

Octree ベースのボクセル表現を用いた動的 LOD 制御による 点群可視化システムの提案

大久保 桐吾* 伊藤 正彦†

概要. 点群データはデータ量が膨大な上、データ量を削減し可視化すると視認性が低下するという問題がある。点群データの可視化にボクセルを用いる手法がある。注目度に応じてボクセルの詳細度を変えることでより効率的にデータ量の削減と視認性の維持を両立できる。本研究では、視点の位置に近い物体を注目度が高いと考え、点群データを視点からの距離に近いほどサイズの小さなボクセルで表現する手法を開発する。Octree を用いて実装し、雪像データを 3D 空間で可視化することで、その有効性を検証する。

1 はじめに

近年、個人による 3D スキャン技術の向上や、自治体によるオープンデータ化の進展により、利用可能な 3 次元点群データが豊富になってきている。それに伴い、これらのデータを活用したアプリケーションの構築が可能となっている。

点群データはデータ量が多く、読み込み表示するには時間が掛かる。また、可視化をした際にオブジェクトから適切な距離を取らなければ、オブジェクトの形状を認識することが難しいという問題がある。表示する点の大きさが小さいと、オブジェクトが視点から近い位置にある場合に、点と点の間に隙間ができて形状を認識しづらくなる。また、表示する点の大きさが大きいと、視点から遠い位置にある場合に点同士が重なり形状が認識できなくなるうえ、遠くから見る際は点群の詳細が認識できないため、すべての点を表示する必要はなくなる。

これらのことから、点群データの可視化にボクセルを用いる手法がある [3]。複数の解像度を持つボクセルを用いて、オブジェクトに近寄れば細かく、オブジェクトから離れれば粗く、段階を踏んで変化する可視化を行うことで、データ量を減らし視認性の維持が可能であると考えた。

本研究では、さっぽろ雪まつりの雪像データを用い、点群データを Octree を用いて階層構造を持つボクセルデータに変換しキューブを用いた可視化を行う。これにより、データ量を削減した状態でも、元の立体形状を明確に認識できると考える。この仮説に基づき、上記の手法を実現するシステムを開発し、Three.js による実装を行う。

2 関連研究

Martinez-Rubi [2] らは、点群データの巨大な多重解像度データ構造を作成するアルゴリズムを発表した。このアルゴリズムでは、Octree を用いて点群データを空間的に階層化し、効率的な LOD (Level of Detail) を実現している。視点からの距離に応じて Octree の階層レベルを動的に変更し描画する。

Xu [3] らは、Octree を用いて物体表面の複雑さに応じてボクセルサイズ（解像度）を適応的に分割する点群表現手法を提案している。

本研究では、Octree を用いて階層的に作成した LOD 構造を持つ点群データを、点ではなくキューブ形状をしたボクセルを用いて、視点との距離に応じて詳細度が変化するように可視化を行う。

3 提案手法

3.1 データについて

雪像作品の点群データは、2023 年及び 2024 年に開催されたさっぽろ雪まつりのものを用いた。作品を様々な角度から複数枚撮影を行い、撮影した写真と Luma AI¹を使用し、点群データを作成した。

3.2 点群データをボクセルデータに変換

図 1 は城をはじめとする、さっぽろ雪まつりの雪像から生成した点群データ (図 2) を複数詳細度のボクセルデータに変換した例である。それぞれ左が遠くから見た時の見え方で、右が近くから見た時の見え方となる。

データの変換には、Open3D というライブラリを用いた。点群データをボクセルデータに変換する方法として、Octree を用いる。三次元空間に配置された点全てを囲える大きさの立方体で囲み、その立方体を段階的に八分割していき、段階ごとの立方体の中心点を保存しボクセルデータとして取り出し可視化することで LOD を作成する (図 3)。

¹ <https://lumalabs.ai/dream-machine>

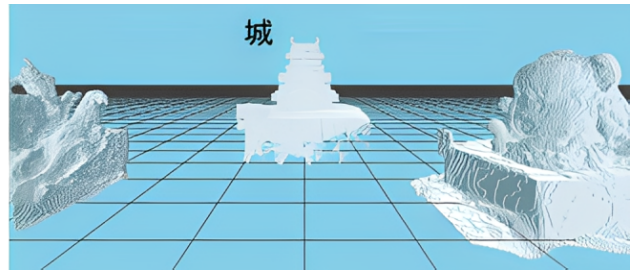
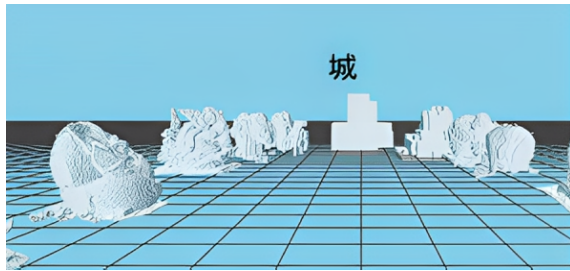


図 1. 左：遠くから見たオブジェクト 右：近くから見たオブジェクト

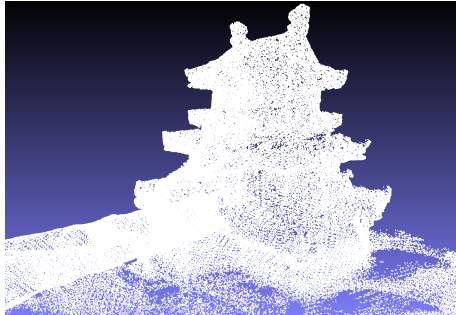


図 2. 城の雪像の点群データ

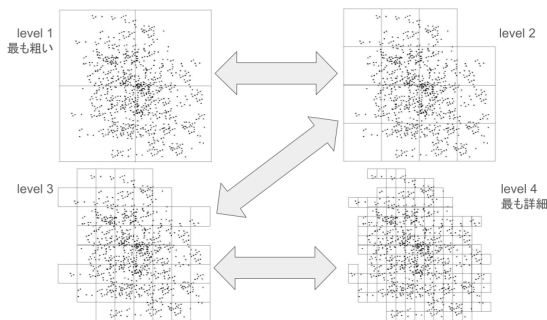


図 3. Octree の概念を、2 次元の Quadtree で代替して模式化した図

3.3 ボクセルデータをキューブで可視化

視点からの距離に応じて詳細度の変化するボクセルを、シェーダーを利用し JavaScript のライブラリ Three.js による可視化を行った。

視点からの距離に応じて可視化を行う際に、視点からどれだけ離れたら LOD のレベルを変化させるかは、ユーザーの視点からの距離がどれだけ離れたら変化するかを任意の数値で指定する。

数値で指定した任意の距離に合わせて、表示するボクセルデータを更新する必要がある。視点移動をした際は、オブジェクトに近寄れば細かく、オブジェクトから離れれば粗く、段階を踏んで変化する。この時、図 1 の城のように、オブジェクトの元となった立体物の構造が明確でわかりやすい形状をしていると、粗いボクセルで生成されてもどういった立体物であったかを認識することができる。

また、可視化手法を点の座標を中心としてキューブ形状のメッシュを生成する方法 [4] から、シェーダーに変更したことによりオブジェクトのボクセル

サイズが変化する際の動作がより軽量化された。

3.4 課題

視点からの距離に応じてボクセルのサイズを変える際、すべてのボクセルを同じサイズに変化させている。しかし、この手法でのオブジェクト生成を行うと、図 1 の城の左右のオブジェクトのように曲面や小さな窪みのような詳細な形状再現が求められるオブジェクトを生成する際に、曲面の表現が粗くなり、滑らかさが損なわれてしまう。これにより、人の顔などの詳細に表示しなければならない部分が潰れてしまい、元の立体形状を識別することが困難となる。

そのため、単一オブジェクト内での形状の複雑さに応じた詳細度変化 [1] を実装していきたいと考えている。Octree 構造を利用しつつ、視点からの距離という基準だけでなく、点群の形状の複雑さを新たな基準とすることで、同じ距離にあるオブジェクトでも、平坦な部分は粗く、曲面などの複雑な部分はより詳細なボクセルで描画できるようになり、視認性が向上すると考える。

4 まとめ

本研究では、視点からの距離に応じて詳細度が変化するボクセルの可視化システムの開発を行った。視点からの距離に応じて詳細度を変化させることにより、視認性を維持することとデータの軽量化に繋がるということが確認できた。

可視化の際にボクセルの詳細度を変化させる適切な距離の数値を求めることができていないため、それらの数値を求めるための評価実験を行っていく。

参考文献

- [1] M.Schütz, et al. GPU-Accelerated LOD Generation for Point Clouds. *HPG 2023*, 2023.
- [2] O.Martinez-Rubi, et al. Taming the beast: Free and open-source massive point cloud web visualization. *Capturing Reality 2015*, 2015.
- [3] Y.Xu, et al. Voxel-based representation of 3D point clouds: Methods, applications, and its potential use in the construction industry. *Automation in Construction*, 126, 2021.
- [4] 大久保 桐吾, 伊藤 正彦. 距離に応じて詳細度の変化するボクセル表現による点群データ可視化システムの提案. インタラクシオン 2025, 2025.