

遺跡発掘による出土遺物の計測・整理・デジタルアーカイブの研究開発 (122302003)

Research and development of measurement, organizing, and digital archive of relics excavated by archaeological

研究代表者

土井 章男 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

Akio Doi Iwate Prefectural University Faculty of Software and Information Science

研究分担者

高橋 弘毅[†] 加藤 徹[†]

Hiroki Takahashi[†] Toru Kato[†]

[†]岩手県立大学 先端可視化研究所

[†]Iwate Prefectural University Advanced Visualization Laboratory

研究期間 平成 24 年度～平成 25 年度

概要

本研究では、土器、土偶などの出土遺物を産業用 CT 装置を用いて、デジタル化 (3 次元画像として、3 次元モデル化) することで、正確な計測や複製品 (レプリカ) の作成が可能となった。例えば、表面がもろくなって、壊れやすくなった土器、土偶に対して、産業用 CT 装置と 3D プリンタを組み合わせることで、そのレプリカをより正確に、かつ短時間で作製可能となった。また、縄文、弥生、奈良、平安時代の土器類に対して、厚み、体積、密度を計測した結果、時代と共に厚みと密度の減少が観察された。

1. まえがき

従来の計測は、レーザーや触診式で行なっていたため、複雑な表面形状、内部形状、体積を計測するのが困難であった。本研究では、産業用 CT 装置を用いて、土器、土偶などの出土遺物をデジタル化 (3 次元画像として、3 次元モデル化) することで、正確な計測や複製品 (レプリカ) の作成が可能となった。CT 装置で計測されたスライス画像群は、内部や厚みの情報を含んでおり、体積の計測も容易である。図 1 は、計測に使用した産業用 CT 装置 (YXLON (左)、ZEISS 社 (右)) である。



図 1 産業用 CT 装置

器は 2~4 点ずつ梱包して、CT 装置の測定範囲内に入るものはそのまま計測し、梱包材の部分は画素値のしきい値判定で取り除いた。



図 2 梱包したままの計測とサーフェス表示

2. 研究開発内容及び成果

産業用 CT 装置は、ターンテーブルで計測するため、装置の範囲内に土器が収まる限り、まとめて計測することが可能である。産業用 CT 装置により計測されたスライス画像群は、BMP、RAW、DICOM などの画像フォーマットで出力される。本測定方式は、装置の範囲と土器の大きさに依存するため、小さな土器はまとめて計測し、計測した 3 次元画像に対して、対話的に分割・整理すると効率が良い。また、まとめて計測すれば梱包を解く必要もなく、計測時に土器を壊す危険も回避できる (図 2)。このように、土器などの壊れやすい形状において、まとめて計測可能な点は、レーザー計測に比べて有利である。スライス画像群からサーフェスモデル構築までは、3 次元画像処理ソフトウェア Volume Extractor を用いた。本ソフトウェアでは、3 次元画像の対話的な画像編集、可視化、面積・体積などの計測、3D プリンタ用のモデル作成が可能である。各土

平成 24 年度に測定した計測データは、土器類 16 点、土偶 2 点、瓦類 2 点であった。また、自動配置アルゴリズム評価用として、同型の花びん 4 個に対して、正常な花瓶、割れ方を徐々に大きくした花瓶 3 点の合計 4 点を計測した。図 3 は、岩手県内で発掘された縄文晩期の壺型土器の実物である。これらは、平成 4、5 年度発掘調査で発掘された上平遺跡物例である。



図 3 縄文土器

平成 25 年度は、平安土器、縄文土器を含む土器坏 (15 点)、須恵器 (2 点)、壺 (2 点)、容器 (2 点)、皿 (1 点) を計測した (表 4、表 5)。遺跡物の提供には、盛岡市遺跡の学び館、滝沢村埋蔵文化財センター、兵庫県立考古博物館

の協力を得た。図4は、岩手県内で発掘された平安時代の宮沢あかやき土器高台付坏(左)と本宮熊堂あかやき土器坏(右)である。計測対象の選択は、盛岡市遺跡の学び館、滝沢村埋蔵文化財センター、兵庫県立考古博物館と相談しながら、決定した。

CT計測した3次元画像から土器の体積を算出した。計算方法は、各土器の含まれる画素数を計測し、その画素(ボクセル)の体積を乗算している。さらに各土器の重さは電子はかりを用いて計測し、各土器の密度を計算した。その結果、年代が新しくなるにつれ、密度は減少傾向にあった。但し、縄文晩期～弥生にかけては増加しているが、その理由として、弥生時代の土器が岩手県滝沢市の少数の土器であるため、データに偏りがあると思われる。また、粗製土器から精製土器への変遷により、土器の密度が減少する傾向も確認出来た。全体の流れとしては、徐々に製法が確立していき、土器の混和材が減少し、密度も減少していったと考えられる。



図4 岩手県内で発掘された平安土器

表1は、平成24年度および25年度に計測した土器に対して、年代別に分けて、密度平均を取ったものである。年代が古いほど平均密度が大きくなっている。図5は、年代別に密度と厚みの関係をグラフ化したものである。サンプルの数が少ないため、十分な精度を上げることは困難であるが、今回、計測した弥生時代の土器は厚みに差が大きく、平安時代になるにつれて、差が小さくなっているのが観察された。また、年代が新しくなるにつれて、土器の厚みは小さくなっていくのが観察された。

表1 時代別の密度平均

時代別	記号	個数	密度平均 (g/cm ³)
縄文時代-中期	JM-MID	3	2.056
縄文時代-後期	JM-Last	6	1.848
弥生時代	Yayoi	6	1.921
奈良時代	Nara	3	1.832
平安時代	Heian	20	1.769

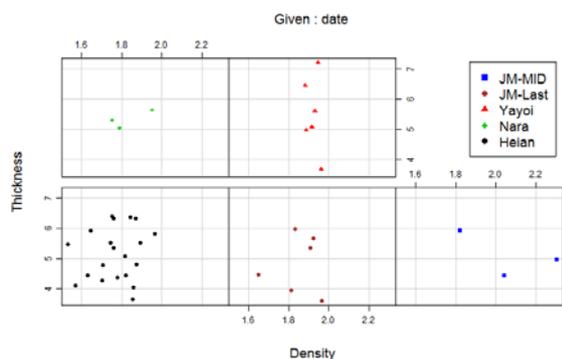


図5 密度と厚みの関係(年代別)

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究では、カメラによる撮影とCT装置による計測により、各遺跡物の表面および内部情報を保存しており、それらは完全な3次元情報であるため、様々な応用が考えられる。従来、3次元画像は、2次元画像に比べて、データ量が膨大であったことや、計測装置の性能が十分でなかったため、あまり有効に使用されていなかった。昨今、計算機、オペレーションシステム、計測装置の性能向上により、扱える3次元画像の容量は格段に増加しており、その中に含まれる情報も非常に膨大である。そのため、考古学など他の学問分野において、新しい発見を導き出せる可能性がある。さらに構築したデータベース利用には、「3Dプリンタによる精巧なレプリカモデル(図6)」、「土器の3次元パズル」などの商品製作が挙げられる。



図6 3Dプリンタによるレプリカモデル

4. むすび

本研究では、産業用CT装置を用いて、土器、土偶などの出土遺物をデジタル化(3次元画像として、3次元モデル化)することで、正確な計測や複製品(レプリカ)の作成が可能となった。さらに土器欠片から、CT計測から自動的に配置するまでの過程を検証しながら、土器片の構築アルゴリズムを検討した。土器欠片は、3次元画像から、等値面生成手法により、正面領域形状ポリゴンと側面領域ポリゴンを生成した。

収集した遺跡物は、岩手県立大学先端可視化研究所のWEBサイトにおいて公開している。従来の遺跡物のWEB公開は、写真やテキストや画像(2次元画像)とポリゴン形状(VRML表示など)が中心であった。本研究では、各遺跡物を3次元画像として保存しており、3次元画像の公開も行っている。3次元画像には、従来の2次元画像情報に比べて、様々な3次元情報を持っているため、考古学など他の学問分野にも利用可能である。

【誌上发表リスト】

- [1] A. Doi, T. Kato, and H. Takahashi, "Measurement of Density and Granularity of Archeological Artifacts using Industrial Computed Tomography", IEEE iCAST2013, Aizu, Japan, 2013.
- [2] A. Doi, H. Takahashi, B. Syuto, M. Katayama, H. Nagashima, M. Okumura, "Tailor-Made Plate Design and Manufacturing System for Treating Bone Fractures in Small Animals", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 17, No. 4, pp. 588-597, 2013.
- [3] A. Doi, H. Takahashi, T. Kato, T. Mawatari, and S. Ichinohe, "Design of tailor-made hip-joint implants and the stress analysis", The 12th Asian Symposium on Visualization (ASV12), pp. 215-216(ext. abstract), ASV12-137(DVD), Taiwan, ROC, 2013.

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://advancedvislab.com>