

# 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

大久保 桐吾<sup>1</sup> 伊藤 正彦<sup>1,a)</sup>

## 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り、点群データをボクセルデータに変換し可視化することでデータ量を削減しつつ視認性を維持することができる。この際、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と考えた。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が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。実際に、複数の雪像データを VR 空間で可視化し手法の有効性を確認する。

## 1. はじめに

近年、個人でも 3 次元点群データを比較的簡単に作成できるようになっている。さらに自治体がオープンデータとして公開している Virtual Shizuoka<sup>\*1</sup>等の様々な実世界の物体が 3 次元の点群データとして保存されるようになっており、利用できる点群データが豊富になっている。これらのデータを用いて VR のアプリケーションを構築することが可能となっている。

点群データはデータ量が膨大であり、VR 空間で点群の膨大なデータを読み込み表示するには時間がかかる。また、可視化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。

このことから、点群データをボクセルデータに変換することでデータ量を減らし、点ではなくキューブの形状をしたボクセルを用いることで、視認性を維持した状態で可視化できると考えた。また、その際に遠いものは粗く、近いものは細かくすることで視認性を維持したままデータ量を

減らすことができると考える。

点群データの描画にはフォトリアスティックな方法とノンフォトリアスティックな方法がある [1]。ノンフォトリアスティックな方法とは、写真のようにリアルではないレンダリングを行う技術である。これにより、重要な情報を強調する、複雑さを取り除くなどの処理を行うことができる。このことから、点群データのボクセル表現もノンフォトリアスティックな点群表現の一種と考える。さらに、オブジェクトごとではなくボクセルごとに詳細度を変化させることで、データの視認性の維持や向上につながると考える。

本研究では、さっぽろ雪まつりの雪像データを用いて点群データをボクセルデータに変換し、点ではなくキューブで可視化することで、データ量を減らしたものでどういった立体物かをはっきりと認識できると考えシステムを開発し、VR デバイスでの実装を行う。

## 2. 関連研究

点群データをボクセル表現にする方法として様々な手法が提案されている [2]。ボクセルベースの点群表現手法として、スーパーボクセルや境界精製ボクセル構造、複数の解像度を持つボクセルなどがあげられる。このうち、複数の解像度を持つボクセルとは、空間を複数の解像度を持つボクセルに分割し、ボクセル空間を物体表面の複雑さに応じて Octree に分割する。これにより、平坦な表面のような単純な構造では、重ね合わせたボクセルは非常に大きなサイズを持つことができる。また、コーナーのような複雑

<sup>1</sup> 北海道情報大学

<sup>a)</sup> imash@do-johodai.ac.jp

<sup>\*1</sup> <https://virtualshizuokaproject.my.canva.site/>

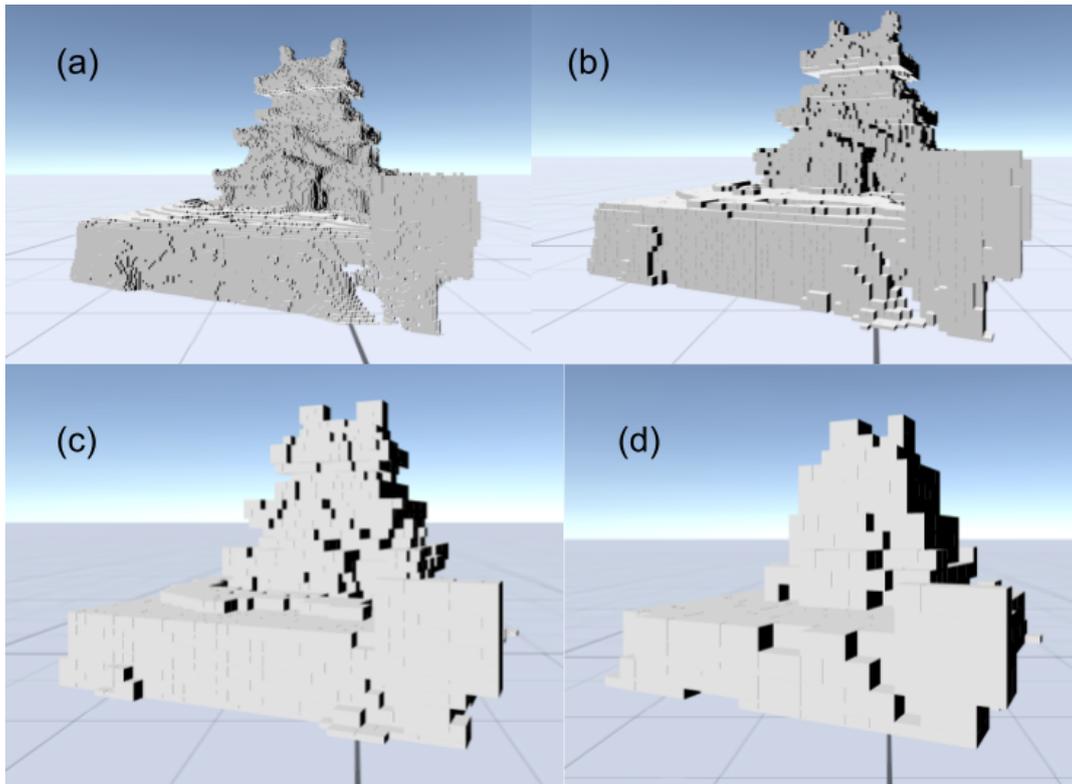


図 1 点群データを複数詳細度のボクセルデータに変換した例:  
 (a) ボクセルサイズ 0.01 (b) ボクセルサイズ 0.025  
 (c) ボクセルサイズ 0.05 (d) ボクセルサイズ 0.1

な構造になると、大きなボクセルは、葉のボクセル内の点  
 が単純な形状を示すまで、さらに再帰的に小さなボクセル  
 に分割される。

Martinez-Rubi[3] 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、点群内に存在する点同士の距離を計算に  
 よって求め、Octree の深さとしてユーザーが設定した様々  
 なレベルの Octree ノードに定義する。この処理をすべての  
 の点がノードに追加されるか、Octree の深さを超えるまで  
 繰り返す。このとき、Octree の深さを超えた点は破棄さ  
 れ、どのノードにも追加されない。視点からの距離に応  
 じて段階的に Octree のレベルを変えていくことで、距離に  
 応じて可視化する点の大きさを変化させる。距離が近けれ  
 ば高解像度のデータ、遠ければ低解像度のデータとなる。

本研究では、我々は将来的に Octree の実装を視野に入  
 れた上で、視点からの距離に応じて点群データのボクセル  
 表現を行うシステムの実装をする。

### 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 AI<sup>\*2</sup>を使用  
 し、点群データを作成した。

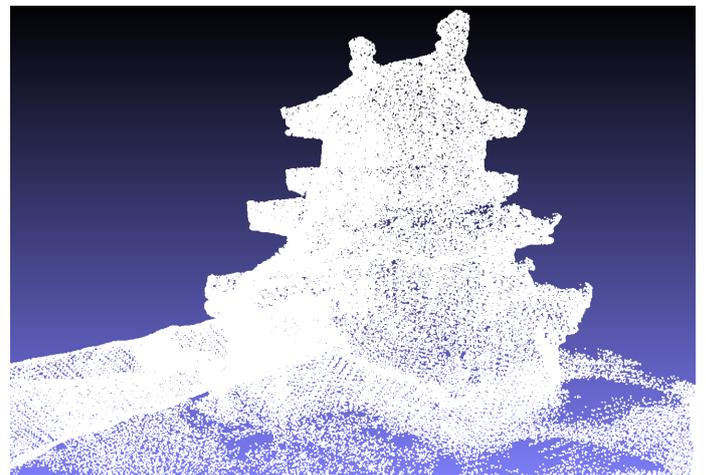


図 2 城の点群データの可視化結果

#### 3.2 点群データをボクセルデータに変換

図 1 は、城の雪像データ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。デー  
 タの変換には、Google Colaboratory 内で 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

<sup>\*2</sup> <https://lumalabs.ai/dream-machine>

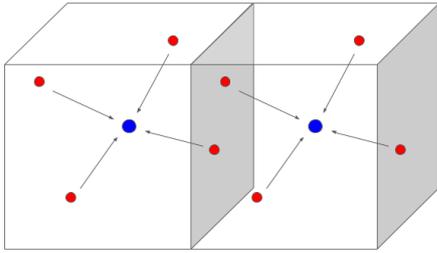


図 3 点群データをボクセルデータに変換

する方法として、三次元空間に配置された点を一辺の長さが任意の大きさをした立方体のグリッドで囲み、グリッド内に既に点があればグリッド内のすべての点を削除する。グリッドの中心点のみを表示することで、データ数を減らすことができる(図3)。

視点からの距離に応じてボクセルの詳細度が変化した際に生成されるオブジェクトの例を図1に示す。城の点群データ(図2)をボクセルデータに変換する際、点群データの際のデータ数は393,444データであるが、図1(a)では69,930データ、図1(b)では13,360データ、図1(c)では3,719データ、図1(d)では957データといったようにデータ数が削減できる。この時、図1(a)のデータが約1/5程にしかデータが削減できていないためあまり軽量化はできていない。一方、図1(c)は約1/105、図1(d)は約1/411とデータ量の大幅な削減ができています。

### 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Unity上で可視化を行った(図1)。ボクセル一つ一つをオブジェクトとして生成するのではなく、図1のようなボクセルによって構成される立体物全体を一つのオブジェクトとして可視化した。

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ボクセルのサイズを変化させるかは、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(図4)。

また、数値で指定した任意の距離に合わせて点群データをボクセルデータに変換する必要がある。視点移動をした際は、オブジェクトに近寄れば図1(a)のように細かく、オブジェクトから離れれば図1(d)のように粗く、段階を踏んで変化する(図5)。この時、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。

その結果、雪像1つのデータ全体を1つのオブジェクトとして可視化した場合、オブジェクトを構成するボクセル1つ1つをそれぞれ個別のオブジェクトとして生成する場合と比べて、視認性に大きな変化は見られなかったが視点移動やオブジェクトの移動の際の動作の軽量化には効果が

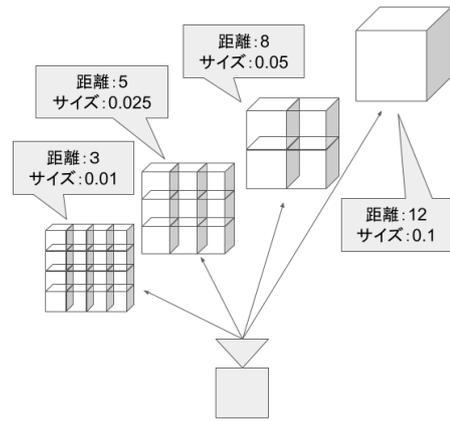


図 4 ボクセルサイズの変化のためのUnity上の数値指定

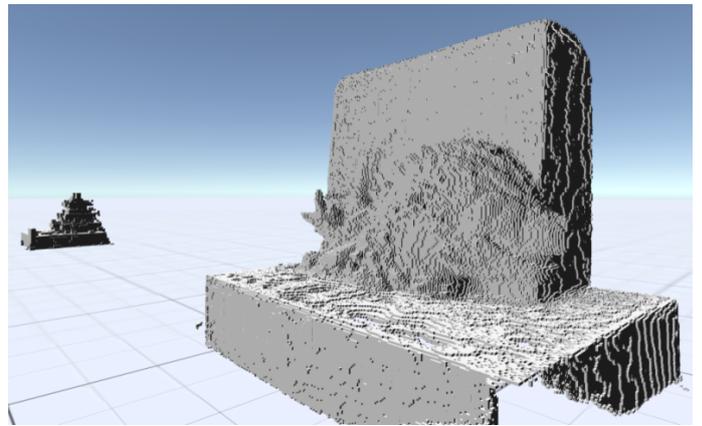


図 5 近くの細かいボクセル(ゴジラ)と遠くの粗いボクセル(城)の比較

あった。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、曲面や小さな窪みのような詳細が必要なオブジェクトを生成した際に、曲面が曲面とわからないような状態で生成されることとなる(図6)。詳細に表示しなければならない部分が潰れており、どのような立体物であったかが分からなくなっている。

そのため、オブジェクト生成にOctree技術を取り入れることで、視認性の維持、向上につながると考えられる。

## 4. おわりに

本研究では、視点からの距離に応じて詳細度の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

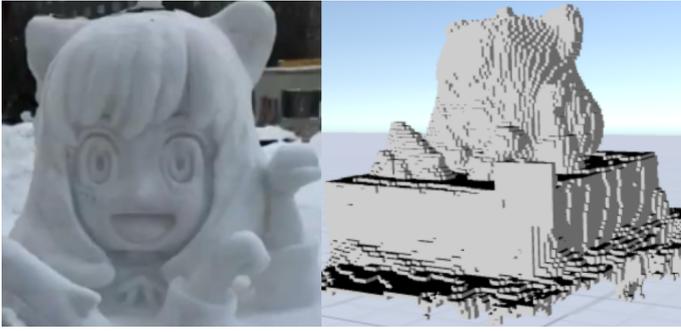


図 6 曲面の多い雪像データの可視化結果

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。現時点ではオブジェクトごとに視点からの距離毎の解像度を設定することでボクセルサイズを変化させているが、Octree の技術を取り入れることで、オブジェクトごとではなくボクセルごとに解像度を変化させることが、さらなる処理の軽量化に繋がると考えている。

また、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と、適切なボクセルサイズ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] Wegen, O., Scheibel, W., Trapp, M., Richter, R. and Döllner, J.: A Survey on Non-photorealistic Rendering Approaches for Point Cloud Visualization, *Automation in Construction Volume 126* (2021).
- [2] Xu, Y., Tong, X. and Stilla, U.: Voxel-based representation of 3D point clouds: Methods, applications, and its potential use in the construction industry, *Automation in Construction Volume 126* (2021).
- [3] Martinez-Rubi, O., Verhoeven, S., van Meersbergen, M., Schutz, M., van Oosterom, P., Goncalves, R. and Tijssen, T.: Taming the beast: Free and open-source massive point cloud web visualization, *Capturing Reality 2015* (2015).
- [4] 大久保桐吾, 伊藤正彦: 視点からの距離に応じて詳細度の変化するボクセル表現を用いた VR 可視化システムの提案, *EC2024* (2024).