

X線CTによるアイヌ民族資料への偏差解析の応用

Application of Deviation Analysis to Ainu Ethnic Materials Using X-ray CT

大江克己 (OE Katsuki)

国立アイヌ民族博物館 研究員 (Research & Curatorial Fellow, National Ainu Museum)

八幡巴絵 (YAHATA Tomoe)

国立アイヌ民族博物館 学芸主査 (Senior Fellow, National Ainu Museum)

竹内隼人 (TAKEUCHI Hayato)

国立アイヌ民族博物館 学芸員 (Curator, National Ainu Museum)

要旨

コンピュータ断層撮影装置 (X線CT以下、CT) は、断面観察や断面画像上での形状計測を可能にする機器である。アイヌ民族資料の中には近似した形状の資料も多く、形状の近似性は生産や製作技術の背景等を考える上で要点となる特徴である。ただ、目視や部分的な計測では、資料全体の形状比較・形状差を定量的に把握することは困難であった。そこで、X線CTによるアイヌ民族資料への偏差解析の応用について検証した。本検証の結果、偏差解析の効果として、資料全体の形状を概率的に比較し把握する効果が高いことを明確にし、三次元データを併用することで形状差の詳細を知る効果的な観察が可能となったことがわかった。従来以上に具体的で視覚的な観察を提供する観察法として応用できることを明確にした。解析に伴う調査として、偏差解析の解析誤差は $\pm 0.1\text{mm}$ 程であること、解析するCTデータは表面を基準に表面定義設定をする必要があること、CTデータを変換した三次元データを用いる際、空間分解能の値で解像度を設定すると良い結果を得た。偏差解析は、アイヌ民族資料の形状の分類や変化、規格・模倣などの製作背景の検討、経年劣化の診断など幅広い用途への応用が期待できると考える。

キーワード：アイヌ民族資料、X線CT、偏差解析、保存科学、形状調査

Abstract

Computed tomography (X-ray CT, hereafter CT) is a device enabling cross-sectional observation and shape measurement on cross-sectional images. Among Ainu ethnic materials, many exhibit similar shapes, and this similarity is a key characteristic for analyzing the background of production and manufacturing techniques. However, visual inspection and partial measurements often make it difficult to quantitatively grasp overall shape comparisons and shape differences across materials. Therefore, we verified the application of deviation analysis using X-ray CT to Ainu ethnic materials. The results of this verification clearly demonstrated the high effectiveness of deviation analysis for broadly comparing and understanding the overall shapes of materials. It also revealed that combining this with three-dimensional data enables effective observation for understanding detailed shape differences. This clearly demonstrates its applicability as an observation method providing more concrete and visual insights than conventional approaches. Investigations accompanying the analysis revealed that the deviation analysis has an analytical error of approximately $\pm 0.1\text{ mm}$, that CT data analysis requires surface-based definition settings, and that setting resolution based on spatial resolution values when using converted 3D data yields good results. Deviation analysis is expected to be applicable to a wide range of uses, including classifying and analyzing changes in the shapes of Ainu ethnic materials, examining production backgrounds such as specifications and imitation, and diagnosing deterioration over time.

Keywords: Ainu ethnic materials, X-ray CT, Deviation analysis, Conservation science, Shape investigation

1. はじめに

コンピュータ断層撮影装置（X線CT 以下、CT）は、調査資料に360°方向から照射したX線を捉え、三次元的な画像を再構成し表示する機器である。CTは、非破壊での断層観察や三次元モデルによる立体観察を可能にするため、国内では美術工芸品や埋蔵文化財など多くの文化財の調査が行われている。主に内部観察や状態診断を目的に用いられ、アイヌ民族資料の観察でも調査方法の適応が進められてきた（大江ほか2022：1-13）。

アイヌ民族資料の中には宝刀（イコロ）や小刀（マキリ）などで見られるように、近似した形状の資料も多くある。形状の近似性は、生産や製作技術の背景などを考える上で要点と言える特徴である。しかし、目視調査や部分的な計測などの従来の観察法では、資料全体の形状差を視覚的・定量的に把握することは困難であった。この課題に対して、産業の分野で利用されるCTデータの解析技法をアイヌ民族資料の観察へ適応できれば、従来以上に具体的な資料観察が可能になると予想する。CTデータの解析技法には、断面厚を1mmの変化毎にカラー表示した断層観察、任意の内部空隙のみを色付けした空隙観察（佐藤2016：529-532）などがあり、偏差解析によるCTデータとサンプルデータの形状測定誤差の評価も行われている（山本ほか2015：48-49）。特に偏差解析¹（図1）は、視覚的な形状観察に特化した解析技法で、近似したアイヌ民族資料の形状の比較や差の観察、形態の分類や微細な変化の調査など、多岐に渡る用途が

期待できると推測する。

CTデータの解析技法は、文化財の調査でも不可視領域の観察で使用例がある。初期の例として座標解析による寸法測定があり、これは、土壌ごとに取り上げた馬具の位置を表面から測定し保存処理に利用した報告（加藤2014：65-80）、木彫像の胸部や臀部の厚さを測定した軽量化の推測事例（山口ほか2018：35-47）、脱乾漆像の布層の厚さを測定した制作工程の報告（楠井2020：9-10）、韓国の国立中央博物館が断層観察と共に行った断面厚測定（National Museum of Korea：2020）などである。その後、平面展開の実施例（大江ほか2021：1-12）、韓国の公州大学が実施したCTデータの解析の最適化例（Young Hoon Joほか2023：67-68）、偏差解析の試行的な利用例（大江ほか2024：174-175、大江ほか2024：212-213）などが報告された。文化財を対象にしたCTデータの解析技法は、調査例が増加したことで利用の基礎が整い、アイヌ民族資料の観察へも応用可能な状況になりつつある。

そこで本稿では、アイヌ民族資料の形状比較・形状差の観察へ、X線CTを用いた偏差解析の応用について検証する。偏差解析は産業の分野で主に利用される解析技術であるが、工業製品や試験片で可能であるからと言って、直ちにアイヌ民族資料の観察に適応できるとは限らない。解析の計算誤差や伴うデータ処理が及ぼす影響などを把握した上で結果を観察しなければ、その解釈に誤解や誤認を招く恐れがある。そのため、実際のアイヌ民族資料の解析を通じて検証を行うと共に、偏差解析の緒条件についても調査した。

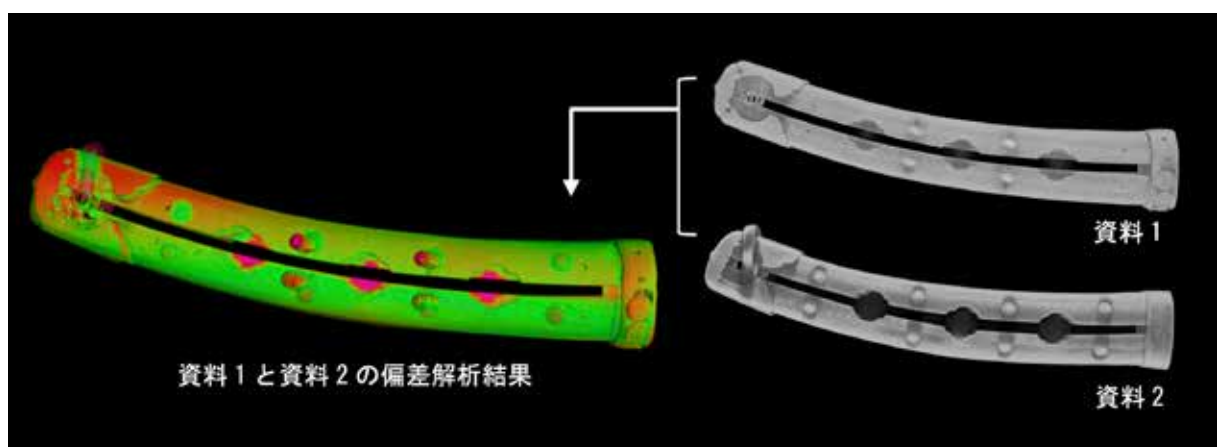


図1 偏差解析の例 [色の表示：赤（+偏差）>緑（偏差0）<紫（-偏差）]
（資料1を基準に資料2を比較資料として積層させ、得られた偏差を色で表示）

2. 検証方法

2.1 調査視点

CT データは、取得したのみでは断層面や偏差解析等の観察はできない。観察には、観察データのコントラストやシェーディング調整など、CT データを視認するための前処理を施す必要がある。解析には、測定データの表面（データの存在する面）を定義する領域設定が必要で、これらの処理を行った後に解析や観察を行うことができるようになる。CT データの取得後から観察に至る工程は概ね次の通りとなる。

- 1) CT データのコントラスト調整やシェーディング等の調整
- 2) 取得した CT データの表面を定義する設定（表面定義の設定）
- 3) CT データ上の観察領域の設定と抽出、必要に応じて三次元データへの変換
- 4) 断層観察や偏差解析等の各種解析の実施

この中で、偏差解析の実施に影響を及ぼす項目は、2) の表面定義の設定、3) に含まれる三次元データへの変換、4) に含まれる偏差解析の計算誤差である。2) の表面定義は、取得データの中から観察対象

のデータ領域を定義するため解析結果に直結し、3) の三次元データを解析に用いる場合は、変換精度が解析精度に関わる可能性がある。また、4) の偏差解析の解析誤差を把握しなければ、得られた結果の有効範囲が判断しづらい。実際のアイヌ民族資料の観察で偏差解析を用いるためには、これらの要素を実資料で明確にした上で偏差解析の効果を知る必要がある。そこで、本検証は次の工程で行うこととした。

- ① 偏差解析の誤差
- ② 表面定義の設定の影響
- ③ CT データの三次元データへの変換精度
- ④ 偏差解析の効果
- ⑤ 偏差解析の用途

2.2 使用装置等

国立アイヌ民族博物館設置の CT（コメットテクノロジー・ジャパン株式会社製 Y.CT Modular）を用いた（図 2）。この装置は、ミニフォーカス管球（最大出力 320kV、焦点寸法 0.3mm）、マイクロフォーカス管球（最大出力 225kV、最小焦点寸法 6 μ m）の 2本の X 線管球を備える。画像検出器はフラットパネルディテクタを用いている。



図 2 使用装置外観（X 線 CT）

2.3 検証資料の選定と資料概要

偏差解析の検証は、形状が近似する資料の中でも CT の測定でアーチファクト²が発生しやすい資料で効果が判定できれば、様々な資料に適応できる可能性が高い。そこで、近似形状の宝刀の柄（金属装）2点を用いた。加えて、資料表面に施された模様も対

象とした調査を行うために、近似した模様を表面に有する小刀の鞘（木製）2点も選定した。いずれも国立アイヌ民族博物館の収蔵品である。以下に資料概要を記す。

- ① 柄 1（金属装）
木製の本体に、表裏を覆う幅広の覆輪を配し、柄口

金具、俵鉾（俵形）、兜金等で装飾する宝刀の柄である（図3-1）。覆輪の表裏には唐草風の模様を彫金で

施し、透かしを有している。概寸は長さ230mm、幅（柄口）40mm、厚さ14mmを測る。



図3-1 柄1（金属装）の外観

② 柄2（金属装）

木製の本体に、表裏を覆う幅広の覆輪を配し、柄口金具、俵鉾（円形）、兜金、猿手等で装飾する宝刀の

柄である（図3-2）。覆輪の表裏には唐草風の模様を彫金で施し、透かしを付す。概寸は長さ226mm、幅（柄口）36mm、厚さ13mmを測る。



図3-2 柄2（金属装）の外観

③ 鞘1（木製）

四つ目菱紋風の彫りや鱗彫り等を施した木製の鞘である（図3-3）。虫損の影響で本体の50%程を失い強

度も低下している。概寸は長さ190mm、幅（鞘口）40mm、厚さ25mmを測る。



図3-3 鞘1（木製）の外観

④ 鞆2 (木製)

四つ目菱紋風の彫りや鱗彫り等を施した木製の鞆である(図3-4)。鞆1(木製)と雰囲気に近い模様を

表面に有す。概寸は長さ190mm、幅(鞆口)40mm、厚さ25mmを測る。



図3-4 鞆2(木製)の外観

2.4 測定条件

照射するX線の強度や量などで取得画像に差が出ないように、各資料の測定条件を揃えた。本検証では金属装の資料が含まれるため、高出力でX線が照射できるミニフォーカス管球を使用した。測定条件を表1

に示す³。取得したCTデータの解析には、アイヌ民族資料や文化財の解析で最も使用される解析ソフト(VOLUME GRAPHICS社製VGstudioMAX3.3座標計測+設計値/実測値比較モジュール)を使用した。

表1 測定条件一覧

No.	資料名	測定条件								
		管電圧(kV)	管電流(mA)	プロジェクション数	インテグレーションタイム(m/s)	資料位置(mm)	検出器とX線管球間の距離(mm)	フィルター(mm)	拡大率(倍)	空間分解能(mm)
①	柄1(金属装)	320	2.0	900	500	420	1200	Al: 1.5mm Cu: 0.5mm	1.82	0.23
②	柄2(金属装)	320	2.0	900	500	420	1200	Al: 1.5mm Cu: 0.5mm	1.82	0.23
③	鞆1(木製)	320	2.0	900	400	400	1700	Al: 0.5mm	2.66	0.16
④	鞆2(木製)	320	2.0	900	400	400	1700	Al: 0.5mm	2.66	0.16

3. 検証について

3.1 偏差解析の誤差

調査視点 偏差解析は2つの異なるデータを積層させ、形状比較や形状差を数量的に捉えて三次元モデル等で観察する方法である。比較する資料間のデータを任意の面で積層させて形状差を偏差として計算するため、得た結果には解析の計算の誤差が含まれる可能性が高い。解析結果の妥当性を判断するために、はじめに偏差解析の誤差を調査した。

調査方法 調査では柄1(金属装)のCTデータを用いた。調査方法について、柄1(金属装)のCTデータをコピーし、元データと同位置に配置して偏差解析を実行した。そして、解析で得られた偏差をヒス

トグラムで観察し発生した誤差の範囲を確認した。

調査結果 調査結果を図4(ヒストグラム全体、ヒストグラム部分拡大)に示す。このヒストグラムは、資料の表面積の中で発生した偏差の面積を示すため、例えば、形状が完全に一致し偏差がない場合は、偏差0.00mmにのみピークが見られることとなる。図4を確認すると、偏差±0.10mm程の幅にヒストグラムが開いていることがわかる。この時の絶対偏差は0.12mmである。同データを同位置に配置して観察された偏差は解析時の計算誤差として捉えることができるため、この結果から偏差解析の解析誤差は±0.1mm程であることがわかる。なお、図5の偏差解析の結果画像を見ると全体が同じ色のため、資料上の場所の

違いで誤差が変わることはない。CTデータは、実資料に比べ0.5～1.0mm程の実測値差が発生する場合もあることを加味すると（大江ほか 2022：1-13）、偏

差解析で発生する誤差は無視できる程度と言える結果を得た。

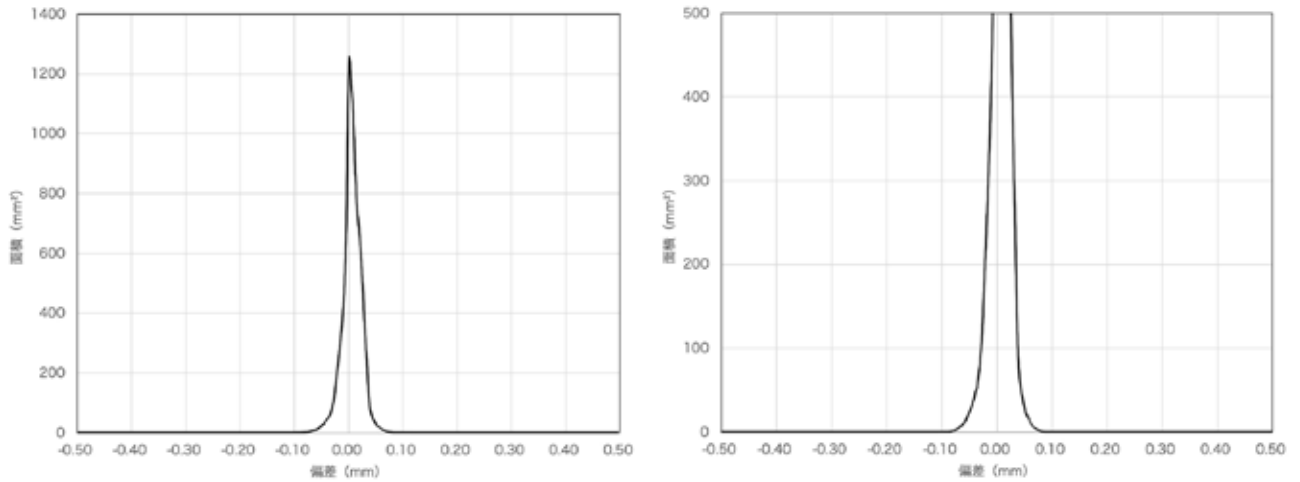


図4 ヒストグラムによる偏差（左：全体 右：部分拡大）

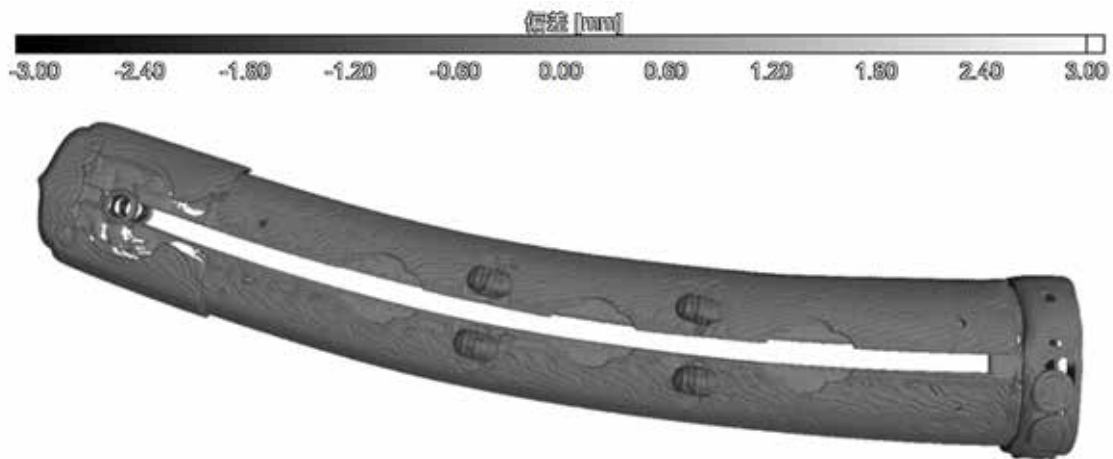


図5 偏差解析の結果画像

3.2 表面定義の設定の影響

調査視点 偏差解析を行うにはCTデータ上の表面（データの存在領域）を設定する必要がある。この設定を表面定義と言う。表面定義はCTデータの濃度のヒストグラムを基に閾値を調節して設定するため、設定次第では解析に含めるデータの範囲が変化することが予想される。次の工程として表面定義の設定について調査した。

調査方法 調査では柄1（金属装）のCTデータを用いた。調査方法について、柄1（金属装）のCTデータをコピーし元データと同位置に配置した。そして、表面定義の設定を資料表面、表面からプラス（+）、表面からマイナス（-）の3種類のデータを作り偏差解析を行った。解析結果から偏差スペクトルを作成し設定の影響を調査した。

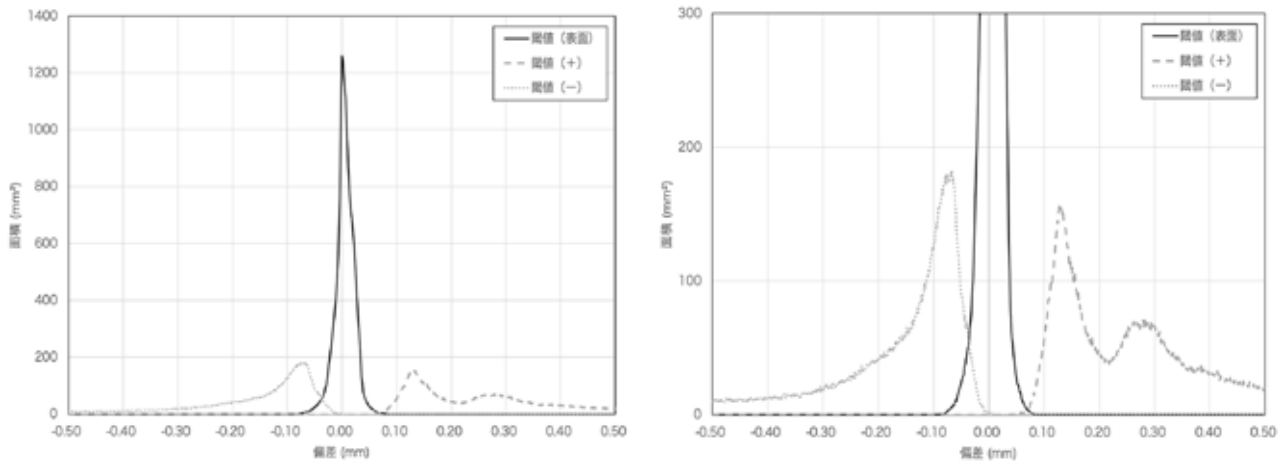


図6 ヒストグラムによる偏差の比較 (左:全体 右:部分拡大)

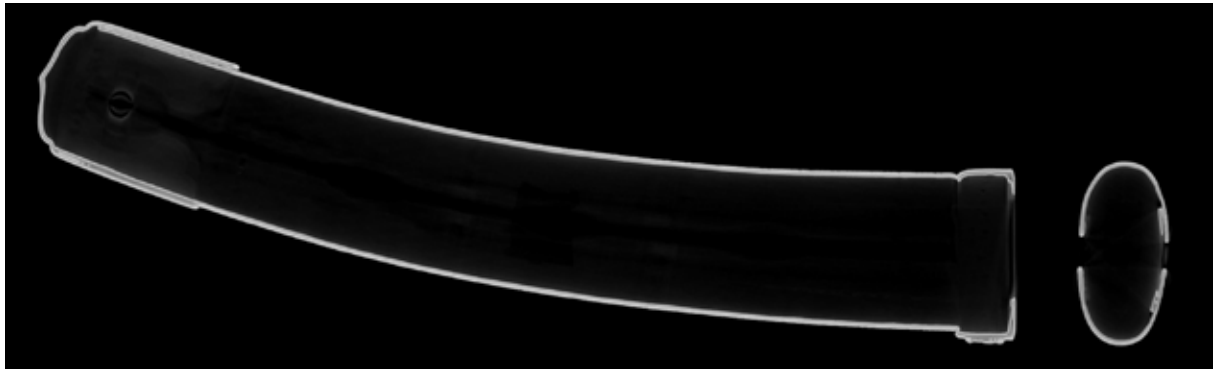


図7-1 表面で表面定義を設定した断層画像 (輪郭線:定義面 左:横断面 右:縦断面)



図7-2 表面定義を表面からプラス方向に設定した断層画像 (輪郭線:定義面 左:横断面 右:縦断面)



図7-3 表面定義を表面からマイナス方向に設定した断層画像 (輪郭線:定義面 左:横断面 右:縦断面)

調査結果 調査結果を図6（ヒストグラム全体、ヒストグラム部分拡大）に示す。このヒストグラムは資料の表面積の中で発生した偏差の面積を示すため、例えば、設定を変えた影響がなくデータ領域が一致すれば図4のような図になる。図6を観察すると、表面で表面定義を設定したヒストグラムに比べ、プラス方向やマイナス方向にずらしたデータはヒストグラムがずれていることがわかる。断面上に定義面を線描した画像として、図7-1に表面で表面定義を設定した断層画像、図7-2に表面定義を表面からプラス方向に設定した断層画像、図7-3にマイナス方向に設定した断層画像を示す。図7-1を基準に図7-2を確認すると資料内面も定義面に含まれており（図中矢印箇所）、図7-1を基準に図7-3を確認すると定義面の線がない箇所がある（図中矢印箇所）。これらは計算に含まれる領域の中で、プラス方向に設定した場合は周囲の不要データが含まれ、マイナス方向に設定した際は必要なデータが含まれていないことを示している。つまり、図6で観察されたヒストグラムのずれは、観察するデータに過不足があることが要因とわかる。ここから、表面定義の設定は資料表面を基準に設定すること

が要点と言える。

3.3 CTデータの三次元データへの変換精度

調査視点 CTを用いた偏差解析は、CTデータとCTデータ、CTデータと三次元データで実施でき、観察箇所によっては比較するデータの組み合わせを選択することも予想される。CTデータは三次元データに変換できるが、偏差解析の精度は変換データの解像度の設定で変化すると予見できる。そこで、CTデータを三次元データへ変換した際の解像度の設定について調査した。

調査方法 調査では柄1（金属装）のCTデータを用いた。調査方法について、柄1（金属装）のCTデータをコピーし、元データと同位置に配置して三次元データへ変換した。元のCTデータの空間分解能⁴は0.23mmである（表1）。この値以下で解像度を設定しても鮮明なデータにはならないため、空間分解能の値を基準に解像度の設定は0.23mm、0.46mm、0.69mmの3段階に変えて用意し、元のCTデータと偏差を比較した。

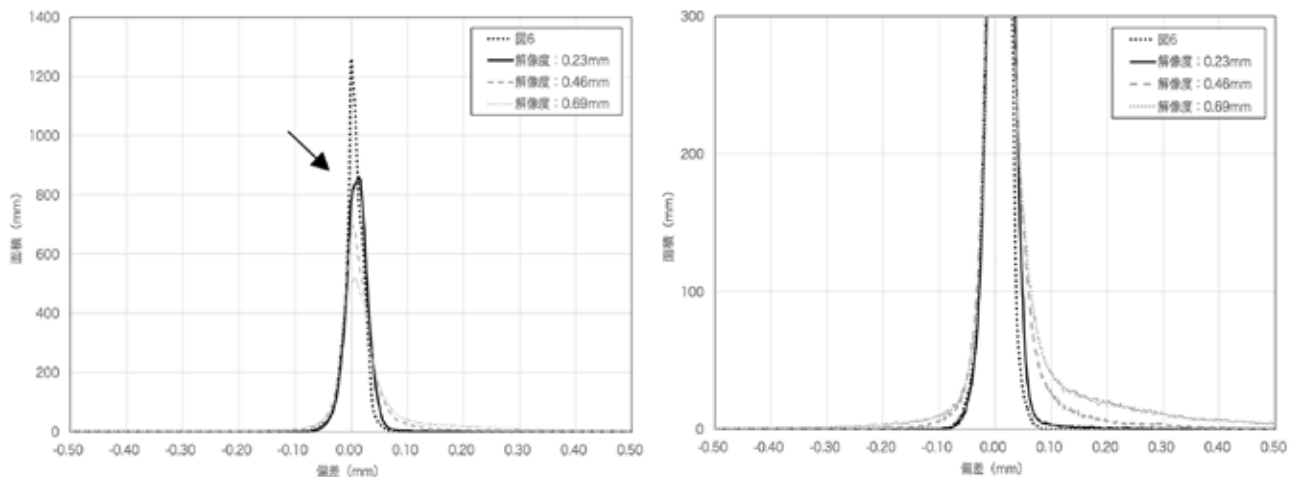


図8 ヒストグラムによる偏差の比較（左：全体 右：部分拡大）

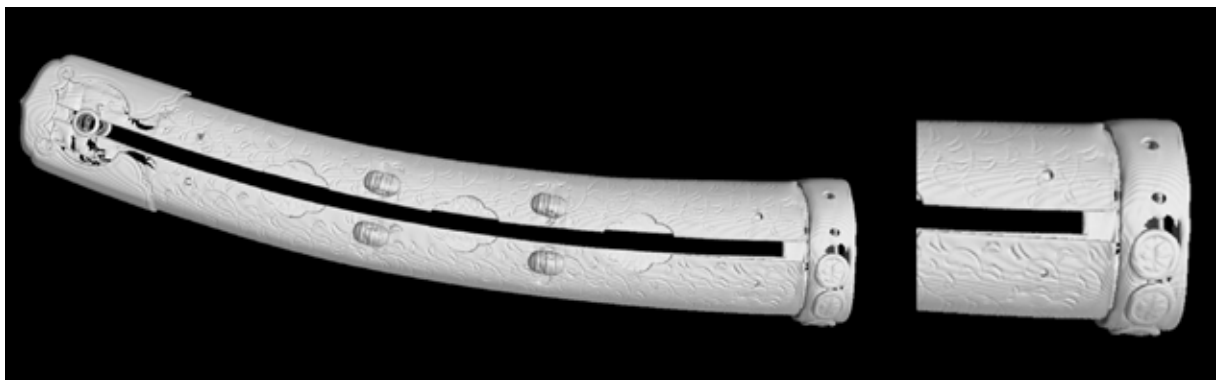


図9-1 三次元データ変換前のCTデータ（左：全景 右：柄口拡大）

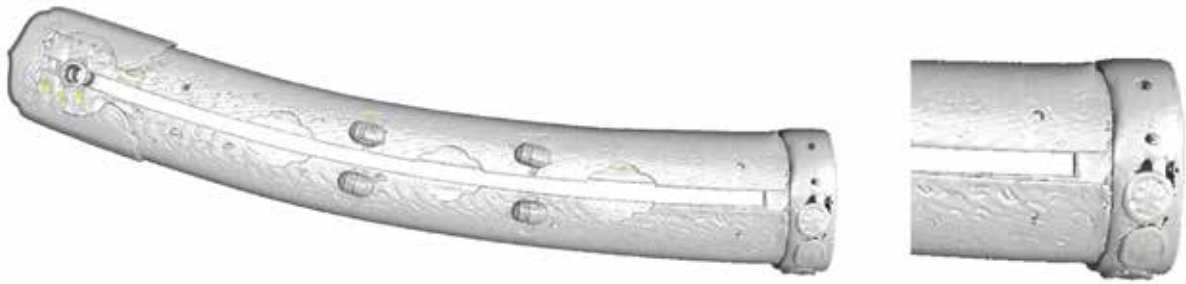


図9-2 CTデータから変換した三次元データ（解像度/0.23mm、左：全景 右：柄口拡大）

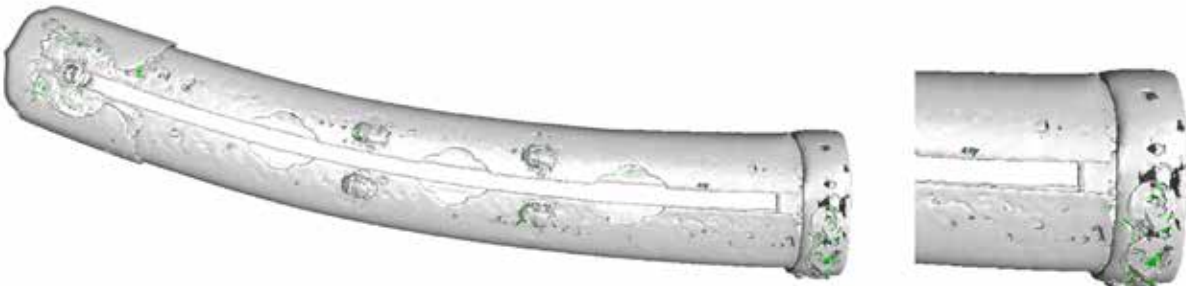


図9-3 CTデータから変換した三次元データ（解像度/0.46mm、左：全景 右：柄口拡大）

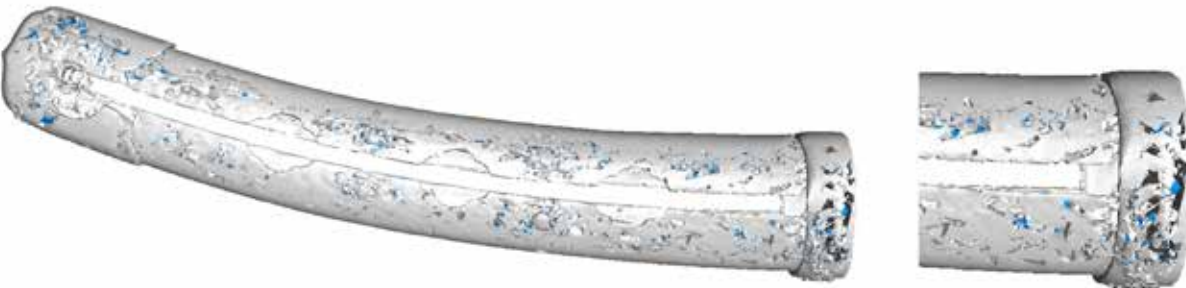


図9-4 CTデータから変換した三次元データ（解像度/0.69mm、左：全景 右：柄口拡大）

調査結果 調査結果を図8（ヒストグラム全体、ヒストグラム部分拡大）に示す。このヒストグラムは表面積の中で発生した各偏差の面積を示すため、三次元データに変換した場合でもデータの形状が変わらなければ、図6の表面で表面定義をしたヒストグラムと同形状になる。比較のため、このヒストグラムを図8中に点線で併記した。図8を観察すると、図6のヒストグラムに比べ、解像度が0.23mm、0.46mm、0.69mmの順に幅が開いていることがわかる。絶対偏差は図6の点線が0.12mm、解像度0.23mmの時は0.18mm、解像度0.46mmの時は0.35mm、解像度0.69mmの時は0.50mmであった。ここから、解像度の数が上がるにつれて発生する偏差が大きくなることがわかる。図9-1に元のCTデータ、図9-2～図9-4に変換した三次元データの画像を示す。図9-2～図9-4を見ると、解像度の数が上がるにつれて形状が崩

れていることがわかる。最も偏差や形状の崩れが少ないのは解像度0.23mmの時であり、設定は空間分解能と同様の値で行うと良いことがわかった。ただ、図8の中で解像度0.23mmのヒストグラムと図6の点線のヒストグラムを比較すると、最大ピークの位置に差がある（図8左矢印箇所）。図9-1と図9-2の柄の拡大画像を比べると、彫金など表面の一部の微細箇所が表現しきれていない。形状全体を比較する際には問題とはならないが、表面の微細箇所の観察の際は注意する必要がある。

3.4 偏差解析の効果

調査視点 上記3.1～3.3の調査結果を基礎に、偏差解析の効果について検証した。柄1（金属装）と柄2（金属装）、鞘1（木製）と鞘2（木製）にて解析効果の明確化を行った。

調査方法 柄1（金属装）と柄2（金属装）を用いた調査について、基準資料を柄1、比較資料を柄2とし、柄口を基準にCTデータを整列させて偏差解析を実施した。なお、装飾差（猿手の有無や俵鉾の違いなど）は除外し観察している。鞘1（木製）と鞘2（木製）を用いた調査では、基準資料は鞘1、比較資料は鞘2とし、鞘尻を基準にCTデータを整列させ、模様を合わせて偏差解析を実施した。

柄1（金属装）と柄2（金属装）の調査結果 解析結果を図10に示す（柄2の比較資料は半透明にして表示）。図10より、形状の違いが少ない灰色部分が大半を占め、全体寸法や湾曲角度はほぼ同じ様子が確認できる。兜金付近の上部、柄口の下部、柄口正面の下部が白くなっており、比較資料が捻れて色として表れていると推測できる。柄の下部はコントラストが若干異なる灰色で微妙な形状差を視認できる。この結果

から、偏差解析は資料全体の形状の違いを色で視覚的に把握する効果が高いことがわかる。ただ、三次元モデルによる立体データのため、形状が異なる部分の具体的な差は採寸しづらい。そこで、形状差の測定をしやすくするため、比較資料のCTデータのみ三次元データに変換（解像度0.23mm）し偏差解析をした。解析結果を図11に示す。図11にて形状差を測定すると、柄口下端付近は3.0mm前後、柄尻先端に1.1～1.5mm程、湾曲角度に1.8mm程の差が確認できる。形状差が観察できる箇所には、外側や内側にラインを表示し直感的な形状差の視認もできた。この結果を含めると、偏差解析はCTデータ間での資料間の形状を概略的に比較する効果が高く、三次元データを利用した解析を併用することで、詳細差をより詳しく知る効果的な観察ができることが明確になった。

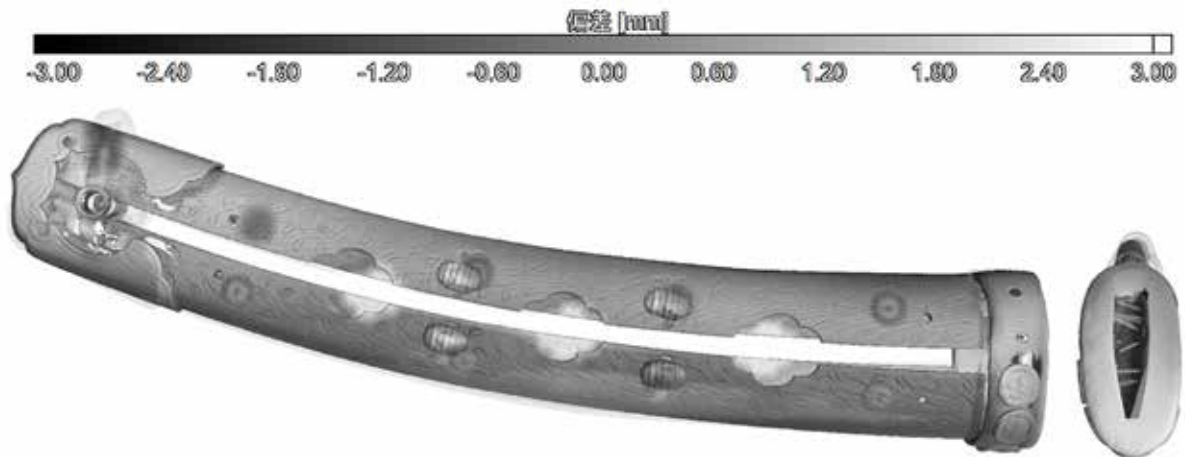


図10 柄1と柄2の偏差解析結果（左：全景 右：柄口正面）

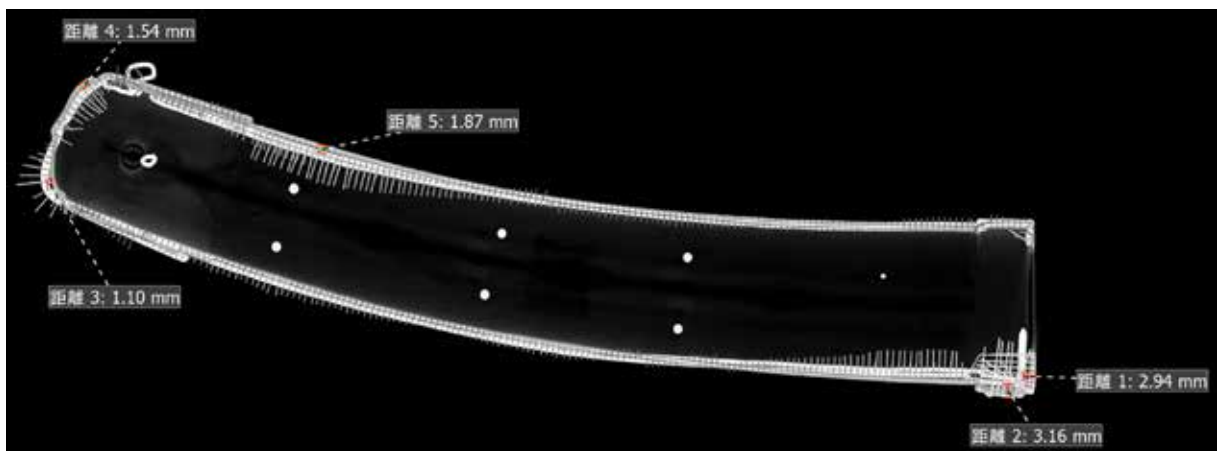


図11 三次元データを併用した偏差解析結果（断面画像 灰線：柄1、白線：柄2）

鞆1(木製)と鞆2(木製)の調査結果 解析結果を図12に示す(鞆2の比較資料は半透明にして表示)。図12にて残存部分の形状を比較すると、図中の上下幅や湾曲角度など全体形状が比較できる。ただ、表面の木彫の模様に着目すると、全体形状の相違の影響で模様の比較は視認しづらい。この結果から、偏差解析は資料全体形状の観察に効果は高いが、模様等の細部は施された面の断面や表面形状が近似しな

ければ観察困難なことがわかった。

このような資料間でも形状を比較する工夫として、データを積層させて一方のデータを半透明(透明度:50%程)にして観察する方法がある(図13)。図13の積層画像(表面側)を見ると、部分的ではあるが表面の模様が比較できることがわかる。偏差解析での観察が難しい場合、表面形状の差異を知る一つの表示方法として利用できると考える。

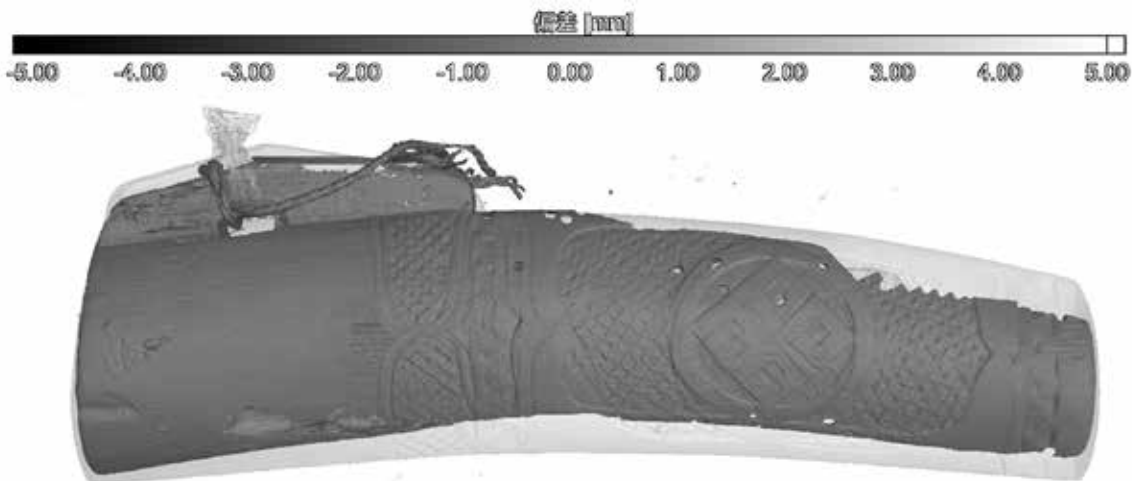


図12 鞆1(木製)と鞆2(木製)の偏差解析結果

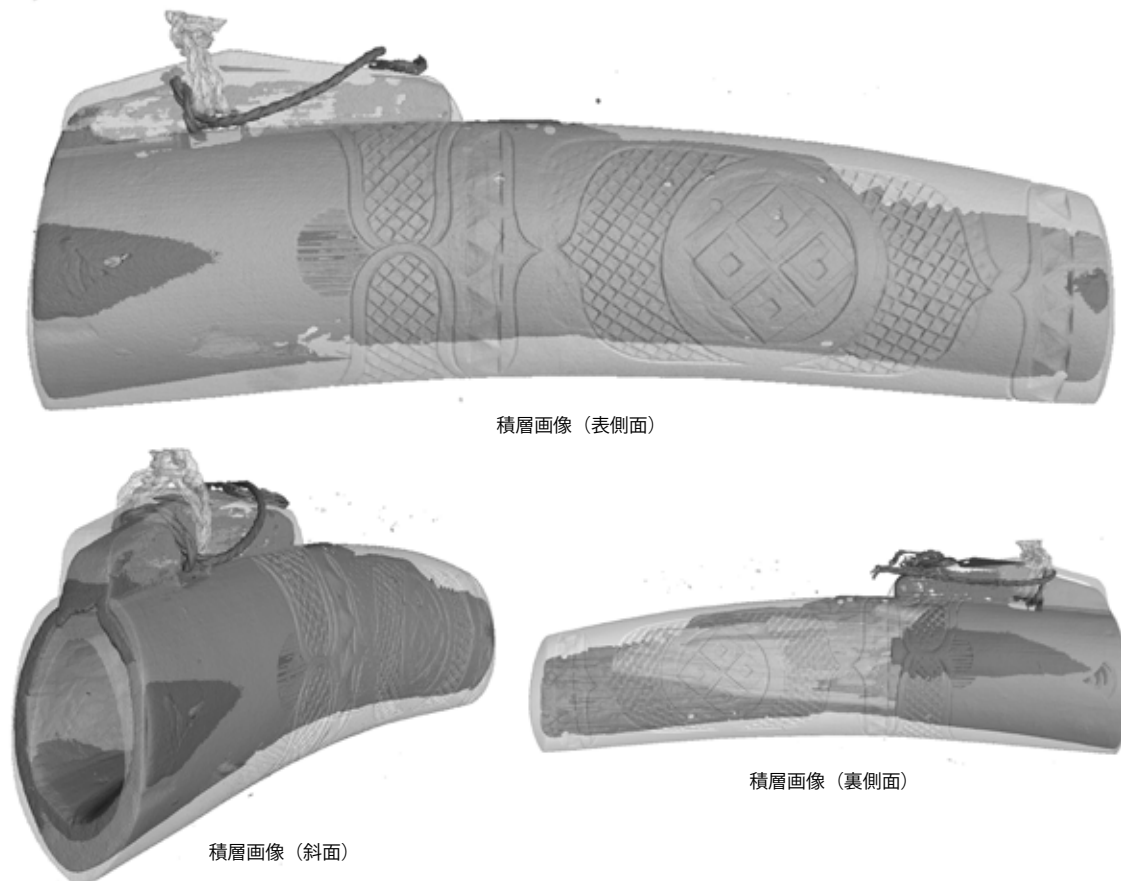


図13 積層画像による形状観察 [比較資料(鞆2):透明度50%]

偏差解析の効果 以上の結果から、偏差解析の効果
を次のようにまとめることができる。偏差解析は、資
料の全体形状を概的に比較し把握する効果が高く、
三次元データを用いた解析を併用することで、形状差
をより詳細に知る効果的な観察ができることがわかっ
た。ただし、表面に付す模様など細部の観察は、施さ
れた面形状が近似しなければ観察困難なことも明確に
なった。CT による偏差解析の効果が鮮明になり実用
に至る基礎情報が得られた。

3.5 偏差解析の用途

偏差解析の効果を明確にした上で、ここでは予想で
きる用途を具体的に考えてみる。

資料全体の形状比較と形状差の採寸が可能なことか
ら、形態分類や形状変化の観察に効果を発揮すると考
えられる。構成部材のデータを取り出して偏差解析を
行うことも可能なため、従来以上に形状の違いや変化
を知る観察法として応用できる。また、多数の資料を
解析することで、形状の近似性を視覚的、数量的に把
握することも用途として大きい。偏差解析の誤差や
表面定義の検証で用いた偏差ヒストグラムは、資料表
面に定義した全表面積に対して偏差毎の該当面積を表
したグラフである。本稿では深く触れてはいないが、
資料間での形状の一致率を示すことも将来的に可能か
もしれない。アイヌ民族資料の中には宝刀などで見ら
れるように、全体形状に近い資料や近い形状の装飾を
付す資料が知られる。こうした背景には、規格や模倣
など製作に関する規則の存在が予想されるものの、資
料から具体的な情報を得ることが困難であった。形状
の近似性を視覚的、数量的に把握可能な偏差解析は現
状の調査の精度向上へ寄与できると予想する。

資料保存の上でも状態診断への活用が見込まれる。
資料の状態診断を定期的に行う中で、過去のデータと
の偏差解析を行うことで、形状の経年変化が把握でき
る。劣化の初期段階での発見など、資料の損傷を最小
限に留めるための診断が従来以上に可能となるだろ
う。偏差解析は、具体的で視覚的な観察を提供する観
察法として応用可能と言える。

4. まとめ

アイヌ民族資料の形状比較・形状差を観察する方
法として、X線 CT による偏差解析の応用について検証
した。実資料による調査から次の結果を得た。

偏差解析について、解析誤差は± 0.1mm 程であり
誤差は無視できる程度であることがわかった。また、
解析を行う CT データは資料表面を基準に表面定義を
設定すると良く、偏差解析で CT データを変換した三
次元データを用いる際は、空間分解能と同様の値で解
像度を設定することが要点であった。ただし、表面の
微細箇所が表現しきれない場合もある点に注意を要す
る。偏差解析の効果として、資料全体の形状を概的に
に比較し把握する効果が高いことが明らかになった。
また、三次元データを併用することで形状差の詳細を
知る効果的な観察が可能なことも明確にした。ただ
し、表面に付す模様など細部の観察については、整形
や加工された面が近似した形状でなければ困難であ
った。細部の観察を補う表示方法として、一方のデー
タを半透明にした積層画像も利用できるとわかった。

偏差解析の用途について、形状比較と形状差の採寸
が可能なことから、形態分類や形状変化の観察に効果
を發揮することが予想できる。資料の構成部材間の形
状差把握も可能なため、従来以上に形状の違いや変化
を知る観察法としての応用が期待できる。また、多数
の近似した資料の解析を通じて、形状の酷似性を視覚
的、数量的に把握することが可能となる。アイヌ民族
資料の中には近似する形状の資料があることも知られ
ており、規格や模倣などの製作の規則に関する調査に
資する用途が期待できる。そして、資料保存の上でも
、形状の経年変化の把握から、劣化を初期段階で発
見する診断が従来以上に高精度で可能になることが見
込める。

本検証にて、CT による偏差解析はアイヌ民族資料
へ応用でき、従来以上に具体的で視覚的な観察が可能
な結果を得た。アイヌ民族資料を含めた文化財の CT
の利用例は増加しており、断層観察に加えたデータ間
の比較、より変化を捉える解析技法の利用例も増える
ことが予想される。偏差解析は、アイヌ民族資料をよ
り詳しく知る上で CT データでの観察幅を広げる一つ
の方法と言えるであろう。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 23H00024 「文化遺産アセッ
トの効率的利活用を目指したミュージアム DX 技術の
開発（研究代表者：和田浩）」、国立アイヌ民族博物館
令和 6 年度調査研究プロジェクト 2024A01 「アイヌ

民族資料の科学的保存に関する臨床的研究」の助成による成果である。

注

- 1) 偏差解析はCTデータや三次元データを積層させて形状比較をし、その形状差を偏差として数量的に捉え、三次元モデル上に色で分布する解析法である。結果はカラー表示が可能であるが、印刷の関係上、本稿では検証で得た偏差解析結果をモノクロ表示とした。ただし、図1、図10、図11のみ口絵にてカラー画像を提示している。
- 2) CTデータに発生する線状や霧状のノイズのことを示す。
- 3) 表中のプロジェクション数は資料測定時の1回転あたりの分割撮影数を示す。インテグレーションタイムは検出器がX線を検出している時間を表す。
- 4) 見分けられる2点間の最小距離を表す。値が小さいほど細部まで画像上で区別できる。

参考文献

- 大江克己、是澤櫻子、藪中剛司
2024 「重要文化財 白長覆輪太刀の科学分析」『文化財保存修復学会第46回大会研究発表要旨集』174-175.
- 大江克己、竹内隼人、八幡巴絵
2024 「X線CTを応用した形状偏差解析の有効性」『日本文化財科学会第41回大会研究発表要旨集』212-213.
- 大江克己、竹内隼人、八幡巴絵
2023 「X線CTによる細長形のアイヌ民族資料の測定と形状計測」『北海道民族学』19:1-13.
- 大江克己、古田嶋智子、北嶋由紀、八幡巴絵、中井貴規
2022 「平面形のアイヌ民族資料を対象としたX線CTによる構造調査の有効性-樹皮衣・木綿衣・ござを中心として-」『北海道民族学』18:1-12.
- 加藤和歳
2014 「博物館におけるX線CTスキャナを利用した研究の課題と展望」『九州歴史資料館研究論集』39:65-80.
- 楠井隆志
2020 「制作工程の概要」奈良大学、九州国立博物館、東京国立博物館(編)『興福寺乾漆像の研究-X線CTスキャナによる構造解析-』奈良大学、奈良、9-10.
- 佐藤充男
2016 「産業用X線CTデータ解析の現状と今後の展望」『精密工学会誌』82(6):529-532.
- 山口隆介、鳥越俊行
2018 「雲中供養菩薩像(南十四号)のX線CTスキャン調査報告」『鳳翔学叢』14:35-47.
- 山本紘司、水野和康、鳥津達哉、依田康宏、児玉英也
2015 「X線CTによる寸法および形状測定誤差の評価」『あいち産業科学技術総合センター研究報告』48-49.
- National Museum of Korea
2020 The Science of Light, Revealing the Secrets of Cultural Properties. National Museum of Korea, Seoul.
- Young Hoon Jo, Seohyeon Kim, Seoyeong Son, Jung II Song, Hong In Gwak.
2023 A Study on Conservational Scientific Application of Image Analysis and Modeling Technologies of X-ray CT. 2023 International Symposium on Conservation of East Asian Cultural Heritage in Sapporo. 67-68.