

# 周囲の形状を考慮した点群の欠損補間手法の検討

## A Study of Hole Filling Method of Point Cloud with Considering the Shape of Neighbor

村木 祐太†  
Yuta Muraki

西尾 孝治†  
Koji Nishio

金谷 孝之‡  
Takayuki Kanaya

小堀 研一†  
Ken-ichi Kobori

### 1. まえがき

近年、3次元計測技術の発達により、実物体を3次元計測しPCに点群データとして取り込み、様々なアプリケーションに利用する機会が増えてきている。3次元計測により得られた点群データからメッシュを構築することで、従来ではモデリングにより一から作成していた3次元形状データを、より高速に、リアルに作成することが可能となっている。

3次元計測では、一般的に計測対象物を複数方向から計測し、複数の点群データを位置合わせすることで、計測対象物の全周囲のデータを取得する。しかし、3次元計測で得られる点群データには、オクルージョンおよび計測対象物の材質の影響によるデータの欠損や、ノイズの発生といった多くの問題があり、計測で得られた点群データを編集する必要がある。特に、計測で得られた点群データには、データの欠損が多数含まれるため、欠損を補間する作業には多くの時間を要する。

本論文では、3次元計測で得られた点群データの欠損を補間する手法を提案する。本手法では、周囲の形状特徴や密度を考慮することで、違和感のない点群の欠損補間を実現する。本手法を、比較的安価な市販の3次元計測機で計測された点群データに対して適用し、有効性を証明する。

### 2. 関連研究

点群の欠損補間に関する研究に、Castellamiらの手法がある[1]。Castellamiらの手法では、欠損領域の境界上の頂点同士を結ぶことで欠損領域を補間している。また、Altantsetsegらは、計測点群に対する点群の欠損補間手法を提案した[2]。しかし、文献[1][2]の手法では、平面的な表面形状しか生成できないため、大きな欠損領域に対して補間した場合、違和感のある形状が生成されることが多い。河相らは、エネルギー最小化に基づいた点群の欠損補間手法を提案した[3]。河相らの手法では、欠損領域内の一定範囲内の点群とデータ領域の面を位置合わせし、局所形状に類似するように形状を生成することで、再現度の高い欠損補間を実現している。しかし、3次元空間上で類似箇所を逐次探索するため、計算コストが高いという問題がある。

計算コストと再現性にトレードオフの関係があり、どの手法も一長一短である。本手法では、欠損領域の大きさに応じて欠損補間手法を変えることで、より効率的な欠損の補間を実現する。

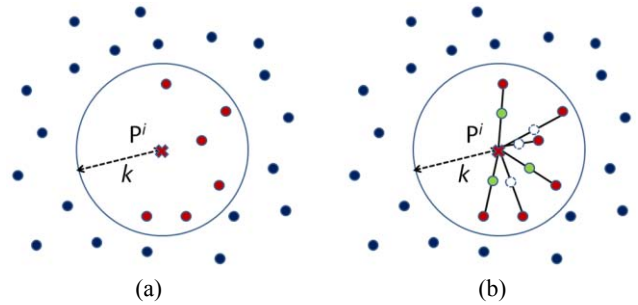


図1 小領域に対する欠損補間

### 3. 点群の欠損補間

本手法では、計算コストを削減するために、欠損領域を大領域と小領域に分類し、各領域に対応した補間手法を適用する。各補間手法に関しては、3.1節、3.2節に記述する。

#### 3.1 小領域に対する欠損補間

小領域は、微小な点群の欠損領域である。3次元計測により得られた点群には、多量の小領域が生じるため、計算コストの低い補間手法を用いる。本手法では、欠損領域近傍の点の位置情報を利用し、欠損領域内部の方に徐々に補間点を生成していく。小領域に対する欠損補間の手順を以下に示す。

- Step.1 図1(a)に示すように、欠損領域の近傍点である注目点  $P^i$  に対して、半径  $k$  範囲内の点  $P_j^i$  を取得する。
- Step.2  $P_j^i$  の数が閾値  $n$  より少ない場合、同図(b)に示すように、注目点  $P^i$  と近傍点  $P_j^i$  との midpoint を補間候補点とする。
- Step.3 Step.2 で生成した補間候補点の一定範囲内に点が存在しない場合、欠損を補間する点とする。
- 以上の処理を、欠損近傍点に対して再帰的に実行することで、小領域に点群を補間する。

#### 3.2 大領域に対する欠損補間

前節で記述した点群の欠損補間手法は、2点間の平均点を補間点とする手法であるため、欠損領域が大きくなると、補間後の形状が平面的になる場合がある。そこで、欠損領域が比較的大きな大領域に対しては、異なる補間手法を適用する。本手法では、著者が提案した曲面当てはめ手法[4]を利用し、欠損近傍点を近似することで、欠損領域を覆うような B-spline 曲面を生成する。そのあとで、生成した B-spline 曲面を利用して点群の欠損を補間する。図2(a)に示す欠損領域を含んだ点群を例に、欠損補間の手順を以下に示す。

- Step 1. 図2(b)に示すように、欠損領域を包含するバウン

† 大阪工業大学, Osaka Institute of Technology

‡ 広島国際大学, Hiroshima International University

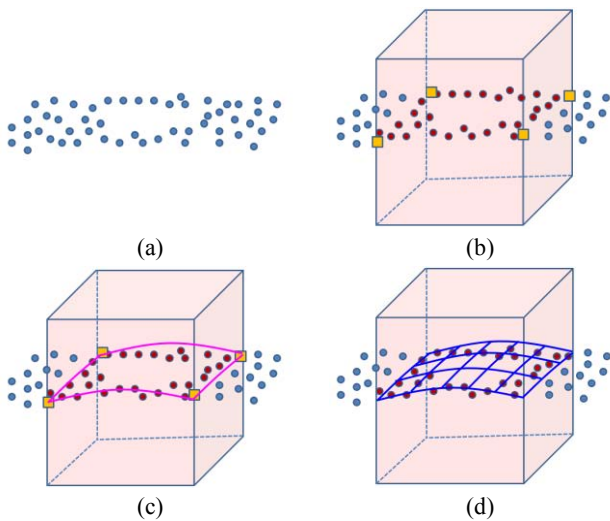


図 2 大領域に対する欠損補間

- Step 2. ディングボックスを生成する。  
 Step 3. 同図(c)に示すように、Step1 で生成したバウンディングボックス上に B-spline 曲線を生成し、4 辺形の閉領域を構築する。この閉領域が、当てはめる B-spline 曲面の境界曲線となる。  
 Step 4. Step2 で生成した閉領域内部に含まれる点群を利用し、最小二乗法により B-spline 曲面の制御点を算出する。  
 Step 5. 同図(d)に示すように、生成した B-spline 曲面上に点群を生成し、欠損領域内に含まれる点を補間点とする。

#### 4. 実験結果

本手法の有効性を確認するため、3次元計測により得られた点群データに対して本手法を適用した。3次元計測には、3D system 社の Next Engine を使用し、計測対象を青銅器とした。動作環境は、CPU : Core i7 3.40GHz, メモリ : 8GB のデスクトップ PC を使用した。

図 3(a)は実験に使用した青銅器の点群データであり、A ~ D に示す欠損箇所にも本手法を適用した結果を同図(b)~(e)に示す。本手法により、同図(d)(e)は補間結果を側面から見た図であり、形状に沿うように点群が補間されることが確認できる。

#### 5. まとめと今後の課題

本論文では、欠損領域近傍の点情報を利用し、周囲の形状を考慮した点群の欠損補間手法を検討した。本手法は、欠損領域を大領域と小領域に分類し、各領域に異なる補間手法を適用することで、計算コストを抑えた効率的な欠損補間を実現した。

本手法では、大領域に対して生成する B-spline 曲面の形状は、欠損近傍の点情報に大きく依存する。欠損近傍点の数が少ない場合は、B-spline 曲面の制御点が定まらない可能性がある。また、欠損近傍点が凹凸の激しい形状である場合も、意図しない曲面形状が当てはめられる可能性がある。そのため、適切な欠損近傍点を自動で選択することが、今後の課題として挙げられる。

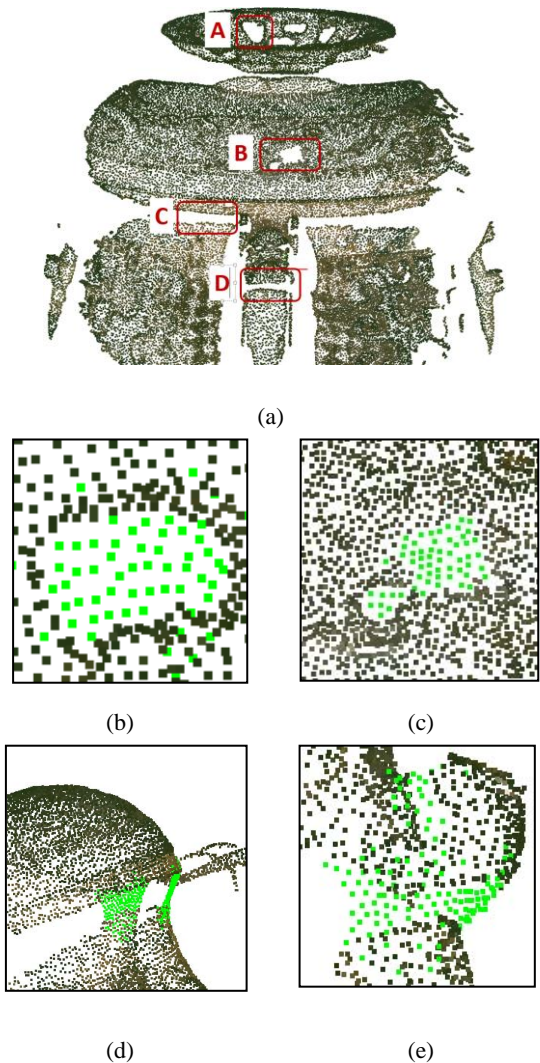


図 3 点群の欠損補間結果

#### 謝辞

本研究の一部は、科研費 15K16878 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] U.Castellami, S.Livatino and R.B.Fisher:“Improving environment modeling by edge occlusion surface completion”, Proc. Int. Symp. On 3D Data Processing, Visualization and Transmission, pp.672-675, 2002.
- [2] E. Altantsetseg, Y. Muraki, F. Chiba and K. Konno:“3D Surface Reconstruction of Stone Tools by Using Four-Directional Measurement Machine”, The International Journal of Virtual Reality (IJVR), Vol.10, No.1, pp.37-43, 2011.
- [3] 河合紀彦, 佐藤智和, 横矢直和, “局所形状の類似度を用いたエネルギー最小化による三次元欠損修復”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.15, No.1, pp.83-92, 2010.
- [4] Y. Muraki, K. Konno and Y. Tokuyama:“Curve Mesh Modeling Method of Trimmed Surfaces for Direct Modeling”, The Journal of Art and Science, Vol.10, No.1, pp.12-27, 2011.