

金井東裏遺跡出土遺物のX線CT画像解析

— 出土鉄製品に伴う紐等低密度の有機物痕跡の形状把握と可視化への試み —

関 邦 一

(公財)群馬県埋蔵文化財調査事業団

1. はじめに	3. X線CT画像解析
2. X線CT撮影	4. おわりに

— 要 旨 —

群馬県渋川市金井東裏遺跡は国道353号金井バイパス建設に伴い平成24年9月から発掘調査開始され、同年11月19日に6世紀初頭の榛名二ツ岳渋川テフラの降下火山灰(Hr-FA)中から鉄製小札甲(1号甲)を着た状態の人骨が発見された。さらにその周囲から2号甲・矛をはじめ多数の遺物が出土、甲着装人骨等詳細調査検討委員会が発足し詳細な調査が実施された。この詳細調査ではこれら出土遺物のうち1号甲本体・1号人骨頭部と下部の鉄製品(冑)・2号甲・鉄製矛のX線CT撮影が実施され、小札甲の2000枚近くにも及ぶ小札の配列や硬い錆に覆われた金属製品の内部構造のCT画像解析について「金井東裏遺跡 甲着装人骨等詳細調査報告書」(平成29年3月、群馬県教育委員会)においてその成果が報告されている。この解析に用いたCT画像の量は膨大であり、上記金属製品の細部構造を究明するための重要な情報がまだ残されている可能性が高い。本稿は、このX線CT画像の中から錆や火山灰中に存在する空洞もしくは極めて密度の低い紐等の有機物痕跡に着目し、その実態(構造・形状)を立体的にとらえようとした研究の報告である。

キーワード

対象時代 古墳時代

対象地域 群馬県渋川市

研究対象 鉄製品・有機物痕跡・X線CT画像
解析

1. はじめに

金井東裏遺跡の小札甲はほぼ完形の状態で出土(写真1・2)。その表面には小札甲を構成する要素紐・布等の有機物痕跡が観察され、さらにその鎧に覆われた内部にも痕跡が内包されていると考えられた。金属製品は金属単体で成り立つものではなく、小札甲では鉄製の小札とともにこれらを繋ぐ紐や着装に必要な布・皮等の有機物素材と一体となって機能する。本研究では表面に現存する有機物痕跡の観察とともに、X線CT画像解析を組み合わせて有機物の痕跡等を調査(把握・具現化)しようと試みた。

2. X線CT撮影

1号人骨・甲は小札甲を着装した状態で出土していることから小札甲とともに人に係る有機物情報を内包している可能性が有った。この小札甲および付属する有機物と人体に係る3次元的情報を非破壊で取得するために、調査当初から人骨および小札甲を一体としてX線CT撮影することが検討された。X線CT撮影にあたっては国内最大級のX線CT撮影装置でも撮影可能範囲は直径80cmの円筒形・重量100kgの制限があることから、分割してX線CT撮影を行うこととなった。X線CT撮影にあたっては、まず甲の背側部分を調査したのち甲背側破片を一旦取り外し、その後人骨を調査・取り上げた後胴部分を土ごと切り取り、背側の破片をもとの位置に戻しX線CT撮影を実施した(写真3・4・5・6・7・8)。

3. X線CT画像解析

甲着装人骨のX線CT撮像は、株式会社日立製作所に1号甲、2号甲を持ち込み、同社の有するHiXCT-9M-SPを用いて行った。撮像に関わる緒言については表1に示す。撮像後のデータは、画像再構成ソフト(日立製作所製)により後再構成を行ったのち、VGStudio MAX2.1 (Volume Graphics GmbH)を用いて遺物の記録情報として甲の全体構造の3次元画像化を行った。一方、構造解析にあたっては、ExFact2.0 (日本ヴィジュアルサイエンス)を用いて、後再構成データを改めて3次元画像化した。これはアプリケーションごとの動作特性を考慮したもので、データ精度を変更せずに作業時間の短縮を目的としたためである。それぞれの画像解析作業については、奈良文化財研究所・村田泰輔氏に協力を頂いた。

構造解析にあたっては、大きく二通りの3次元画像を構築した。一つは甲全体を3次元化した画像であり、遺物の状態や構造解析の部位特定を目的としている。これはX線CTにより撮像されたすべての情報を積算させて構築しているため、実物と同様の形状が確認できる(写真9背面:出土上面、写真10右側面、写真11下側:草摺側)。一方でデータ容量および解析時間が膨大化するため、X線撮像時の解像度(0.3mm/pixel)をダウンサイズ(0.6mm/pixel)させて構築している。加えてこの全体画

像については、構造の積層変化が認めやすい適度な層厚(1号甲の場合、3.4mm/slice)で画像を切り、立体構造を手前から奥に向けて画像を切り取っていくデータも作成した(写真12-14)。CT断層画像はX線による面撮像でしかないため、並べても立体構造として把握が難しいのに対し、この手法では立体構造と断面の位置関係が理解しやすく、遺物の状態確認や詳細な構造解析にむけた部位確認に活用した。

もう一つの画像は詳細な構造を解析するための部位ごとの画像である。この鉄製小札甲に残存する総紐等の有機物痕跡は、物質として密度が低いことからX線を透過しやすく、強いX線透過撮像では物体として捉えにくい。一方、観察対象とする総紐等の痕跡は、より密度の高い鉄鎧や鎧化した土砂に覆われ、遮蔽された状況にある。そこで前述した全体構造の中から観察対象となる部位を特定し、可能な限り観察対象の画像情報のみを抽出し、構造の解析を試みた。

(1) 1号甲草摺(写真8のA部分)の解析

草摺部分のCT 3次元画像を高さ・角度を変え観察し(写真15・16・17・18)、その結果から解析に適した部分を見つけ詳しく調査をすすめる。写真19・20の上端部に並ぶ紐状の構造はその位置と方向から上下の小札と小札をつなぐ総紐とみられ、上下方向に弛んだようにカーブし並んでいる。写真21・22・23で詳しく観察すると、そのカーブした紐の断面は「勾玉」状に凹む形が観察され、威し紐の形状を示すものと推測された。ただし、この部分は鎧に覆われており、この形状はCT画像解析で観察できるのみである。しかし別の部位(写真24)の長側第一段右部分1箇所(金井東裏遺跡詳細調査報告書告書100頁158の右側の破片に対応)に上下の小札と小札をつなぐ総紐が鎧化残存していることが確認され(写真25・26)、その欠けた断面を観察すると同様な「勾玉」状の凹みが観察される(写真27)ことから、CT画像解析により観察された上記形状も総紐の形状を反映しているものと判断される。

(2) 1号甲豎上(写真8のB部分)の紐状凹み・空洞の解析

背側の豎上部分では、一次クリーニングの段階で背に沿って縦に幅3mmほどの浅い溝状の凹みが並んでいることが観察されている。この凹みを詳しく観察すると凹み内部に綾杉状の微細な構造が見られ、総紐の痕跡と判断した。この溝は小札上下端で消滅したり鎧の中に潜り込む形で見えなくなる場所もある(写真28)。この鎧に潜り込んだその先にも紐の痕跡は続くと考えられることから小札を上下方向に連ねる総紐と認定されよう。

草摺部分の解析と同様に、全体から解析範囲を絞り画像を取り込んで解析を行った。

草摺に対し豎上部分は比較的平坦なため広い範囲を取

り込み解析した(写真29)

その中からさらに3次元的構造を捉えるため、該当部分を切り取り解析をすすめる。

X線CT画像の3次元画像を任意の方向でカットしその断面の構造を検証した。写真30と31および32と33は縦方向をずらしてカットした平面と断面で両者とも断面に6の字を横にしたような形の暗色部分が見られる。この痕跡は縦に延びる緘紐痕跡の延長上に位置し、規則的に配置している。この部分は空洞または非常に密度の低く火山灰・鏽の中に潜り込んだ形で存在した緘紐が劣化消失・空洞化した痕跡と推定される。また写真34は横方向にカットした像を斜め方向から観察した画像で写真35はその断面で鏽中に上下(縦方向)に延びる緘紐とその緘紐断面を観察できる。

(3) 2号甲下部の火山灰中の不明空洞

1号甲の西から出土した2号甲は(写真36)、下部の火山灰中に遺物が見つかり(これは後に鹿角製小札と判明)、これを内包したままX線CT撮影を実施した。写真37はX線CT撮影後に上部のウレタンを除去した状態である。

2号甲のX線CT撮影を実施したところ、そのX線画像から鹿角製小札の近くの火山灰中に火山灰より密度が低くほぼ空洞に近い「ナツメ」形の部分が検出された。この空間については、鹿角製小札の調査時に慎重に調査・掘削を行ったが乾燥しサラサラの火山灰のためその形状を肉眼視することは出来なかった。そのためこのCT画像からこの不明空洞の画像解析を行った。写真38と39はCT画像解析中の2号甲の全体画像である。そこからさらに不明空洞部分に的を絞り解析した画像が写真40・41で火山灰中には根の痕跡とみられる不規則に曲がる空洞や火山灰粒子間の空洞や、密度が近い鹿角製小札の並びが見られる。そのため、さらに範囲を絞り不明空洞付近を切り出し詳細な解析を行い空洞の形状を捉えた(写真42・43・44)。この空洞の画像を観察すると、植物根の痕跡とみられる空洞とも交わることはなく、その形状から植物由来の痕跡の可能性は低いが、人為的加工物の確認もないとため、結果としては不明空洞として報告せざるを得ない。

4.おわりに

本研究では、空洞に近い低密度の有機物痕跡を一部ながら解析することが出来た。しかしながら対象物周囲の高密度部分や、密度の近い植物根・火山灰の空間等の画像を不明瞭にする障害物の影響等の課題もあった。金井東裏遺跡出土遺物のX線CT撮影は鏽・土砂の除去を控え出土状態に近い状況でX線CT画像データを取得しており、今後さらに多くの情報を引き出すことが可能であり更に分析研究を続ける必要があると考える。末筆ながら、本研究でX線CT画像解析に協力頂いた独立行政

法人国立文化財機構奈良文化財研究所埋蔵文化財センター、埋蔵文化財センター長高妻洋成氏、直接解析作業を実施して頂いた同センター遺跡・調査技術研究室研究員村田泰輔氏に深く感謝申し上げます。なお、小稿は平成29年度群馬県埋蔵文化財調査事業団職員自主研究助成「金井東裏遺跡出土甲X線CT画像の解析」の成果の一部である。

本稿に使用した写真1～8は筆者撮影、写真9～44は奈良文化財研究所村田泰輔氏が撮影したものである。

参考文献

公益財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団2017「金井東裏遺跡甲装着人骨等詳細調査報告書」群馬県教育委員会

表1 X線CT撮像条件

	1号甲	2号甲
X線CT装置	HiXCT-9M-SP	
X線最大エネルギー	9MeV	
撮像方式	第2世代	第3世代
CT画像サイズ	2,666×2,666pixel	1,500×1,500pixel
画素サイズ	0.3mm/pixel	0.4mm/pixel
スライス厚	1.0mm	1.0mm
撮影ピッチ	1.0mm	1.0mm

写真1 遺物出土状態 右奥1号甲 左手前2号甲



写真2 1号取り上げ作業



写真3 1号甲作業室内搬入後



写真4 1号甲背側一次クリーニング後



写真5 1号甲背側の取り外し作業



写真6 1号甲背側及び人骨を外した前側



写真7 1号甲背側の破片



写真8 1号甲前側を切り取り背側破片を元に戻したCT撮影状態

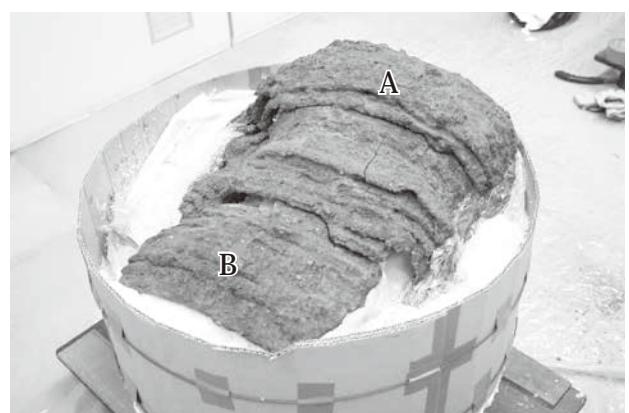


写真9 1号甲X線CT画像解析中の画面 甲の上面(背)

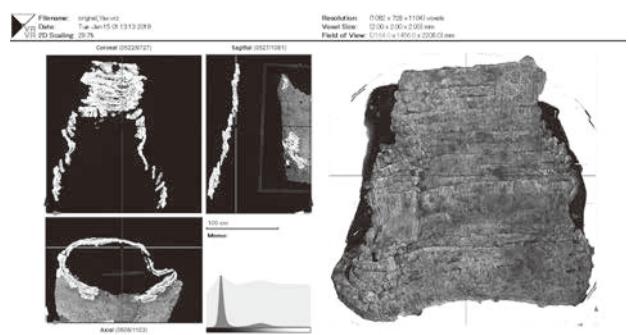


写真10 1号甲X線CT画像解析中の画面 甲の右側面

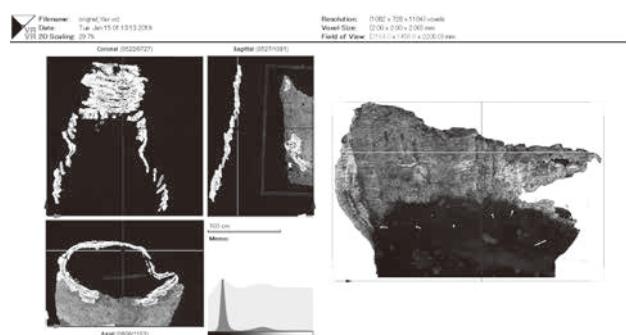


写真11 1号甲X線CT画像解析中の画面 甲の下(草摺側)

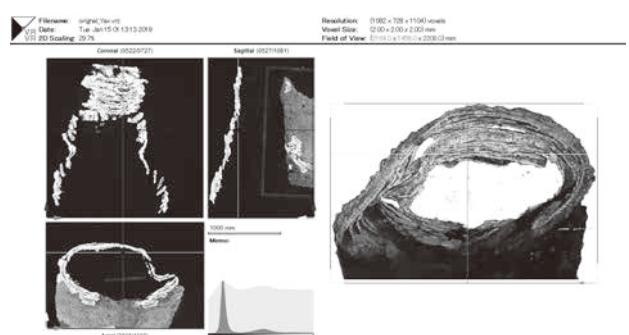


写真12 1号甲X線CT解析画像VR001



写真13 1号甲X線CT解析画像VR031



写真14 1号甲X線CT解析画像VR091

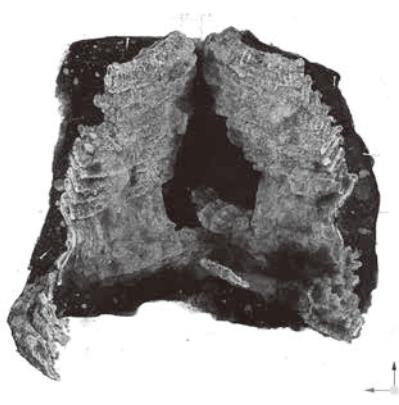


写真15 1号甲X線CT解析画像 草摺部分を斜め下から見た状態

Image Date: 2016-07-11 10:24
Resolution: 0.050 mm
View Size: 128 x 128 mm
Field of View: 256 x 256 mm

奈良文化財研究所
National Institute of Japanese Cultural Properties

写真16 1号甲X線CT解析画像 草摺部分



写真17 1号甲X線CT解析画像 草摺部分

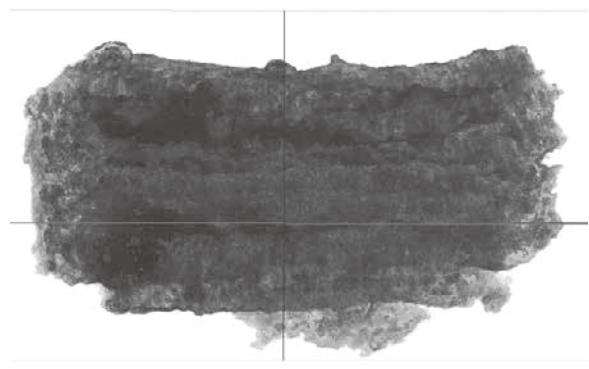


写真18 1号甲X線CT解析画像 草摺部分

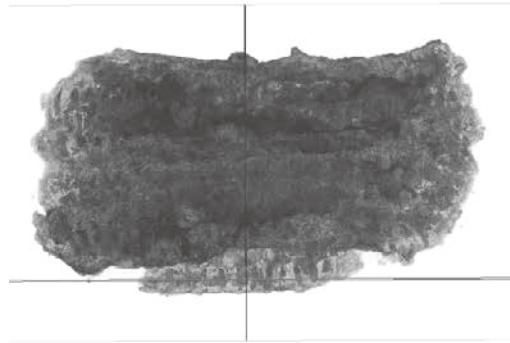


写真19 1号甲X線CT解析画像 草摺部分を斜めから見た状態

Image Date: 2016-07-11 10:24
Resolution: 0.050 mm
View Size: 128 x 128 mm
Field of View: 256 x 256 mm

奈良文化財研究所
National Institute of Japanese Cultural Properties

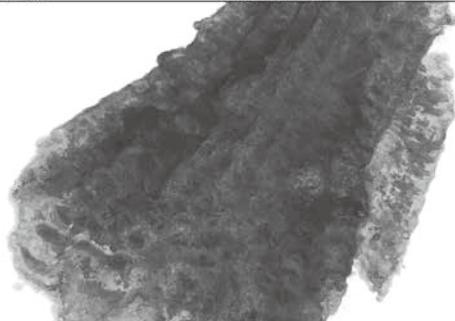


写真20 1号甲X線CT解析画像 草摺上端

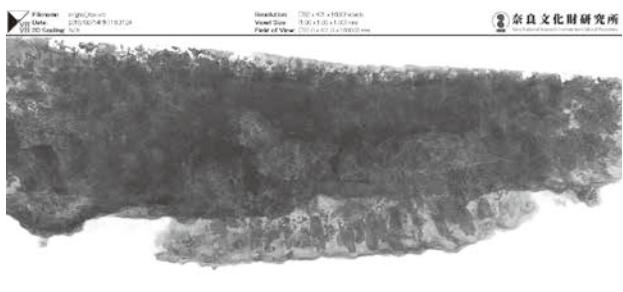


写真21 1号甲X線CT解析画像 草摺上端を拡大



写真22 1号甲X線CT解析画像 草摺上端を断面拡大

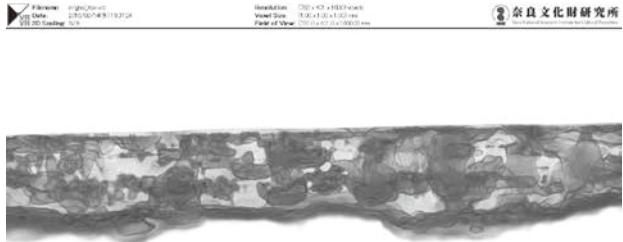


写真23 1号甲X線CT解析画像 草摺上端を拡大

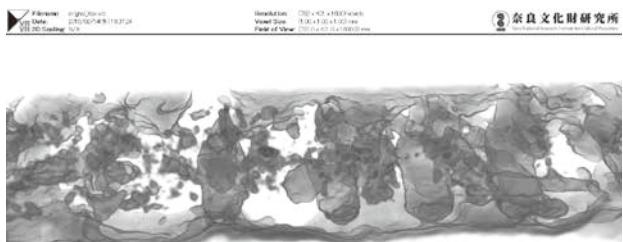


写真24 1号甲長側第一段右側部分破片



写真25 1号甲長側第一段右側部分破片の紐(表面)拡大
保存処理前のために接合位置に置いて撮影

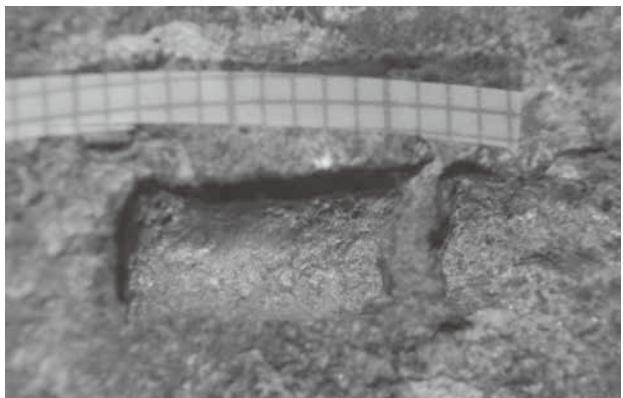


写真26 1号甲長側第一段右側部分破片の紐(裏面)拡大
保存処理前のために接合位置反転状態に置いて撮影
目盛りは 1 mm

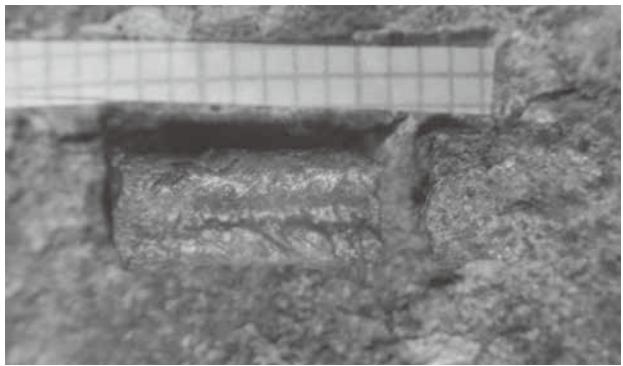


写真27 1号甲長側第一段右側部分破片の紐断面



写真28 1号甲堅上外面の組紐痕跡



写真29 1号甲X線CT解析画像 堅上付近全体像

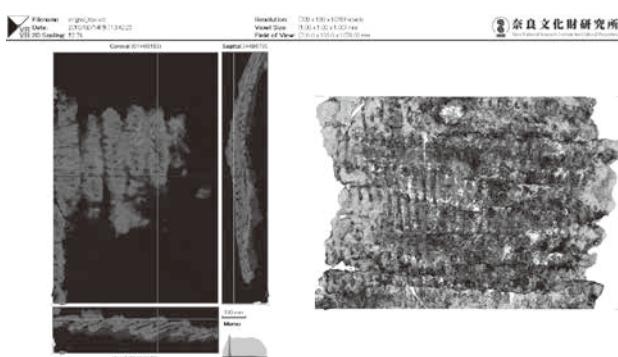


写真30 1号甲X線CT解析画像 堅上一部平面画像

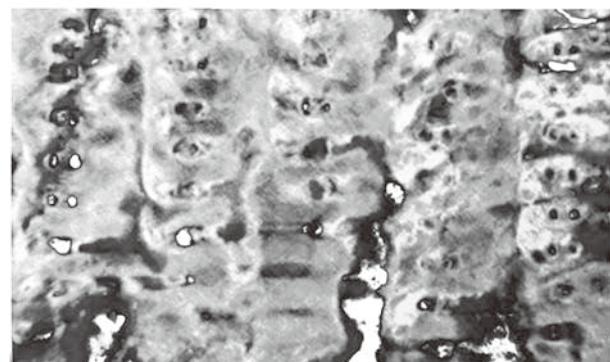


写真31 写真30画像のたて方向断面

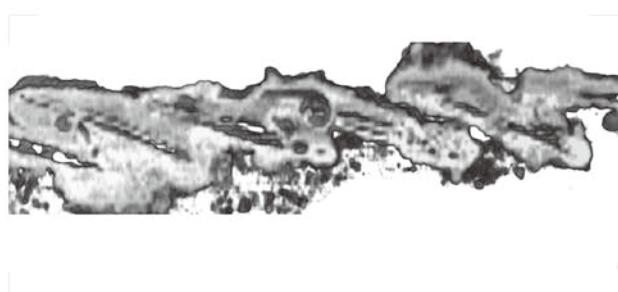


写真32 1号甲X線CT解析画像 堅上一部平面画像

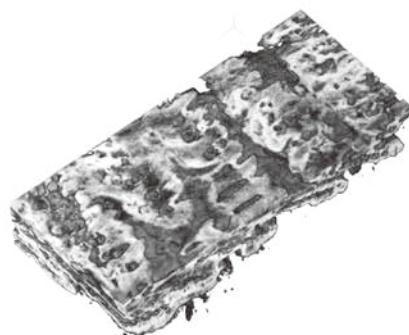


写真33 写真32画像のたて方向断面



写真34 1号甲X線CT解析画像 堅上一部平面画像

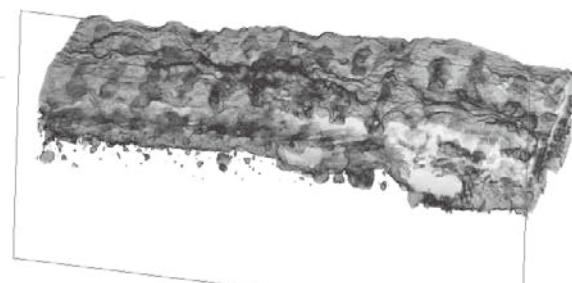


写真35 写真34画像のよこ方向断面

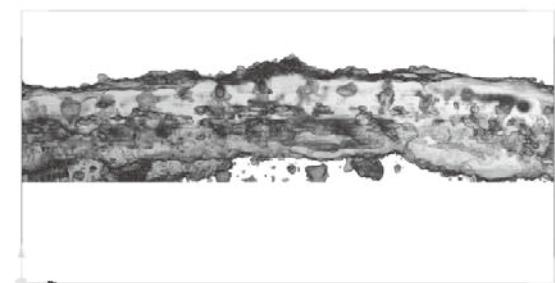


写真36 2号甲出土状態



写真37 2号甲X線CT撮影後ウレタン梱包除去状態



写真38 2号甲X線CT画像解析中の画面 甲の出土上面全体

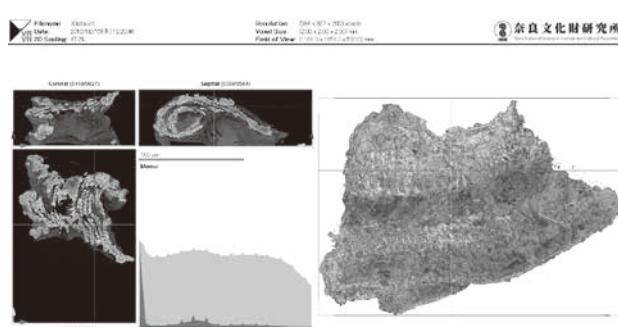


写真39 2号甲X線CT画像解析中の画面 甲の下側(草摺側)全体

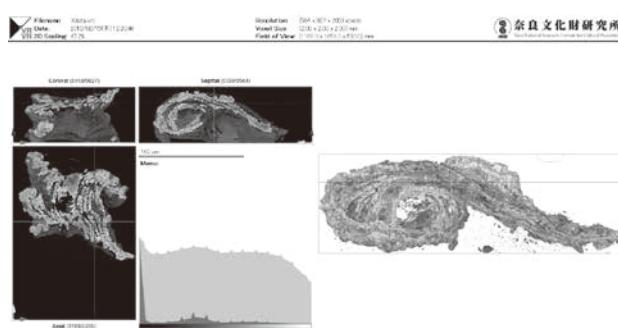


写真40 2号甲不明空洞X線CT画像解析中の画面(草摺側から)左側は鹿角製小札断面

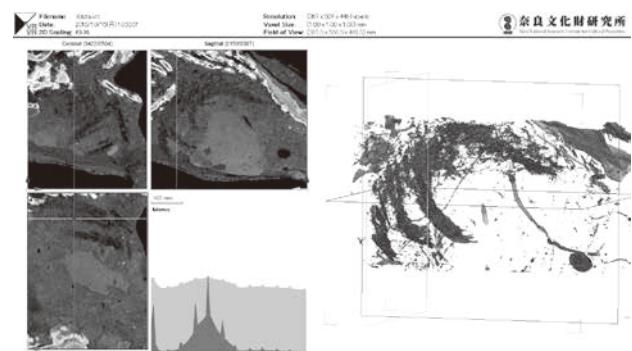


写真41 2号甲不明空洞X線CT画像解析中の画面(出土下側から)上方は鹿角製小札1-1・2-1・3-1

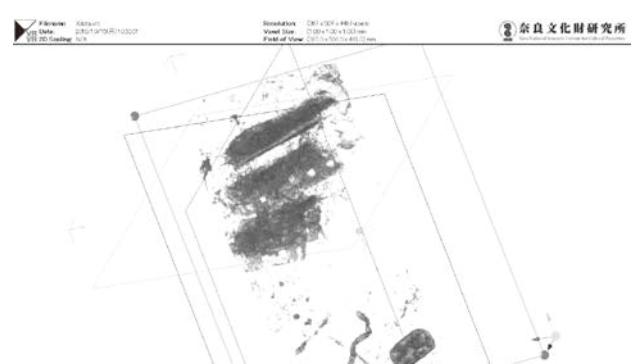


写真42 2号甲不明空洞X線CT画像解析中の画面 空洞部抽出

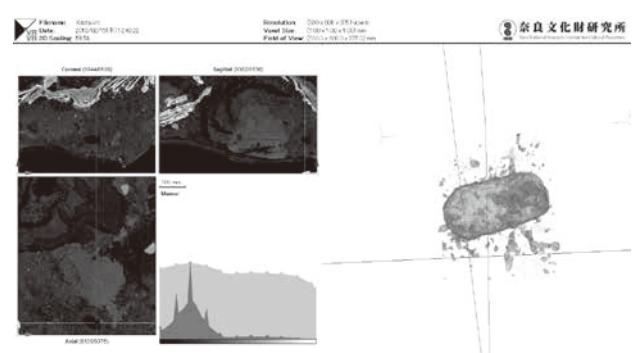


写真43 2号甲不明空洞X線CT画像解析中の画面 空洞部縦断面

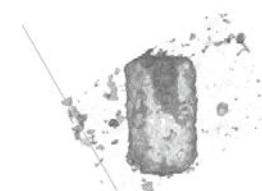


写真44 2号甲不明空洞X線CT画像解析中の画面 空洞部横断面

