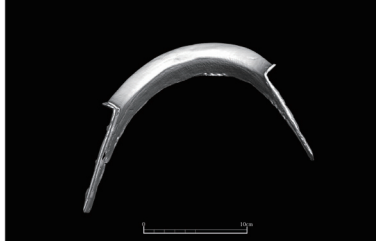
マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面・内図



マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 透視1



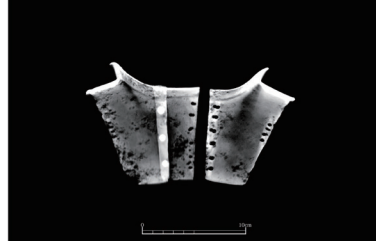
マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面2



マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 内面・内図

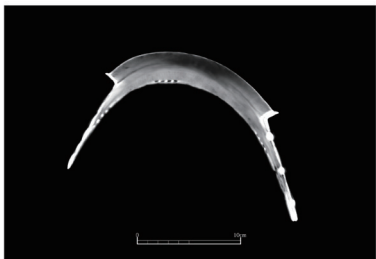
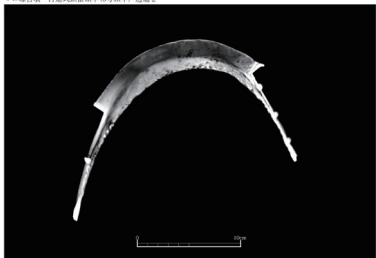


マロ塚古墳 打込式銅鍔形甲(白毫銅甲) 透視1

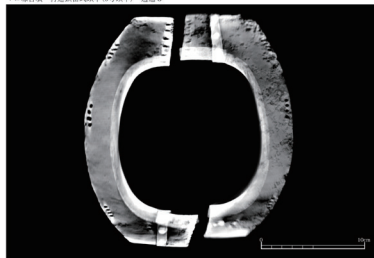


マロ塚古墳

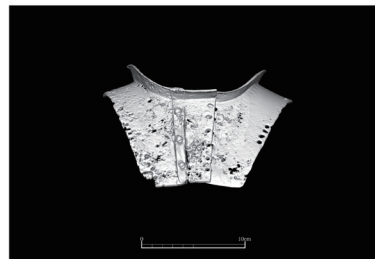
マロ塚古墳 打墓式銅製甲冑(白銅製) 透視②



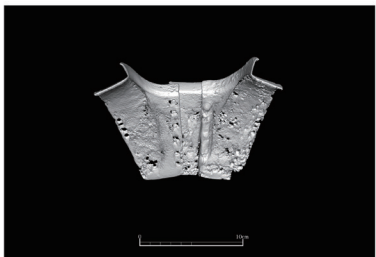
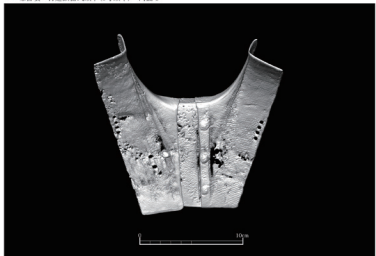
マロ塚古墳 打墓式銅製甲冑(白銅製) 透視③



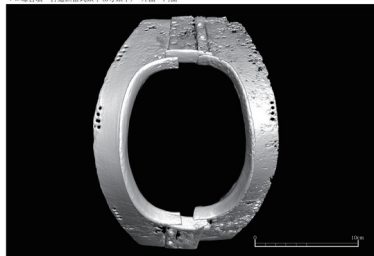
マロ塚古墳 打墓式銅製甲冑(白銅製) 透視①



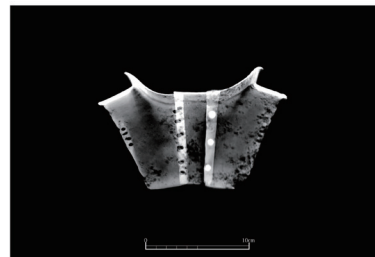
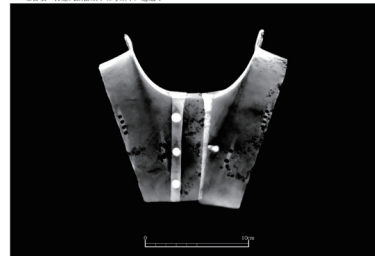
マロ塚古墳 打墓式銅製甲冑(白銅製) 内部①



マロ塚古墳 打墓式銅製甲冑(白銅製) 外部・内部



マロ塚古墳 打墓式銅製甲冑(白銅製) 透視①



マロ塚古墳 打墓式銅製甲冑(白銅製) 透視③



高塚横穴墓

所在地 熊本県阿蘇郡高森町永野原

埋葬施設 推定横穴墓（規模不明）

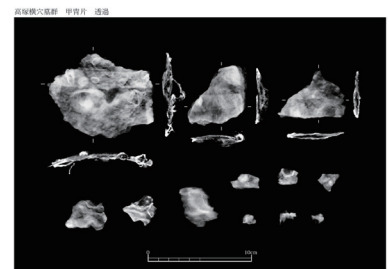
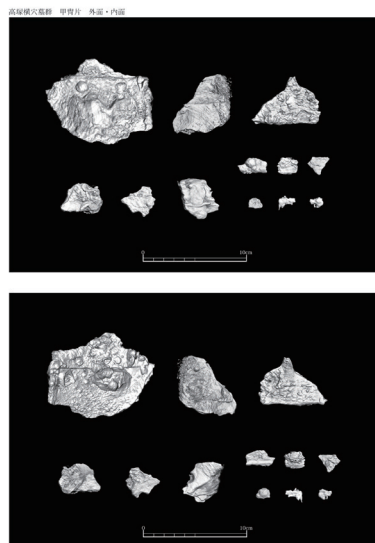
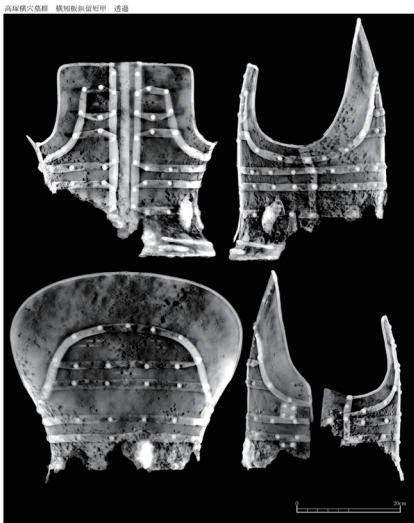
甲 冑 横矧板鋌留短甲

共伴遺物 不明

所蔵機関 熊本県教育委員会

X線CT 後胴上段から地板前胴中段地板にかけて斜めに継ぎ目。前胴上部はビームハードニング（黒色部）。鋌の周囲にはメタルアートファクト。脇部では斜め方向にみえる。その影響で蝶番金具の三次元画像が不鮮明。後胴中央を中心として階段状アートファクト。残存部の鉄状態は良好であるが、裾部は鉄状態不良。後胴上半中央部はやや不良。

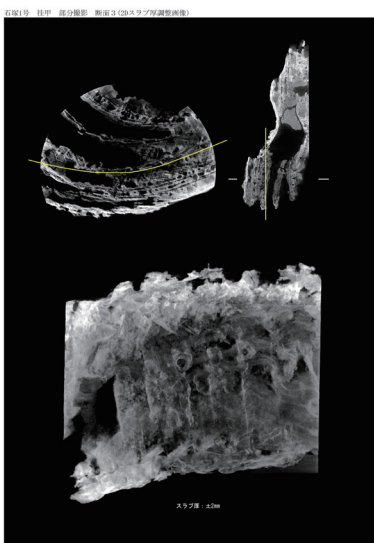
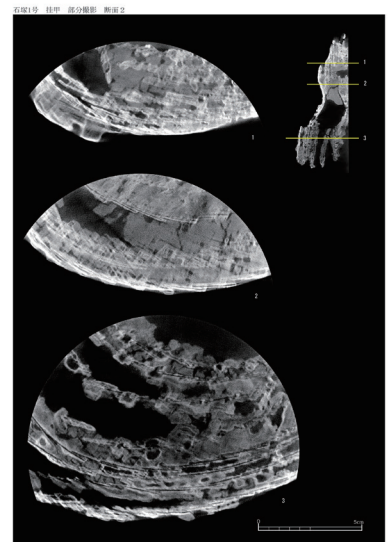
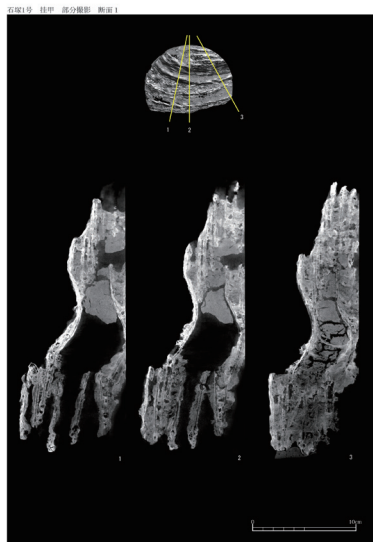
高塚横穴墓



石塚1号墳

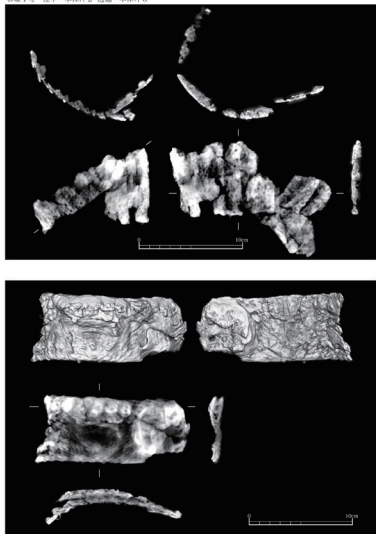
所在地	佐賀県佐賀市諸富町大字為重
墳丘	推定長楕円形墳（長軸 21 m・短軸 12 m）
埋葬施設	横穴式石室（玄室長 2.0 m・玄室幅約 0.9 m）
甲冑	小札甲・小札付属具（頬当・鍔・手甲か）
共伴遺物	大刀 3・鉄鏃 196 片・轡・鞍金具・杏葉 7・貝製雲珠 1・四脚辻金具 9・環状辻金具 1・留金具 4・鐙軛 7・刀子 8・勾玉 1・管玉 17・切子玉 12・丸玉 3・小玉 8・銅製容器 1・須恵器・埴輪
所蔵機関	佐賀市教育委員会
X線CT	小札甲本体は重なりが厚く、全体にX線を通して一つにすると、1 データが巨大になりすぎ現状ではコンピュータの解析能力を超える。そのため部分的にしか撮影できず。水平方向断面では散乱線が顕著。小札片ではわずかにプレのあるものが多い。内部には有機物とともに土なども多くは含まれている。

石塚1号墳

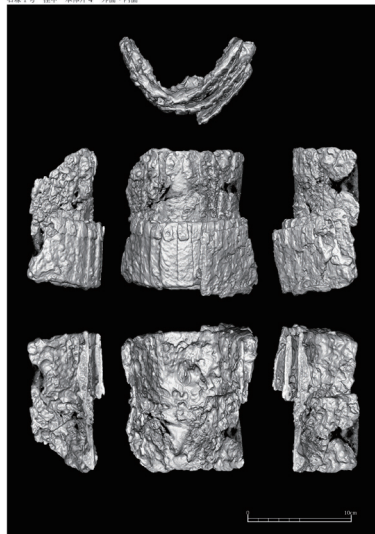


石塚1号墳

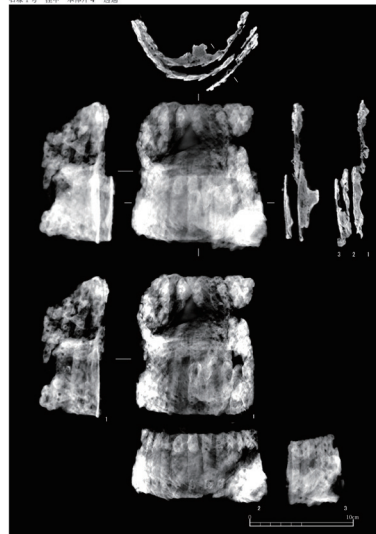
石塚1号 埴甲 本体打金 透通・本体打金



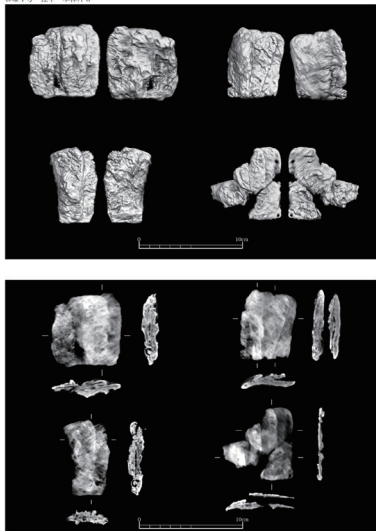
石塚1号 埴甲 本体打金 透通・内面



石塚1号 埴甲 本体打金 透通



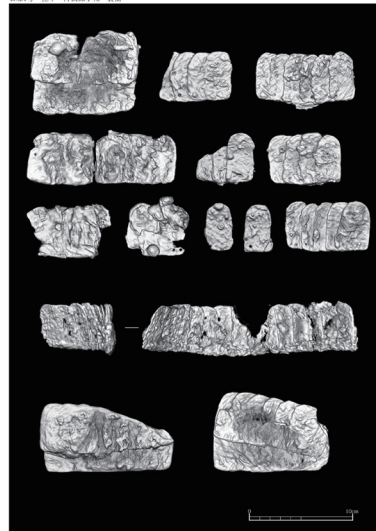
石塚1号 埴甲 本体打金



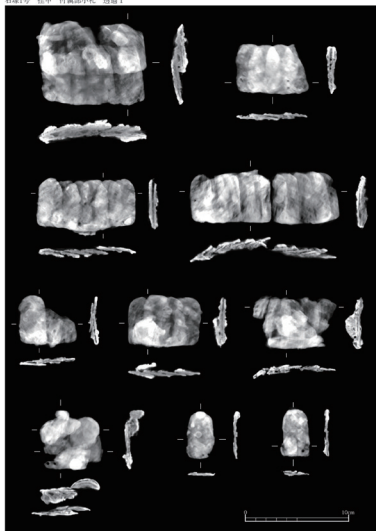
石塚1号 埴甲 付属部小孔 断面



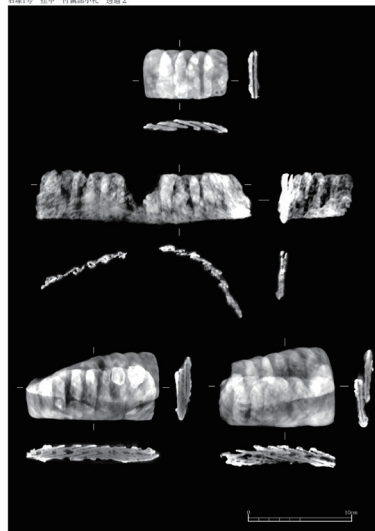
石塚1号 埴甲 付属部小孔 断面



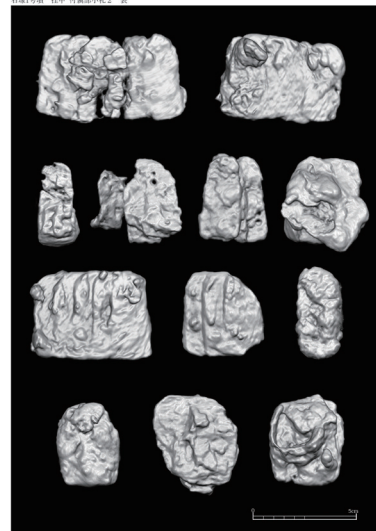
石塚1号 埴甲 付属部小孔 透通1



石塚1号 埴甲 付属部小孔 透通2

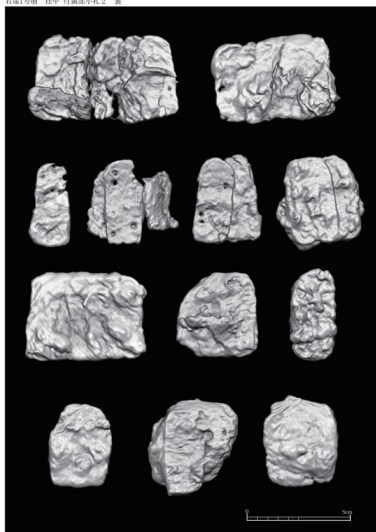


石塚1号 埴甲 付属部小孔 透通2

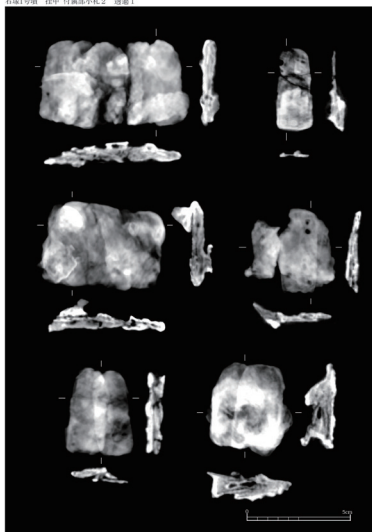


石塚1号墳

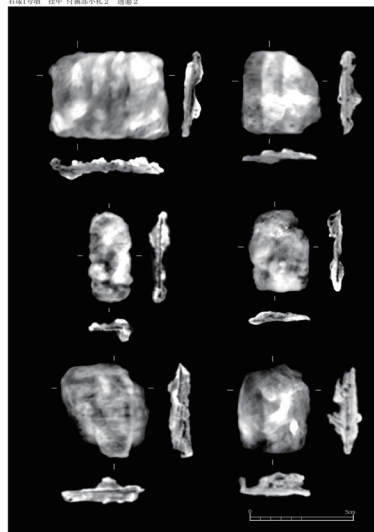
石塚1号墳 短甲 行儀部小札2 裏



石塚1号墳 短甲 行儀部小札2 透視1



石塚1号墳 短甲 行儀部小札2 透視2



真浄寺2号墳：本6号墳・2号石室

所在地 福岡県八女市大字本

墳丘 円墳（直径約41m）

埋葬施設 横穴式石室（玄室長2.37m・玄室幅1.11～1.4m）

甲冑 横刃板鉾留短甲2

共伴遺物 鹿角装大刀2・鉄鎌20・月日貝4・埴輪

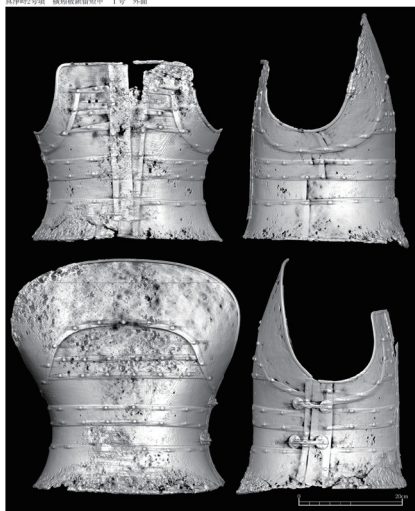
所蔵機関 九州歴史資料館

X線CT 1号短甲は後胴押付板、2号短甲は前後中段地板に継ぎ目。両短甲ともに鉾横にはメタルアーチファクト、とくに1号短甲が顕著。両短甲ともに前後左右で階段状アーチファクト。1号短甲は後胴上半と裾板、2号短甲は裾板の鉄状態が不良であるが、全体に遺存状態はきわめて良好。

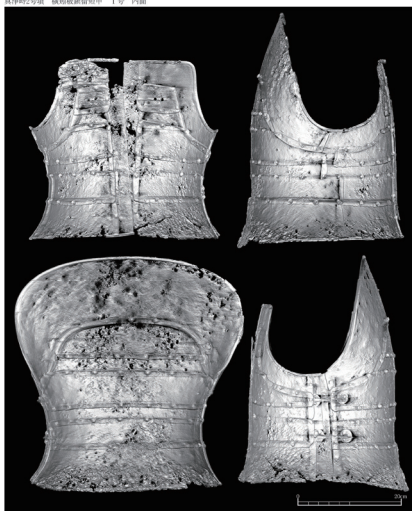
備考 本資料の所蔵機関・九州歴史資料館では真浄寺2号墳出土品として管理されているが、八女市教育委員会が本6号墳として登録する古墳の出土品である。「真浄寺」の名称の由来は不明で、本来は本6号墳出土品とすべき資料である。

真浄寺2号墳

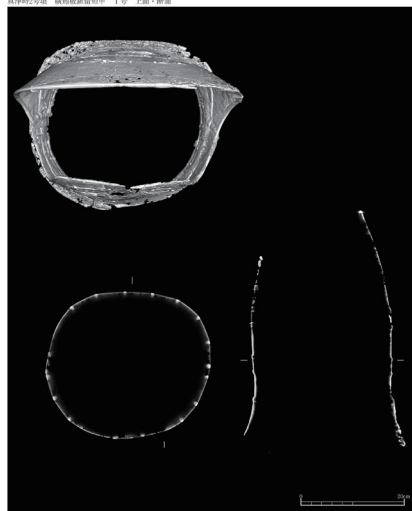
真浄寺2号墳 横刃板鉾留短甲 1号 外面



真浄寺2号墳 横刃板鉾留短甲 1号 内面



真浄寺2号墳 横刃板鉾留短甲 1号 上面・断面

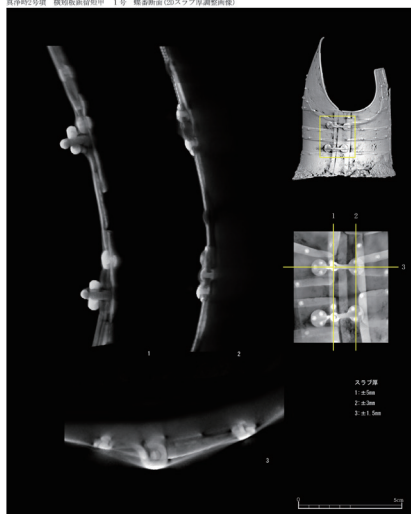


真浄寺 2 号墳

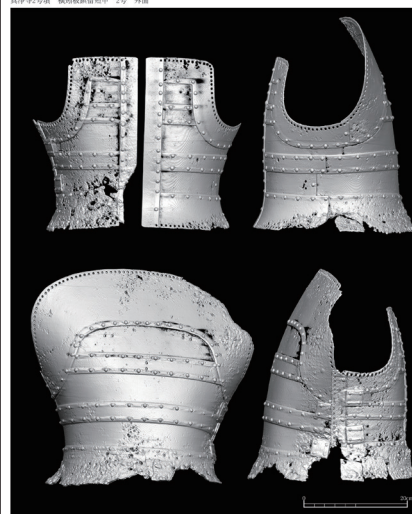
真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 1号 透通



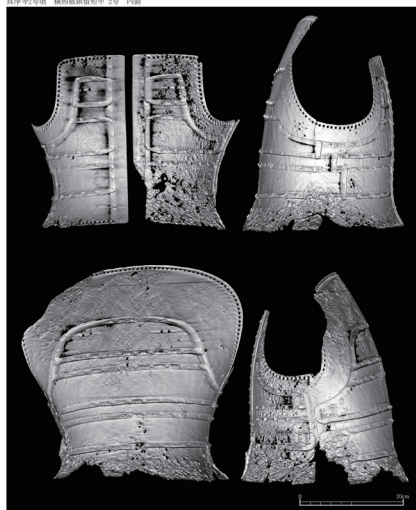
真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 1号 横断断面(20スラブ厚調整前後)



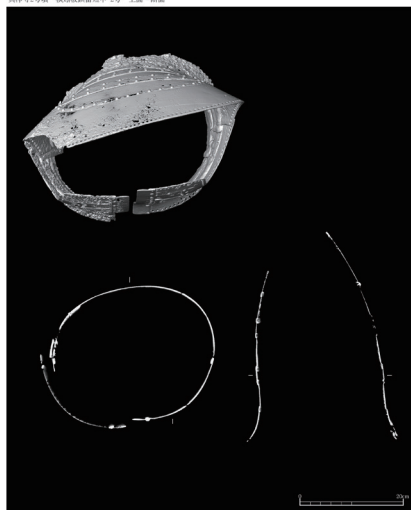
真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 2号 透通



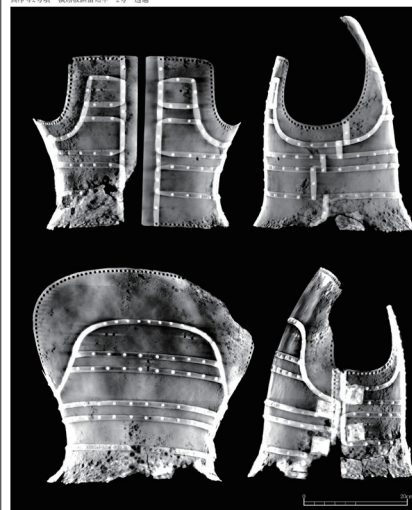
真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 2号 内面



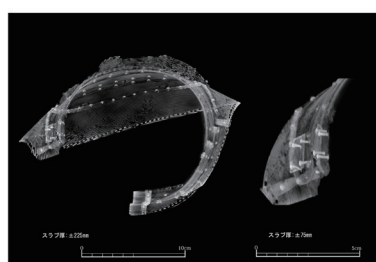
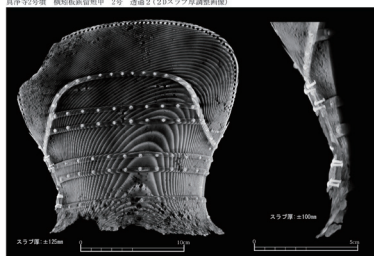
真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 2号 上面・前面



真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 2号 透通



真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 2号 透通(20スラブ厚調整前後)



真浄寺2号墳 横羽板新田部甲 2号 裏面(横き修正)

