

## 2次元パネルに基づく土器片組み立て支援システム 構築手法に関する研究

### 概要

遺物の一種である土器は多くの場合、砕けた状態で遺跡から出土する。土器の破片は土器片と呼ばれ、土器片は接合することによって元の器の形へと復元される。一般に出土した土器の分類、組み立て、復元の工程は手作業で行われている。また、組み立て作業は試行錯誤を伴うため、土器片の汚損や破損のリスクが高まる。そのため、出土した土器片は歴史的、文化的に価値が高いものであると判明した場合は、破損を回避するため、土器片は復元作業を行わずに保存されることもある。しかし、可視化による仮説形成や文化財の保存と公開のために遺物の復元が必要な場合もある。近年、計算機を使用した土器片の組み立てを支援する技術の開発が期待されている。計算機を用いた土器片の組み立てに関する従来研究は、すべてのマッチング工程の自動化を目指す研究とユーザとのインタラクティブな組み立て作業の支援を目指す研究とに大別できる。本研究は後者の立場で、出土した土器片の組み立て情報をコンピュータ上で可視化してユーザに提示するシステム向けの要素技術開発と、システム構築を行っている。

土器の組み立てに類似する作業としてジグソーパズルが挙げられる。土器復元とジグソーパズルは、ばらばらの状態のピースをつなぎ合わせ、一つのを組み立てるという点で共通している。ジグソーパズルの組み立ての手順では、最初に枠の部分を組み立て、その後、内部の隣接ピースを組み合わせると容易に組み立て可能である。このジグソーパズルのセオリーを土器復元に応用した場合、土器の口縁部が重要となる。口縁部は土器の縁であり、口縁部を含む土器片は形状から判断可能である。口縁部を含む土器片は、ジグソーパズルにおける枠のピースに相当することから、

ジグソーパズルの枠を構成するピースと同様に、比較的組み立てが容易な部位である。よって土器復元では、口縁部を組み立てた後で他の土器片との組み立てを行うのが有効な手順である。また、ピース輪郭の形状及びピース上の色や柄などの特徴を利用して組み立てるのが一般的である。それと同様に、土器片データ表面の文様や、輪郭線の形状をユーザに提示して土器片を組み立てることも可能である。専門知識を持つ人が、効率的に土器復元することを目的として、本研究ではユーザがパズル感覚でデータを操作する土器片組み立て支援システムを提案する。

本研究は、土器片を計測して得られた点群データ、ポリゴンデータおよび画像データから、ジグソーパズルのピースに相当する素材を生成し、ユーザがパズル感覚で思考できるような機能をいくつか提供する。ユーザは定められた手順に従って操作することによって、土器片データを隣接させていくというアプローチを採用する。本システムでは、ユーザがパズル感覚でデータを操作するため、試行錯誤を含んだ組み立てを支援するシステム実現できることが特徴である。本システムでは、次に示すような流れで、インタラクティブに土器の組み立てを行うことができる。まず、3次元計測器で測定した土器片の点群データを入力とする。すべての土器片の点群データを、ディスプレイ上に2次的に配置する。次に、ユーザは口縁部と思われる土器片の点群データに手でラベルを貼り付け、システムは、貼り付けられたラベルを参照して、口縁部を含む土器片の点群データをディスプレイ上部に並べ替える。そして、土器片の表面を表す計測点群を解析して、輪郭線情報と表面の文様の抽出を行う。抽出した輪郭線情報と文様を土器復元インタフェースに入力する。また、入力された輪郭線情報と文様に基づいて、システムが対象となる土器片の隣接候補を示す。ユーザが隣接候補から最も正しいピースを選択して、対象となる土器片に隣接できるように、平面上で平行移動と回転移動させる。システムが隣接された土器片の輪郭線同士を分割線ペアとして登録する。さらに、より正確な復元情報を作成するため、システムが2つの土器片をグループ化する。最後に、ユーザが取り出した

隣接土器片を用いて分割線ペアと文様に基づいて、2つの土器片のマッチングと空間姿勢最適化を行う。

本手法の有効性を確認するため、まず、検証に用いた実行環境について述べる。次に、資料や写真などの付加的な画像情報がない場合を想定して、点群データのみを用いて、復元が可能であるかを検証した。その結果、口縁部を含む土器片をユーザはすべて発見し、部分的には、復元情報を生成することができた。また、ユーザが発見した隣接土器片を用いて、3次元マッチングを行い、輪郭線の形状をより正確に表現することができた。本研究では、試行錯誤を含んだ土器片組み立て支援システムを実現した。本システムで仮想的に土器片を組み立てた後、ユーザは復元情報を利用して実物を組み立てることができることを検証し、提案手法の有効性を確認した。