

X線CT観察による北東北の縄文時代 晩期の漆櫛の製作技術

片岡 太郎¹⁾・上條 信彦¹⁾・鹿納 晴尚²⁾・佐々木 理²⁾

●キーワード：縄文時代晩期（Final Jomon period）、漆櫛（decorative comb）、材質・技法（techniques and material identify）、X線CT（X-ray CT）

1. 研究の背景と目的

縄文時代の漆櫛は、早期から出土例がみられ、後期から晩期にかけて北海道・東北地方を中心に出土例が激増する（小林：2008）。

縄文時代の漆櫛は形態的特徴から束ねた髪を留める装身具と考えられている（小林：2008）。縄文時代の漆櫛は、櫛頭部の横幅よりも縦方向に長い「竖櫛」が多い（木沢：2014）。本稿で扱うのは、このうち、櫛歯を束ね、結束して塑形材で固め、表面には赤色漆を塗るタイプのもの、「赤色漆塗り竖櫛」、「朱塗り櫛」、「赤漆塗り櫛」などと呼称されるが、以下には単に「漆櫛」と表記する。

技術的な観点からみると、縄文時代の漆櫛は、櫛歯の束ね方の違いによって、「結歯式」と「刻歯式」の2種に大別される。「結歯式」は歯を結束し、その結束部分を塑形して頭としたのに対し、「刻歯式」は木や骨などの素地に直接刻んで歯を成形する。縄文時代の漆櫛の大部分は結歯式であり、刻歯式は福井県鳥浜貝塚の例など僅かである。また、結歯式は、「透かし」の有無によってさらに大別され、北海道美沢川遺跡群（北海道教委：1977・1979）やカリンバ遺跡（恵庭市教委：2003）などに代表される透かし模様入り漆櫛と、本稿で扱う秋田県中山遺跡（五城目町教委：1984・1991）や宮城県山王圀遺跡（中里ら：1971）などの透かし模様の無い漆櫛がある。

結歯式の場合、複数の胎の製作法が明らかになっている。例えば、透かし模様入りの漆櫛の製作工程には、櫛歯の固定と塑形後に透かしを入れる「切り抜き法」と、あらかじめ透かしを入れる部分を空けて、紐で骨組みする「編み上げ式」がある（小林：2008）。透かし模様がない漆櫛の場合には、櫛歯の固定に横架材（桁）を使うもの（片岡ら：2015a）、横架材（桁）を使わずに紐だけで結束するものがある（渡辺：1991）。

以上の製作技術的な研究は、外観に基づく形式学的検討のほか、レントゲンや塗膜のプレパラート断面などの自然科学的観察によって行われてきた（表1）。

漆櫛のレントゲン観察の有効性は、はやくも1950年代から注目されてきた。江坂（1955）は青森県西津軽郡岡村（現つがる市）亀ヶ岡遺跡出土結歯式漆櫛のレントゲン調査から、櫛歯や櫛歯を束ねた紐は消失しているが、その痕跡から断面形状が円である櫛歯を、繊維紐を使って交互にすだれ状に束ねて頭部を製作していることを推定している。また、レントゲン像から、櫛歯と櫛歯の間には、密度の高い土器様の角柱材があり、これも歯を固定するための工夫であると推知している。同様の観察は青森県南津軽郡尾上町（現平川市）八幡崎遺跡でも実施され、考古資料に対する自然科学的観察の先駆となった（尾上町教委：1964）。中里ら（1971）は、宮城県栗原郡一迫町（現栗原市）山王圀遺跡出土の結歯式漆櫛について、保存処理の過程で、蛍光X線分析とレントゲ

¹⁾ 弘前大学人文社会科学部北日本考古学研究センター 〒036-8560 青森県弘前市文京町1

²⁾ 東北大学総合学術博物館 〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻青葉6-3

表1 結菌式漆櫨の製作工程と対応する X 線 CT 観察以外の分析方法
Table. 1 Analytical methods corresponding to the manufacturing process of decorative comb

工程	分析目的	分析方法
1. デザインの決定	型式学的検討	外観などの肉眼・顕微鏡観察
2. 原材料の調達	顔料、漆、櫨歯の素材同定	蛍光 X 線分析、赤外分光法、断面プレパラート観察
3. 櫨歯の調製	内部構造	レントゲン調査、破断面の顕微鏡観察
4. 櫨歯の固定（結菌）	内部構造	レントゲン調査、破断面の顕微鏡観察
5. 塑形 ^{*1} ・漆塗り	塑形方法、彩色方法	蛍光 X 線分析、塗膜分析

*1 透かし模様入りで切り抜き法の場合は、塑形後に削り込む。透かし模様入りで編み上げ法の場合、編み上げた後に塑形する。

ン調査、破断面の観察を行った。その結果、顔料は酸化鉄系のベンガラであり、塑形材は地の粉成分よりも漆成分が多い漆地粉であると推定した。また、レントゲン観察により、櫨歯の固定方法は、櫨歯に対して直角方向に横架材を上下2本使って、前面と裏面から挟んで、さらに紐をかがって固定したと推測した。小林ら（1979）は、北海道美沢川遺跡群の漆櫨のレントゲン調査から、まず櫨歯を紐によって固定し、砥粉状の塑形材を用いて頭部を塑形していることを明らかとしている。また、切り込み法による透かしの入れ方について明らかにした。

渡辺（1991）は、全国の堅櫨の網羅的なレントゲン調査を行った。本稿の対象となる北海道・東北北部の縄文晩期については、北海道千歳市美沢1遺跡、同市美々4遺跡、秋田県南秋田郡五城目町中山遺跡などを分析した。

岡田ら（1993）は、滋賀県彦根市松原内湖遺跡の櫨歯が一部残った結菌式漆櫨のレントゲン調査、櫨歯の樹種同定、塗膜分析を行った。その結果、櫨歯はミズキなどの広葉樹散孔材であり、固定方法は、横架材を用いずに4条の紐で結束しており、櫨頭部の上段2条は細い紐、下段2条は太い紐であること、紐の撚りが右撚りであることを明らかにし、レントゲン像から、紐の組み方や形状、撚りについて言及している。

早坂（2015）は関東地方の縄文時代後・晩期の漆櫨について外観の特徴とともに、内部構造を端的に示す断面形態を含めた型式学的検討を行っている。

このように漆櫨の製作技術は、型式学的研究と自然科学的分析の進展によって解明されてきた。製作工程を概観すれば、(1) 造形構想と原材料の調達、(2) 櫨歯の結束、(3) 塑形と彩色となることが想像できるが、造形に

関する研究は外観の型式学的な検討によって、時期的・地域の特徴が明らかになっている（小林：2008）。また、塑形や漆の塗りについては塗膜分析が非常に有効であり、顔料の重ね塗りや、漆の混和材について土壌成分（中里ら：1971）や維管束植物の混和が確認されており（岡田ら：1993）、今後研究例を増やせば総論的な比較研究の発展が期待できる。

しかし、櫨の構造で最も重要な胎の製作技法の時期的・地域の特徴については、櫨歯の数や断面形の検討が一般的で、以下に挙げる箇所製作の実態解明が課題となっている。

第1に、櫨歯は頭髮に挿す歯に当たる部分を円柱状に調整する一方、透かし模様を入れる頭部付近では薄く平たく削り、切り抜きやすくする。しかし、表面と内部を同時に写すレントゲン像からだけでは、詳細な判断が難しく、例えば削り込みの位置やその手順は不明である。

第2に、櫨歯の固定方法について、従来、「紐を使って結束」「横架材をあてがって紐を使って結束」までが明らかとなっているが、技法として重要な櫨歯の結束手順などの具体的な検討は、よほど条件が良くない限り困難で、時空間的な検討ができないままである。

第3に、紐の素材の検討は、そもそも劣化により残存しない場合が多いことから皆無であり、撚り方も明確にわかっていない。

さらに漆櫨は、当時の社会や技術的達成度を解明することにつながる貴重な資料である。ただし、出土例が少ないうえ、劣化が進行しているため、文化財保護の観点から他の材質の遺物に比べより非破壊・非接触の分析が要求される。

筆者らは、これらの課題を解決する手段のひとつとして、X線CT（X-Ray Computed Tomography）を使った内部構造調査が有効であることを示した（片岡ら：2015a）。結果、籃胎漆器の編組や漆櫛の櫛歯の形状や横架材の有無が非破壊・非接触で観察できた。また、田口ら（2008）は、恵庭市西松5遺跡出土の漆櫛についてX線CTによる断層観察を行っている。ただし、これらの段階では、詳細な断層像（CT像）は得られていたものの、CT像による2次元的な観察とCT像から作成した外観の3次元モデルの表面的な観察が限界で、内部構造の詳細な把握までには至らなかった。

本稿では、観察手法を発展させ、CT像から資料内部の3次元モデルを作成することによって、観察の有効性を示すとともに、CT像と3次元モデルから縄文時代後・晩期の漆櫛の製作過程を明らかとすることを目的とする。

2. 分析資料

分析資料は、秋田県南秋田郡五城目町中山遺跡出土の漆櫛2点（五城目町教育委員会蔵・秋田県指定有形文化財）、青森県平川市八幡崎（1）遺跡出土の漆櫛3点（平川市教育委員会蔵）である（図1）（表2）。

2.1 中山遺跡の漆櫛

中山遺跡は、八郎潟の東岸に流れ込む馬場目川左岸の中山丘陵と呼ばれる段丘と、隣接する谷底低地のなかに立地する。遺跡は、明治33（1900）年に佐藤初太郎による調査（佐藤：1900）、昭和57（1982）年・昭和58（1983）年・平成2（1990）年に五城目町教育委員会による調査（五城目町教委：1983・1984・1991）、平成24（2012）年・25（2013）年に弘前大学による学術調査が

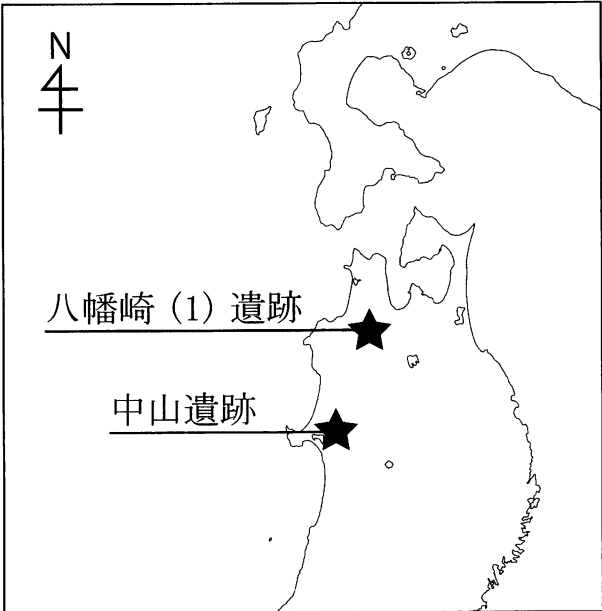


図1 遺跡の位置
Fig. 1 Location of the sites

行われている（上條：2016）。特に、五城目町教育委員会の調査では、谷部の低湿地から漆塗弓や漆漉し布、赤漆塗り土器、漆付着土器、漆櫛など、調査当時としては縄文時代の漆製品の製作を知るうえで貴重な資料が一括して出土した。

本稿対象はこの五城目町教育委員会調査時の出土資料である。漆櫛1は昭和58（1983）年のF調査区から出土した結歯式である（図2左）。共伴した土器から大洞B～BC式期（晩期初頭～前葉）に属すと推定される。櫛歯は失われており、漆で固められた頭部のみ残存する。その大きさ・形状は6.7×3.7 cmの台形であり、正面からみて右側面だけが原型を留める。上辺は中央から端へ弧状に立ち上がるため、左右両端には角状突起があったとみられる。上下2段の隆帯があり、下段の隆帯中央と左右端部、および下段の隆帯中央に突起がある。櫛歯は

表2 分析資料一覧
Table. 2 list of decorative combs for analysis

遺跡名	資料名	年代範囲(土器編年)	頭部形状	幅×高さ(cm)	残存状態
中山遺跡	漆櫛1	大洞B～BC式	台形	6.7×3.7	頭部残存、櫛歯欠損
	漆櫛2	大洞B～BC式	台形	6.1×4.4	頭部残存、櫛歯欠損
八幡崎（1）遺跡	漆櫛3	大洞B～C1式	台形	3.6×2.4	頭部残存、櫛歯欠損、二片
	漆櫛4	大洞B～C1式	台形	3.4×3.0	頭部一部残存、櫛歯欠損、三片
	漆櫛5	大洞B～BC式	台形	3.4×3.5	頭部半分残存、櫛歯欠損

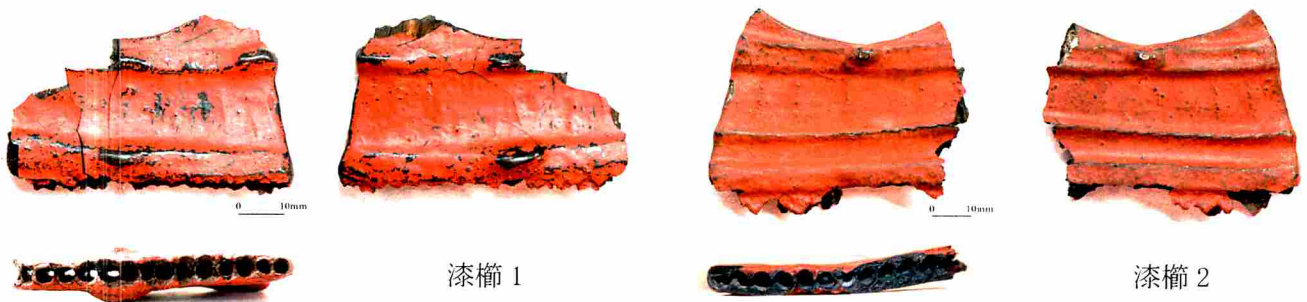


図2 中山遺跡出土漆櫛
Fig. 2 Decorative comb 1 (left) and 2 (right) excavated from the Nakayama site

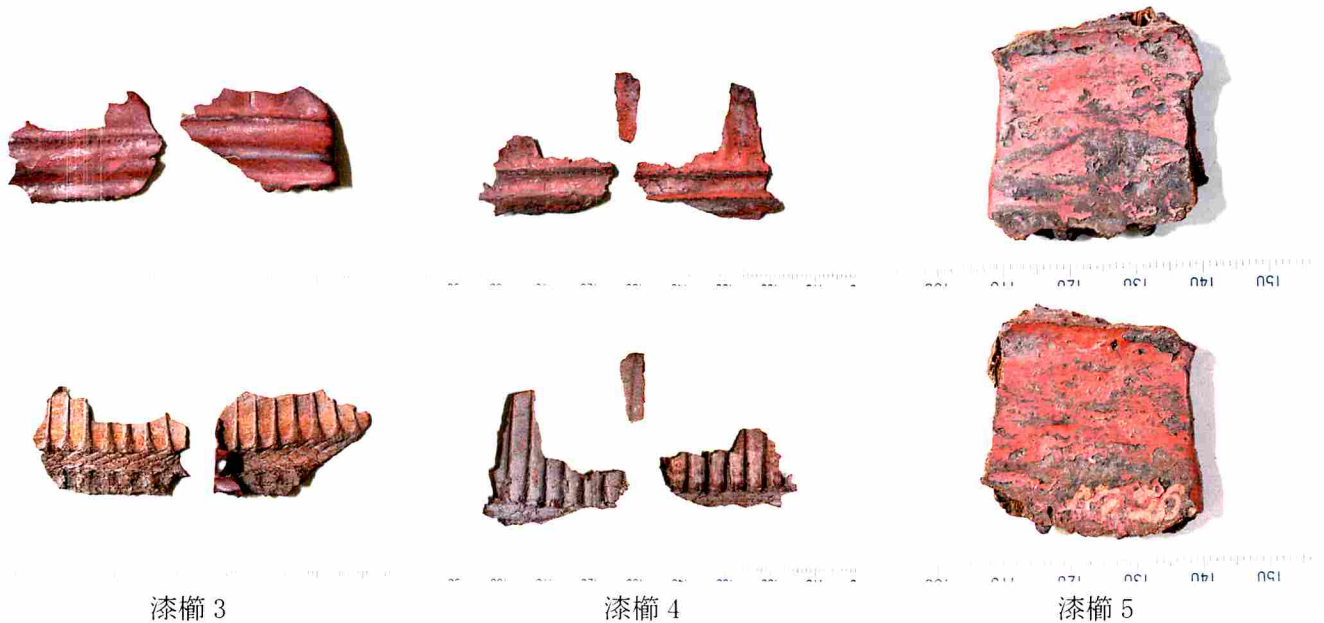


図3 八幡崎(1)遺跡出土漆櫛
Fig. 3 Decorative combs excavated from the Yawatazaki (1) site

頭部の下辺に櫛歯のあった箇所が孔となって観察できる。ここでは15本分の櫛歯の痕が確認でき、歯の断面は円形である。なお、赤色顔料はベンガラである（永嶋：1984）。

漆櫛2は、平成2（1990）年に出土した結歯式である（図2右）。時期は漆櫛1と同様、大洞B～BC式（晩期初頭～前葉）と推定される。櫛歯は失われているが、頭部はほぼ完形であり、正面からみて右側面の一部を欠く。頭部の大きさ・形状は 6.1×4.4 cmの台形で、頭部の左右両端に弧状の角状突起がつく。上段・中段・下段の3本の隆帯があり、上段の隆帯中央に突起がある。櫛歯は下辺の櫛歯の孔痕から13本分確認でき、その断面は円形である。

以上2点は、名古屋大学においてレントゲン撮影が実施されている。その結果「上寄りと下寄りで、もじり編

みで結び、その部分は隆起帯となって文様効果を上げている」という結果が得られている（渡辺：1991）。

2.2 八幡崎（1）遺跡の漆櫛

八幡崎（1）遺跡がある平川市八幡崎地区は、津軽平野の岩木川の東側に位置する。遺跡は岩木川水系の浅瀬石川と平川、その支流の引座川に挟まれた丘陵地と丘陵地から流れ出た湧水地によって形成された谷状の低地に立地する。江戸時代から、丘陵地からは遺物が見つかることが記録されている。遺跡の実態が判明したのは昭和23（1948）年の猿賀中学校建築工事の際であり、同校の教諭の八木沢誠次の報告によって低湿地遺跡として重要性が知られるようになる。尾上町教育委員会によって昭和36（1961）年から38（1963）年までの3カ年計画によって発掘調査が実施された。うち、昭和37（1962）

年度調査は慶應義塾大学との共同調査である。この時に慶應義塾大学の江坂輝弥をはじめ、東京大学の渡辺直経・大林太良・泉靖一・前川文夫、弘前大学の村越潔らが参加している。この時、漆櫛のレントゲン撮影が実施され、漆櫛内部の透視観察の先駆となった（尾上町教委：1964）。

分析対象の漆櫛 3 と漆櫛 4（図 3）は、昭和 38（1963）年調査の第 7 号トレンチから出土した（尾上町教委：1964）。このトレンチからは大洞 B～C1 式土器（晩期前葉～中葉）を中心に検出されている。本分析時には漆櫛 3 は 2 片に、漆櫛 4 は 3 片に割れている。いずれも結歯式で、櫛歯が欠失し頭部のみが残存する。漆櫛 3 の頭部の大きさ・形状は、最大幅 3.6 cm、高さ 2.4 cm、厚さ 0.5 cm の台形である。漆櫛 4 は、最大幅 3.4 cm、高さ 3.0 cm、厚さ 0.3 cm が残存する。

漆櫛 5 は、昭和 36（1961）年度調査出土の図版（20 頁）掲載で調査当時は「丹漆籃胎漆器」と呼ばれていた資料に該当する（工藤：1979）。結歯式の頭部で片側 4 分の 1 を欠く（図 3）。最大幅 3.4 cm、高さ 3.5 cm、厚さ 0.5 cm の台形を呈する。出土層位は判然としないが、昭和 36 年度調査の主体遺物から大洞 B～BC 式期のものと推定される（片岡ら：2015b）。

3 X 線 CT 撮影と観察方法

中山遺跡出土の漆櫛 1 と 2 の X 線 CT 撮影は、東北大学総合学術博物館の高出力大型標本用 CT 装置（コムスキャンテクノ株式会社 ScanXmate-D180RSS270）を用いた。撮影条件は、X 線管電圧：100 kV、X 線管電流：100 μ A、解像度：漆櫛 1 で 41.0 μ m、漆櫛 2 で 41.9 μ m である。CT 像の再構成を、conCTexpress（有限会社ホライトラビット社製）によって行った。

八幡崎（1）遺跡出土の漆櫛 5 は、弘前大学人文学部北日本考古学研究センターの X 線マイクロ CT（Bruker 社製 Skyscan 1174）を用いた。X 線管電圧：50 kV、X 線管電流：800 μ A、解像度：29.3 μ m である。CT 像の再構成を、NRecon（Bruker 社製）によって行った。

CT 像の表示と 3 次元モデルの観察は、CT Analyzer、CT Vox、Data Viewer（Bruker 社製）または Meshlab（Italian National Research Council Visual

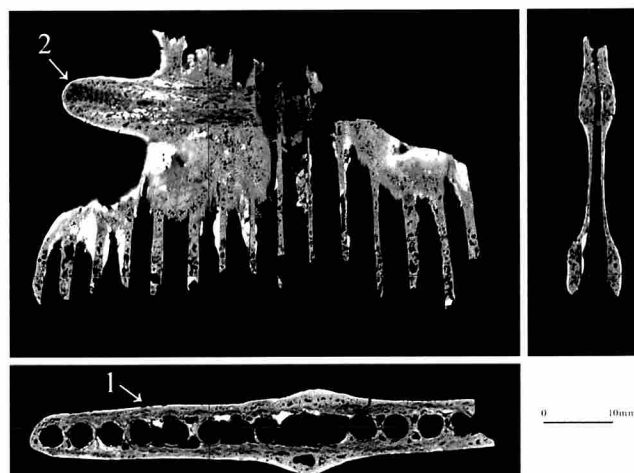


図 4 中山遺跡出土漆櫛 1 の CT 像

Fig. 4 CT image of decorative comb 1 excavated from the Nakayama site

Computing lab）で行った。また、画像内の計測はオープンソースでパブリックドメインの ImageJ（Schneider, C.A 2012）によって行った。

4 CT 像からみた内部構造

例として、中山遺跡漆櫛 1 の CT 像 1220 枚のうち 1 セットを示す（図 4）。CT 像内のカラーバーは同位置における別方向（各 90°）からみた各 CT 像である。一般的に、X 線透過度は被写体の形質と相関があり、被写体の密度と厚み、原子番号が小さいほど透過性が高くなる。従って、レントゲン撮影と再構成から得られる CT 像は白黒 8 bit（256 色）のグラデュエーションで表現でき、ここでは白色へ近づくほど相対的に密度が高く、逆に、黒色へ近づくほど低いことを示す。

この CT 像から、櫛歯が失われている一方で、顔料や塑形材部分が残存することがわかる。その結果、空洞が櫛歯そのものの形を表しているとみられる。さらに、塑形材内部に空洞あるいは密度が低い状態で撚紐の形がみえた。紐は櫛歯を結歯した紐（図 4 矢印 1）と突起部分に該当する巻き紐（図 4 矢印 2）の 2 パターンがある。

1 枚の CT 像から、（1）櫛歯の配置、（2）櫛歯の結束方法と紐の形状、（3）塑形、という製作工程を復元する上で重要な要素が観察できた。

そこで、櫛歯の結束のような複雑且つ立体的な構造を観察するために、全 CT 像を統合して 3 次元像を作成するとともに、櫛歯と紐部分などの空洞あるいは密度が低

い部分を反転画像にして可視化することにした。このように、文化財内部の空洞を可視化して製作技法の調査に応用した X 線 CT 調査の先例として、国宝阿修羅像の塑像を復元した報告例がある（法相宗大本山興福寺ほか：2010）。

5 漆櫛内部構造の 3 次元モデル作成方法

内部構造について観察したい部分における 3 次元モデルの作成方法を説明する。第 1 に 3 次元モデルを作成するために、色表現が 8 bit である CT 像を 1 bit にする必要がある（2 値化）。そこでまず CT 像全てに対して、

漆櫛の外形をトレースして、関心領域（ROI）を設定した。

次に抽出したい櫛歯と紐部分が、空洞または塑形材より相対密度が低いことから、しきい値を塑形材よりも低い値に調節して、2 値化した。これを白黒反転して可視化した後、全てを繋ぎあわせて ROI 内の 3 次元モデルを作成した。

以上のような操作によって作成した 3 次元モデルを示す。外観（図 5 左）と内部の櫛歯と紐部分（図 5 右）である。櫛歯の配置と結束の仕方が明確に観察できるようになった。

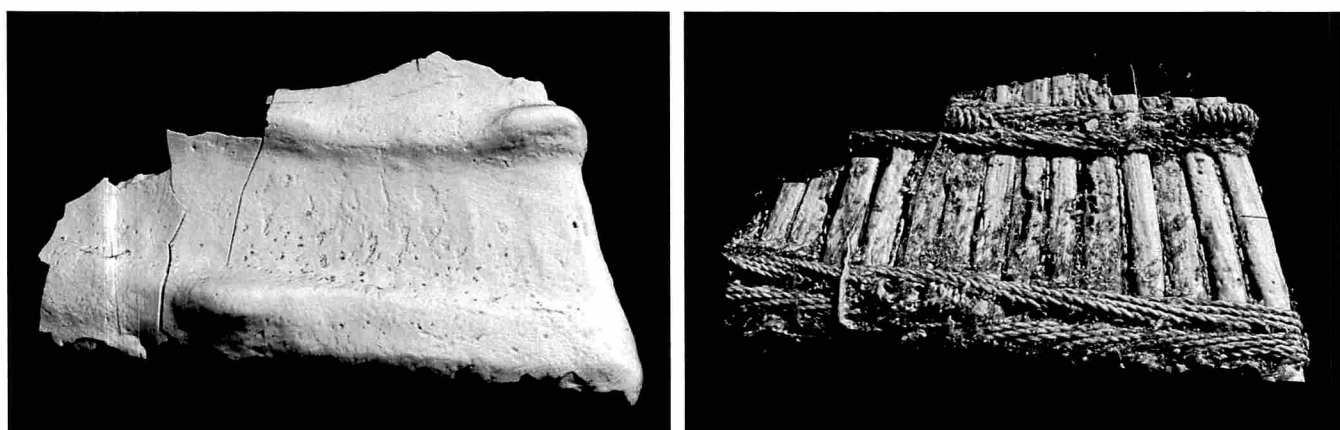


図 5 中山遺跡出土漆櫛 1 の外観（左）と櫛歯と紐（右）の三次元モデルの一点透視投影図
Fig. 5 3D visualization with perspective of decorative comb 1 excavated from the Nakayama site
Left image is the exterior, Right image is comb's teeth and string

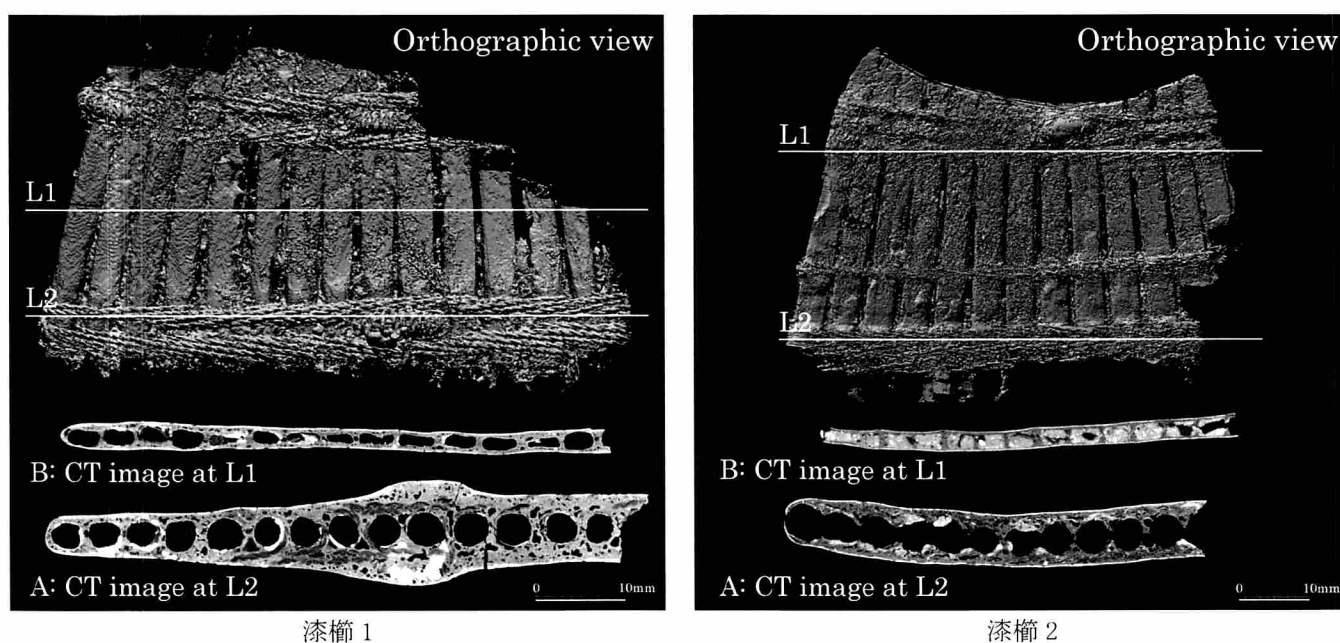


図 6 中山遺跡出土漆櫛の櫛歯と紐の三次元モデルと CT 像
Fig. 6 3D visualizations and CT images of decorative combs' teeth and string
Left images are the Nakayama comb 1 and right images are comb 2

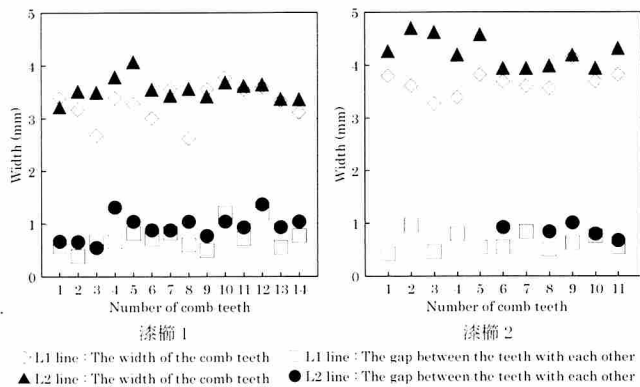


図7 中山遺跡出土漆櫛1の櫛歯配置

Fig. 7 Teeth arrangement of the Nakayama comb 1(left) and 2(right)

ただし、塑形材が劣化・変形している可能性があるため、反転させた画像が実際の櫛歯や紐の形を忠実に表しているわけではない。また、画像調整のために行ったしきい値は実際の観察に適するように観察者が主観的に調節している。そのため、計測値については必ずしも正確ではない。

以上の操作によって作成した3次元モデルを主軸として、漆櫛の製作工程順に漆櫛の構造を比較する。

6 櫛歯の配置

6.1 中山遺跡漆櫛1の櫛歯配置

漆櫛1の櫛歯は15本確認できる(図6左)。櫛歯の形をみると、その断面が歯元部分では円形である(図6左

A)。下段の隆帯にあたる箇所までは円形であるが(図6左L1)、それより上にかけて薄く平坦な板状に変わる(図6左B・L2)。

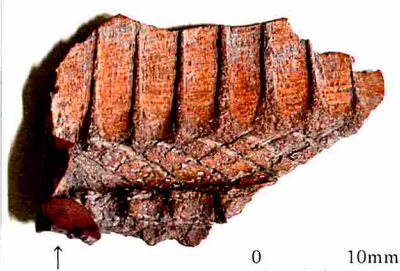
各櫛歯14本(残りの1本は右側面の欠損部)を計測した結果(図7左), 断面円形の基部付近(L2)の平均幅が3.6 mm(標準偏差0.2 mm), 厚みが3.3 mm(標準偏差0.3 mm)であり, 断面形状は真円に近い。櫛歯の隙間の平均幅は0.9 mm(標準偏差0.2 mm)であった。

次に, 櫛歯断面が板状である頂部付近(L1)を計測すると, 平均幅が3.3 mm(標準偏差0.3), 厚みが1.4 mm(標準偏差0.4), 櫛歯同士の隙間の平均幅は0.7 mm(標準偏差0.2)であった。櫛歯の角度は, 櫛の側面部分では傾斜角度が大きく, 中心ほど直角に近くなる。

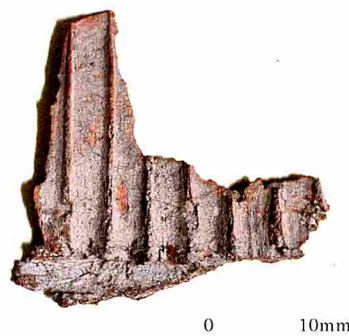
以上の計測値から, 櫛歯14本は, 個体間のばらつきが少なく, 基部の断面円形な部分ほど幅広とし, 頂部の断面板状の部分ではその幅を狭める。また, 櫛歯間の隙間も, 同様の傾向がみられ, 基部よりも頭頂部付近の方を狭くする。このように漆櫛の外形を台形に整えるために, 櫛歯の配列だけでなく, 櫛歯そのものも予め調整されていることがわかる。

6.2 中山遺跡漆櫛2の櫛歯配置

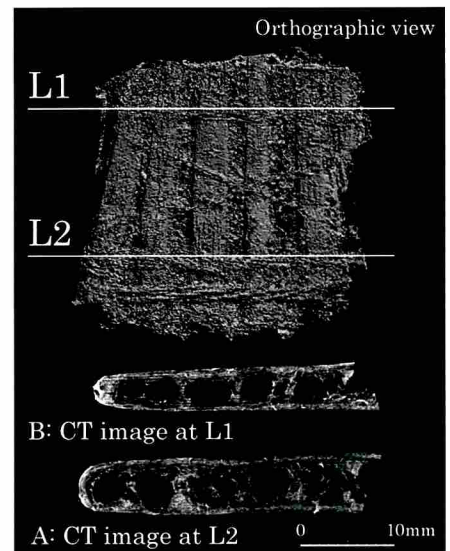
CT像と3次元モデルから, 櫛歯が13本確認できる(図6右)。まず, 13本のうち櫛歯そのものの形が観察



上:写真の矢印方向からみた写真
漆櫛 3



漆櫛 4



漆櫛 5

図8 八幡崎(1)遺跡出土漆櫛の櫛歯と紐の形状
Fig. 8 Forms of Yahatazaki (1) combs' teeth and string

できる 11 本の櫛歯の断面を計測した（図 7 右）。基部の隆帯付近（L2）では、平均幅 4.2 mm（標準偏差 0.3 mm）、厚み 4.7 mm（標準偏差 0.4 mm）であり、断面形は真円に近い。また、櫛歯の隙間の平均幅は 0.9 mm（標準偏差 0.1 mm）である。頂部の隆帯付近（L1）では、平均幅 3.7 mm（標準偏差 0.2 mm）、厚み 2.0 mm（標準偏差 0.3 mm）であり、断面形が長方形であるほか、下段よりもその幅が若干狭い。隙間の平均幅は 0.6 mm（標準偏差 0.2 mm）である。各櫛歯の向きは、櫛の左右両端では傾斜角度が大きく、中心部ほど直角に近くなる。

このように漆櫛 2 の櫛歯は、漆櫛 1 と同様に形状のばらつきが少なく規格的な作り方をしている。漆櫛 1 と同じように、櫛歯は断面円形から徐々に薄く長方形にしていくほか、各櫛歯を細くかつ櫛歯の間隔を狭くして、頭部が台形となるように製作していることが分かった。

また、頭部上縁の角状突起は、薄くした櫛歯を最終的に上縁では隙間無く束ね、これを切断して整形されている（図 7 右）。したがって、角状突起の製作を意図した櫛歯の配置が考えられる。

6.3 八幡崎（1）遺跡漆櫛の櫛歯配置

漆櫛 3 の櫛歯は少なくとも 8 本あったとみられる（図

8 左）。櫛歯の形は基部付近で直径 4.0 mm の断面楕円形である。本資料は正背二面に破損しているが、接合すると櫛歯は頂部付近で幅 4.0 mm 基部付近と変わらないが、その厚さは推定 2.5 mm 以下と、薄い板状になる。櫛歯間の幅は頂部ほど狭くなる。

漆櫛 4 の櫛歯は少なくとも 7 本あったとみられる（図 8 中）。断面形は、頂部付近で幅 4.0 mm、厚さ 2.0 mm ほどの板状である。基部付近は欠損により確認できない。

漆櫛 5 の櫛歯の本数は少なくとも 5 本確認できる（図 8 右）。基部付近での断面形は径 4.0 mm 程度の円形である（L2）。頂部付近での断面は幅 2.5～4.0 mm、厚さ 2.0 mm 程度であり幅のばらつきが大きい、いずれも板状となる（L1）。

6.4 櫛歯配置のまとめ

X 線 C T を用いた観察の結果、失われた櫛歯の形が精緻な画像として確認することができた。中山遺跡の漆櫛 2 点の櫛歯は、櫛歯を開かせるため頭部が台形となるように、櫛歯自体の幅を頂部付近で狭く作り出すとともに、歯の配置の際に櫛歯間の隙間も狭くする工夫が確認できた。また、八幡崎（1）遺跡の漆櫛も考慮すると、欠損により確認できなかった漆櫛 4 以外は、歯元付近の断面形を円形、頭頂部付近では板状に薄く削りだすという共

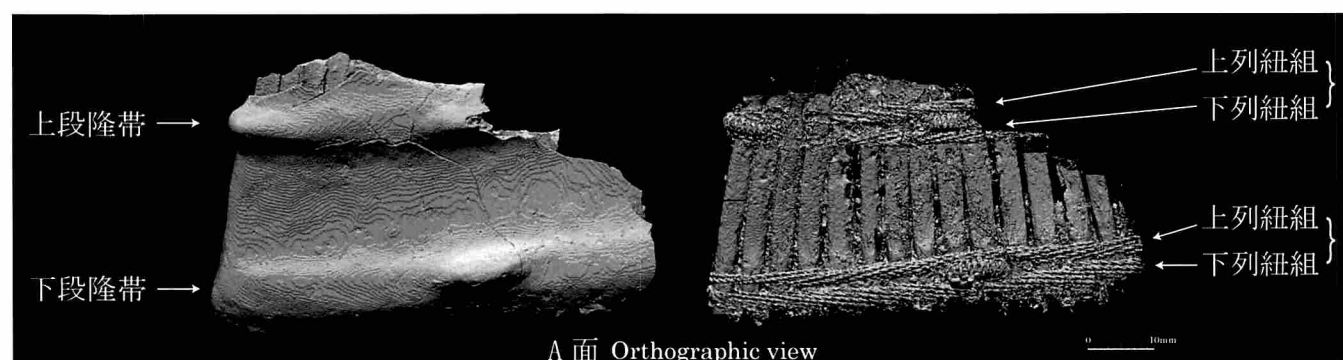


図 9 中山遺跡出土漆櫛 1 の隆帯と紐の位置関係
Fig. 9 Positional relationship between undulating portions and pieces of string in the Nakayama comb 1

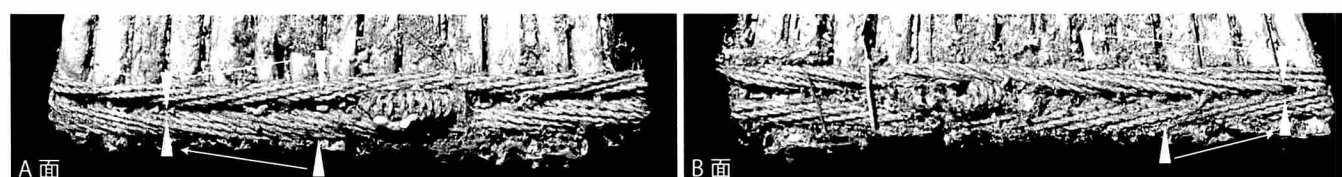


図 10 中山遺跡出土漆櫛 1 の紐による結歯の規則性
Fig. 10 Fixing method by use of a piece of string for comb teeth seen in the Nakayama comb 1

通性が確認できた。

7 結歯の方法

7.1 中山遺跡漆櫛 1 の結歯方法

図 9 は、漆櫛の隆帯と紐組の位置関係を示したものである。これを見ると、表面の上下 2 段の隆帯は、櫛歯の結束に使った紐組の位置と完全に一致する（図 9）。さらに、紐組の列は、表面の隆帯幅に対応するように上下 2 段に並んでいる。

再び紐組の横断面 CT 像をみると（図 4）、横架材が無く、紐組のみによって櫛歯が固定されていることがわかる。紐自体は径 0.6 mm で無節左撚りである。

次に結歯の手順を検討したい。ここで、正面を A 面、その反対を B 面とする。

下段の隆帯に対応する紐組の列は、A 面では上下段ともに櫛歯 4 本を 1 組としており、これが右方向へ連続して櫛歯 1 本ずつずらしながら結束して作られる（図 10 左）。B 面では、上の列を櫛歯 5 本 1 組が基本単位と

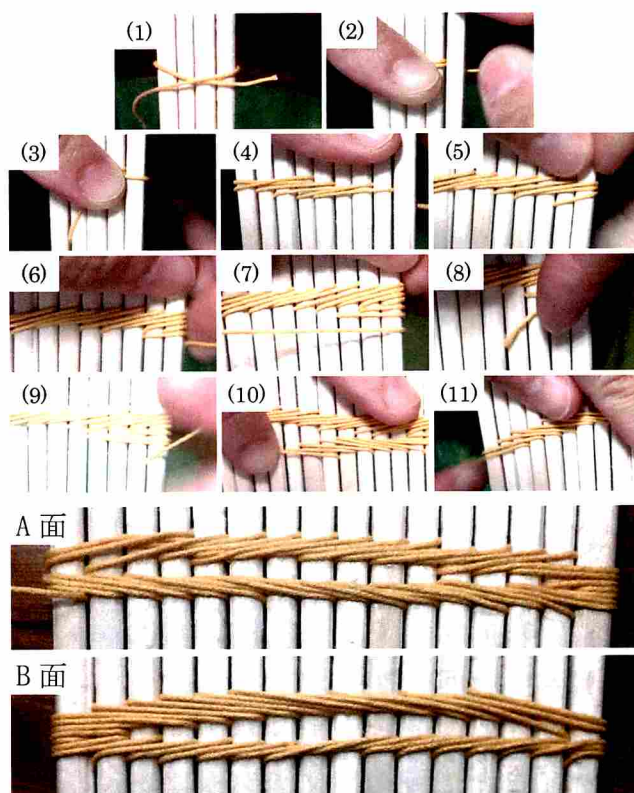


図 11 中山遺跡出土漆櫛 1 の結歯手順の復元
Fig. 11 Reproduction of fixing method by use of a piece of string for the Nakayama comb 1's teeth

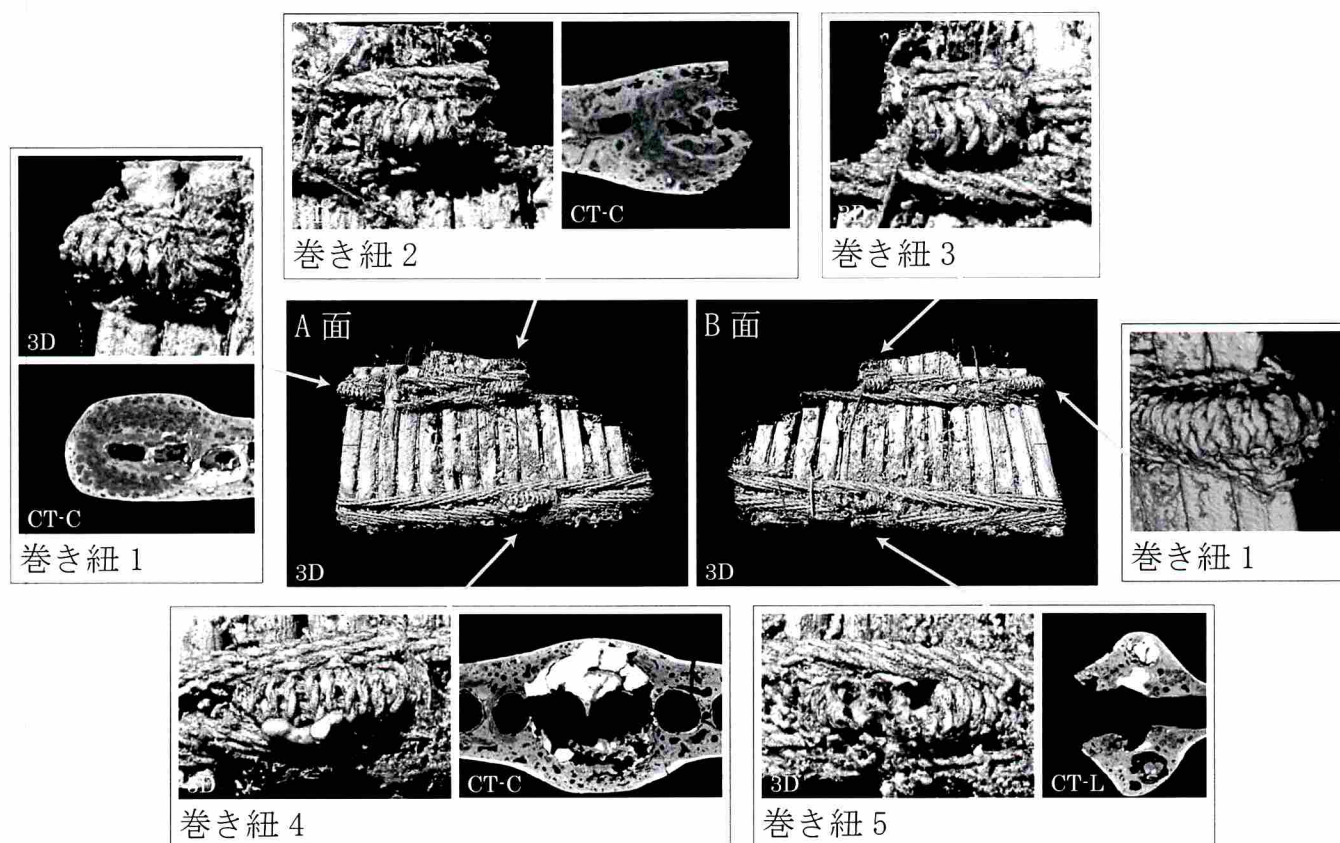


図 12 中山遺跡出土漆櫛 1 の突起部分の内部構造

3D：三次元モデルの一点透視投影図，CT-L：縦断面 CT 像，CT-C：横断面 CT 像

Fig. 12 Internal structures of projections seen in the Nakayama comb 1

3D: 3D visualization with perspective, CT-L: CT images of the longitudinal section, CT-C: CT images of the cross section

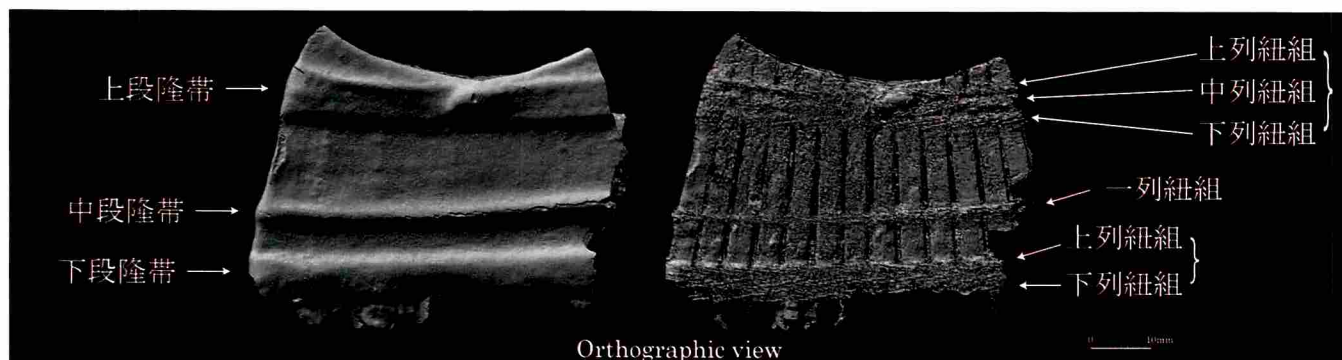


図 13 中山遺跡出土漆櫛 2 の隆帯と紐の位置関係

Fig. 13 Positional relationship between undulating portions and pieces of string in the Nakayama comb 2

している一方、下の列は 3 本 1 組が基本単位で、A 面同様に、1 本ずつずらしながら結束する (図 13B)。これらの組み方の結果、見かけ上、矢羽様にみえる。

上段の隆帯に対応する紐組は一部欠損しているが、A 面と B 面の両面とも上下 2 列の紐組があり、いずれも矢羽の向きが下段の紐組とは反対である (図 10)。

以上の結束手順の理由を探るために、観察結果をもとに、漆櫛 1 の結歯手順を再現した。まず、両面ともに、上下 2 列の紐組の基本単位が規則的に 1 本ずつずれているため、上下 2 列の紐組は、1 本の紐によって連続的に組まれているものと判断した。始点は、組み易さを考えると、内側からと考えられる (下段の紐組であれば上の列から、上段の紐組であれば下の列から)。

以下、結歯の手順を復元する (図 11)。

- (1) 櫛歯 4 本を準備し、紐を巻きつける。
- (2) 櫛歯 1 本を足して、B 面を右へ 5 本進む。
- (3) A 面を左へ 4 本戻る。
- (4) (2)・(3)の動作を繰り返す。
- (5) A 面側からみて最後の櫛歯へ近づくほど紐を 1 本ずつ減らしながら巻き付ける。
- (6) 下段へ折り返す。
- (7) 折り返し後は、A 面からみた巻付け単位がとなるまとなるまで、1 本ずつ増やしながら巻き付ける。
- (8) 下段 A 面を左へ 4 本進む。
- (9) 下段 B 面を右へ 3 本戻る。
- (10) (8)・(9)の動作を繰り返す。
- (11) A 面側からみて最初の櫛歯へ近づくほど紐を 1 本ずつ減らしながら巻き付ける。

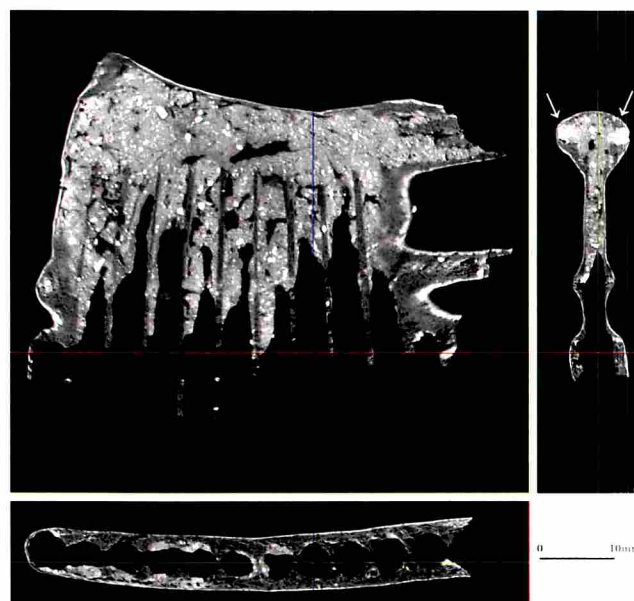


図 14 中山遺跡出土漆櫛 2 の CT 像

Fig. 14 CT image of decorative comb 2 excavated from the Nakayama site

(1)～(3)の動作の結果、上段の紐組の単位が、A 面において 4 本となり、B 面において 5 本となり、漆櫛 1 と同じ構造になる。(5)と(6)は、折り返すための動作である。(8)と(9)の動作を行うことにより、下列の紐組の単位が A 面において 4 本となり、B 面において 3 本となる。画像が不明瞭であるが、紐の端は最後に紐組の下に潜りこませるように巻きつけたと推定される。

上列と下列の紐組が反対方向である理由は、実際の紐組を再現の結果、櫛歯軸方向に対して直交する力が加わったときに歪みにくく、安定させるためと考えられる。

続いて、漆櫛の装飾となっている 5 つの突起は、すべて内部の巻き紐と対応する (図 9)。巻き紐自体は、径 0.6 mm の無節左撚りで、櫛歯の結束の紐と同じである (図 12)。

巻き紐 1 は、A 面からみて左上側面（B 面からみて右上側面）に付く。紐組との上下関係をみると、巻き紐が上となっており、また、端の櫛歯 2 本に巻きつけている。この部分は、折り返し地点であるため、紐組に使った紐の余りを使った可能性は低い。したがって、巻き紐 1 は、櫛歯の結束後に別の紐を用いて付け足されたと推測される。

巻き紐 2・3 は、それぞれ A 面と B 面の上段の隆帯の中央にある。巻き紐は上の列と下の列の紐組に間に挿入される。また、巻き紐部分の横断面を CT 像から観察すると、巻き紐 2 と 3 が繋がる。肉眼観察でみえる起伏をふまえると、巻き紐 2・3 は 2 本の櫛歯に巻き付けて固定されたとみられる。また、この部分は結歯途中の部分に当たる。したがって、巻き紐 2 と 3 は同一構造体であり、巻き紐 1 と同様、紐組とは別に付け足されていることがわかる。

巻き紐 4・5 は、それぞれ A 面と B 面にあり、いずれも下段の隆帯の中央にある。横断面の CT 観察から、4 と 5 は別々に作られていることがわかる。また、巻き紐 1～3 とは異なり、画像上、櫛歯に巻き付けていないようにみえる。4 は紐を巻きつけていることはわかるが、5 の内部には相対密度が大きい物質が認められ、その周りに紐が巻き付いているようにみえる。これは、粘土を軸材としている可能性もあるが、内面へ流入した土壌が写っているためと考えられる。

したがって、漆櫛 1 の装飾である巻き紐は、全て結歯に使った紐組とは別に付け足されていることから、櫛の装飾を目的として後付けされたと考えられる。

7.2 中山遺跡漆櫛 2 の結歯方法

外面と内部の 3 次元モデルを比較すると、上下 3 段の隆帯は、櫛歯の結束に使った紐組と対応する（図 13）。

漆櫛 1 ほど鮮明ではないが、漆櫛 1 と同様、上下の隆帯に矢羽様の紐組が観察できる。下段の紐組は上下 2 列みえる。一方、上段の紐組は、上中下 3 列の紐組がある。したがって、7.1 で考察したのと同じ手順で櫛歯を組んだと考えられる。また、漆櫛 1 と同様に、上列と下列の向きがそれぞれ反対である。したがって、漆櫛 2 の結歯方法は、漆櫛 1 と同じ方法で結束されたと考えられる。

さらに、中段の隆帯に当たる紐組は、1 本の紐でもじり編みで結んでいる。

上段隆帯の中央にある突起の内部をみると、密度の高い物質が認められる。これは堆積土壌の侵入による（図 14 矢印）。したがって、漆櫛 1 のような巻き紐は観察できなかった。

7.3 八幡崎（1）遺跡漆櫛の結歯方法

漆櫛 3 の内部には、頭部下側に櫛歯に直交する横架材の痕がみられ、その上に斜めに走る左撚りの紐の痕跡が斜格子状にみられる（図 8 左）。この横架材の部分が表面の隆帯に当たる。横架材は幅 5 mm で断面形が半円形である。したがって、漆櫛 3 の結歯方法は、2 つの横架材で櫛歯を挟んだ後、紐をたすき掛けして横架材と櫛歯の間を交差させながら縛っていると推定される。

漆櫛 4 の内部には、頭部下側に櫛歯に直行する横架材の痕跡がみえる（図 8 中）。

しかし、漆櫛 5 の内部には、櫛歯に直交する横架材はない（図 15 右）。一方、中山遺跡の漆櫛と同じ矢羽状の結束痕跡が下段隆帯に観察できる。また、上段には下段の矢羽と反対方向の紐組がみえる。このように、漆櫛 5 の結歯方法は、中山遺跡の漆櫛 2 点と類似する。さらに、本資料では、上段と下段の紐組をつなぐように紐をもじり編みで X 字状に交差させる。

7.4 結歯方法のまとめ

以上より、漆櫛の結歯方法は、2 つのパターンに分けられる。1 つは、櫛歯の結束に紐のみを使って組む方法である。この場合、複数を 1 単位としつつ、歯を 1 本加えながら連続して結束していき、結果、矢羽様の紐組となる。また、上段と下段とで矢羽の方向（組む方向）を逆向きにする。これまで櫛歯の結束方法について紐を使うことは知られていたが、結束手順が具体的に明らかになったのは、初めてである。しかも、この紐組方法は、中山遺跡の 2 点の漆櫛に共通するだけでなく、地域的に離れる八幡崎（1）遺跡の 1 点でも確認できた。

もう 1 つは、従来から指摘されてきたように、櫛歯の直交方向に横架材を表裏にあてがい、紐をたすき掛けにして縛った結束方法であり、本稿の八幡崎（1）遺跡の

2点にみられた。

8 塑形材と顔料

8.1 中山遺跡漆櫛の塑形材と顔料

中山遺跡漆櫛1の塑形材部分の横断面を拡大すると、コントラストが一様であり、相対的に密度が大きい土壌の粒子もほとんどみられず、塑形材同士の境界も観察できない(図4)。塑形材の内部には100~900 μ m幅の不定形の空洞が全体的に均一的に散布する。表層には、相対的に密度が大きい物質がみられる。

以上から、塑形材の材料の1つとして漆が考えられる。また、不定形の空洞が全体に均一的に分布することから、塑形材の混和材として劣化消失しやすい植物繊維など挙げられる。また、土器の製作手順を推定するときに輪積み痕などの粒子の向きや接合境界の観察によってその単位を把握することができるが、漆櫛の塑形材の場合、その単位は判別できなかった。これは、粘土などの結晶鉱物が混和される場合は、CT像で単位を把握しやすいが、密度差が非常に近い植物質の物質のみが層状に重ねられた場合、判別することが難しい。現時点では、塑形と乾燥を1セットとした場合、これを1回で行っているのか、複数回行っているのかの手順は明らかではない。

表面に塗布されている赤色顔料は既往の報告より、ベンガラである(永嶋:1984)。したがって、CT層で観察された表層の相対密度が大きい物質はベンガラの特徴と判断される。

漆櫛2の塑形材部分の多くが劣化により消失し、その部分を堆積土壌によって充填されている(図14)。塑形材が残る部分の横断面を観察すると、漆櫛1と同様にコントラストに大きな違いはなく、土壌成分の粒子もほとんどみられない。また、塑形材同士の境界も不明瞭であり、不定形の空洞が塑形材全体に分布する。よって、漆櫛2も漆櫛1と同じ塑形材とみられる。表面に塗布されている顔料は、CT像で表層に相対密度が大きい物質が観察されたことから、ベンガラと推定される(片岡ら:2015b)。

8.1 八幡崎(1)遺跡漆櫛の塑形と顔料塗布

八幡崎(1)遺跡の漆櫛3~5は、これまで塑形材や顔

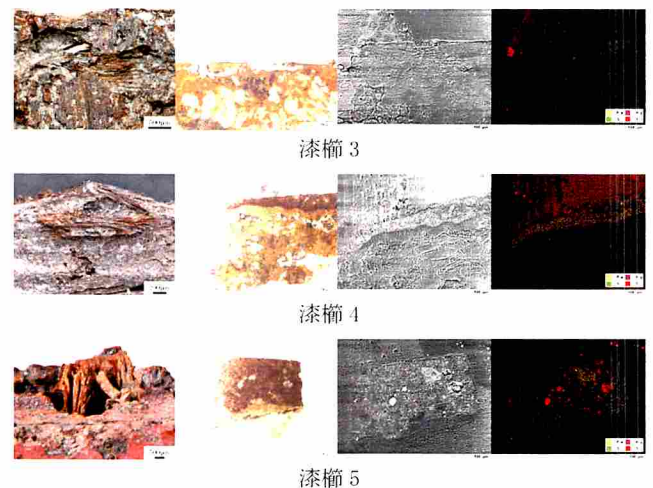


図15 八幡崎(1)遺跡出土漆櫛の塑形材と漆層
左から実体像、透過顕微鏡像、反射電子像、元素マップ
Fig. 15 Microscope image and its cross section of lacquer layers for combs from the yawatazaki (1) site
From left to right, stereoscopic microscope image, transmission microscope image, backscattered electron image, elemental map, respectively

料の分析は実施されていない。よって本稿では実体顕微鏡による表面観察のほか塗膜の断面・成分分析を実施した。その結果、塑形材については3点とも類似した特徴を見出した(図15)。

まず、実体顕微鏡による断面の表面観察から、塑形材には植物の維管束が混入している。また、断面プレパラートの顕微鏡・元素マッピング観察により、塑形材にはSiなどの無機成分は検出されなかった。これらのことから、塑形材は木質植物を混和材とした漆と推定される。次に断面観察の結果、塑形材の上にはわずかながら黒色粒子の層が確認できた。黒色粒子は、細長い粒子が塊状となっている。また、反射電子像の観察から黒色粒子はFeやSiよりも原子番号が小さい元素からなるものと判断でき、砂鉄などとは考えにくい。よって炭化物が用いられているとみられる。そして、その上に生漆層と非パイブ状ベンガラ漆層を4層塗り重ねていることがわかった。

このように、本稿で調査した5点の漆櫛には、粘土などの鉱物ではなく、漆と植物を混ぜたものを塑形材としていた。

9. 総括と展望

本稿では、縄文時代晩期の漆櫛の製作技法を解明する

ために、X線CTを用いて空洞を可視化する手法を応用し、反転画像による非破壊観察法を漆櫛の調査手法として新規確立した。その結果、分析法の有効性を確認するとともに、これまで不明だった結歯式漆櫛の詳細な製作方法を解明した。

漆櫛の形は、塑形段階で決定されるのではなく、全体形に合うように櫛歯の太さや櫛歯の間隔が調節されていることから、櫛歯の配置段階から決定していたとみられる。そして、束ねられた櫛歯は表裏面を薄い板状に削りだす。これら一連の作業における櫛歯の太さや櫛歯の間隔、削りだしは、かなり規格的であった。

櫛歯の結束方法には、2つのパターンが認められた。中山遺跡2点と八幡崎(1)遺跡1点の漆櫛(大洞B~BC式期)のパターンは、左撚りの紐で4本1単位を束ね、櫛歯を1本追加するごとに1本ずらして組んだ結果、紐組の外観が矢羽様となる。また矢羽の方向(紐組の方向)を上段と下段とで逆向きにすることで結束力を高めていた。本稿で初めて確認されたこの結束方法は、中山遺跡だけでなく八幡崎(1)遺跡でも確認されたように、縄文時代晩期に見られる同じ形態かつ複数の段のある隆帯をもつ竖櫛頭部に普遍的に用いられた可能性が高いと判断される。したがって、この結歯技法を「編み組み法」と名付けたい。

一方、八幡崎(1)遺跡の他2点の漆櫛(大洞B~C1式期)では、従来指摘されてきたように、櫛歯を横架材で挟んだうえで紐を巻き付けて結束していた。このような横架材と紐を用いた結束方法は、頭部形が方形である青森県土井(1)遺跡の5点(片岡ら:2015a)や宮城県山王圀遺跡の漆櫛(中里ら:1971)などに認められる。

これら横架材を用いた漆櫛は頭部の高さが小さく、複数の段を作りにくい形態においてみられることから、編み組み法で固定しにくい形態において櫛歯を強く固定するための工夫と考えられる。

塑形材は、5点とも漆と植物を混合させたものと推定され、粘土などの鉱物を混和させないという点で共通していた。これは、維管束植物の混和を確認した岡田ら(1993)の所見を支持するものである。なお、塗膜層レベルの薄い塗り重ねまではX線CT観察では判断することはできなかったものの、断面の元素マッピングによって、炭化物などが混ざった黒漆のうえに生漆と赤漆を重ね塗りしていることがわかった。塑形材と顔料については、類例が増えれば、結歯方法との関連性を見出すことができるかもしれない。

以上のように、X線CTを用いた精細な結歯方法の観察によって、これまで不明だった結歯方法に一定のパターンが存在し、広範囲で共通する技法であることが判明した。さらに縄文時代晩期には、塑形や顔料などを含めた一貫的な製作技法がパターン化しており、その背景として体系的な技術が集団間で共有されていた可能性がある。今後の時期的・地域的な展開の検討が期待される。

謝辞

最後に分析にご理解とご協力を賜った下記の各機関に改めて感謝を申し上げたい。

五城日町教育委員会・東北大学総合学術博物館・平川市教育委員会・弘前大学人文学部北日本考古学研究センター

引用文献

- 江坂輝弥 1955 「日本最古のクシ ―縄文文化末期―」 科学朝日 15巻8号 pp.4-6
- 恵庭市教育委員会 2003 『恵庭市カリンバ3遺跡』
- 岡田文男・成瀬正和・中川正人 1993 「松原内湖遺跡出土漆塗り木製品の材質と技法」『松原内湖遺跡発掘調査報告書Ⅱ―木製品―(本文編)』滋賀県教育委員会 pp.65-75
- 尾上町教育委員会 1964 『八幡崎遺跡発掘調査概要』
- 片岡太郎・上條信彦 2014 『亀ヶ岡文化の漆工芸Ⅰ 青森県板柳町土井(1)遺跡漆製品の自然科学・保存科学的研究』弘前大学人文学部北日本考古学研究センター
- 片岡太郎・上條信彦・柴正敏・伊藤由美子・小林和貴・鈴木三男・佐々木由香・白鳥文雄・鳥越俊行

- 2015a 「青森県板柳町土井(1)遺跡出土漆器類の材質同定と製作技術の解明」 考古学と自然科学 第67号 日本文化財科学会 pp.7-27
- 片岡太郎・上條信彦 2015b 『亀ヶ岡文化の漆工芸 II 北日本における先史資源利用の研究』弘前大学人文学部北日本考古学研究センター
- 上條信彦 2016 『八郎潟沿岸における低湿地遺跡の研究 秋田県五城目町 中山遺跡発掘調査報告書』弘前大学人文学部北日本考古学研究センター
- 木沢直子 2014 「韓国と日本で出土した「竪櫛」の比較検討」『高興 野幕古墳 発掘調査報告書』国立羅州文化財研究所
- 工藤 正 1979 『青森県尾上町八幡崎・李平遺跡埋蔵文化財発掘調査報告書』青森県南津軽郡尾上町教育委員会
- 五城目町教育委員会 1983 『中山遺跡 秋田県五城目町中山遺跡発掘調査報告書』
- 五城目町教育委員会 1984 『中山遺跡』
- 五城目町教育委員会 1991 『1990 中山 一中山遺跡発掘調査報告書一』
- 小林幸雄・三野紀雄 1979 「美沢川遺跡群出土赤色漆塗櫛の製作技法について」 北海道開拓記念館研究年報 第7号北海道開拓記念館 pp.71-82
- 小林幸雄 2008 「縄文文化の透かし模様入り漆櫛とその技術」 北海道開拓記念館研究紀要 第36号 北海道開拓記念館 pp.1-36
- 佐藤初太郎 1900 『石器 中山』（私家版）
- 田口尚・鈴木信・土肥研昌・今津節生・鳥越俊行 2008 「X線CTスキャナーを活用した赤色漆櫛の構造と製作技法の調査」 日本文化財科学会第25回大会研究発表要旨集 pp.242-243
- 中里寿克・江本義理・石川陸郎 1971 「宮城県山王遺跡出土弁柄漆塗櫛の技法とその保存処置」 保存科学 No.7 東京文化財研究所 pp.47-60
- 永嶋正春 1984 『中山遺跡出土漆関係遺物に見る縄文時代の漆工技術』『中山遺跡』 五城目町教育委員会 pp.45-53
- 早坂仁敬 2015 『縄文時代における結歯式竪櫛の型式変遷 一関東地方を対象として一』 埼玉考古 第50号 埼玉考古学会 pp.17-31
- 法相宗大本山興福寺・東京国立博物館・九州国立博物館・朝日新聞社 2010 『興福寺創建1300年記念 国宝 阿修羅展報告』 朝日新聞社, テレビ朝日, 九州朝日放送 発行
- 北海道教育委員会 1977 『美沢川地域の遺跡群 I』
- 北海道教育委員会 1979 『美沢川地域の遺跡群 III』
- 渡辺 誠 1991 『考古資料ソフテックス写真集』第6集 名古屋大学文学部考古学研究室
- Rasband, W.S., ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>, 1997-2012.

(2015年12月17日受付, 2016年9月6日受理)

X-ray Computed Tomography for Observing Decorative Combs Excavated from the Final Jomon Period Archaeological Sites in Northern Tohoku Area, Japan

Taro KATAOKA¹⁾, Nobuhiko KAMIJO¹⁾, Harumasa KANO²⁾ and Osamu SASAKI²⁾

¹⁾ Hirosaki University, Faculty of Humanities, 1 Bunkyo-cho, Hirosaki, Aomori prefecture 036-8560, Japan

²⁾ Tohoku University Museum, 6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi prefecture 980-8578, Japan

Decorative combs, excavated from the archaeological sites of the Final Jomon period, comprise more than 10 teeth and a head arranged almost perpendicular to the teeth. The teeth were first connected to each other by binding them with string (*string type*). Besides this type, another type was observed, characterized by several additional support shafts placed perpendicular to the tooth array to sandwich the array from both the front and back sides (*shaft and string type*). Thereafter, a decorative head to cover the shaft was molded by using a material composed mainly of Japanese urushi lacquer. Although these techniques for affixing the comb teeth are the core techniques used in producing Jomon decorative combs, they have not been clearly observed before because of the temporal decay of the main components, except for the urushi portion. We conducted a survey using X-ray computed tomography (CT) to observe the structure of decorative combs excavated from the Nakayama site and Yawatazaki (1) site of the Final Jomon period, and new findings were obtained as follows. All comb teeth and pieces of string had almost completely disappeared due to decay, but the urushi portions were preserved. The cavity and the low-density portions formed by the decay of the teeth and pieces of string have been reconstructed by modeling their original forms. Accordingly, we created three-dimensional visualization models (3DVM) of the cavity and the low-density portions where the comb teeth and the string had been located. As a result, detailed structure such as methods of affixing the comb teeth could be clearly observed and realized. As can be seen in the 3DVM and CT images, the shape of the decorative comb's head had apparently been envisioned from the stage of cutting out the design and arranging the comb teeth in a standardized manner. The *string type* and *shaft and string type* methods were observed for constructing decorative combs. The *string type* construction technique, in which the binding string was wound once per four teeth, had been used particularly in combs collected from the Nakayama and the Yawatazaki (1) sites. Urushi used for modeling the decorative heads of the combs found at the Nakayama and the Yawatazaki (1) sites was likely prepared by mixing the lacquer with organic materials such as powdered woods, without the admixture of soil components such as clay.