

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02945

研究課題名(和文) 複数遺跡から出土した遺物の関係性調査のための遺物組み立て・解析支援技術開発

研究課題名(英文) Assembly and analysis method of cultural assets for investigation of relationship between adjacent remains

研究代表者

今野 晃市 (KONNO, KOUICHI)

岩手大学・理工学部・教授

研究者番号：90333476

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,050,000円

研究成果の概要(和文)：本課題は、遺物(石器や土器)の計測点群から表面情報が完全な形状モデルを生成し、そのモデルを中核とした、コンピュータによる考古学支援技術を確立することが目的である。そのため、計測点群を扱うための(1)点群穴埋め自動化、(2)石器接合資料複数同時生成法、(3)遺物(土器)表面模様解析の3つの手法を開発した。また、それぞれの成果は、学術雑誌等で発表した。

研究成果の概要(英文)：In this study, some application technology which aids the process in record of archaeological objects, are developed with a computer. Our method firstly constructs complete surface model of the cultural assets measured by a 3D scanner. With the surface model represented by a point cloud, a method of generating joining materials and developing surface of jomon vessel are studied. These methods are published as journal papers.

研究分野：情報工学

キーワード：情報システム 情報考古学 3次元計測

1. 研究開始当初の背景

遺物(石器や土器など)は、それらが出土した遺跡単位での復元が行われる。しかし、復元のための全ての破片がその遺跡から出土するとは限らない。また、遺物整理の過程で、別のグループに分類されてしまうことで、復元作業中に破片を見落とすこともある。よって、完全に復元できていない場合、復元作業をやめるべきか否かが不透明なため、復元作業を終了するタイミングを計るのは非常に困難である。また、近隣遺跡から出土した遺物との関係を調査することは、遺跡間の交流や古代人の行動解析の根拠として、学術的にも有益であるが、行政区域の違いや予算、納期などの関係で調査は進まないことが多い。ゆえに、意図的に実施しない限り遺跡間の関係を見出し、古代人の生活や行動パターンを調査することは、非常に困難な課題となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、遺物計測に特化した多方向大量同時計測システムで計測した点群から、表面情報が完全な(欠落のない)形状モデルを生成し、そのモデルを中核とした、コンピュータによる考古学支援技術確立することである。これにより、客観的かつ定量的な遺物評価を可能とし、従来の手作業による方法では得られなかった新たな知見を獲得することが目標となる。具体的には、下記の3つのテーマを実施する。

- (1) 多方向大量同時計測システム高度化
- (2) 石器接合資料複数同時生成法
- (3) 遺物表面模様解析

3. 研究の方法

- (1) 多方向大量同時計測システム高度化
点群穴埋め自動化

本課題では、多方向大量同時計測システムで計測した3次元座標点群を解析して、欠損部分を穴埋めするための点群を生成する手法を開発する。詳細は、[雑誌論文, 学会発表,]にて公開された。

- (2) 石器接合資料複数同時生成法
マッチング評価を考慮した点群軽量化

本課題では、(2)- で実施する手法の準備として、マッチング評価方法を取り入れた計測点群軽量化手法を開発する。詳細は、[雑誌論文,]にて公開された。

複数接合資料混在マッチング

本課題では、石核が混在した状況を想定して、これらが混在しているときに複数の接合資料を同時に生成する手法を開発する。詳細は、[雑誌論文, 学会発表,]にて公開された。

- (3) 遺物表面模様解析

土器形状近似による表面解析

本課題では、(3)- で実施する手法の準備

として、計測点群の表面を解析し、文様の抽出手法を開発する。詳細は、[学会発表,]にて公開された。

点群の直接展開と模様可視化

本課題では、計測点群の表面を複数の線織面で近似し、線織面を2次元平面上に展開することによって、形状表面の模様を俯瞰できるシステムを開発する。詳細は、[雑誌論文, 学会発表,]にて公開された。

4. 研究成果

- (1) 多方向大量同時計測システム高度化
点群穴埋め自動化

代表者ら開発している多方向大量同時計測システムで計測した点群は、計測対象の凹凸によっては、欠損が生じる。本課題では、欠損の内側に計測形状が島のように存在する状況を想定して、欠損部分を補間する適切な形状を生成する手法を提案した。図1に、適用例を示す。図1(a)の白くなっている部分が欠損を表している。欠損の内側に島状の形状があるが、その部分は計測されていることを表している。本手法では、欠損の内側に島状に形状が存在する場合でも、形状を補間できることが特徴である。図1(b)には補間後の形状を示す。また、欠損形状は多岐に渡るため、より複雑な形状へ適用できるように、引き続きアルゴリズムを拡張する。

- (2) 石器接合資料複数同時生成法

マッチング評価を考慮した点群軽量化

本テーマでは、(2)- で実施するマッチング手法の前処理として、高密度の点群を曲率に基づいて削除することで、形状を維持しながら形状モデルを軽量化する手法を提案した。軽量化形状は、曲率の大きい部分の点密度は高く、曲率の小さい部分の点密度は低くなるように処理される。よって、図2に示すように、稜線近傍の点密度は高くなり、剥離面の内側の点密度は低くなる。この性質を利用して剥離面を抽出し、(2)- の処理を行う。剥離面のマッチング精度を高めるため、マッチング手法と同一のアルゴリズムを導入した、点削除のための評価方法も合わせて提案した。

複数接合資料混在マッチング

複数の石核を含む石器から、接合資料を生成するための隣接片探索手法を提案した。一般に、接合資料を生成するときには、色や材質などで分類されたグループ内に、接合可能な石器が存在するかどうかを試行錯誤しながら探索する。このとき、グループ内には、同一の接合資料を構成する石器以外の石器も存在する。このような状況を想定して、本手法では、複数の接合資料を構成する石器が混在している状況において、意図する接合資料が作成できるかどうかを検証した。その結果、(2)- を前処理とすることで、石器軽量化における形状特徴の保持精度が向上したため、隣接片の探索精度も向上させること

ができた．例えば，図3 (a) は43個の石器を示している．四角で囲ってある1番と20番のものが石核を表している．提案手法によって，図3 (b) のような接合資料を同時に生成することができた．今後は，扱える石器数を増やし，頑健性を向上する予定である．

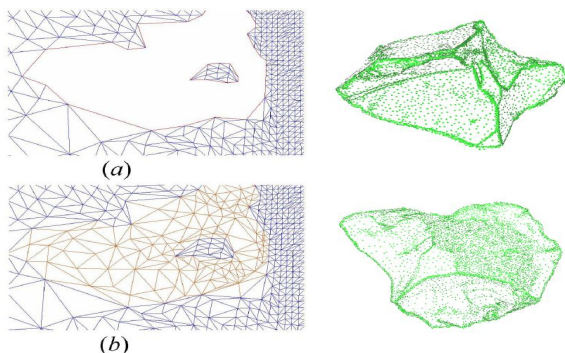


図1 穴埋めの適用例 図2 軽量化適用例

(3) 遺物表面模様解析

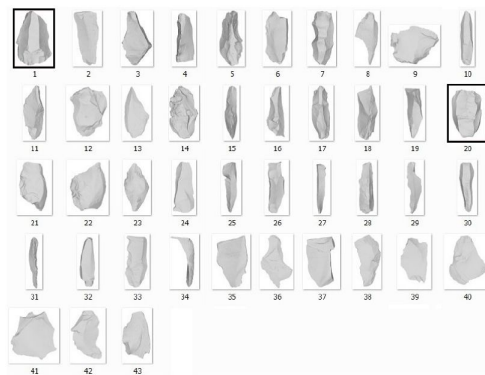
土器形状近似による表面解析

本テーマでは，(3)- で利用するため，土器表面を2次曲面で近似し曲面表現から中心軸を抽出する手法を実装した．この手法は，代表者らが別途開発したアルゴリズムに基づくものである．表面形状を定式化するため，導出した中心軸を法線ベクトルとする平面で，土器表面を切断した断面に基づき，各断面を2次曲線で近似する手法を提案した．2次曲線と表面の距離を可視化することによって，形状表面と表面に施されている文様を分離する．本課題では，形状表面と近似曲線との距離の可視化までを実施した．図4に可視化結果の例を示す．赤に近いほど外側に凸形状であり，青に近いほど内側に凸である．緑は，表面上に近い点であることを表している．表面の文様の分離手法については引き続き研究を実施する予定である．

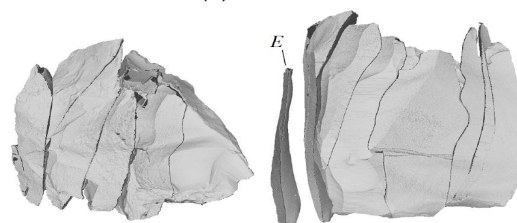
点群の直接展開と模様可視化

計測した点群を三角メッシュ等に変換せずに，点群のまま直接展開できる手法を提案した．任意の3次元モデルを2次元平面上に歪みなく展開することは困難であるため，点群の表面を複数の線織面で近似し，線織面上に射影した点群を，展開することで擬似的に歪みを抑制した．図5に実行結果を示す．図5の上図は，土器を計測した点群である．赤線は展開の中心線を示している．図5の下図は，展開した結果である．赤線の長さを保存し，形状が直線になるように展開する．本手法では，赤線の近傍は形状の歪みが少なく，両脇に行くほどゆがみは大きくなる特徴がある．本手法は，インタラクティブな手法であり，見たい場所を展開画像の中央付近に回転移動することで，歪みのない展開画像を可視化することが可能となる．今後は，展開された形状に高さ情報を追加して，文様を強調表示しながら可視化できるように手法を拡

張する．



(a)



(b)

図3 接合資料生成例

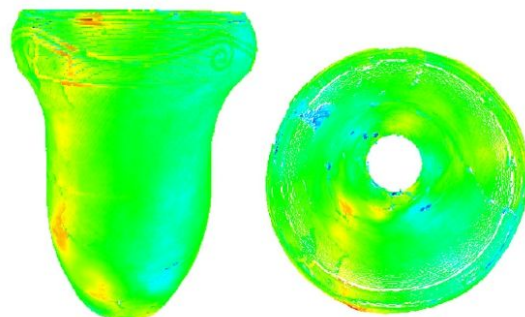


図4 2次曲面と点群の距離可視化例

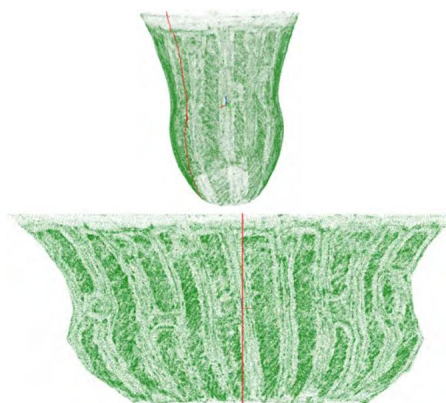


図5 土器の計測点群と展開例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

X. Yang, K. Matsuyama, K. Konno: A New

Method of Refitting Mixture Lithic Materials by Geometric Matching of Flake Surfaces, The Journal of Art and Science, Vol.15, No. 4, pp.167-176, 2016, NICOGRAPH 2016 優秀論文賞授賞, 査読有,

(PDF:<http://www.art-science.org/journal/v15n4/v15n4pp167/artsci-v15n4pp167.pdf>)

Z. Wang, K. Matsuyama, K. Konno: Unfolding a Point Cloud on Relic's Surface for Surface Pattern Visualization, The Journal of Art and Science, Vol.15, No. 2, pp.32-42, 2016, 査読有

(PDF:<http://www.art-science.org/journal/v15n2/v15n2pp32/artsci-v15n2pp32.pdf>)

X. Yang, K. Matsuyama, K. Konno, Y. Tokuyama: A Feature Preserving Simplification of Point Cloud by Using Clustering Approach Based on Mean Curvature, The Journal of Art and Science, Vol.14, No.4, pp.117-128, 2015, 査読有

(PDF:<http://www.art-science.org/journal/v14n4/v14n4pp117/artsci-v14n4pp117.pdf>)

E. Altantsetseg, K. Matsuyama, and K. Konno: Minimum Surface Area Based Complex Hole Filling Algorithm of 3D Mesh, The Journal of Art and Science, Vol.14, No.2, pp.26-35, 2015, 査読有 (PDF:<http://www.art-science.org/journal/v14n2/v14n2pp26/artsci-v14n2pp26.pdf>)

[学会発表](計15件)

K. Konno: An Edge Optimization method Based on Segmented Surfaces of Stone Flakes, IWAIT 2018, 1月7-10日, Imperial Mae Ping Hotel(タイ),(2018).

今野晃市: 領域拡張法に基づく石器剥離面の自動抽出に関する検討, NICOGRAPH 2017, pp.33-40, USB, 11月10--12日, アイーナ 岩手県民情報交流センター, (2017).

K. Konno: Feature Line Extraction of Stone Tool Based on Mahalanobis Distance Metric, NICOGRAPH 2017, pp.9-16, USB, 11月10--12日, アイーナ 岩手県民情報交流センター, (2017).

K. Konno: Analysis and Visualization Instruction by Flake Knapping Sequence for Chipped Stone Tools, NICOGRAPH 2017, pp.1-8, USB, 11月10--12日, アイーナ 岩手県民情報交流センター, (2017),

K. Konno: Pairwise Matching of Stone Tools Based on Flake-Surface Contour

Points and Normals, 15th EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage(GCH) 2017, Sep. 27-29, Graz University of Technology (オーストリア), 2017.

PDF:<http://dx.doi.org/10.2312/gch.20171303>)

K. Konno: A Study of Analytic Method for Distortion of Rotational Shape by Using Elliptic Circularity, NICOGRAPH International 2017, IEEE CPS, pp.49-52, 2017,

(<http://ieeexplore.ieee.org/document/8047392/>)

K. Konno: Complex hole-filling algorithm for 3D models, CGI 2017, Proceedings of the Computer Graphics International Conference, ACM Digital Library, Jun. 27-30, 慶応大(東京), 2017. (DOI:10.1145/3095140.3095150)

K. Konno: Interactive Visualization of Assembly Instruction for Stone Tools Restoration, The 10th IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis2017), ソウル大学(韓国), pp.270-274, 2017.

K. Konno: An Examination of Closed Region Detection by Tracking Edge Features from Measured Point Clouds, IWAIT 2017, CD-ROM, 1月7-9日, ペナン島(マレーシア), (2017).

K. Konno: An evaluation method of unfolding the surface point cloud of relics, 日本情報考古学会第37回大会, 10月8,9日, 土浦市博物館, 2016.

K. Konno: A Study of Feature Line Extraction and Closed Frame Structure of a Stone Tool from Measured Point Cloud, NICOGRAPH International 2016 published by IEEE CPS, Hangzhou Dianzi University (中国), 2016, (<http://ieeexplore.ieee.org/document/7564043/>)

K. Konno: A Method to Construct Frame Structure of Stone Tool from a Point Cloud, NICOGRAPH 2015, 11月6,7日, 大阪大学, (2015).

K. Konno: Unfolding a Point Cloud on Relic's Surface for Surface Pattern Visualization, NICOGRAPH 2015, 優秀論文賞授賞, 11月6,7日, 大阪大学, (2015).

K. Konno: Minimum Surface Area Based Complex Hole Filling Algorithm of 3D Mesh, NICOGRAPH International 2015, 6月13, 14日, CD-ROM, 東京都市大学, (2015).

及川穂: 3D計測技術を用いた考古資料の接合研究, 日本考古学協会第81回総会, 5月24日, 帝京大学, (2015).

〔図書〕(計1件)

横山真,千葉史,今野晃市,村木祐太: 考古遺物のための三次元計測器開発, 季刊考古学, 140号, 雄山閣, pp.30-33, (2017).

〔産業財産権〕

取得状況(計1件)

名称: 閉領域同士の隣接面を探索する探索プログラム及び装置
発明者: 今野晃市, 松山克胤, 千田あゆみ,
権利者: 岩手大学
種類: 特許
番号: 特願2013-231621
取得年月日: 30年3月13日
国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等
<http://gmhost.lk.cis.iwate-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今野 晃市 (KONNO KOUICHI)
岩手大学・理工学部・教授
研究者番号: 90333476

(2) 研究分担者

松山 克胤 (MATSUYAMA KATSUTSUGU)
岩手大学・理工学部・准教授
研究者番号: 80404804

木下 勉 (KINOSHITA TSUTOMU)
東北学院大学・工学部・准教授
研究者番号: 80758095

(3) 連携研究者

及川 穰 (OYOKAWA MINORU)
島根大学・法文学部・准教授
研究者番号: 10409435