

計測点群の自動欠損補間に関する一手法 A Method of Automatic Hole Filling for Point Cloud

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. はじめに

近年、3次元計測技術の発達により、実物体を点群データとしてPCに取り込み、様々なコンテンツに利用する機会が増えてきている。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、得られた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、色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、計測点群を編集する必要がある。特に、データの欠損は多数発生し、手動で欠損を補間するには多くの時間を要するため、点群の欠損に対する補間は重要なテーマとなる。

そこで、本研究では、計測点群の欠損を自動で補間する手法を提案する。本手法では、欠損の輪郭を表す欠損領域近傍点からバウンディングボックス(OBB)を生成し領域を拡張する。そのあとで、拡張したバウンディングボックス内に含まれる点群を抽出し、近似することでB-spline曲面を生成する。生成したB-spline曲面上に点群を発生させ、欠損に相当する部分以外の点を削除することによって欠損を補間する。本手法は、ユーザー入力を必要とすることなく、自動で欠損領域に対する点群補間ができるため、多数の欠損を補間する処理に適している。

2. 提案手法

本手法は、欠損領域の近傍点を近似することで、欠損領域を覆う曲面を生成し、補間点を生成する手法である。本手法は図1に示すフローチャートで表すことができる。

2.1 点群の限定

本節では、曲面近似に利用する点群の抽出方法について図2(a)に示す入力点群の一部を例に記述する。はじめに、同図の赤色の点で示すように、入力点群に対しGerhardらの手法[1]に基づきの欠損の輪郭を表す欠損領域近傍の点を抽出し、抽出した点のバウンディングボックス(OBB)を生成する。そのあとで、OBB算出で生成した各ベクトルを利用し、生成したOBBを外側に拡張することで領域を拡大する。本手法では、同図の青色の点で示すように、拡張したOBBに含まれる点群を、曲面当てはめに利用する点群として入力点群の中から抽出する。

2.2 曲面当てはめ

本節では、2.1節で抽出した点群を入力とし、自動で曲面を当てはめる手法について記述する。

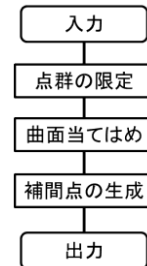


図1 提案手法のフローチャート

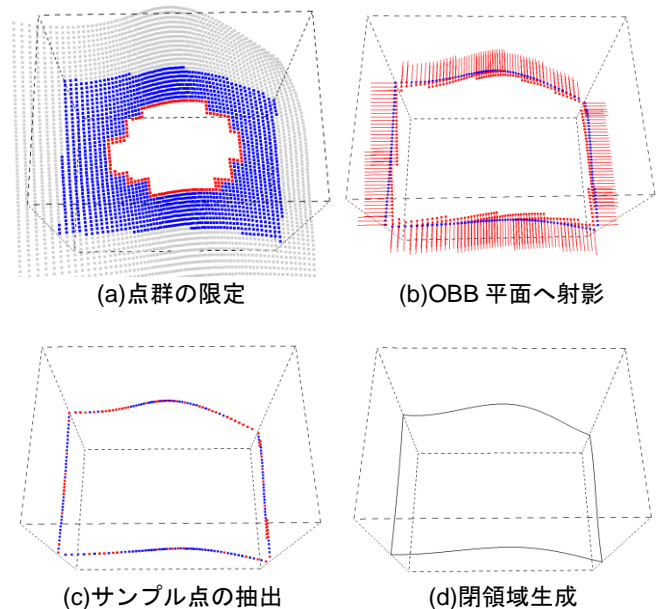


図2 計測点群から閉領域生成

2.2.1 境界曲線の生成

当てはめるB-spline曲面の輪郭となる境界曲線生成について記述する。

はじめに、図2(b)の赤色の点で示すように、2.1節で得られた点群の中から、拡張したOBBを構成する各平面の近傍点を抽出する。次に、同図の赤線で示すように、抽出したOBB平面近傍点をOBB平面に射影して、青色で示す新たな点列を生成する。そのあとで、OBB平面上にある多数の青色の点から、区分的直線近似に基づき点列を抽出する。区分的直線近似とは、点列を線分で近似し、線分と最も離れた点の距離が閾値以内となるまで再帰的に分割を繰り返す手法で、特徴的な点を抽出することができる。抽出結果を同図(c)の赤色の点で示す。以上により得られた点列を、B-spline曲線で近似する。

生成した4本のB-spline曲線はそれぞれ独立しており、端点が接続されていない。そこで、OBBの四隅を表す線分の近傍点を1点ずつ抽出し、B-spline曲線の制御点に加え

† 大阪工業大学, Osaka Institute of Technology

‡ 広島国際大学, Hiroshima International University

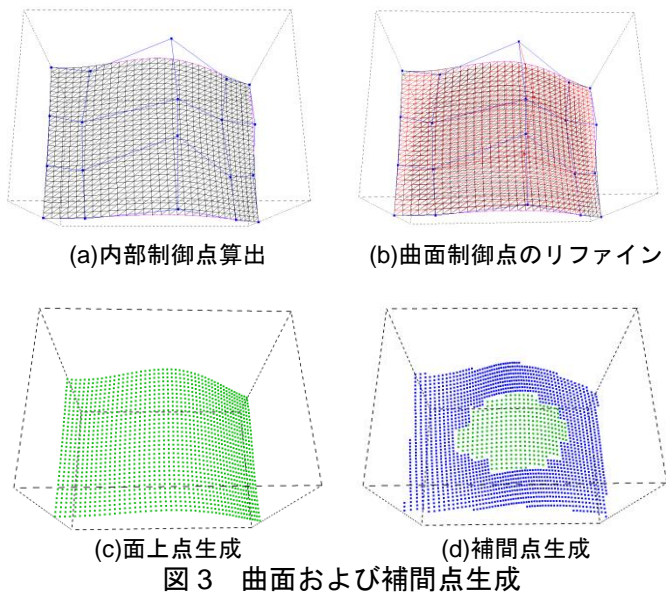


図 3 曲面および補間点生成

ることで、4本の B-spline 曲線を接続し、図 2(d)に示すように閉じた 4 辺形領域を生成する。

2.2.2 曲面の内部制御点を算出

2.2.1 節で生成した B-spline 曲線と図 2(a)の青色および赤色で示す拡張した OBB に含まれるサンプル点を利用し、最小二乗法により B-spline 曲面の内部制御点を算出する。生成した B-spline 曲面および曲面制御点を図 3(a)に示す。

2.2.3 制御点のリファイン

本手法で生成される曲面は点群の近似であるため、欠損が存在する曲面領域の中央部分は一般的に精度が低くなる。そこで、欠損近傍点の誤差が小さくなるように内部制御点の再計算を行うことで、補間点の精度を向上させる。リファイン後の B-spline 曲面および曲面制御点を図 3(b)の赤色で示す。

2.3 補間点の生成

図 3(c)に示すように、生成した B-spline 曲面上に点列を生成する。生成する点列の間隔は、入力点群に対し違和感をなくすために、生成した 4 辺形領域の u 、 v 方向の長さの比率により算出する。そのあとで、同図(d)の緑色の点で示すように、生成した面上点の中から一定距離内に入力点がない点を抽出し、これを補間点とする。

3. 実験と評価

本手法の有効性を検証するために、曲面形状に対し欠損を発生させ、本手法を適用した。なお、実験には CPU Core i7 3.4GHz、メモリ 8GB のデスクトップ PC を使用した。

3.1 実験

欠損を含む 4 個の点群データに対して本手法を適用した結果を図 4 に示す。同図の左が適用の対象となる欠損領域であり、同図右の緑色で示す点が補間点であり、生成した B-spline 曲面を黒色のポリゴンで示している。

表 1 形状評価と精度比較

形状	真値と補間点の距離	
	提案手法 (%)	Hole filling (%)
欠損領域 A	0.276083	0.666261
欠損領域 B	0.519016	1.129557

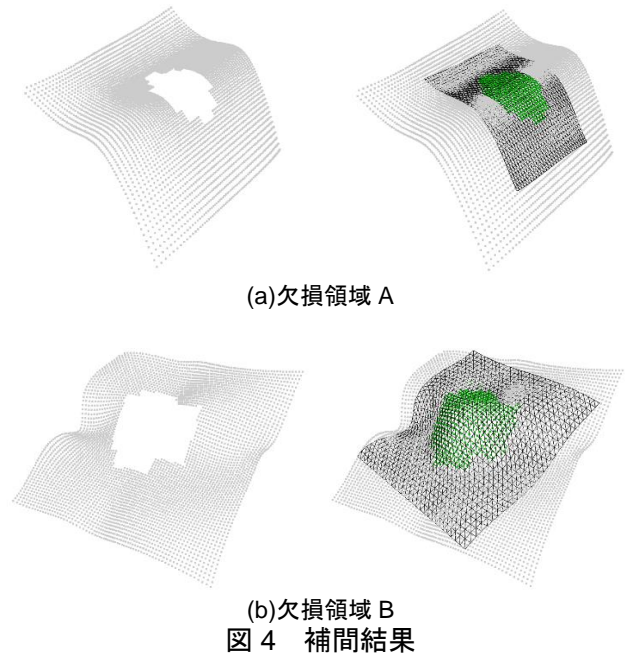


図 4 補間結果

3.2 形状評価

本節では、生成した B-spline 曲面の形状評価について記述する。精度を検証するために、生成した補間点と真値である曲面との距離を測定し、バウンディングボックスサイズで正規化した。また、3次元計測器 Artec Spider 付属のソフトウェア Artec Studio 10 Professional で穴埋め処理を行った結果との精度の比較を行った。

表 1 に形状評価および精度比較の結果を示す。生成した補間点と真値との距離が 1%未満となり、良好な精度で補間点が生成できていることが確認できた。

4. おわりに

本論文では、曲面近似に基づく点群の欠損補間手法を検討した。本手法は、欠損近傍点から領域を拡大することで近似に用いる点群を限定する手法であり、自動で補間点を生成することが可能である。本手法を、凹凸を含む欠損領域に対し適用し、手法の有用性を示した。今後の課題として、補間点の精度向上が挙げられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15K16878 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Gerhard H. Bendels, Ruwen Schnabe and Reinhard Klein: "Detecting Holes in Point Set Surfaces", The Journal of WSCG, Vol.14(1-3), pp.89-96, 2006