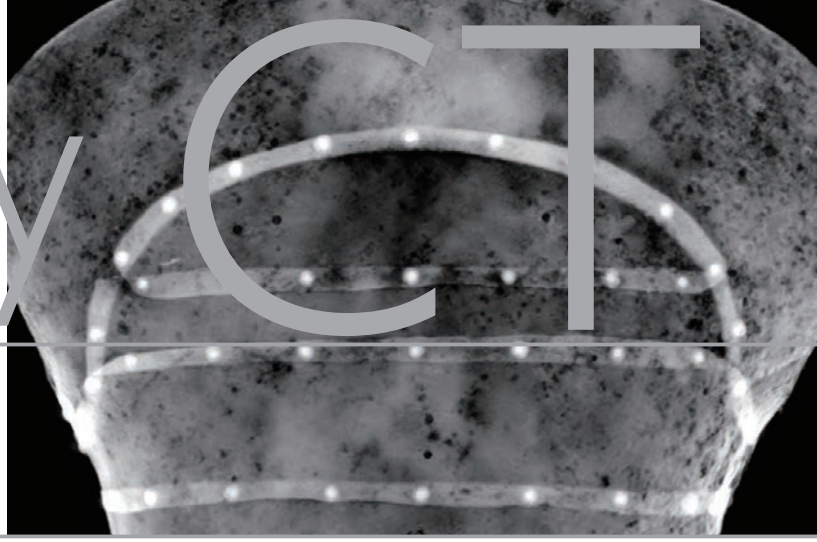
日本学術振興会 科研費 基盤研究 B
「X 線 CT 調査による古墳時代甲冑のデジタルアーカイブおよび型式学的新研究」（研究代表者：橋本達也：H26 ～ 29 年度）

X-ray CT

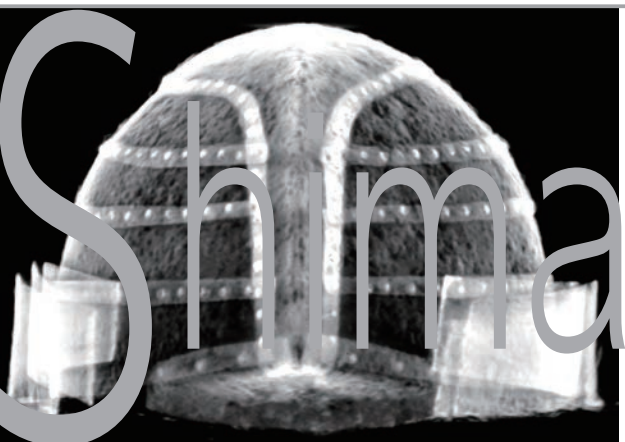


科研費成果公開
研究会

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　（鹿児島大学総合研究博物館）
　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　（九州国立博物館）
　X 線 CT の活用と次世代の博物館
14:05-14:30　阪口　英毅　（京都大学大学院文学研究科）
　X 線 CT 調査による短甲の研究
[休憩]
14:40-15:05　鈴木　一有　（浜松市文化財課）
　X 線 CT 調査による衝角付冑の研究
15:05-15:30　塚本　敏夫　（(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
15:30-15:55　古谷　毅　　（京都国立博物館）
　三次元計測・X 線 CT 調査と古墳時代甲冑研究の課題
[小休]
16:00-16:30　質疑応答



Shimauchi 139

鹿児島大学総合研究博物館
九州国立博物館
えびの市教育委員会
協力：福岡大学人文学部考古学研究室

科研費成果公開研究会

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―

目次

橋本　達也　（鹿児島大学総合研究博物館）

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　1

河野　一隆　（九州国立博物館）

X 線 CT の活用と次世代の博物館　7

阪口　英毅　（京都大学大学院文学研究科）

X 線 CT 調査による短甲の研究　9

鈴木　一有　（浜松市文化財課）

X 線 CT 調査による衝角付冑の研究　12

塚本　敏夫　（(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　14

古谷　毅　（京都国立博物館）

三次元計測・X 線 CT 調査と古墳時代甲冑研究の課題　16

【例言】

・本研究会は、日本学術振興会　科研費基盤研究 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」（研究代表者：橋本達也・鹿児島大学総合研究博物館・教授：H26 ～ 29 年度）の研究成果の一端を紹介するものである。

・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。またえびの市教育委員会をはじめ、堺市博物館、大阪大学考古学研究室ほか多くの機関の協力を得た。

・さまざまな古墳時代甲冑資料の X 線 CT 調査を行っているが、本研究会では、主として島内 139 号地下式横穴墓出土資料を中心的な素材として扱う。

・研究会開催に当たっては、福岡大学人文学部考古学研究室の協力を得た。

・最終的な成果公開は 2017 年度末に報告書の刊行で行う予定である。

・本書の編集は橋本が行った。

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

橋本　達也　（鹿児島大学総合研究博物館）

1．研究課題と目的

（1）　本研究：科研費・基盤研究 B（2014 ～ 2017 年度）

『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』

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：岸本圭・小嶋篤・赤田昌倫・古谷毅・塚本敏夫・阪口英毅、研究協力者：鈴木一有

（2）　古墳時代において甲冑とは

もっとも主要な古墳出土副葬品のひとつ。前期～後期まで存続。とくに中期に最多。

形態・構造・技術は時代性を象徴。その変遷から、技術史・地域間交流・対外交流・政治史などさまざまな情報が読み取れる。

近畿中央部（古市・百舌鳥古墳群）を中心とし、全国に共通形式が分布―比較研究に好適。

（3）　古墳時代甲冑研究と X 線 CT

一般的な古墳時代甲冑の考古学研究

実測図：不確定要素（認識・描画差）、精度的課題［図 1］。

甲冑をはじめ鉄製品・金属製品の資料研究（形態・構造・技術）には X 線情報が必須。

従来の X 線画像［図 2］

フィルムの大きさに制限―短甲はフィルム 1 枚に収まらない。

前後が 1 面に写ってしまうため、正投影画像が得られない―ex. 前後一緒に写ってしまう。

周辺部に歪み―線源との関係・資料とフィルムに距離があれば大きさはズレる。

数値情報がない。

X 線 CT のメリット

X 線データと三次元データを一挙に取得できる［図 8］。

大小問わず一画像にでき、高い視認性。

正投影・展開 X 線画像：考古学的比較分析に必須。

X 線の数値情報：実測図との比較可。

断面構造：欲しい断面図がデータで作成可能。縦断面・横断面さまざまな断面形状の観察。鉄地金銅製品などの構造。鏃束の本数確認など。

内側構造：見えない・見えにくい部位の見える化［図 3］―甲冑内面、とくに衝角付冑底板内面、眉庇付冑の頂部装飾の構造。内側にはまっているもの（倭文 6 号墳の衝角付冑・小札・鉄鏃）。鉢構造の馬具や刀剣の装具内部構造など有効性高い。

資料状態の確認［図 4］

表面的に見えにくいヒビや補修部。資料を扱う際の注意点が確認できる。博物館学的有効性。とくに錆びた大型鉄板でできている短甲は強度上の弱点が多い。

視覚性

３D 画像・アニメーション動画の作成：分かりやすさ―博物館等での教育・普及。

X 線データの解析

解析ソフトの扱いに慣れるのは経験が必要。

一般に文化財科学、画像解析専門家が解析・画像を作成：考古学的研究の有効性に課題。

→本研究では、考古学研究上、欲しい画像の提示（フォーマット）を目的とする［図8·9］。

2．研究方法と対象資料

（1） 作業の流れ

九州国立博物館でX線CT撮影―鹿児島大学総合研究博物館で解析・画像作成＋展示活用

（2） 対象資料

1) 九州の良好な甲冑：早い横穴墓制の導入：九州南部の地下式横穴墓出土資料・九州北部の横穴式石室・石棺などの出土資料：鉄の遺存状態がきわめて良好。

2) 近畿中央政権の基準資料：堺市黒姫山古墳・藤井寺市野中古墳

3) 島内139号地下式横穴墓の調査（橋本・中野2016a）［図6・7］

2014年10月下旬に発見。えびの市教育委員会と主として鹿大博で対応。

稀代の遺存状態。本研究内容に組み込み、えびの市教育委員会とともに研究を進める。

4) その他参考資料：武器・武具・馬具、中世・鎌倉市下馬周辺遺跡大鎧（金山ほか2016）

3．本研究におけるX線CT解析・画像作成

（1） X線CT解析―画像フォーマット

3D画像（2D化）・X線画像・必要に応じてアニメーション

データ保存：［tiff：1/2サイズ・1/4レイアウト］、［Jpeg：1/2］

正投影展開図・断面図・部分拡大図

CTの解析は製品検査など、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、印刷などで活用することにあまり向いていない（解像度）。

三次元情報を比較研究するには、技術・予算（コンピュータのスペック）など制限多い。二次元情報にして比較―その方が従来の実測図・写真との対比も容易。

（2） X線CTの課題

ブレ：回転台－安全性－梱包：美術梱包の課題。

ズレ：大きいものを分割撮影した際に起こるソフト上での不具合：現在は改善しつつある。

手動位置合わせ、分割ごとの濃淡差調整など必要なことも多い。

ソフト上のトラブルはよく起こる。

さまざまなX線に特有の現象［図5］

散乱線・ビームハードニング・メタルアーチファクト：物質とX線との間で起こる諸現象が画像に影響。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＋素材の厚み（X線吸収率）に大きく影響―撮影時の資料の安定性。

4．X線CTと古墳時代甲冑研究のこれから

（1）さらなる有効性・可能性

研究：形態比較、構造分析

3Dデータ間の比較：同型品比較：ただし遺存状態差（サビ・ワレ・復原・変形）の問題

他の器種への拡大：とくに装飾付大刀や馬具は有効性が高い。

活用：画像以外にアニメーション、3Dプリンター利用によるハンズオン

（2）当面の課題

ソフト：ソフト自体が高額。アップデートのスピードも速い・将来的な安定・継続性。技術的課題：習熟に経験・時間。

ハード：高額なハイスペックコンピュータ。巨大なデータ―保存・更新をどうするか。

文化財情報としての保存性・安定性：デジタルデータの安定性。将来に遺せるか。共通の土台で研究できるか。

（3）本研究のまとめ

従来の実測図・写真に、CT による新たな情報の導入で、甲冑研究に新展開を。

認識を書き込む実測図は今後も必要・ただし三次元データで手測りは軽減可能。

CT 技術者側ではなく考古学側から、“必要な 3D・X 線 CT データとは”を。

質の高い画像を得るには、撮影条件の検討～解析内容まで、担当者のコミュニケーションが重要。単に機械に乗せて、解析すれば誰でも同じものができあがるというものではない。

考古学研究上の共通認識の確認～フォーマットの作成。

【参考文献】

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

橋本達也　2016『えびの市島内 139 号地下式横穴墓　銀装円頭大刀・木装長刀・鹿角装鉄剣』えびの市教育委員会

橋本達也　2016『えびの市島内 139 号地下式横穴墓　象嵌鍛冶具の新発見』えびの市教育委員会

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

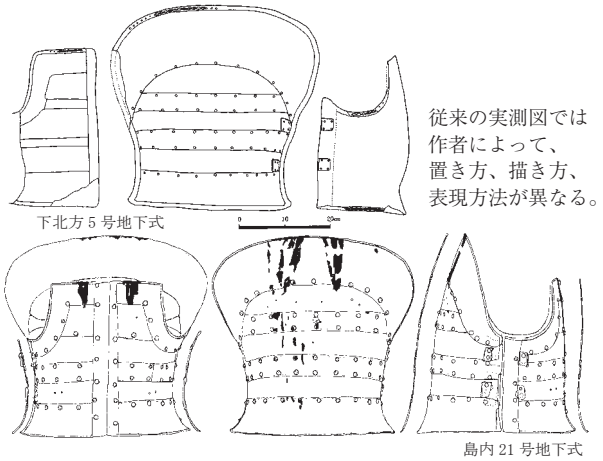
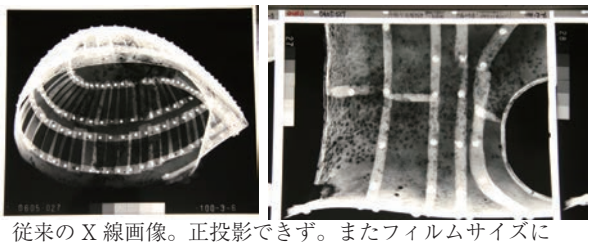


図１　古墳時代甲冑の実測図



従来の X 線画像。正投影できず。またフィルムサイズによって部分ごとしか撮影できず。歪みがあって、画像の重ね合わせも容易でない。

図２　従来の古墳時代甲冑の X 線画像

1. 倭文 6 号墳の短甲内に入れられた衝角付冑と鉄鏃
2. 黒姫山古墳 13 号眉庇付冑の内部構造

図３　内部の観察の例

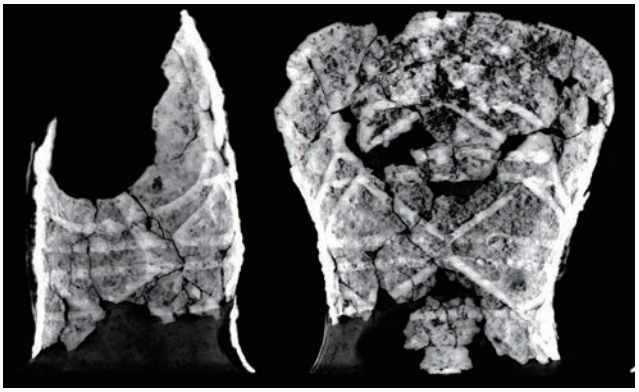
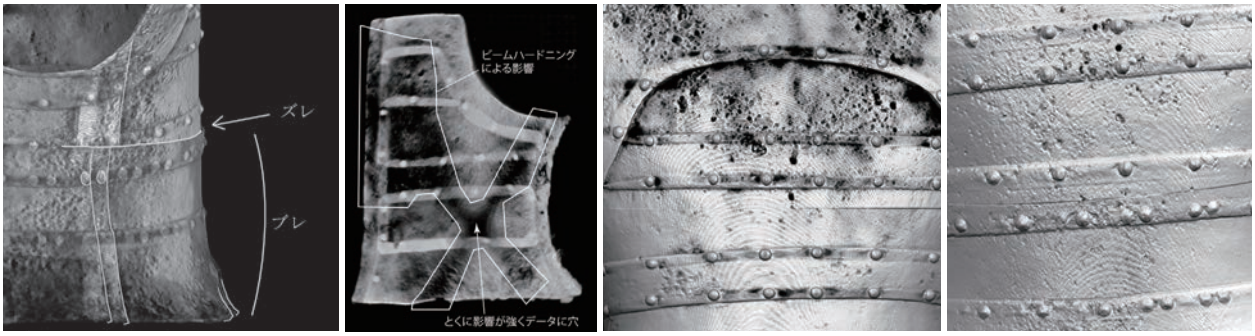


図４　短甲状態の観察（黒姫山古墳 7 号短甲）



ズレ・ブレ　　ビームハードニング　　メタルアーチファクト（鋲の左右に影）　　階段状アーチファクト（モアレ）

図 5　X 線の諸現象

図 6　島内 139 号地下式横穴墓甲冑出土状況

図 7　島内 139 号地下式横穴墓甲冑写真

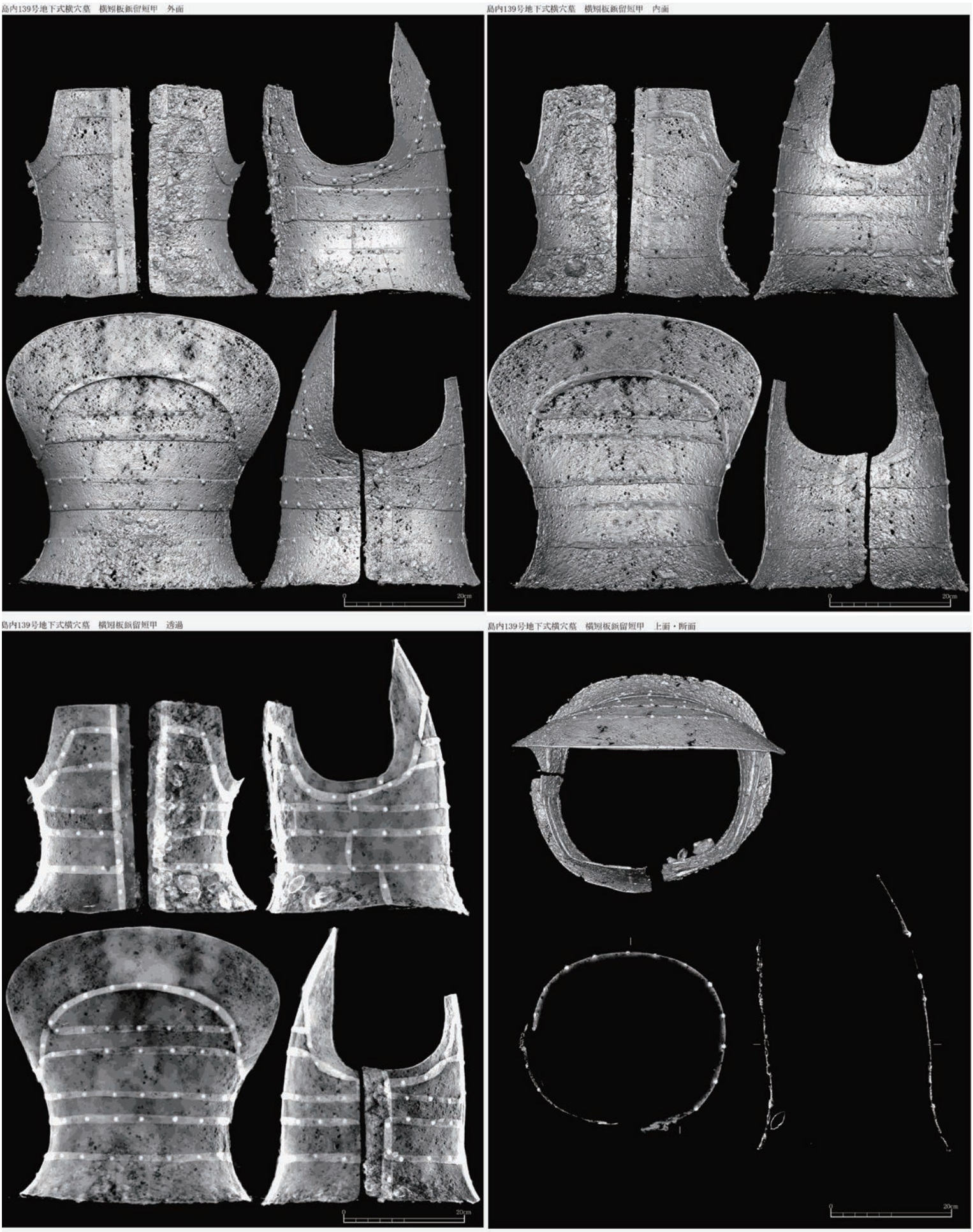


図８　X 線 CT を用いた島内 139 号地下式横穴墓短甲　３D・X 線画像（報告書掲載予定の 1/2）

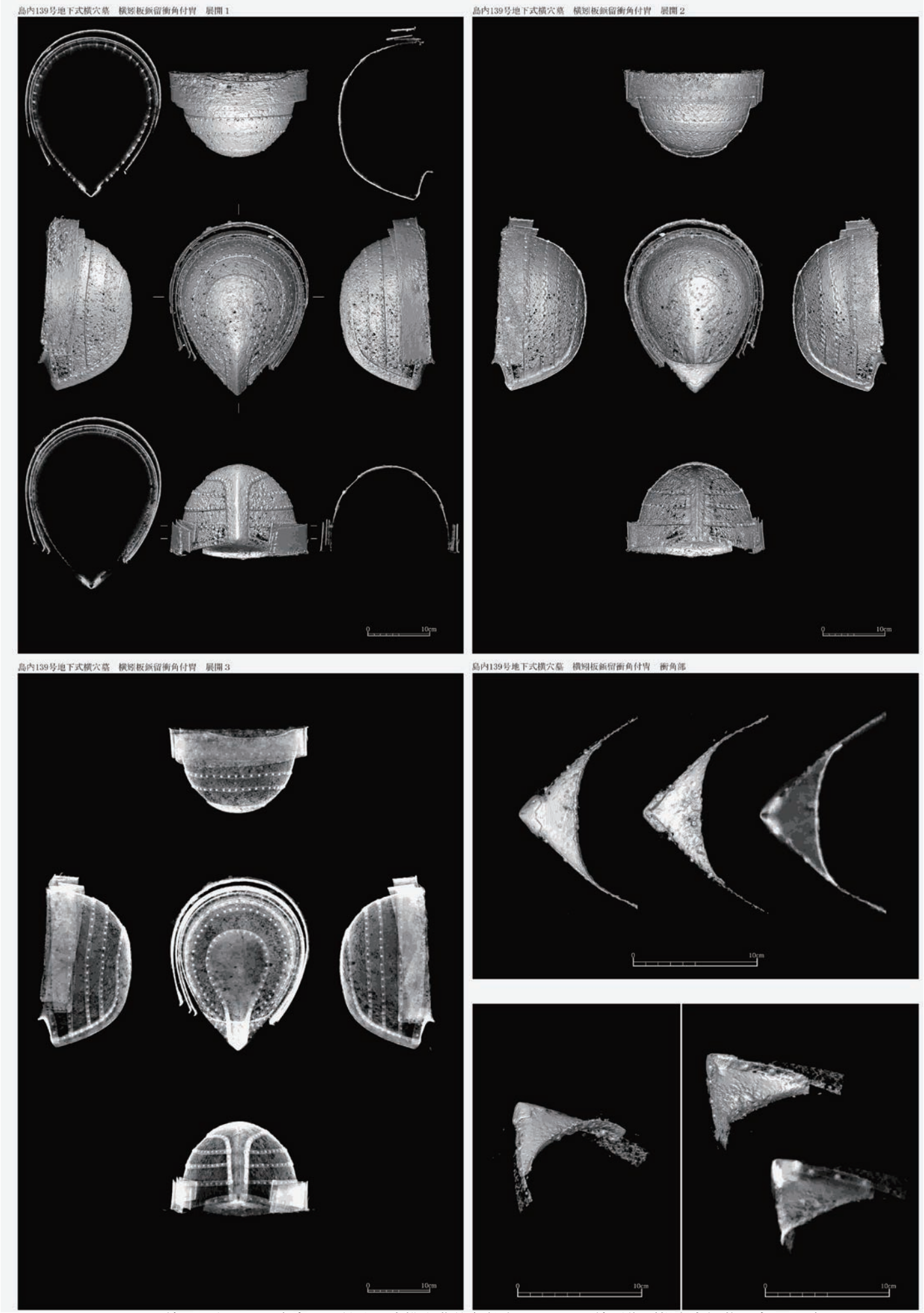


図9　X線CTを用いた島内139号地下式横穴墓衝角付冑　3D・X線画像（報告書掲載予定の1/2）

X線 CT の活用と次世代の博物館

河野一隆（九州国立博物館）

1．はじめに

今日、情報工学技術が進展するとデジタルミュージアムの基幹技術と活用が進み、聴覚や触覚など五感で味わう展示、ハンディキャップ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た。平成 17 年に開館した九州国立博物館では、最新技術の活用を博物館活動の柱に、高精度･高精細で文化財を記録し、展示や調査研究へと応用する方法を模索する。文化財の入力デバイスには立体物に対応するＸ線 CT、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がある。出力デバイスには、三次元プリンタを装備し、8K スーパーハイビジョンを設えた。博物館とデジタル技術とは不可分に結びつき､実物と並んで「デジタル文化資産」の戦略的な活用は国家施策としても喫緊の課題である。

2.三次元文化財データの入力と出力

Ｘ線 CT［図１］　立体文化財の構造分析は、工業用や医療用のＸ線 CT が補助的に活用されてきた。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・非表示できる。形状によっては透過できなかったり、金は反射のため精確な構造が描画できないが、この方法では表面では分からない後補部分を明らかにしたリ、劣化の進んだ部分が事前に把握できる。成果として、13 世紀に九州北部を襲った元寇の鷹島沖沈船から引き揚げられた「てつはう」調査が挙げられる。分析の結果､「てつはう」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殺傷能力の高い武器と推定された。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。これ以外に、埋め殺されている中子に残された分割鋳型の合印を抽出し、立体的な位置関係を表現できた。

図１　Ｘ線 CT 分析装置

光学的三次元計測器［図２］　立体作品の表面に光を反射させて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。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）を対象とする三次元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

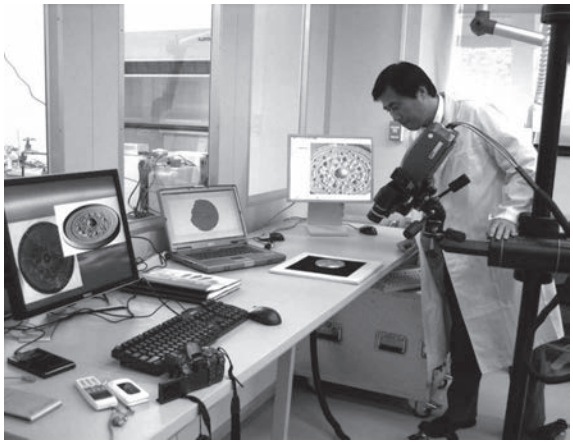


図２ 光学的三次元計測器

図３ デジタルレプリカの作成

図４ デジタルレプリカを展示に活かす

から製作された青銅器が一括埋納群中に含まれる割合を検証した。

デジタルレプリカ　三次元データを出力する最適な方法が三次元プリンタである［図３］。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。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を「デジタルレプリカ」と呼ぶ。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。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、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なのである［図４］。さらに、X線CTと組み合わせれば、内部構造を分かりやすく伝えられる。

触れる展示の活用は、視覚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拡がった。

３．今後の課題

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。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、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。一方、コピーによってどれがマスターデータかが不詳になったり、商業利用の場合の作者（所蔵者）とデータ著作者の権利などの問題はまだ整備されていない。従来から、デジタルデータでは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だ。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、関連省庁と一体となった法整備も含めて、今後、将来的な課題になるだろう。

現在そして次世代の博物館は文化財情報が行き交う拠点である。社会に息づき、日々成長していく「生きている博物館」こそが、現代的課題にあえぐ博物館を再生するための「進化する博物館」なのである。

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）

1．短甲概論

（1）変遷〔川畑 2016〕［図 1］

（2）帯金式短甲の構造と部分名称〔川畑 2016〕［図 2］

（3）研究資料としての特性

・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金属製品。

2．短甲と三次元データ

（1）三次元データの特性

・圧倒的な情報量と精確性、またその画面表示の自由性。

（2）三次元データ活用以前の研究〔小林 1974〕［図 3］

（3）吉村和昭氏による研究〔吉村 2014・2017〕

①三次元計測技術およびデータ加工技術による成果

A．破片資料の復元　　B．革綴製品の構造復元　　C．変形補正

②全体構造の復元

③「型紙」存在の確認

3．X 線 CT 調査による短甲研究の展望と課題

（1）認識

・ツールとしての三次元データの有用性に加え、内部構造まで把握可能という利点。

（2）展望

・既往の研究視点の検証―外面から観察しづらい部位（鋲規格，鉄板の重なり部分 etc.）。

・新規の研究視点の模索―外面から観察できない部位（鋲脚断面，孔断面 etc.）。

・「精確」と「全方位」の先にあるもの。

（3）課題

・三次元データを「二次元的」に検討するジレンマ。

・個人がアクセスおよび処理可能なデータの蓄積。

【参考文献】

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

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　2017『古墳時代甲冑製作における「型紙」の新例発見とその意義』（科学研究費による研究成果報告リーフレット）　奈良県立橿原考古学研究所附属博物館

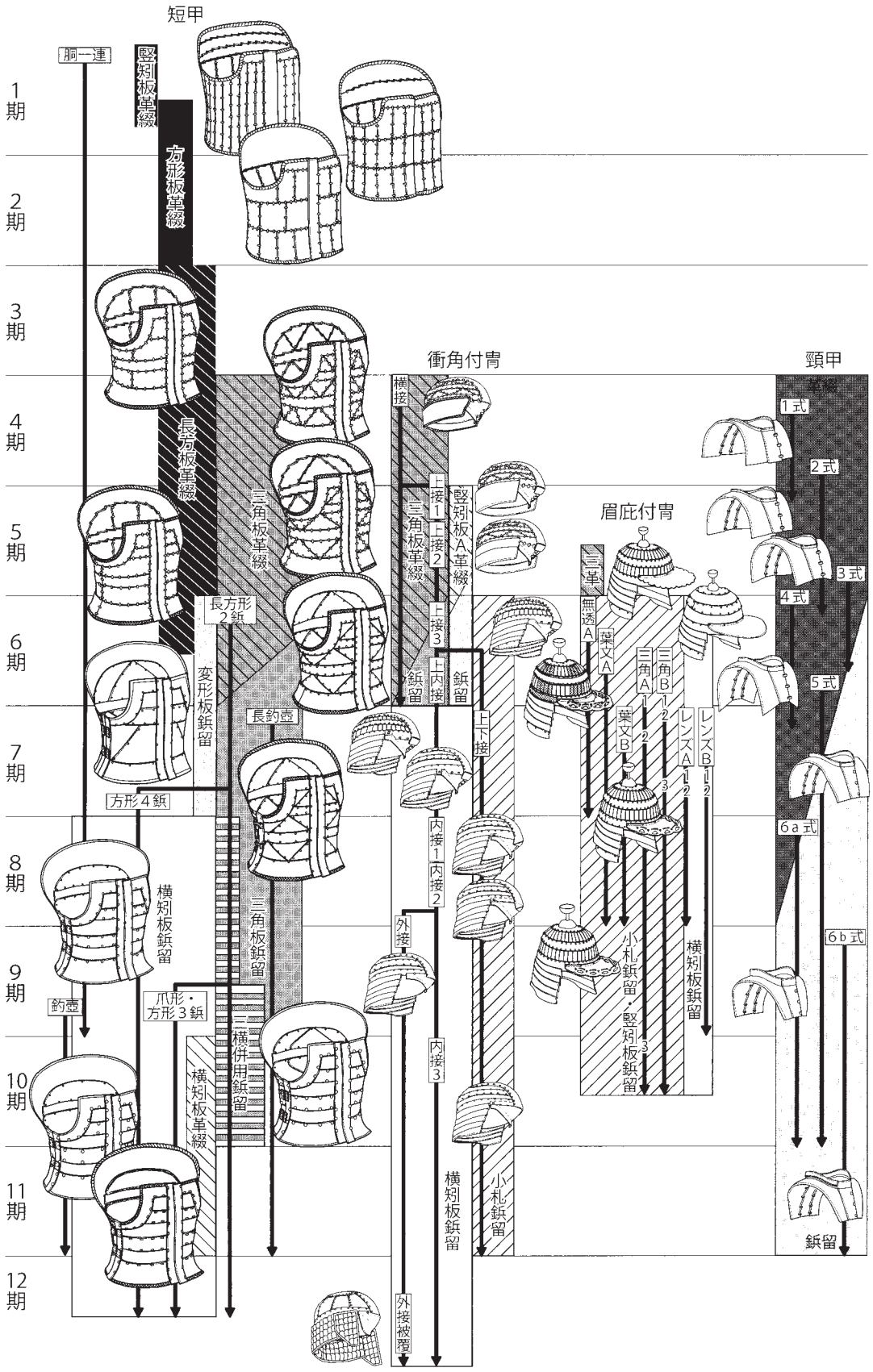


図１　短甲・衝角付冑・眉庇付冑・頸甲の編年〔川畑 2016 改変〕

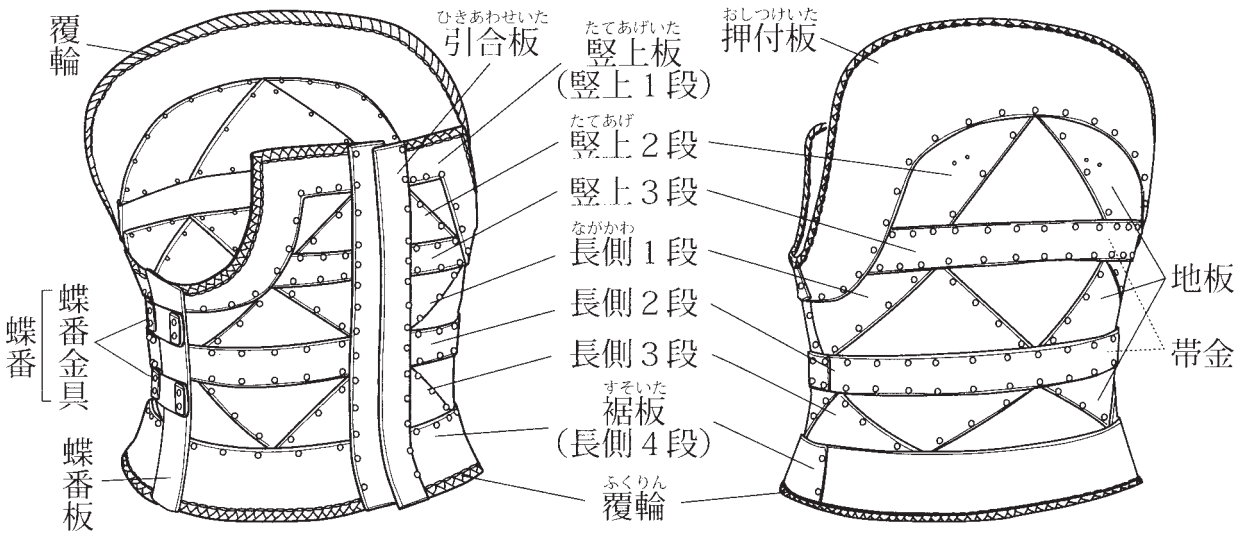
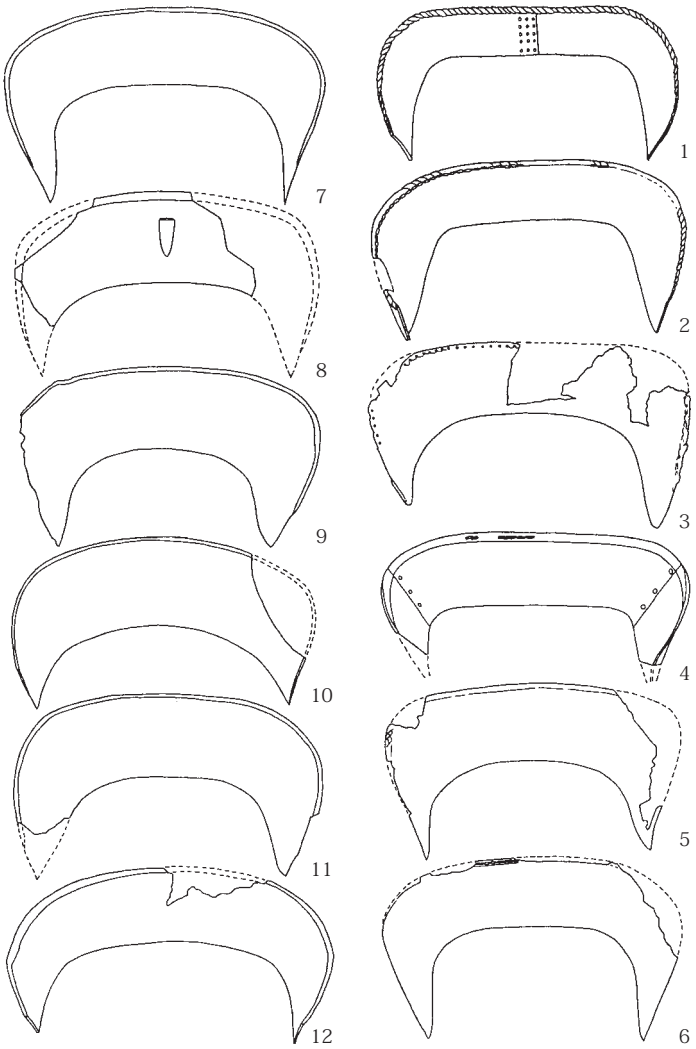


図２　短甲の部分名称〔川畑 2016 改変〕



1．	滋賀県	新開１号墳	鋲留短甲（特殊）
2．	岡山県	随庵古墳	三角板鋲留短甲
3．	奈良県	円照寺墓山１号墳	三角板鋲留短甲
4．	大阪府	西小山古墳	三角板鋲留短甲
5．	大阪府	黒姫山古墳	横矧板鋲留短甲
6．	兵庫県	亀山古墳	横矧板鋲留短甲
7．	広島県	三玉大塚古墳	横矧板鋲留短甲
8．	和歌山県	大谷古墳	横矧板鋲留短甲
9．	熊本県	伝左山古墳	横矧板鋲留短甲
10．	茨城県	三昧塚古墳	横矧板鋲留短甲
11．	千葉県	金塚古墳	横矧板鋲留短甲
12．	福岡県	かって塚古墳	横矧板鋲留短甲

※１・２・４・12 の下縁は推定復元。

図３　鋲留短甲における後胴押付板の形状比較図〔小林 1974 改変〕

科研費成果公開研究会
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―
2017.09.09　発表要旨集
鹿児島大学総合研究博物館

Ｘ線ＣＴ調査による衝角付冑の研究

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、中期中葉には鋲留式に移行し、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鋲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、綴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編年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、歴史的な意義が明らかにされてきた（鈴木 2009、川畑 2015 など）。

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、埋没環境によって様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、立体的な構造物を任意の視点で観察でき、断面形状から細かな寸法に至るまで正確に把握できる三次元データを基にするＸ線ＣＴ画像の取得は、従来の実測図を基図にした資料化と同等の精度が担保できる点で、研究を飛躍的に進展させる画期的な研究法といえる。本研究で明らかにした具体例を以下に紹介しておこう。

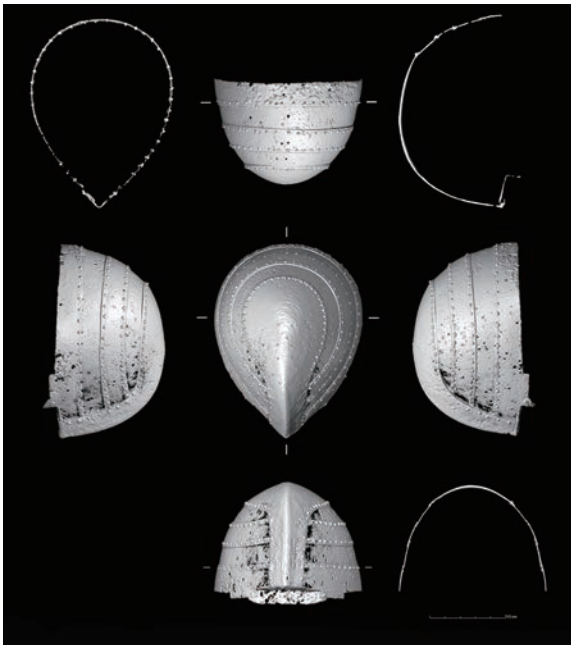


図１　正投影配置した画像
（島内 21 号地下式横穴墓例）

２．Ｘ線ＣＴ画像の活用成果

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１）。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。苦労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可能な点で有用性が高い。

錆着物の除去　別部材が表面を覆っていることによって、表面的に詳細な観察が困難である資料も多い。こうした制約がある資料についても、Ｘ線Ｃ

Ｔ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たような状態が提示できる。鳥取県倭文６号墳例は短甲の中に銹着しており、詳細な観察が困難であったが、図２のように単体の資料として示すことができた。資料化が進まなかった既出資料についても、Ｘ線ＣＴ画像の作成によって細かな分析ができる展望が開けたといえる。

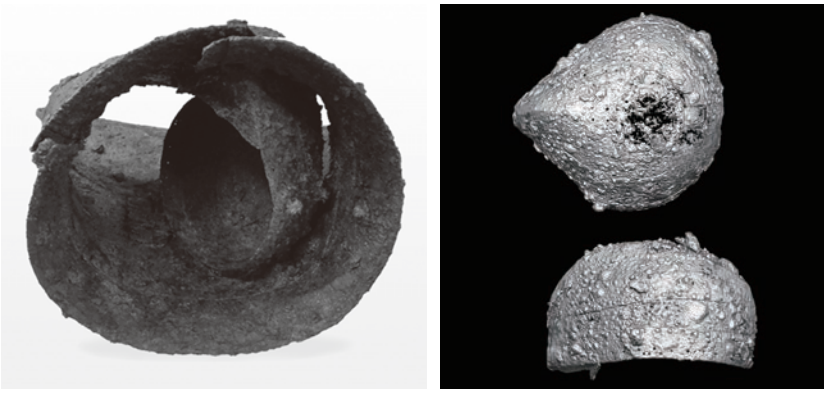


図２　銹着物の除去事例（倭文６号墳例）

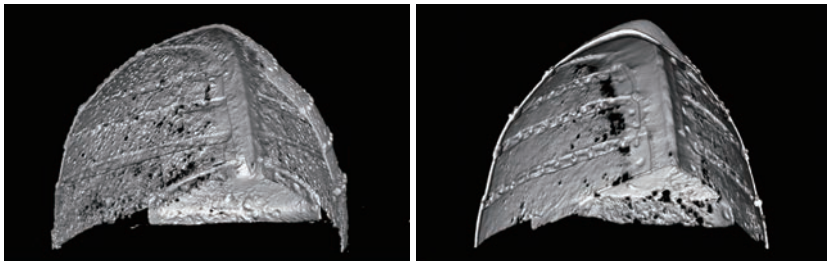


図３　任意視点による切断俯瞰
（左：島内 139 号地下式横穴墓例、右：島内 21 号地下式横穴墓例）

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。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、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３に示すような画像によって､その詳細を客観的に示すことができることを確認した。画像を切断する位置や、斜方向で俯瞰する角度を一定化させることによって、多くの資料を同一の基準で比較することが可能になる。

衝角付冑の諸属性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。こうした細かな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。

３．おわりに

Ｘ線ＣＴ画像の利点を中心に紹介してきたが、この手法も万能ではないことを留意しておく必要がある。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だろう。

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今後も求められる。

【参考文献】

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
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
川畑　純　2015『武具が語る古代史』京都大学学術出版会

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）

１．はじめに

Ｘ線 CT が日本の文化財研究施設へ導入されたのは 1988 年の国立歴史民俗博物館でした。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ました。しかし、当時は高額であるためと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、別次元の道具と位置づけられていました。

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ます。

今年、奈良国立博物館に大型Ｘ線ＣＴが、来年１月には当研究所でもマイクロフォーカス型Ｘ線ＣＴを導入予定であり､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ります。

また、今年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ます。

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を挙げながら、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。

２．甲冑研究における透過試験

①　Ｘ線透過試験による構造調査

○保存修理現場から構造調査へ

○中性子ラジオグラフィの試み

○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）

○Ｘ線透過試験（2 次元）の限界性

②　Ｘ線ＣＴによる構造調査

○金井東裏遺跡出土小札甲での成果と課題

○当科研による短甲・冑での成果と課題（他者発表成果）

○透過力（Ｘ線出力）と分解能

３．　甲冑研究における材質調査

①　鉄分析（母材）

○鉄分析による堅固性（硬度）調査

○鉄分析による始発原料の同定と産地推定

○放射化分析による産地推定の試みと問題点

②　有機質分析（母材、連結材、塗膜）

○赤外線分光分析（ＦＴ-ＩＲ）による漆、紐、布、革の同定

○脂肪酸分析による動物種の同定の試みと問題点

４．甲冑研究における年代測定

①Ｃ１４年代測定による年代測定

○徳丹城跡出土木製冑での試み

○鉄のＣ 14 年代測定

５．おわりに

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 (データ化) 法と古墳時代甲冑研究

1）計測技術

・**文化財の計測・模造**　----　鎌倉年間；定朝仏の模造
ex.『長秋記』1134 年、仏師院朝、丈六仏の計測
明治年間：帝室技芸員制度
cf. 1949･50 年、法隆寺金堂焼失・文化財保護法制定
1953 年、文化庁による模写模造事業の開始
→ 精密計測の導入

・**三次元計測・X 線ＣＴ調査**　-----　いずれも優れた立体物形状の非接触データ化
→ 安全性と計測値の精度・安定性の確保
ex. 多面体 (中実)・回転体 (筒状等)・構造体 (組合等)
⇒ 優越性と課題（外面情報と断面・内面情報）
A：三次元計測　：構造化光計測利用技術　-----　計測欠陥 (照射・撮影範囲)・色彩
B：X 線ＣＴ調査：X 線ﾗｼﾞｵｸﾞﾗﾌｨ利用技術　-----　解析欠陥（ノイズ）・色彩

2）考古資料の分析・研究

・**資料化の意義**　-----　属性研究（分析・比較等）に有効な情報に変換
ex. 資料化技術：実測 (投影) 図・写真・記述など
→ 資料 (現状情報) の記録・復原 ＝ 分析・比較の基盤　←→　**測定誤差**

・**製作工程の復原**　-----　属性と属性群から技術および技術群に関する施工順位の分析
→ 製作技術：技術痕跡 (工具痕) による検討
⇒ 製作技術から構造・設計および設計思想 (モデルなど) の変遷の分析・解明
ex. 計画 (デザイン)・設計・加工・接合・被覆・加飾・塗装など

2．デジタル計測と古墳時代甲冑研究の課題

1）考古資料の特質　－埋蔵環境と変質・変形－

・**原形の喪失**：経年変化 (変質・変形)　ex. 劣化 (銹化など)・破損・亀裂など
A **変質**（物性の喪失）：**化学的変化**（劣化 / 腐食 / 硬化 / 変色など)　**cf. 保存処理**
B **変形**（形態の喪失）：**物理的変化**（歪み / 磨耗 / 破損 / 欠失 / 崩壊など) **cf. 修復・復原**

2）デジタルデータ化の課題

・**経年変化の補正**　-----　完成時形態の比較　←→　**物理的変化**
・**構成部品の復原**　-----　部品・設計の比較　←→　**仮想上解体**（構造研究）

3）考古学的研究の課題

① 技術の復原 ----- ⅰ）加工技術の検討：技術系譜論

→ 異形式資料群の縦断的・横断的分析 ←→ 個別型式学的研究

ex. CT：接合技術の分析：穿孔と鋲脚

3D：加工痕の分析　：工具の先端形状

ⅱ）組立技術 (工程) の検討：技術系譜・変遷論

→ 施工方法の系統・変化：系譜・省力化または設計変更の分析

ex. 革綴：接合順位の規則性 (段内→ 各段 → 通段)

鋲留：工程未解明：一定の規則性と修正 (追加孔と失敗孔)

② 設計の復原 ----- 技術系統論

→ 甲冑製作技術の設計思想・祖型 (モデルなど) の分析

ex. CT：部品の比較（平面・曲面構成）

3D：構成・構造の比較（曲面構成）

③ 東アジアにおける金属器生産技術史上の位置 ----- 祖型論・起源論

→ より確実な生産地論へ

表１　帯金式甲冑の製作工程 (Ａ) と設計・製作段階 (Ｂ)（古谷 2012 改変）

※技術痕跡 : Ａ変形 (塑性) 加工 (deformation Processes)、
Ｂ除去 (機械) 加工 (removing)、Ｃ付加加工 (Joining Processes)

A)〔１次成形 (打延) → 板金作出 (→割付・板金分割) →２次成形〕

⇒〔仮組→ 整形→ 調整Ⅰ (叩き・切断・追加) → 穿孔〕

＜**第Ⅰ工程** (成形段階) ＞

ex. Ａ曲げ加工 : 当て具 (拍子木) 技法

Ａ鍛造加工 : 潰し (打設補助具等) 技法

Ａ鍛造加工 : 型 (打込み型) 鍛造技法

Ｂ切断加工 : 切断 (ﾀｶﾞﾈ［鏨］様工具) 技法

＜**第Ⅱ工程** (整形段階) ＞

ex. Ｂ切削加工 : 切断 (ｾﾝ等様工具) 技法［面取］

Ｂ穴加工 : 穿孔 (ｷﾘ［錐］等様工具) 技法 [穿孔具]

Ｂ研磨・研削加工 : 研削技術

Ｂ透し加工 : 透孔 (糸ﾉｺ様等工具) 技法

⇒〔地板 (段内) 接合→ 帯金等 (各段・通段) 接合→ 調整Ⅱ (叩き・切断等〕

＜**第Ⅲ工程** (組立段階) ＞

ex. Ｃ固定連接技術：革綴 (綴革または威革) 技法［革綴・威技法］

鋲留 (出しﾀｶﾞﾈ［鏨］様工具) 技法［潰し鋲脚・折曲鋲脚］

Ｃ可動連接技術　：威技法

Ｃ化学的連接技術：鑞接技術［金属鑞］

⇒〔覆輪施工→ 塗装→ 貫緒等・付属具着装〕

＜**第Ⅳ工程** (仕上げ段階) ＞

ex. 非金属工芸技術 (皮革技術)：革組・革包技法［革組・革包覆輪］

金属加工技術 (変形加工）　：覆輪技法［鉄覆輪 (鉄包・鉄折返)］

彫金 (ﾀｶﾞﾈ［鏨］様工具) 技法［列点文・蹴彫り・ﾅﾒｸﾘ打ち等］

鍍金 (ｱﾏﾙｶﾞﾑ金銅技術)

B)〔 モデル → 設計 〕⇒〔 第Ⅰ工程 → 第Ⅱ工程 → 第Ⅲ工程 → 第Ⅳ工程 〕

［曲面構成］｜　［平面構成］｜　[曲面構成]

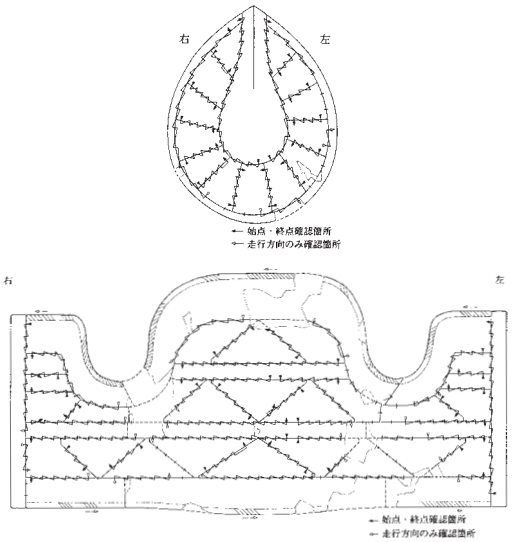


図１　鉄製帯金革綴式甲冑の内面模式図〔鈴木 2004〕

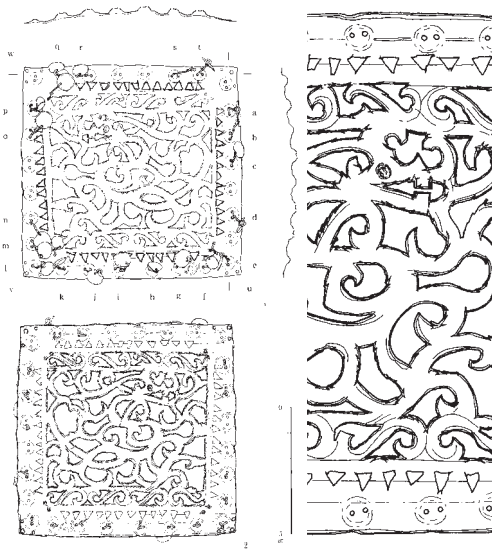


図２　新沢千塚 126 号墳 金製方形板実測図〔古谷他 2002〕

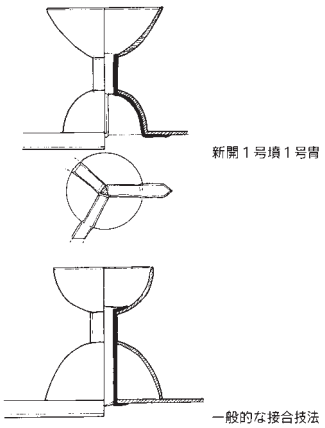
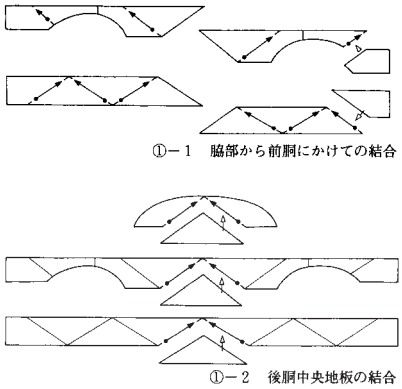


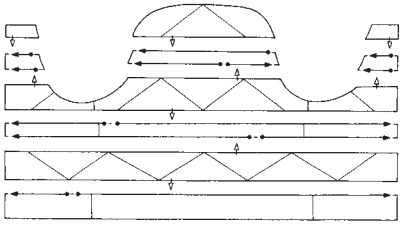
図３　鉄製眉庇付冑 頭頂部装飾接合技法〔橋本 2005〕

①地板どうしの連結

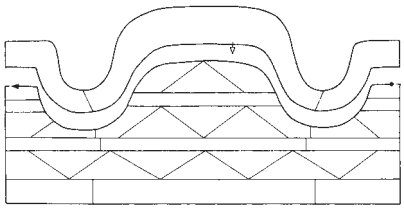


＜①～③：第Ⅲ工程 (組立段階) ＞

②帯金・裾板と地板の連結

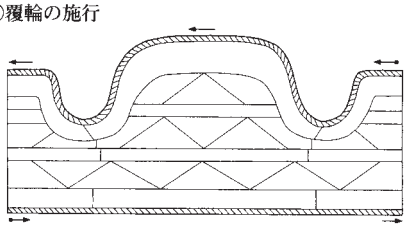


③押付板の連結



＜④⑤：第Ⅳ工程 (仕上げ段階) ＞

④覆輪の施行



⑤引合板の連結

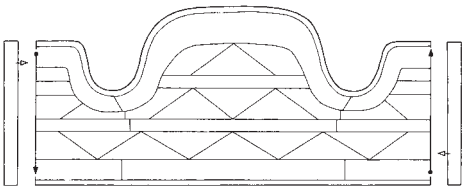
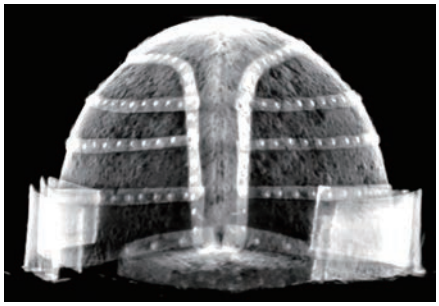
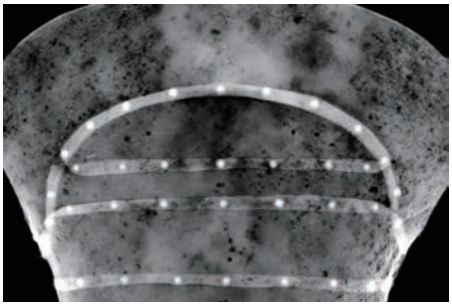


図４　鉄製帯金革綴式短甲 組上げ模式図〔鈴木 2004 改〕





科研費成果公開研究会

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―

編集：橋本達也（研究代表者）
鹿児島大学総合研究博物館
890-0065　鹿児島市郡元 1-21-30
http://www.museum.kagoshima-u.ac.jp/

X-ray CT
×
Shimauchi Subterranean Tunnel Tomb No.139

X-ray CT Analysis of Kofun-Period Armor

The Kagoshima University Museum