

# 岩石の多視点画像から推定した3次元点群のクラスタリング

査万志<sup>†1</sup> Jang Hyongdoo<sup>†2</sup> 宍戸英彦<sup>†3</sup> 亀田能成<sup>†3</sup> 北原格<sup>†3</sup>

<sup>†1</sup> 筑波大学 大学院システム情報工学研究科

<sup>†2</sup> Curtin University Western Australia School of Mining

<sup>†3</sup> 筑波大学 計算科学研究センター

## 1.はじめに

鉱業分野では掘削・採鉱に関する発破工学に関する研究開発が活発に行われている。その一つに、発破ずり（発破によって生み出される岩石群）の粒度分布データに基づいて発破方法の設計を逆解析することにより、粒度の整った発破制御技術を実現する取り組みがある。しかし、発破現場で岩石をふるいにかける粒度計測法は膨大な労力が必要となる。レーザレンジセンサなどの特殊機器は現場に持ち込むことが困難であるため、カメラで岩石を撮影した2次元画像に対する画像処理によって粒度分布計測を行うツールが一般的利用されているが、推定精度に問題が残る。

我々は、発破ずりを複数視点から撮影した多視点画像群を用いた粒度分布計測に関する研究に取り組んでいる[1]。本稿では、岩石を撮影した多視点画像から復元した3次元点群のクラスタリング手法について述べる。

## 2.関連研究

### 2.1 3次元モデルを用いた粒度分布推定手法

実物に近い形状の3次元モデルを用いて粒度分布を推定する手法が盛んに研究されている。Onedderaら[2]は、レーザレンジセンサを用いて岩石の3次元形状を復元し、岩石の3次元モデルを用いて粒度分布を推定している。しかし、この手法は実際に粒度分布を3次元で推定しておらず、3次元モデルを平行投影したレンダリング画像を領域分割することで、各岩の囲まれた領域を計算し、粒度分布を2次元で推定する。その結果、3次元的な見え方の変化を考慮せず2次元情報のみを用いて推定処理を行うため、平行投影の角度と見かけの大きさの変化によって推定粒度が異なり、根本的な解決には至っていない。

### 2.2 3次元点群のクラスタリング手法

3次元的に粒度を推定するためには、3次元点群のクラスタリング処理が必要であり、そのような研究も活発に行われている。Anh-Vu Voら[3]は、オクトツリー構造によるボクセル形状表現と領域拡張処理を組み合わせることで、曲率変化に基づき曲面を高速に分割する手法を提案している。しかし、ボクセル解像度を適切に設定するためにはパラメータチューニングが必要である。本手法では、3次元点群のクラスタリング手法として、3次元モデルの形状に基づいてパラメータの自動設定が可能なSupervoxel[4]を用いてクラスタリングを行う。

### 3.岩石の3次元点群のクラスタリング処理

図1に提案手法の処理の流れを示す。岩石を複数視点から撮影した多視点映像間の対応点情報を利用して、被写体の3次元点群を推定する。推定した点群に対してSupervoxelクラスタリングを適用し、個々の岩石にクラスタリングする。

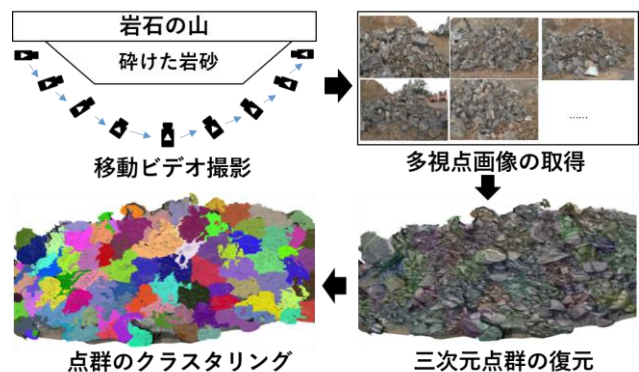


図1 岩石の3次元点群のクラスタリング

### 3.1 多視点画像の撮影

発破現場は通常数十メートルから数百メートルの範囲に渡るため、複数の固定カメラによる撮影は現実的ではない。本研究では、岩石群が静的であることを利用して、被写体の周囲を移動しながら高解像度カメラを用いて撮像することにより、多視点画像撮影の省力化を実現する。

Clustering of 3D Point Clouds Estimated from Multiple Viewpoint Rocks Images

Wanzhi Zha<sup>†</sup> University of Tsukuba<sup>†</sup>

Jang Hyongdoo<sup>‡</sup> Curtin University Western Australia School of Mining<sup>‡</sup>

Hidehiko Shishido<sup>‡</sup> Yoshinari Kameda<sup>‡</sup> Itaru Kitahara<sup>‡</sup> University of Tsukuba<sup>‡</sup>

### 3.2 3次元点群の推定

多視点画像に Structure from Motion (SfM)を適用し、発破岩石の疎な3次元点群と多視点画像を撮影したカメラの位置姿勢を推定する。その結果に Clustering Views for Multi-view Stereo (CMVS/PMVS)を適用し、密な3次元点群を生成する。Poisson Surface Reconstruction (PSR)を用いて表面情報および表面に貼付するテクスチャ情報を生成し3次元形状復元の結果を検証する。

### 3.3 点群のクラスタリング

2.2節で述べた Supervoxel クラスタリングを用いて3次元点群のクラスタリングを行う。Supervoxel クラスタリングは、入力された3次元点群間の“ユークリッド距離”、“色情報”および“法線ベクトル”を参照し、3次元点群を任意の数のボクセルグリッドに分割する手法である。“ユークリッド距離”“色情報”“法線ベクトル”の重みを適切に調整し、k-means法を用いて3次元点群をクラスタリングすることにより、撮影対象の3次元モデルの形状を考慮したクラスタリングが実現可能である。

## 4.実証実験

提案手法の有効性を検証するために、発破岩石を対象とした実証実験を行った。実際に岩石の多視点映像を撮影し、3次元点群の推定、クラスタリングを行い、推定精度を検証する。

### 4.1 多視点画像撮影実験

発破現場において撮影実験を行った。本実験では、岩石の周囲を移動しながら 3840画素 × 2160画素の4K映像を60fpsで撮影した。撮影映像から一定間隔でフレームを266枚選択し多視点画像とする。

### 4.2 3次元クラスタリング結果

図2に、岩石の多視点画像から推定した3次元点群に対してクラスタリング処理を適用した結果を示す。提案手法により推定した3次元モデルを図2(a)に、3次元点群のクラスタリングを図2(b)に、3次元点群のクラスタリングのレンダリングを図2(c)に示す。同じ色の点群は同一の

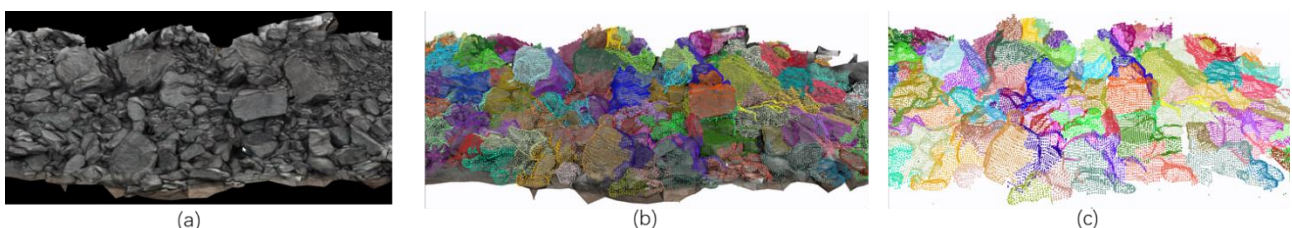


図2 実験結果：三次元モデル(a)，クラスタリング(b)，レンダリング(c)

クラスタに属していることを表す。比較的大きな岩石は単一クラスタに分割されている。一方で、複数の小さい岩石や砂粒は同一クラスタと判断されているため、粒度分布計測誤差の原因となることが予想される。

## 5.おわりに

本研究では、岩石を撮影した多視点画像から推定した3次元点群のクラスタリング手法を提案した。Supervoxelを用いて岩石の形状特徴に応じた3次元クラスタリング処理を施すことにより、岩石の3次元モデルを岩ごとに分割した。発破現場において岩石群を撮影した多視点映像に提案手法を適用し、その有効性を検証した。本研究は科研費(17H01772)の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 出川 諒, 亀田 能成, 川村 洋平, Hyongdo Jang, 北原 格, “粒度分布推定のための発破ずりの3次元モデルの生成手法”, 電子情報通信学会 MVE/116(496)/pp.197-202, 2017-02
- [2] Oneddera, Itaro., M. J. Thurley, Alex Catalan., “Measuring blast fragmentation at Esperanza mine using high-resolution 3D laser scanning”, Mining Technology 124.1, pp. 34-36.
- [3] Anh-VuVo, Truong-Hong L., Laefer D.F., Bertolotto M. "Octree-based region growing for point cloud segmentation", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 104, pp. 88-100, 2015.
- [4] J. Papon, A. Abramov, M. Schoeler, F. Worgotter, “Voxel Cloud Connectivity Segmentation - Supervoxels for Point Clouds”, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2013.