

長崎県松浦市鷹島海底遺跡出土品の X 線 CT 調査

1. はじめに

海底から発見される遺物の多くは厚い貝殻に覆われて、元の形状を把握することができない。特に金属遺物は貝殻と錆が厚く覆って固着しているため形状把握が難しい。このような遺物については、これまで透過 X 線撮影などが実施されてきたが、三次元の形状を二次元で表現する透過 X 線撮影では、遺物の形状や保存状態を把握することが十分にはできなかった。これに対して、X 線 CT は、三次元表示や断面表示、断面計測などによって遺物の形状や保存状況、さらには実測図の情報まで具体的に提供することが可能である。

九州国立博物館では、蒙古軍が 1281 年に侵攻し、4 千隻の船が沈没したと言われる長崎県松浦市鷹島沖海底で発見された元寇関連遺物に注目してきた。2005 年の開館前から文化交流展示の主要展示物として遺物の保存に協力すると共に X 線 CT による科学調査を実施してきた。

本稿では、長崎県松浦市鷹島海底から発見された元寇関連遺物の X 線 CT 調査について報告する。

2. X 線 CT スキャナの概要

X 線 CT スキャナ (X-ray computed tomography 以下 CT) は、コンピュータ断層撮影 (Computed Tomography) の一種であり、X 線管球と検出器を対向して配置してその間に被写体を置き、回転走査して得られた X 線減弱係数からコンピュータ処理することで物体の内部画像を構成する装置である。1968 年に英国で発明され 1973 年に商品化された。日本では 1975 年に医療用 CT が導入され、現在では全国の主要病院に普及している。さらに医療用よりも高出力の X 線を利用した工業用 X 線 CT が自動車産業、航空機産業の検査装置として産業界に導入されている。

我が国の文化財への CT の活用は、1978 年に医療用 CT を利用して仏像の調査が実施された (註 1-4)。その後、1988 年には工業用 CT が国立歴史民俗博物館に導入されて金属遺物の調査に適用された (註 5)。1994 年からは奈良国立文化財研究所に銅鐸などの大形の金属製品まで調査できる装置が導入された (註 6)。2005 年には数分から数十分で等身大の仏像まで調査できる大型 CT が九州国立博物館に設置された (註 8,9)。これまでの文化財用 CT がラインセンサを使って 1 断面ずつ撮像するために、撮像時間が数時間から十数時間かかったのに対して、フラットパネル検出器を用いたことで縦横数十 cm の範囲を一気に撮像することによって撮像時間が数分間に短縮された。

九州国立博物館に設置された X 線 CT (YXLON Y.CT Modular FPD320kV) は、一般的な医療用 CT と比較して、3 倍以上の高出力 (~320kV) で資料を透過し、5 倍以上の高精度 (1

～0.1mm)で、高速に三次元立体像を構築することができる。一画面(400mm×400mm)あたりの測定時間は6分間と短く、幅60cm高さ180cm、重さ100kgまでの文化財を数分から100分以内で撮像することができる。また、マイクロフォーカス線源(～150kvp)を使うことで10倍までの撮像も可能である。このX線CTは、最大出力320kV、焦点寸法0.2mmのX線管球と一画面2000×2000画素、400mm×幅400mmのフラットパネル検出器を対向して配置する。X線管球とフラットパネル検出器の間にレールを置き、レールの上に設置した精密回転台の上に乗せた被写体が一回転(6分間)する間に900枚の画像データを取得する。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。

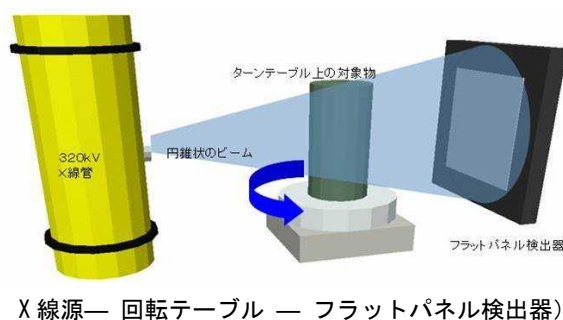


図1 CTの測定原理

3. 調査の結果

鷹島海底遺跡から発見された鉄製品の多くは、貝殻が厚く遺物の表面に付着していたり、金属器の形状が判断できないほど厚く錆に覆われている。海底から発見された遺物の多くは形状が不明瞭で錆化が進んでいるので、外観から遺物の形状を把握することは困難である。このように、海底から発見された遺物の調査には、正確に遺物の形状や内部構造を把握できるX線CTによる調査が役立つ。

炸裂弾「てつほう」

蒙古襲来絵詞に「てつほう」の名称で紹介されている、元軍が使用した炸裂弾である。「てつほう」は、直径15cm、陶製で球形の器に火薬を詰め爆裂させたと考えられている。X線CT調査の結果、内部には短冊状に割った鉄片と陶器片様のものが詰められていた。鉄片には気泡が観察できることから、鋳鉄を使用していることがわかる。鋳鉄片や陶片は脆いことから、火薬の爆裂と共に破碎して強い殺傷能力を発揮したと考えられる。口付近には繊維質の痕跡が見られ、導火線あるいは有機物の内蓋があったと考えられる。また、他にも、口縁部が二重になる「てつほう」も発見されており、様々な「てつほう」が使用されたと考えられる。

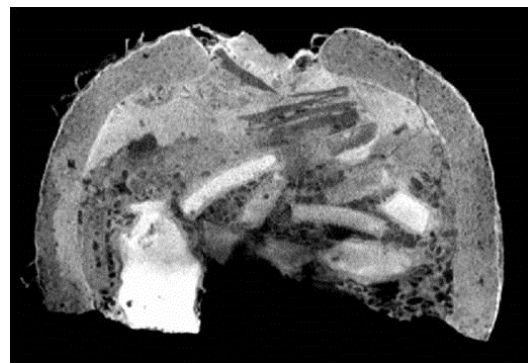
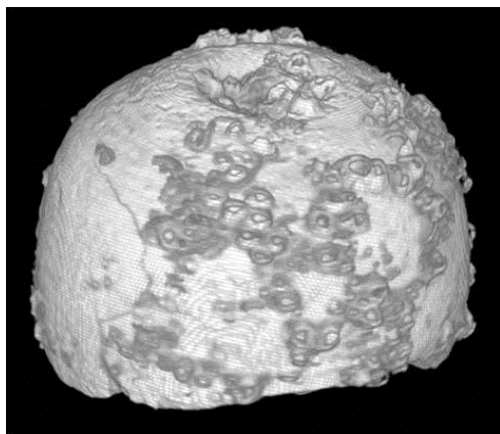
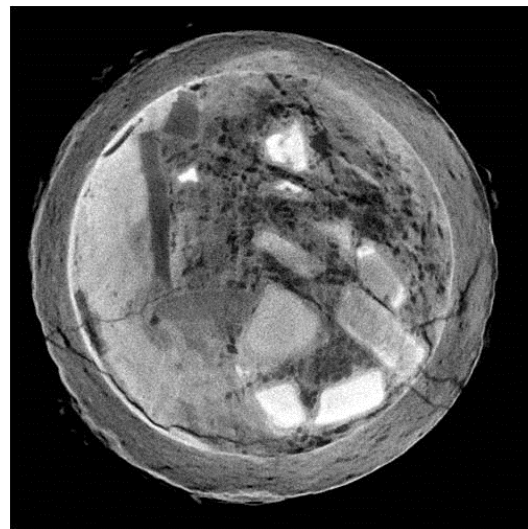


図2 内容物が残る「てつほう」の調査

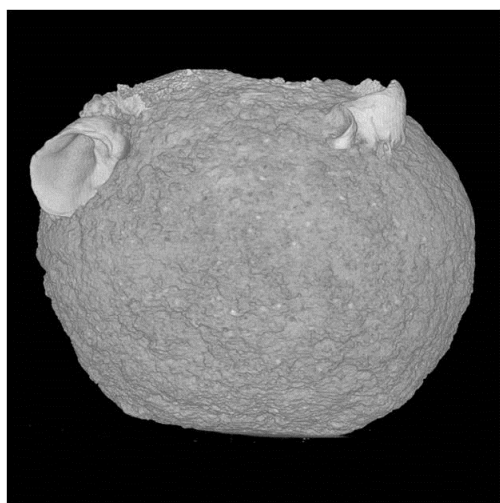
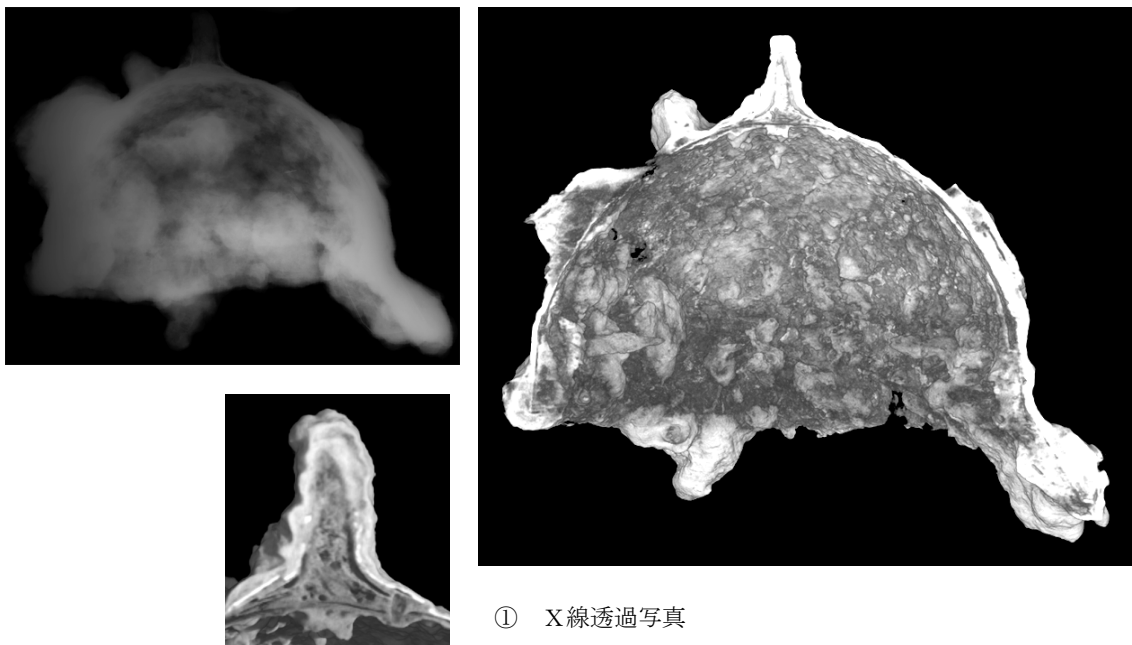


図3 口縁部が二重の「てつほう」の調査

深鉢形の甲

蒙古軍の兵士が被った蒙古鉢と呼ばれる深鉢形の甲の調査を実施した。通常の透過X線撮影とX線CTによる調査を行った。透過X線では手前と奥行き情報が一枚の写真に写るので、全体的な輪郭や大きな亀裂は把握できるものの、立体的な甲の製作技法を読み取ることは難しい。ところが、X線CTで立体断面図を観察すると、甲の鉄板の断面形状と鉢巻きや首当てなどの構造を正確に把握することができる。また、頭頂の飾り金具を固定するための鉋止めの様子も観察することができた。さらに注目すべきことは、貝殻や錆に覆われて甲の形状は維持しているものの、内部は空洞化が進んでいることである。おそらく錆を除去すれば甲の一部は空洞化して形状を失う危険性もある。このような状況は海底から発見される遺物の保存に重要な示唆をあたえる結果になった。



- ① X線透過写真
- ② X線CTによる三次元断層像
- ③ 頭頂部の鉋止めの痕

図4 深鉢形甲の調査

矢束

胡ろくと考えられる漆塗りの容器に入った矢束である。錆による溶着が激しく、現状では鏃の形状や矢の本数を調査することはできない。X線CTによって、質量の小さい泥や錆の情報を取り除き矢束の形状を明らかにした。さらに、横断面の観察から64本以上の矢が格納されていることがわかった。また、錆などの表面情報を削って、鏃の形状を明らかにした。その結果、長さ6cmの大型の鏃であることが判明した。なお、矢の棒（筈）は竹ではなく木製であることも判明した。

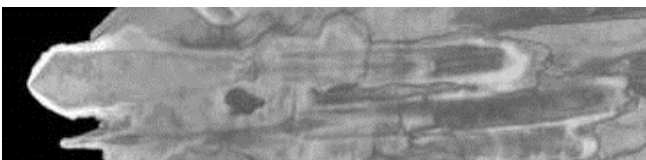
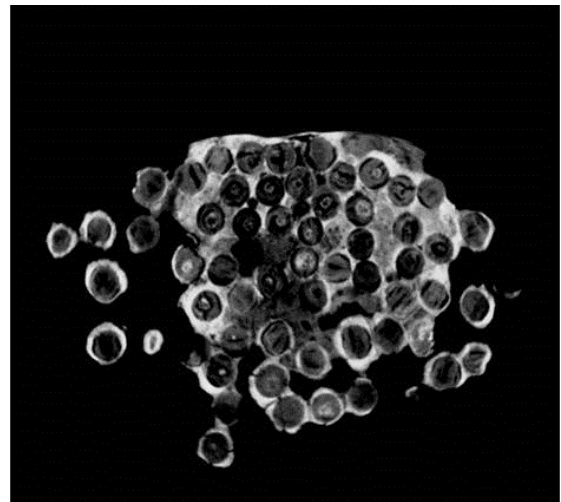
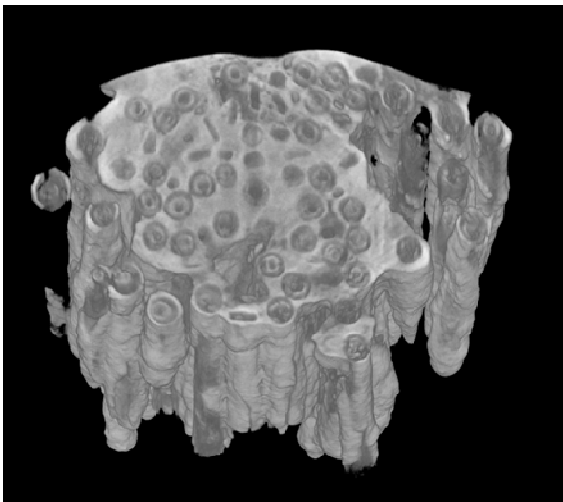
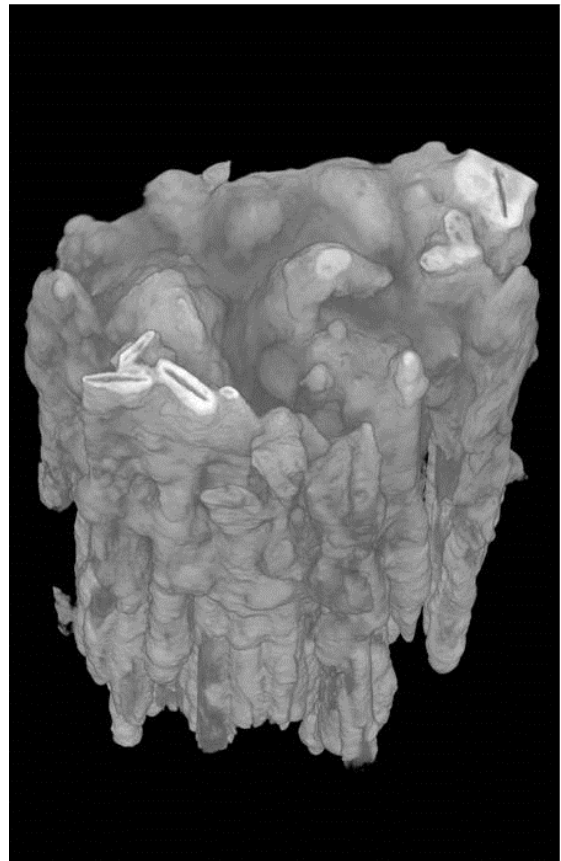


図5 矢束と鋸の調査

片刃の矛

木質の枝と矢束である。錆による溶着が激しく、現状では形状の把握さえもできない。X線 CT 調査によって、片刃の矛であることが判明した。現存長さは 350mm、柄の直径 32mm、刃部の最大幅は 33mm である。

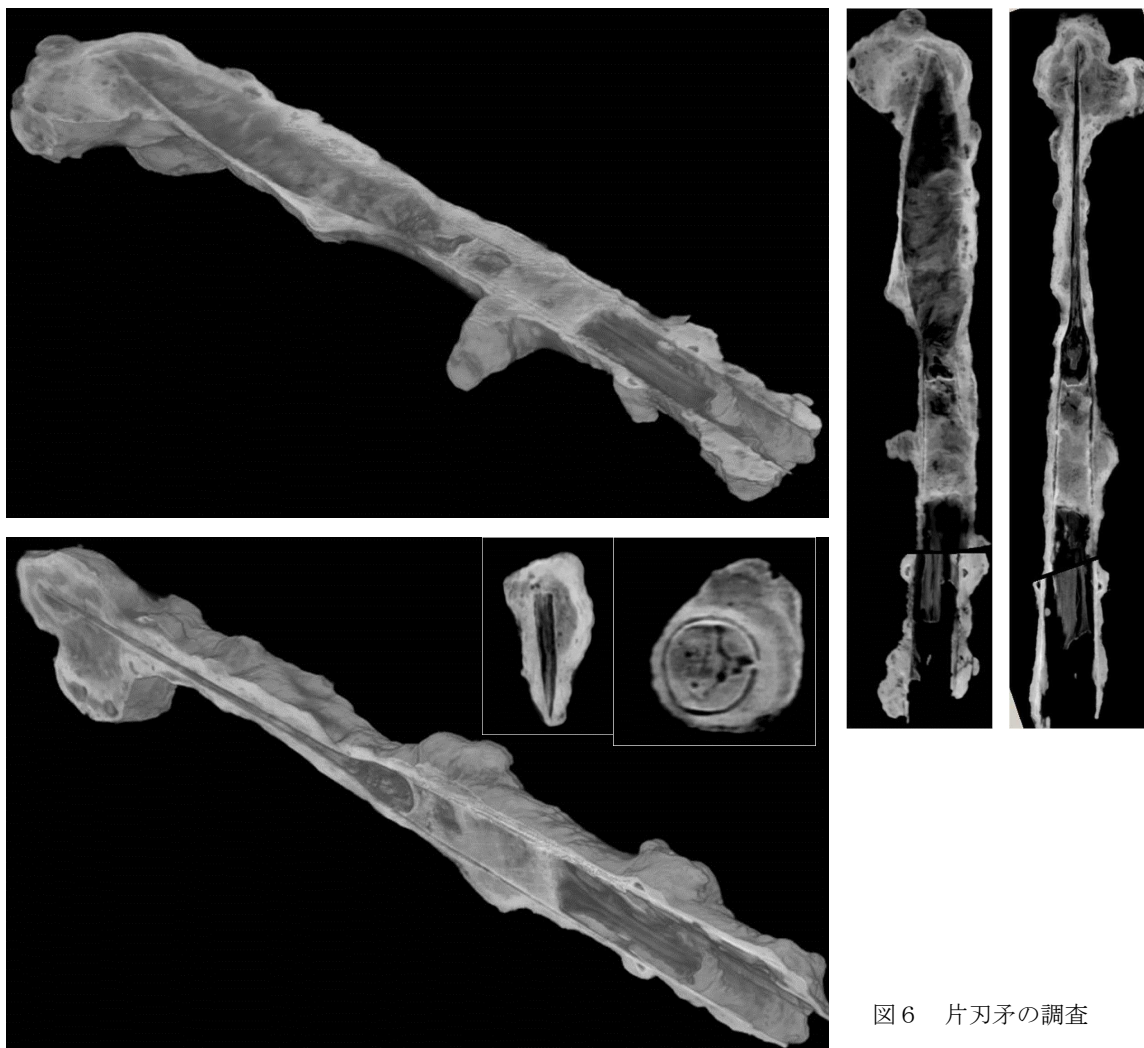


図6 片刃矛の調査

4. まとめ

鷹島海底から発見された遺物は厚い貝殻と泥に覆われ形状を把握することが困難な状況であった。特に金属遺物は貝殻と錆が厚く覆い、内部は空洞化していた。これまでは透過 X 線撮影などによって形状を把握しようと努めてきたが不十分であった。今回、X 線 CT 調査によって、貝殻と錆に覆われ、空洞化した遺物についても、三次元の形状把握や断面調査や内部の構造調査や計測が可能になり、考古学や保存科学に必要な基礎情報を提供することが可能になった。今後、X 線 CT 調査は海底遺物の調査研究に不可欠な調査方法として定着することが期待される。

【参考文献】

- 1) 三浦定俊 「X線CT」『文化財科学の事典』2003, p297-298
- 2) 三浦定俊『古美術を科学する テクノロジーによる新発見』廣濟堂ライブラリー008 廣濟堂出版 2001年, 62p～80p
- 3) 三浦定俊・藤井正司「高エネルギーX線CTスキャナによる金銅仏の調査」『古文化財之科学』32 古文化資料自然科学研究会, 1987
- 4) 田口栄一・長沢市郎・藪内佐斗司・田口マミ子「X線コンピューター断層撮影装置を用いた木造彫刻の構造および造像技法の調査」『古文化財之科学』29, 1984年12月25日 古文化資料自然科学研究会 43p～50p
- 5) 田口勇・斉藤努「X線CTなどを用いた象嵌資料の非破壊分析」(共著)『国立歴史民俗博物館研究報告』26 pp.97-112 1990
- 6) 村上隆・沢田正昭・伊藤寿夫「高エネルギーX線CTスキャナーを用いた静岡市賤機山古墳出土銀象嵌柄頭の三次元ダイナミック構造解析」日本文化財科学会第12回大会 1995年
- 7) 大橋一章『X線CTを用いた文化財保存・修復に関する研究開発』平成14～17年度科学研究費補助金基盤研究(A)研究成果報告書 2007年5月18日 大橋一章
- 8) 鳥越俊行・今津節生(2006)文化財の健康診断装置-文化財専用X線CTスキャナ-.九州国立博物館紀要「東風西声」, 2, 111-114p.
- 9) 鳥越俊行・遠藤啓介・今津節生(2007)大型X線CTスキャナーを用いた陶磁器制作技術の解明. 日本文化財科学会第24回大会研究発表要旨集, 120-121p.

【松浦市文化財調査報告書 第4集 松浦市鷹島改訂遺跡 総集編 2011
長崎県松浦市教育委員会】