

# 全天球画像特徴を用いた 3D 点群ノイズ整形

## Noise shaping of 3D point clouds using omni image features

赤塚 紘輝<sup>†</sup>      原 潤一<sup>‡§</sup>      渡辺 裕<sup>†‡</sup>

Hiroki AKATSUKA<sup>†</sup>      Junichi HARA<sup>‡§</sup>      and      Hiroshi WATANABE<sup>†‡</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院基幹理工学研究科      <sup>‡</sup> 早稲田大学国際情報通信研究センター

<sup>§</sup> 株式会社リコー

<sup>†</sup> Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

<sup>‡</sup> Global Information and Telecommunication Institute, Waseda University

<sup>§</sup> RICOH Company, LTD

**Abstract** Noise is always included in the measured point clouds. Using also image information, accuracy improvement of noise shaping of point clouds can be expected. We propose a way to measure point clouds in a room and consider the method of noise shaping of point clouds using omni image features.

### 1. はじめに

近年、3次元再構成を用いることで建造物の形状測定や地理データの取得による建造物の形状保存、3D地図マップの作成などが行われている。計測にはLiDARを用いたレーザ計測やSLAMなどの画像特徴から計測する方法がある。計測では通常点群データが得られるが、計測によって得られる点群には本来平面に存在するはずの点が凹凸していたり、存在するはずのない点が存在していたりノイズが必ず含まれている。そのためノイズを整形するための手法が研究されている。

点群ノイズ整形手法として主に移動最小二乗法(MLS)[1]とガウシアンフィルタ[2]が挙げられる。移動最小二乗法は滑らかに整形が可能であるが、角部分も滑らかにしてしまうという問題点がある。ガウシアンフィルタでは角を保存することが可能であるが、移動最小二乗法ほど滑らかな整形を行うことはできない。このようにノイズ整形手法には特徴が存在する。点群の形状を分析し、点群ノイズ整形手法を点群形状に合わせて使い分けることで精度の良い点群ノイズ整形を行えると考えられる。

本稿では、全天球画像を用いた没入型3次元再構成における点群ノイズ整形を仮定し、点群形状把握のための点群境界検出を行い、境界領域と面領域において異なるノイズ整形手法を適用することで点群ノイズ整形の精度向上を図る。

### 2. 提案手法

#### 2.1. 全天球画像の直線検出

全天球画像から直線検出をするためにまずエッジ検出を行う。エッジ検出を行うことで画像中の物体の輪郭や線を描画することができる。

ノイズの影響を低減させるために画像にガウシアンフィルタをかける。ガウシアンフィルタをかけてばか

した画像にCannyのエッジ検出を行うことでエッジのみを抽出した画像を生成する。

エッジ検出で検出された線には直線と直線ではない線が混在しているため、直線だけを検出するためにランダムハフ変換[3]を行う。このランダムハフ変換ではランダムに選択されたエッジ点2点の位置ベクトルから外積を計算し、単位法線ベクトルを算出する。その単位法線ベクトルを投票し、ハフ空間を更新していくことで直線を検出する。この処理を行うことでEquirectangular形式の全天球画像から直接直線情報を抽出することができる。

#### 2.2. 点群境界推定

全天球画像の直線情報から点群境界を推定する。同位置での全天球画像の取得と点群の取得を仮定すると、Equirectangular形式の全天球画像の高さと幅は点群の緯度と経度に相当する。その関係を用いることで、画像直線上のピクセルに対応する点群を抽出することができる。

画像直線上に対応する点群に対して、注目点が点群境界かそうでないかを推定する処理を行う。注目点とその近傍点から主成分分析を用いることで平面フィッティングを行う。主成分分析はデータの広がりをベクトルで表現することが可能であり、第1主成分と第2主成分が注目点群における推定平面の基底ベクトル、第3主成分がその平面の法線ベクトルに相当する[4]。点群の重心と算出された法線ベクトルにより注

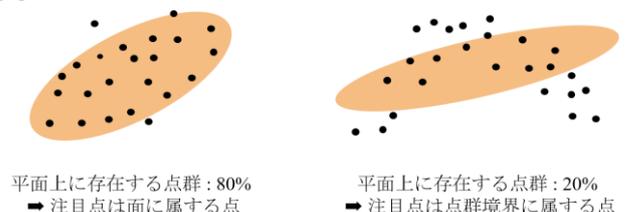


図 1. 角推定手法

目点群の平面を推定する．この平面上に図 1 のように点群が相当数存在する場合とそうでない場合がある．点群が平面上に相当数存在するのであれば注目点は面に属する点，そうでなければ点群境界に属する点であると推定できる．

### 2.3. 点群ノイズ処理

主な点群ノイズ処理手法として MLS とガウシアンフィルタが挙げられる．MLS は滑らかな整形を行えるが角も丸く整形してしまい，ガウシアンフィルタは角を保存した整形を行えるが，MLS ほど滑らかな整形が行えないという特徴がある [5]．2.2 節で推定された境界部分，つまり角部分にはガウシアンフィルタを，それ以外の部分には MLS を用いることにより，それぞれの点群ノイズ処理法の特徴を生かした整形が可能であると考えられる．

## 3. 実験及び結果

提案手法を実験により確かめる．全天球画像の取得には Ricoh Theta S を用い，点群の取得には Scansweep を用いた．ノイズ処理においては角部分にガウシアンフィルタ，面部分に MLS を適用，統合後に二つの点群にずれが生じないように全体にガウシアンフィルタを適用した．

全天球画像の直線検出結果を図 2 に，点群境界検出結果を図 3 に示す．図 3 において，点群境界と推定された点群は赤，そうでない点群は白で表示している．点群境界推定精度は 76.8% であった．

ノイズ処理を行った点群を角がわかるように経度  $97-98^\circ$  および  $277-278^\circ$  に存在する点に注目し，x 軸方向から見た図を図 4 に示す．点群をメッシュ化した図を図 5 に示す．図 4 及び図 5 では，左に MLS，中央にガウシアンフィルタ，右に提案手法による結果を示している．図 4 において点群の近似直線を 4 本引く．その近似直線の直交部分と点群間の面積が大きいほど角が丸まっていると考えられる．その面積を画素数で表すと，MLS では 1039.9 画素，ガウシアンフィルタでは 182.0 画素，提案手法では 42.6 画素であった．これにより提案手法は角を保存した整形が可能であることがわかる．また図 5 から表面形成を見たところ提案手法は MLS の面形成と同等の滑らかな整形が行われていることが確認できる．

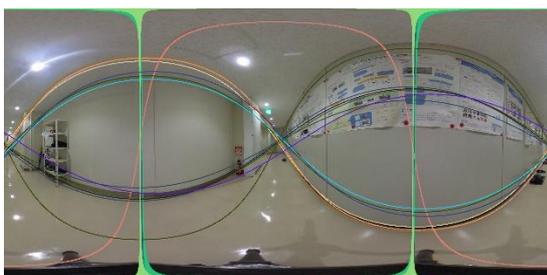


図 2. ランダムハフ変換による直線情報検出結果

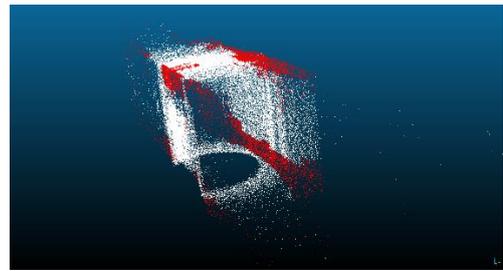


図 3. 点群境界推定結果

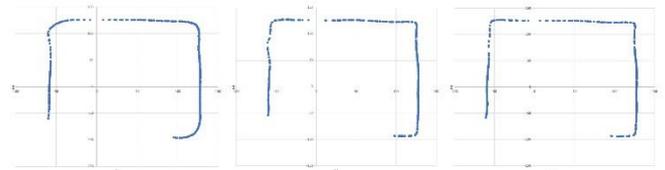


図 4. 角形状の比較

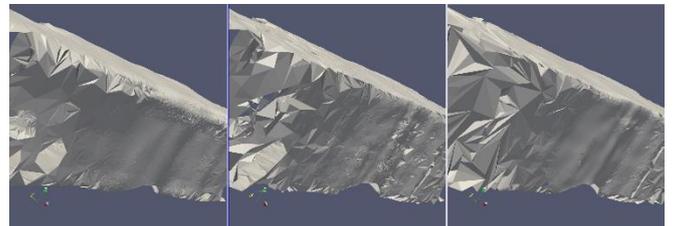


図 5. 面形成の比較

## 4. まとめと今後の課題

本提案手法によりノイズ整形手法の特性を生かした点群ノイズ整形を可能とした．本実験では直線検出精度がよくなく，角推定精度が伸びなかったと考えられる．今後直線検出精度の向上を図ることで，部屋内に存在する物体の小さな角も保存するような，より細かい点群整形が期待できる．

### 参考文献

- [1] 増田，村上：“大規模点群データの平滑化手法に関する研究 (第 1 報)”，精密工学会誌，Vol.76, No.5, pp.582-586, May 2010
- [2] Y. Ohtake, A. Belyaev, H.-P. Seidel, Mesh Smoothing by Adaptive and Anisotropic Gaussian Filter Applied to Mesh Normals, Proc. Vision, Modeling, and Visualization 2002, pp. 203-210, Erlangen, Nov. 2002.
- [3] 後藤，Pathak, 池，藤井，山下，浅間，“人工物環境における全天球カメラの位置姿勢推定のための直線情報に基づく 3D-2D マッチング”，精密工学会誌，Vol. 12, pp.1209-1215, Dec. 2017
- [4] 川戸，武富，佐藤，横矢，“三次元点群への局所平面当てはめに基づく法線情報付きランドマークデータベースを用いたカメラ位置・姿勢推定”，IPJSJ 画像の認識・理解シンポジウム論文集，pp. 1133-1140, July 2011
- [5] 赤塚絨輝，“LiDAR と全天球画像を用いた 3 次元再構成”，第 80 回全国大会講演論文集，No.1, pp.263-264, Mar. 2018

† 早稲田大学基幹理工学研究科情報理工・情報通信専攻  
〒162-0072

東京都新宿区大久保 3-14-9 早大シルマンホール 401 号室

TEL.03-5286-2509 E-mail: starfield0803@akane.waseda.jp