

縄文土器における修復部位検出のための点群セグメンテーション手法の検討

南雲彩花・市川健太・宮尾亨・藤田晴啓・板垣正敏・河野一隆

概要

近年の目覚ましい 3D コンピュータグラフィックス技術向上などの影響を受け、文化財を 3D データ化する動きが始まっている。容易に触れられない文化財を様々な角度から観察可能になること、これを解析対象とし新たな知見を得られる可能性があること、など様々な利点が挙げられる。ただし、文化財は必ずしも往時の姿を保っているとは限らない。例えば縄文土器の場合、大多数が割れた状態で発掘され、更に部分的に失われていることは珍しくない。このような土器の破片を専門家が緻密に修復し、数多の知見が得られてきた。

その一方で、修復後にスキャンした縄文土器の 3D データは、修復部位が解析を阻害してしまう場合もある。修復部位には本来の縄文土器とは本質的に無関係な情報も含まれる可能性があるため、区別して分析することが望ましい。しかし、修復後に 3D スキャンされた縄文土器の修復部位は、専門家による目視では瞭然に区別可能でも、数値データ上では区別されていない状態である。人間が個別に目視によって確認しながら、修復部位を数値データ上でも区別可能な形式へ 3D データを編集していく作業は非常に労力が大きい。

本稿の最終目的は、縄文土器の 3D データ上で修復部位を区別可能な形式とし解析時における影響を低減するための、本来の縄文土器の部位と修復部位を区分（セグメンテーション）する作業において、部分的に自動化し人間の労力を削減することである。

3D データの形式は、色情報 RGB を付加した PointCloud（点群）とする。点群セグメンテーション手法として、今回はクラスタリングアルゴリズムを検討した。最終的には縄文土器の部位と修復部位の 2 集団（2 クラスター）へ区分するが、それぞれの部位が混在すると人手による選別作業の負荷が大きく増加する。そのため、まずは混在しないよう多数のクラスターへ分割してから、順次統合していく手法を検討した。

最初にクラスタリングアルゴリズムとして著名な k-means を検討したが、修復部位と本来の縄文土器の部位が混在する傾向が見られた。k-means はクラスターの大きさが不均一である場合には向いていないため、1 つの縄文土器内で各部位（破片）の大きさが不均一であると、混在するクラスターが生成されやすいと考えられた。

クラスターの大きさが不均一でも対応可能、かつメモリ効率が良好なクラスタリング手法として、Topological Mode Analysis Tool (ToMATo) の利用を検討した。初期のクラスター数は細かく分割されるが、クラスター数の上限を設定することで近いクラスター同士が自動的に統合される。これにより、k-means よりも少ないクラスター数で修復部位を区別でき、人手による修正作業に掛かる労力が削減できる可能性あると見られる。

今後の課題として、k-means, ToMATo, 他のクラスタリングアルゴリズムを比較するための指標を検討する。また、様々な形態の縄文土器 3D データへ適用した場合でも、このアルゴリズムによって修復部位を区別できるか、現実的な人手で統合ならびに修正が可能なクラスター数であるか、有効性を評価する方法を検討する。