

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：34406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K13571

研究課題名（和文）考古学におけるデジタルアーカイブ化のための点群処理技術

研究課題名（英文）Development of point cloud processing technology for digital archeology in archeology

研究代表者

村木 祐太 (Muraki, Yuta)

大阪工業大学・情報科学部・講師

研究者番号：60710077

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、計測点群に対する欠損検出高度化、欠損補間高度化、機械学習を用いたテクスチャ補間、3次元形状生成に関するシステム開発を行った。欠損の検出および補間では、欠損周囲の情報を利用して評価値や重みを決定することで高精度な手法を確立した。また、機械学習を用いた3次元形状生成について取り組み、効果的な学習データについて検証および生成実験を行った。さらに、本研究により生成された3次元形状を通常のディスプレイやVR、MR等のヘッドマウントディスプレイで表示させることで、展示方法に関する検討も実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本システムは、高速かつ高精度な点群処理技術であることに加え、遺物のデジタルアーカイブ化のボトルネックとなるユーザ負担を低減するといった特色がある。これまでユーザが手動で決定していたパラメータを、コンピュータ側で自動決定する仕組みを提案しており、遺物のデジタルアーカイブ化の更なる促進が予想される。また、提案する機械学習を用いた3次元形状生成手法を用いることで、大きな欠損領域に対する補間手法へと応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we have developed a system for advanced defect detection, advanced defect interpolation, texture interpolation using machine learning, and 3D shape generation for measurement points. In defect detection and interpolation, a highly accurate method was established by dynamically determining the evaluation value and the weight from the information around the defect. We also worked on 3D shape generation using machine learning, and conducted verification and generation experiments on effective learning data. Furthermore, we also examined the exhibition method by displaying the three-dimensional shape generated by this research on a normal display or a head-mounted display such as VR or MR.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：三次元計測 デジタルアーカイブ 位置合わせ 欠損検出 欠損補間 機械学習 点群

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

近年、情報機器の発達により様々な技術が考古学に導入されつつある。その技術の一つとして、遺物の 3 次元計測が挙げられる。3 次元計測で得られた計測点群はモデルデータとして構築され、デジタルアーカイブ、博物館でのデジタル展示、レプリカ作成といった様々な領域へと利用される。安価な 3 次元計測機の登場や革新的な情報技術により、遺物のデジタルアーカイブは様々な場所で行われるようになってきているが、発掘作業により出土する遺物の数や、博物館や考古学研究所に貯蔵される遺物の数は膨大であり、デジタル資料となっているのは全体の数%にも満たない現状がある。

デジタルアーカイブ化の利点として、多くのデータを保存して未来へと記録を残す他にも、ビッグデータとして管理・分析することで、新たな発見を期待できるといった点もある。しかしながら、現状は十分な遺物のデジタルアーカイブ化が進んでおらず、ビッグデータとして十分に活用できるまでに至っていない。そこで、遺物のデジタルアーカイブ化の更なる促進が所望される。

遺物の 3 次元計測では、3 次元計測機を利用した光学式センサによる手法と、RGB カメラを使用した SfM(Structure from Motion)による手法がある。遺物のような、対象物が比較的小さい物体に対しては、3 次元的位置を高精度に計測できる 3 次元計測機を利用した 3 次元計測が有効である。

3 次元計測機で得られる計測点群は、一般的に、複数方向からの計測で得られた各計測点群を統合する必要がある。この統合作業は、考古学の現場ではユーザ入力を必要とすることが多く、デジタルアーカイブ化の敷居を上げる要因となっている。さらに、データの正確性を上げるためには計測方向を増やす必要があり、膨大な手間や時間がかかる。加えて、統合後の計測点群には、レーザー光の届かない箇所（オクルージョン）により欠損が多数発生するため、点群の欠損を補間する必要がある。簡易的に点群の欠損を補間するソフトウェアも存在するが、補間により遺物の文様を正確に再現することはできない。

以上のように、専門的な知識や熟練した技術に加えて膨大な時間が必要なことから、デジタルアーカイブ化を導入できない機関も多く存在する。そこで、専門的な知識を必要としない高速な点群処理システムの開発が所望される。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、上述した問題を解決する遺物のデジタルアーカイブ化を促進する点群処理技術を確立することである。具体的には、下記の 3 つのテーマを実施する。

- (1) 計測点群の欠損検出
- (2) 計測点群の欠損補間
- (3) 計測点群のテクスチャ補間

### 3. 研究の方法

#### (1) 計測点群の欠損検出

一般的に計測点群は密度が不均一であることが多く、密度が疎であるのか欠損であるのかを判断するのは困難である。本課題では、密度が疎である領域を欠損可能性領域とし、領域を構成する点群から構成されるベクトルや、領域の形状に基づいた評価値を算出することで、計測点群の点密度に依存しない欠損検出手法を開発する。詳細は、国際学会 WSCG 2017 にて公開された。

#### (2) 計測点群の欠損補間

本課題では、課題(1)で検出した欠損部分に対して補間点を生成する手法を開発する。提案手法では、欠損の輪郭情報を利用し、補間点の精度が高くなるようにリファイン処理を施すことで、欠損を表す輪郭線上で連続かつ高精度な欠損補間を可能にした。詳細は、国際学会 IWAIT 2018 にて公開された。

#### (3) 計測点群のテクスチャ補間

本課題では、課題(2)で開発した点群補間手法を拡張し、補間点に対して色情報を復元する手法を開発する。提案手法では、2 次元画像に対する画像修復技術を応用し、欠損近傍の点群の色情報を用いることで、補間点の色を復元した。

#### (4) 3 次元形状生成およびテクスチャ生成

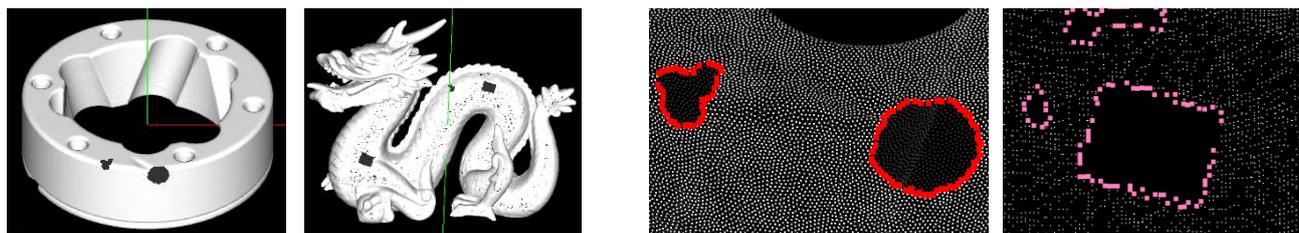
本課題では、機械学習によるテクスチャ生成、3 次元形状生成手法を開発する。敵対的生成ネットワークに基づき、学習データをもとに意図したテクスチャ画像、3 次元形状の生成を可能にした。詳細は、国際学会 GCCE2020, IWAIT2021 にて公開された。

### 4. 研究成果

#### (1) 計測点群の欠損検出

複数方向からの 3 次元計測により取得した計測点群に対して位置合わせをし、これを入力点群とする。一般的に、位置合わせによって得られる点群はオーバーラップする箇所があるため、部分的に疎密の差が生じる場合がある。そこで、点密度が均一、不均一である点群に対し

て本手法を適用し、手法の有用性を検証した。図1(a)(b)は、それぞれ密度が均一、不均一な点群データであり、ユーザ操作により欠損箇所を付与している。図2(a)(b)に、欠損検出結果を示す。欠損可能性領域に対して、領域の形状に着目して評価値を算出することで、密度不均一な点群データに対しても高精度に欠損を検出することが可能となった。



(a) 密度均一 (b) 密度不均一

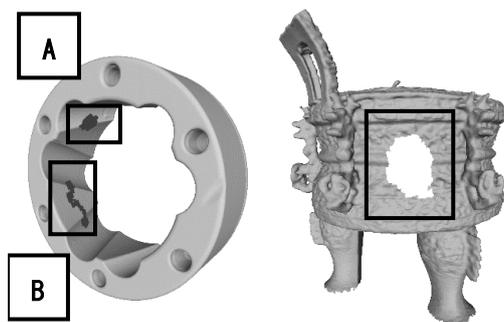
(a) 密度均一 (b) 密度不均一

図1 欠損を含む点群データ

図2 欠損検出結果

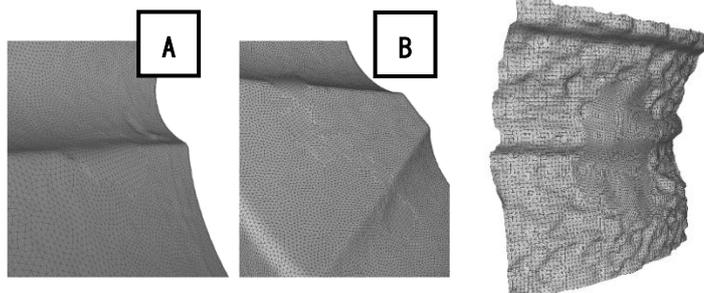
### (2) 計測点群の欠損補間

課題(1)で提案した手法により検出した欠損部分に対して点群の補間をする。図3(a)(b)に示す欠損を含む点群データに対して本手法を適用し、手法の有用性を検証した。図4(a)(b)に、欠損補間結果を示す。同図に示すように、欠損を横切るような文様のある形状の特徴を維持した補間が可能であることが確認できた。今後は、欠損近傍の点が十分に確保できない形状への対応に取り組む予定である。



(a) 機械部品 (b) 青銅器

図3 点群データ



(a) 機械部品

(b) 青銅器

図4 欠損補間結果

### (3) 計測点群のテクスチャ補間

課題(2)で提案した手法により補間した点群に対して色情報の補間をする。図5(a)に示す形状のみを欠損補間した点群データに対して本手法を適用し、手法の有用性を検証した。2次元画像に対する欠損修復技術を応用することで、違和感のない色情報の補間が可能となった。



(a) 点群欠損補間結果

(b) 色情報の補間および付与

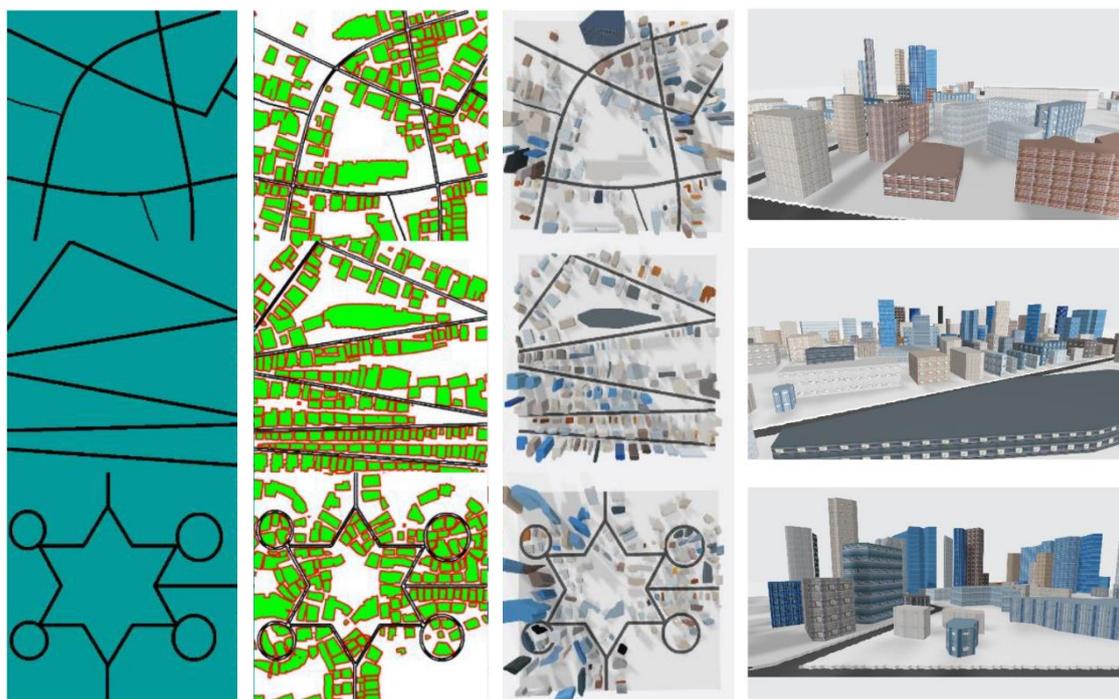
(c) 真値

図5 テクスチャ補間結果

### (4) 3次元形状生成およびテクスチャ生成

本課題では、機械学習による3次元形状生成、テクスチャ画像生成をする。図6(a)に示すユーザが入力した手書きの道路画像に対して本手法を適用し、手法の有用性を検証した。実験では、図6(c)(d)に示すように道路画像から意図した建物の3次元形状を生成できていることが確認できた。僅かなユーザ入力から3次元形状の生成が可能となり、欠損補間手法としての

新たなアプローチとして有用性を確認できた。課題(2)の欠損補間手法で補間できないほど大きな欠損を含む形状に対する手法へと応用する予定である。また、テクスチャ画像に対しても同様に生成可能であることを確認した。



(a) 入力

(b) 仮想地図

(c) 上面図

(d) 描画結果

図6 3次元形状生成結果

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1 . 発表者名 Y. Muraki, K. Nishio, T. Kanaya and K. Kobori
2 . 発表標題 An Automatic Hole Filling Method of Point Cloud for 3D Scanning
3 . 学会等名 WSCG 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Muraki, K. Nishio, T. Kanaya and K. Kobori
2 . 発表標題 A Method of Defect Extraction for Point Clouds
3 . 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yusuke Funabiki, Yuta Muraki and Kenichi Kobori
2 . 発表標題 Automatic Generation of Background Computer Graphics by Deep Learning According to User's Preference
3 . 学会等名 2020 IEEE 9th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yusuke Funabiki, Yuta Muraki and Kenichi Kobori
2 . 発表標題 Automatic Generation of Background Computer Graphics by Two Types of Deep Learning According to User's Preference
3 . 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2021 (国際学会)
4 . 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------