

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：57301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11418

研究課題名（和文）深層学習を用いたコンシューマ向け3Dスキャナーデータの超解像技術の開発

研究課題名（英文）Development of super-resolution method for 3D consumer scanner data using deep learning

研究代表者

手島 裕詞（Teshima, Yuji）

佐世保工業高等専門学校・電子制御工学科・准教授

研究者番号：60387503

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：3次元スキャナーを用いて実物をスキャンする際にデータの欠損（穴やノイズ）が発生することが問題である。本研究の目的は、欠損を含む点群データから高精度なデータを生成（超解像）することである。提案する処理の流れとしては、モルフォロジー演算を用いた欠損検出と深層学習を用いた補間処理、および点群モデルの整形・修正である。実験の結果より提案手法は点群モデルから欠損部分を抽出することができ、点群の整形として強調処理を実現することができた。また、深層学習を用いて基本データの欠損部分を補間することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
スマートフォンやタブレット等の携帯情報端末に搭載されている3次元スキャナーを活用することで、多様かつ先進的アプリケーションの開発が可能となる。本研究ではコンシューマ向けスキャナーで取得した際の点群データの欠損問題に焦点を当てて課題解決に取り組んでおり、その成果はスキャナーの性能向上と直結する。それによってアプリケーション開発の幅を広げることができ、かつ、アプリケーションの質や操作精度を高めることができる。また、本研究では、点群を入力する深層学習も導入しており、今後への継続的かつ発展的取り組みも期待できる。

研究成果の概要（英文）：The problem with using 3D scanners is that the scanned data contains missing data. The purpose of our research is to generate highly accurate point cloud data (super-resolution data) from the one containing defects. The proposed process flow consists of missing data detection using point cloud morphology operations, interpolation using deep learning, and data modification as post-processing. The experimental results show that the proposed method can extract the missing data from the point cloud data and can enhance it as one of the correction methods. In addition, this study showed the possibility of interpolating the missing parts by using deep learning.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：点群 超解像 欠損検出 欠損補間 点群整形

1. 研究開始当初の背景

(1) エンジニアリングや都市デザイン、デジタルアーカイブ等の多くの分野での取り組みにおいて、3次元スキャナーが広く活用されており、設計や都市管理、測量、歴史的構造物保存等の様々な業務の効率化やコスト削減に寄与している。このような取り組みの中で、近年、特に注目を浴びているプロジェクトに消費者向け3次元スキャナーの応用があり、それを用いたスマートフォン用のARアプリケーション開発ツールやVR・MR用の軽量デバイスが普及してきている。

(2) 従来の3次元スキャナーは、高性能なレーザースキャナー型が主流であったため非常に高価であり、使用できるユーザは限定的であった。しかしながら、近年では、消費者向けスキャナーを搭載したスマートフォンやタブレットの普及が着実に進んでおり、それらを活用する先駆的なアプリケーション開発が期待されている。そのような取り組みを加速させるためには、スキャンデータの欠損問題を解決することが効果的であり、スキャナーを用いた仮想空間の構築をはじめ、空間認識の精度が高い拡張現実感や複合現実感等の多様なアプリケーション開発が期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、消費者向け3次元スキャナーで取得した点群データの超解像処理を行うことである。安価な3次元スキャナーを用いて現実空間や既存物体をスキャンする際に、物体の材質やスキャン環境によってはデータの欠損が発生することが問題として挙げられる。そのため本研究では、以下のことに取り組み、欠損を含む点群データから高品位な点群データを生成することとする。

- (1) 点群データに存在している欠損を検出する。
- (2) 深層学習を用いてモデルの欠損部を補間する。
- (3) 後処理として点群の整形、補正処理をする。

3. 研究の方法

(1) 点群の欠損を検出するために、点群モルフォロジーを応用することとした。モルフォロジーを適用することによって生成される点群データに対して、表面情報を分析することで欠損かどうかの判断を行った。図1の黒点は形状を構成する3種類の入力点であり、面を構成する入力点(●)、角を構成する入力点(○)、欠損に隣接する入力点(◇)を表している。本研究では●を抽出することになる。まず、図1の黒線(点の集合)に対してモルフォロジー演算を行うと図1の赤の破線(生成点)が得られる。次に、生成点の状態を評価し欠損を検出する。具体的には2つの評価値(分離度と偏り)を用いた。また、面を構成する入力点(●)を高速に判定するために、点群データをボクセルデータに変換して法線との関係をパターン化した。これを用いてラフ判定を行うことで処理の高速化を実現した。パターンの一部を図2に示す。

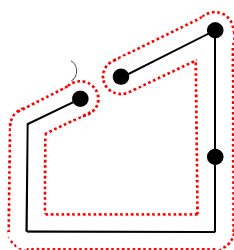


図1 モルフォロジー結果

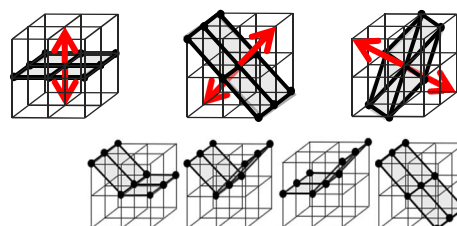


図2 ラフ判定のパターン(一部)

(2) 深層学習を用いた欠損補間の実験を行った。実験にはボクセルモデルと点群モデルを入力するネットワークを用いた。当初はボクセルに変換したデータを用いる予定であったが、点群からボクセルへの変換時の誤差やデータの解像度の問題があったため、ボクセルだけでなく、点群を入力としたネットワークも並行して検証することとした。ボクセルモデルを入力する実験では畳込み層、逆畳込み層を主としたネットワークを構築し、また、点群を入力する実験では、全結合層を主としたネットワークを構築し、データ補間の実験を行った。さらに、追加実験として、点群モデルを分類した後に補間処理を行うことを想定し、PointNet[]を用いたクラス分類について入力点数と分類精度との関係を確認した。

(3) 点群の整形では、モルフォロジー演算を応用して強調を行うこととした。モルフォロジーの結果をもとに強調するためのパラメータを算出し、その値と点群の法線情報を用いて点を移動させることで鮮鋭なモデルに修正した。

4. 研究成果

(1) 点群モルフォロジーを用いた欠損検出実験の結果を図3に示す。欠損部分として検出された点群を赤色で表示している。図3より、欠損部の検出ができていることが確認できる。また、モルフォロジーの構造要素の大きさを変更することにより、検出する欠損のサイズを制御できていることが分かった。

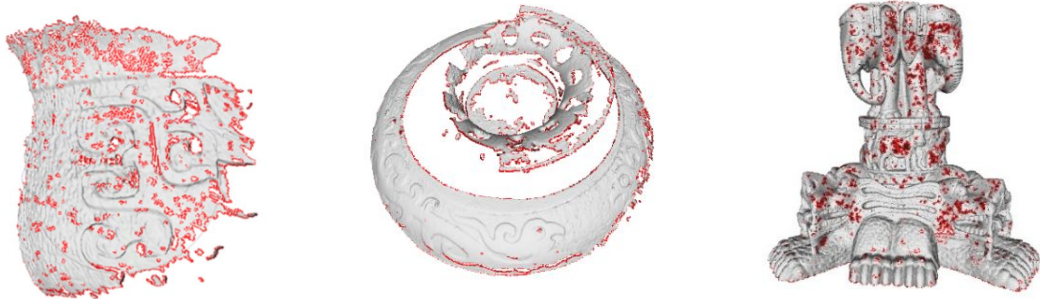


図3 点群モルフォロジーによる欠損検出結果

図4に提案手法と従来法[]の検出結果を示す。また、欠損部を定義したデータを用いた検証実験を行い、再現率、適合率、F値による評価を行った。その結果を表1に示す。図4より、欠損部分との境界点群は提案手法の方が正確に抽出できている。また、表1の結果より提案手法の方が欠損検出の正確性や網羅性が高いことが示されている。図5に処理時間の結果を示す。入力点数が増加するほど提案手法の方が高効率に処理できていることが確認できる。

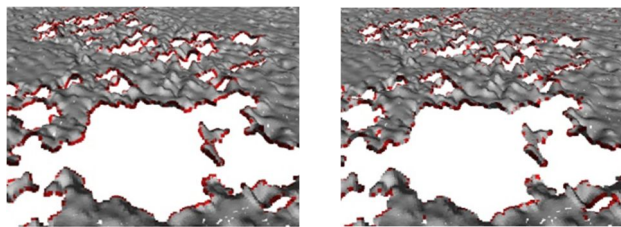


図4 従来法との比較（左図：提案手法 右図：従来手法）

表1 欠損検出の評価値

	再現率	適合率	F 値
提案手法	0.837	0.919	0.876
従来手法	0.779	0.671	0.721
	0.954	0.385	0.548
	0.017	0.947	0.034

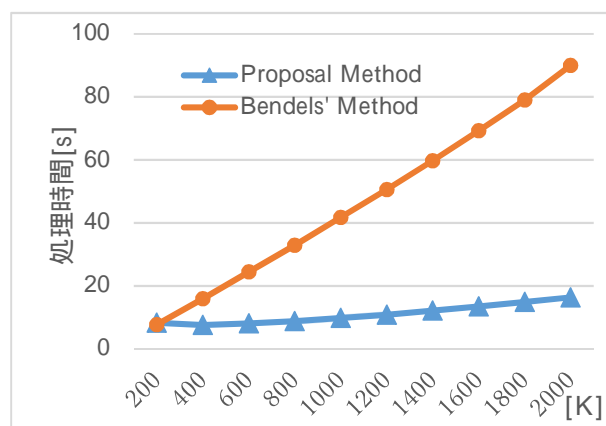


図5 処理時間の比較

(2) 点群データをボクセルデータに変換して、畳込み、逆畳込みを繰り返す深層学習ネットワークを構築し欠損補間の実験を行った。結果を図6に示す。緑のボクセルが欠損の正解データであり、赤と青のボクセルが補間の際のノイズとなる。図6(a), (b)より完全な補間とはなっていないが、おおむね補間ができている。また、図6(c)は、中間層の一部を取り出したものである。欠損近辺にボクセルが存在する出力があり、欠損補間の際の重要なデータになっている可能性がある。今後検証を進めていく予定である。また、全結合層を主としたネットワークにおいて、点群を直接補間した結果を図7に示す。基本的な形状では欠損を補間するような出力が得られた。これらの補間結果をもとに曲面化やポリゴン化による高品位データ生成が期待できるため、引き続き検証を進めていく予定である。

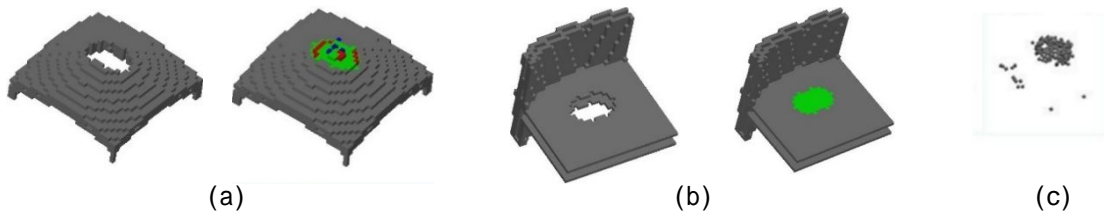


図6 ボクセルデータにおける欠損補間



図7 点群データにおける欠損補間

また, PointNet を用いたクラス分類における入力点数と分類結果について調査をした. その結果を図 8 に示す. 本実験はクラス分けをした後に補間のネットワークを構築することを想定した予備実験となっている. 正答率を維持していくためには, 入力となる低解像度の点群データは少なくとも 1000 点程度が必要と考えられる. クラス分類後の超解像処理については今後の課題としていきたい.

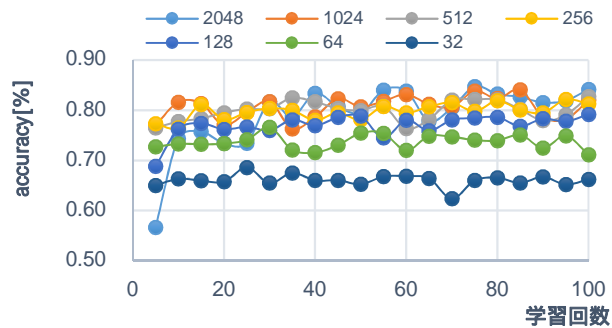


図8 PointNet による分類結果と入力点群数の関係

(3) 点群超解像における後処理として, 点群の整形・修正処理を行った. 本実験では, 細かな先端部分を突出させるモデル強調を目的として実験を行った. その結果を図 9 に示す. モルフォロジーを用いて強調パラメータを算出し, それをもとに先端部分を自動で強調させている. 図 9 の結果より, モデルの先端が強調されていることが確認できる.



図9 強調処理の結果

< 引用文献 >

Qi, Charles R., et al. "Pointnet: Deep learning on point sets for 3d classification and segmentation", Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017

G. H. Bendels, R. Schnabel, and R. Klein: "Detecting Holes in Point Set Surfaces", The Journal of WSCG, Vol.14, pp.89-96 (2006)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 関航平、手島裕詞、志久修、村木祐太、小堀研一
2. 発表標題 点群データの鮮鋭化変形の一手法
3. 学会等名 FIT2018（情報科学技術フォーラム）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日浦法子、手島裕詞、高比良秀彰、志久修、村木祐太、小堀 研一
2. 発表標題 点群データに対する機械学習の一考察
3. 学会等名 電気学会九州支部沖縄支所講演会
4. 発表年 2018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
連携研究者	小堀 研一 (Koboro Ken-ichi) (80234863)	大阪工業大学・情報科学部・教授 (34406)	
連携研究者	志久 修 (Shiku Osamu) (00235516)	佐世保工業高等専門学校・電子制御工学科・教授 (57301)	

6. 研究組織（つづき）

	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
連携研究者	村木 祐太 (Muraki Yuta) (60710077)	大阪工業大学・情報科学部・講師 (34406)	

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