

3次元点群データの対話的編集システム

ソフトウェアデザイン研究室

都 07-10 伊藤 大地

1. はじめに

遺跡研究や自然景観モデルの作成に必要となる大規模な測量の際に、レーザスキャナの利用が有効である。レーザスキャナは近年活用の幅が広がり、高精度かつ客観性のあるデータで得られることから考古学の分野において需要が高まりつつある。

従来の考古学においては主観的な手書きや旧態依然とした図面・測量に頼っている。本来考古学において客観性のある正確な記録を残すという事はきわめて重要である。考古学的な着眼点に対して有効な密な3次元情報を実測できるレーザスキャナは期待が寄せられている。ただし、得られるデータには形状の欠落やノイズなど余分な情報が含まれている為、編集を行う必要がある。

本研究は、現実にある対象物を測定して得られる点群データに対し、インタラクティブなユーザインターフェースを通じて、3次元形状を編集するシステムを提案する。

2. 関連技術・関連研究

2.1 レーザスキャナ

本研究で使用を想定するレーザスキャナは、パルス光の反射を利用して対象の形状を測定する計測器である。スキャナの位置から直接観測が可能な対象表面の部分形状を3次元的に測定し、対象の距離分布を点データとして、3次元座標を記録する。1地点から得られる情報には限りがある為、対象物の全体像を生成する為には、複数の観測位置から計測したデータを統合する必要がある。統合されたデータは、分布に粗密のある点データの集合であり、点群と呼ばれる。

2.2 3次元点群データの欠落に対する補間

対象の形状や立地環境によるオクルージョン(死角)や対象の反射特性から、スキャナが取得するデータに欠損箇所が生じる事がある。このような欠落のあるデータから直接的に表面形成を行うと非常に誤差が大きい形状モデルとなり、以降の調査等においてエラーの要因となる可能性が大きい^[1]。例えば、表面形状の形成や体積の計量を行うにあたってふさわしいデータとするには、欠損箇所に応じて補間処理を行い、閉領域を構成して誤差を抑える必要がある。

2.3 先行研究

データの補間処理に対しては、欠損箇所のある3次

元点群データに対して画一的なアルゴリズムによって補間処理を行い、表面形状をモデリングする研究が進められている^[2]。入力データは接続情報を持たない点の集合体である。点データの存在領域を空間分割して得られるボクセルに対し、8分木による階層構造によって密度や位置を把握しながら、モルフォロジ処理によって表面形状を補間し、細面化処理により表面を生成する。表面形状の作成の後、断面画像に塗り潰し処理を行い、対象全断面の総面積から体積を算出する。この研究では、ボクセルのエイリアシングや、細面化時に発生するノイズボクセルによる誤差が報告されている。

3. 提案手法

3.1 方針

本研究では視覚による確認と手動の補間処理を用いて3次元点群の調整が行えるシステムを提案し、人の知識に基づいた編集を加えることで、点群から生成される形状モデルの精度の向上を図る。入力データの欠損箇所やノイズなどの誤差の要因に対し、手動で直接点群の修正を行える環境を提供する。

3.2 8分木ボクセル処理の利用

CADなどの設計支援ツールで使用される面や線などのデータとは違い、点と点の関連性を持たない3次元点群を管理する為、空間を分割し、それぞれの空間単位で点群を管理する手法を用いる。

対象の3次元点群データを、 $X \cdot Y \cdot Z$ 軸方向に2等分し、8個の空間に分割する。これを再帰的に行い、8分木構造の空間データを生成する。これを8分木ボクセルと呼び、点群をボクセル単位で管理する事により、対象オブジェクトの信頼度の算出や欠落部分・ノイズの割り出しが可能となり、視覚的に判別する際の判断が容易となる。

3.3 対話的なユーザインターフェース

画一的なアルゴリズムでは補間が難しい大きな欠落や曲面の欠落、ノイズに対し、直接点群の編集を行うことが可能なユーザインターフェースを用意する。

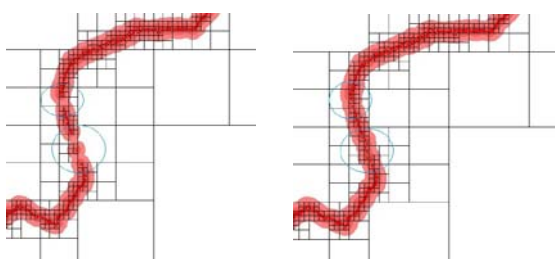
システムは、ボクセルで表現した3次元表示と、その任意の断面が持つ点群データの2次元表示を提示する。ユーザは、必要に応じて欠損箇所やノイズに補間処理を行い3次元点群データを補間する。補間完了後、編集された3次元点群データを出力する。

編集システムの補間処理は以下の手順で行う。

1. 点群データを入力し、ボクセルによって再現した3次元オブジェクトを表示する。
2. データ欠損箇所などを階層や角度の変更から確認する。
3. ボクセル幅を断面とし、問題箇所の断面ボクセルが内包する点群を2次元の画像として表示する。
4. 2次元表示された点群に手動で点の追加・削除を行い、点群編集後のボクセルを再構築する。
5. 問題解決が確認されるまで2・3・4を繰り返す。その後、編集された点群データを出力する。

3.4 断面画像の信頼度段階表示

形状の欠落やノイズに対し点群の補間を行う際、対象形状の存在に関する指標が必要となる。点群周囲の空間に対し計測点に近接するボクセルほど信頼度が高いものとし、信頼度によって段階的に濃淡変化のある着色を施す。



(a)欠落部分 (b)欠落の補間処理後

図1:欠落部分の信頼度段階表示

4. 実験

4.1.1 実験環境

実測データとして、教会の模型をスキャンした3次元点群データと、考古学で使用する遺跡内部のデータを使用した。

4.1.2 実測データによる検証

3次元表示にて問題が顕著な箇所を2次元断面として表示し、編集を施した結果の画像と比較する。

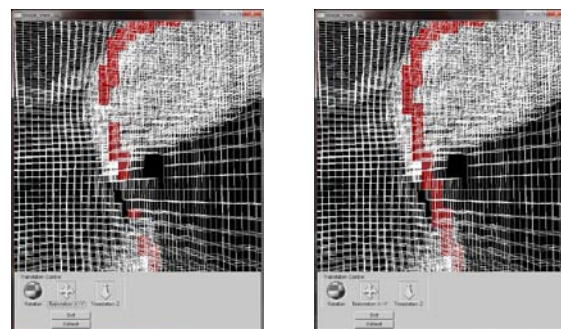
外接直方体を初期ボクセルとし、9階層の空間分割を行い、ボクセルの信頼度別の配色と、目視による欠落・ノイズの確認を行う。

4.1.3 実験結果

提案するシステムを用いて想定される3点の問題に対し、補間処理を行った。

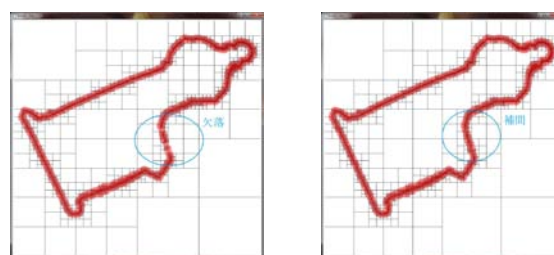
1: 大きな欠落に対する補間

7階層ボクセルの3次元表示において確認されたX軸断面の欠落(図2(a))に対し、補間処理を行った(図3)。対象オブジェクトの平面にあたる部分である為、断面幅に沿う形に点群を追加し、ボクセルの再構築を行った(図2(b))。図で確認出来る通り、処理後のボクセルは壁面に当る部分の連結が確認できた為、精度が向上したと考えられる。



(a)欠落部分 (b)欠落の補間処理後

図2:補間処理の3次元表示



(a)欠落部分 (b)欠落の補間処理後

図3:補間処理の2次元表示

2: 曲面の欠落に対する補間

8階層ボクセルの3次元表示で確認された球面に近い形状の部分の欠落に対し、点群の補間処理を行う。2次元断面において、1点ずつ点を追加する事で補完し、再構築したボクセルから連結を確認した。

3: ノイズの削除

7階層ボクセルの3次元表示において確認された、中空に存在するノイズに対し、削除処理を行う。ノイズによって発生したボクセルを含む断面を2次元表示し、点群の削除を行った。ボクセルを再構築した3次元表示により、ノイズの削除を確認した。

5. おわりに

本研究では、欠損や余剰データを持つ3次元点群データを、対話的なインターフェースを用いて視覚による確認と手動補間を行う編集するシステムを開発した。実験により、ボクセルの精度向上の補助が可能である事を確認した。対象オブジェクトの増大に伴って増加する補間処理作業が煩雑になることが予想されるため、問題箇所をパターン化してユーザの作業を簡略化するアルゴリズムの開発と、点群の信頼度に基づいた細面化処理による対話的な表面生成が今後の課題と考えられる。

参考文献

- [1] 佐川立昌 他: 符号付距離場の整合化による形状モデル補間手法, 信学論 vol.J88-DII, no.3, pp.541-551, 2005.
- [2] 富重明佳, 吉川晃雄, “3次元点群データからの表面形状モデリング”, 2009